



MENGENAL METODE DAN TEKNIK PENYULINGAN MINYAK KAYU PUTIH

Sebagian besar isi buku ini dihasilkan dari proses kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilakukan oleh tim penyusun pada tahun 2021. Buku ini dibuat dengan tujuan sebagai rujukan materi perkuliahan khususnya untuk mata kuliah teknik penyulingan minyak kayu putih, dimana mata kuliah ini merupakan mata kuliah pilihan yang menunjukkan kearifan lokal Kabupaten Buru dan mata kuliah ini terdapat pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Iqra Buru atau program studi lainnya dengan mata kuliahnya yang memiliki hubungan dengan isi buku ini.

Diharapkan dengan begitu isi buku ini bisa lebih baik dan dapat menjadi solusi bagi stakeholder khususnya yang bergerak pada bidang industri penyulingan minyak kayu putih baik di dalam Kabupaten Buru maupun di luar Kabupaten Buru.



CV. Literasi Indonesia

© Jl. Wanggu, Kendari 93231

✉ editor@literacyinstitute.org

🌐 www.literacyinstitute.org

☎ 0852-9979-3323

ISBN 978-623-99055-2-1



9 786239 905521

MENGENAL METODE DAN TEKNIK PENYULINGAN MINYAK KAYU PUTIH



Muhammad Bula, ST., MT

Dr. Tekat Dwi Cahyono, S.Hut, M.Si | Dr. M. Chairul Basrun Umanailo, M.Si |

Nurhaya Yusuf, S.E., M.Si | Abdul Kadir S. Sahupala, SP., MP | Atina Buton, ST., MT

Muhammad Bula, ST., MT
Dr. Tekat Dwi Cahyono, S.Hut, M.Si
Dr. M. Chairul Basrun Umanailo, M.Si
Nurhaya Yusuf, S.E., M.Si
Abdul Kadir S. Sahupala, SP., MP
Atina Buton, ST., MT

**MENGENAL METODE DAN TEKNIK
PENYULINGAN MINYAK KAYU
PUTIH**



CV. Literasi Indonesia, 2022

MENGENAL METODE DAN TEKNIK PENYULINGAN MINYAK KAYU PUTIH

Penulis

Muhammad Bula, ST., MT
Dr. Tekat Dwi Cahyono, S.Hut, M.Si
Dr. M. Chairul Basrun Umanailo, M.Si
Nurhaya Yusuf, S.E., M.Si
Abdul Kadir S. Sahupala, SP., MP
Atina Buton, ST., MT

ISBN: 978-623-99055-2-1

vii + 45 hlm.; 14,8 x 21 cm

Desain Sampul

wbookdesign

Penerbit

CV. Literasi Indonesia

Bumi Wanggu Permai II Blok D/12
Kota Kendari, 93231, Telp. 085299793323

Email: editor@literacyinstitute.org

Website: www.literacyinstitute.org

Cetakan Pertama: Januari, 2022

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun, termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit.

Kata Pengantar

Puji syukur dipanjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga buku dengan judul **Mengenal Metode dan Teknik Penyulingan Minyak Kayu Putih** ini dapat terselesaikan.

Disadari dengan sungguh bahwa penyusunan buku ini masih jauh dari kesempurnaan. Hal ini dikarenakan, buku ini merupakan keluaran pertama, dimana penyusunannya penulis sangat sulit untuk memperoleh referensi lain yang memiliki hubungan dengan isi materi buku. Buku ini dibuat dengan tujuan sebagai rujukan materi perkuliahan khususnya untuk mata kuliah teknik penyulingan minyak kayu putih, dimana mata kuliah ini merupakan mata kuliah pilihan yang menunjukkan kearifan lokal Kabupaten Buru dan mata kuliah ini terdapat pada program studi teknik industri fakultas teknik Universitas Iqra Buru atau program studi lainnya dengan mata kuliahnya yang memiliki hubungan dengan isi buku ini.

Sebagian besar isi buku ini dihasilkan dari proses kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) yang dilakukan oleh tim penyusun pada tahun 2021. Menyadari bahwa isi buku ini belum sempurna, maka penulis merasa perlu untuk melakukan kegiatan penelitian atau kegiatan lainnya yang memiliki hubungan dengan isi buku ini. Selain itu penulis merasa perlu untuk mendapat masukan dan saran dari para ahli terutama para ahli dibidang teknologi penyulingan minyak kayu putih. Diharapkan dengan begitu isi buku ini bisa lebih baik dan dapat menjadi solusi bagi stakeholder khususnya yang bergerak pada bidang industri penyulingan minyak

kayu putih baik di dalam Kabupaten Buru maupun di luar Kabupaten Buru.

Penulis perlu menyampaikan ucapan terima kasih kepada Kemendikbudristekdikti terutama Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, atas dukungan dana yang diberikan sehingga kegiatan PkM yang dilakukan oleh penulis dapat menghasilkan luaran tambahan berupa diterbitkan buku ini.

Maluku, Januari 2022

Tim Penulis

Daftar Isi

Bab 1 Tanaman Kayu Putih	1
A. Pendahuluan	1
B. Varian Tanaman Kayu Putih	3
C. Klasifikasi Ilmiah dan Manfaat Tanaman Kayu Putih	10
D. Panen dan Pasca Panen Tanaman Kayu Putih	11
Bab 2 Minyak Kayu Putih	13
A. Manfaat Minyak Kayu Putih	13
B. Standar Nasional Minyak Kayu Putih	14
Bab 3 Metode dan Teknologi Pengolahan Minyak Kayu Putih	27
A. Skema Penyulingan Minyak Kayu Putih	27
B. Metode Penyulingan atau Destilasi	29
C. Peralatan Pengolahan	33
Bab 4 Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Pada Ketel	40
A. Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas	40
B. Laju Perpindahan Panas Pada Pipa Kondensor	41
Daftar Pustaka	43

Daftar Tabel

Tabel	Judul	Hal.
2.1.	Standar Mutu Minyak Kayu Putih (SNI 06-3954-2001)	15
2.2.	Standar Mutu Minyak Kayu Putih (SNI 06-3954-2001)	16

Daftar Gambar

Gambar	Judul	Hal.
1.1.	Varian 1 tanaman kayu putih	4
1.2.	Varian 2 tanaman kayu putih	5
1.3.	Varian 3 tanaman kayu putih	6
1.4.	Varian 4 tanaman kayu putih	7
1.5.	Varian 5 tanaman kayu putih	8
1.6.	Varian 6 tanaman kayu putih	9
3.1.	Skema penyulingan minyak kayu putih	27
3.2.	Set up skema penyulingan minyak kayu putih	28
3.3.	Contoh bentuk alat penyulingan minyak kayu putih	29
3.4.	Metode Rebus	30
3.5.	Metode Kukus	32
3.6.	Metode Penguapan	32
3.7.	Ketel suling berbahan stainless	34
3.8.	Ketel suling berbahan kayu kuning	34
3.9.	Rak berpori atau berlubang berbahan stainless	35
3.10.	Ketel pendingin atau kondensor berbahan stainless	36
3.11.	Pipa sirkulasi uap berbahan stainless yang terhubung dengan tangki penulungan	37
3.12.	Penampung minyak kayu putih	38
3.13.	Tungku pembakaran	38

Bab 1

Tanaman Kayu Putih

A. Pendahuluan

Tanaman kayu putih dengan nama ilmiah *Melaleuca leucadendron* Linn merupakan salah satu jenis tanaman produktif asli Indonesia di sektor kehutanan yang tersebar di beberapa daerah di Indonesia dengan sebaran alami tanaman kayu putih berkisar di 12° 00' 00" LU - 18° 00' 00" LS. Di Indonesia dikenal tiga varietas tanaman kayu putih, yaitu varietas Buru, Timor, dan varietas Ponorogo. Secara visual, berdasarkan warna kuncup daunnya tanaman kayu putih dibedakan menjadi tanaman kayu putih berkuncup putih kekuningan dan berkuncup merah. Tanaman kayu putih berkuncup putih kekuningan memiliki kandungan sineol dan rendemen minyak yang lebih tinggi dari pada yang berkuncup merah.

Daerah sebaran tanaman kayu putih di Indonesia meliputi Maluku (Pulau Buru, Pulau Seram, Pulau Ambon, dan Pulau Nusa Laut), Sumatera Selatan (sepanjang sungai Musi dan Palembang), Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Timur, Bali dan Papua. Sedangkan di Jawa Tengah (Solo dan Yogyakarta), Jawa Barat (Banten, Bogor, Sukabumi, Purwakarta, Indramayu, Kuningan, Garut, Tasikmalaya, Ciamis, dan Majalengka), dan Jawa Timur.

Khusus untuk Maluku dan Papua yang menjadi habitat asli dari beberapa jenis kelompok kayu putih, baik dari *Genus Melaleuca* maupun *Asteromyrtus* yang sebelumnya dikelompokkan dalam *genus Melaleuca*. Salah satu wilayah habitat asli beberapa

jenis tumbuhan kayu putih adalah kawasan Taman Nasional (TN) Wasur di Merauke Papua. TN Wasur merupakan salah satu taman nasional model di Indonesia yang memiliki potensi tipe vegetasi yang beragam dan didominasi oleh jenis tumbuhan yang berasal dari famili *Myrtaceae*.

Untuk Maluku pada tahun 2015 oleh Badan Pusat Statistik Provinsi Maluku, Maluku memiliki potensi pohon kayu putih sangat besar yang tumbuh tersebar di beberapa daerah, yaitu kabupaten Buru ±120.000 ha, kabupaten Seram Bagian Barat ± 50.000 ha, Kabupaten Maluku Tenggara Barat ± 20.000 ha, dan Kabupaten Maluku Tengah 60.000 ha.

Di Provinsi Maluku khususnya Pulau Buru dan gugusan pulau lainnya disekitarnya, tanaman kayu putih belum dikelola secara profesional dan insentif layaknya tanaman industri, tidak ada perawatan, tidak dipupuk, tidak ada upaya pencegahan terhadap hama dan penyakit tanaman. Petani atau masyarakat hanya mengandalkan kemurahan alam, tidak pernah dilakukan pemangkasan terhadap gulma yang mengganggu tanaman induk.

Langkah yang perlu dilakukan untuk mengoptimalkan luas hutan tanaman kayu putih dengan meningkatkan nilai ekonomi guna pemberdayaan dan peningkatan kesejahteraan ekonomi rakyat, yaitu melalui revitalisasi sektor perhutanan dalam pemanfaatan lahan sesuai dengan daya dukungnya.

Tanaman kayu putih dapat digolongkan ke dalam tanaman yang dapat bertahan hidup pada kondisi lahan yang kurang subur, dengan iklim kering yang panjang, tahan terhadap suhu udara panas. Tanaman ini dapat ditemukan dari dataran rendah sampai pada ketinggian 400 m diatas permukaan laut (dpl). Dapat tumbuh di dekat pantai, di belakang hutan bakau, dengan tekstur dari lempung ber-

liat sampai liat berlempung pada pH 4-7. Tanaman kayu putih ideal tumbuh pada iklim kering, curah hujan maksimum 2000 mm per tahun dengan suhu minimum 22°C dan suhu maksimum 32°C.

Tanaman kayu putih mempunyai daur biologis yang panjang, sepat tumbuh, dapat tumbuh subur pada tanah dengan drainase baik maupun jelek, dengan kadar garam tinggi maupun asam. Tanaman kayu putih dapat dimanfaatkan sebagai tanaman penghijauan pada lahan dengan kemiringan kurang dari 15%. Selain itu, tanaman kayu putih sangat potensial untuk dijadikan sebagai bahan konstruksi dan kerajinan. Jaringan kayunya yang mempunyai tingkat kepadatan yang cukup (kompak), kuat, warna pink yang merata dan tekstur kayu yang cukup halus, membuatnya sangat cocok untuk bahan kerajinan. Pemanfaatan lainnya yang pernah dilakukan adalah dengan memanfaatkan bagian kulit batang untuk perpak pada sambungan kayu pada pembuatan sampan dan kapal tradisional.

Secara taksonomis tanaman kayu putih termasuk dalam familia *mirtaceae* satu famili dengan *Eucalyptus* dan *Eugenia* (jambu biji), yang dicirikan dengan kulit kayunya yang mengelupas. Ciri lain yang cukup khas pada famili mirtaceae adalah bentuk bunganya yang bertipe cawan, untuk *melaleuca leucadendron* dan *ecalyptus sp* tipe cawan ini juga terjadi pada buahnya.

B. Varian Tanaman Kayu Putih

Species kayu putih mempunyai varian dalam level varietas di bawah species, karakter utama. Berikut jenis-jenis varian tanaman kayu putih.

1. Varian 1

Warna daun hijau, panjang daun 24 cm dan lebar bagian tengah daun 4 cm, arah tulang daun sejajar, sisi daun sebagian melengkung kearah luar, bagian lainnya lurus, daun lebih tebal, bau tidang menyegat yang mengindikasikan kandungan ceniol rendah.



Gambar 1.1. Varian 1 tanaman kayu putih

2. Varian 2



Gambar 1.2. Varian 2 tanaman kayu putih

Warna daun hijau, panjang daun 19 cm dan lebar bagian tengah daun 2 cm, arah tulang daun sejajar, sisi daun sebagian melengkung kearah luar, bagian lainnya melengkung kearah dalam pada bagian atas, daun lebih tipis dibanding varian 1, bau tidak menyegat yang mengindikasikan kadungan ceniol rendah.

3. Varian 3



Gambar 1.3. Varian 3 tanaman kayu putih

Warna daun hijau, panjang daun 12 cm dan lebar bagian tengah daun 4 cm, arah tulang daun sejajar, kedua belah sisi daun melengkung ke arah luar, daun lebih tebal dibanding varian 1, bau tidak menyengat yang menandakan kandungan ciniol rendah.

4. Varian 4



Gambar 1.4. Varian 4 tanaman kayu putih

Warna daun hijau, panjang daun 13 cm dan lebar bagian tengah daun 2 cm, arah tulang daun sejajar, sisi daun sebageian melengkung ke arah luar, bagian lainnya lurus, daun lebih tipis dibanding varian 1, 2, dan 3, bau sedang-menyengat yang mengindikasikan kandungan ceniol cukup.

5. Varian 5

Warna daun hijau, panjang daun 8 cm dan lebar bagian tengah daun 1 cm, arah tulang daun sejajar, kedua sisi tepi daun melengkung ke arah luar, daun lebih tipis dibanding varian 1, 2,

3, dan 4, bau menyengat yang mengindikasikan kandungan ceniol cukup tinggi.



Gambar 1.5. Varian 5 tanaman kayu putih

6. Varian 6



Gambar 1.6. Varian 6 tanaman kayu putih

Warna daun hijau, panjang daun 9 cm dan lebar bagian tengah daun 2 cm, arah tulang daun sejajar, kedua sisi tepi daun melengkung kearah luar, daun lebih tipis dibanding varian 1, 2, dan 3 tapi lebih tebal dibanding varian 4 dan 5, bau sedang-menengat yang mengindikasikan kandungan ceniol cukup.

C. Klasifikasi Ilmiah dan Manfaat Tanaman Kayu Putih

Klasifikasi ilmiah dari tanaman kayu putih sebagai berikut:

Kingdom	: <i>Plante</i>
Divisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Kelas	: <i>Magnoliopsida</i>
Ordo	: <i>Myrtales</i>
Famili	: <i>Myrtaceae</i>
Genus	: <i>Melaleuca</i>
Spesies	: <i>Melaleuca laucadendron Linn</i>

Tanaman kayu putih sebagai pohon dengan tinggi kurang lebih 30 m. Khusus di wilayah Australia, tanaman kayu putih dapat mencapai tinggi lebih dari 40 m dan diameter batang 1,2 m. Batang tanaman kayu putih abu-abu sampai putih seperti kertas, dengan pucuk pohon berwarna agak keperakan. Pada tiap helaian daun terdapat 5 sampai dengan 7 tulang daun dengan panjang 3 sampai dengan 11 mm. Perbungaan tanaman kayu putih berbentuk bulir dan banyak terdapat pada ujung ranting maupun ketiak aunnya. Bunga pohon kayu putih bersifat biseksual, serta kelopak dan mahkota bunganya kecil. Buah kayu putih berbentuk kapsul dan bertipe *dehiscent*, yaitu mempunyai kulit buah yang kering dan akan terbuka ketika mencapai kemasakan untuk melepaskan biji-biji yang ada di dalamnya.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan Nomor 35 tahun 2007, tanaman kayu putih merupakan salah satu tanaman hasil hutan bukan kayu (NHBK) dari golongan minyak atsiri. NHBK merupakan hasil hutan hayati baik nabati maupun hewani beserta

produk turunannya dan budidaya yang berasal dari hutan kecuali kayu.

Di Indonesia tanaman kayu putih telah banyak dimanfaatkan. Minyak atsiri sebagai produk dari tanaman kayu putih banyak dimanfaatkan dalam dunia kosmetik dan obat-obatan karena mengandung senyawa berupa 1,8 ceniol yang tinggi. Manfaat lain dari tanaman kayu putih yaitu berpotensi untuk upaya rehabilitasi hutan dan lahan, seperti menunjang usaha konsepsi hutan lahan dan pemanfaatan lahan marginal menjadi lahan produktif. Upaya pendayagunaan lahan marginal memiliki arti yang penting dalam usaha memperbaiki lahan yang rusak, sebagai akibat pembangunan atau kerusakan oleh alam.

D. Panen dan Pasca Panen Tanaman Kayu Putih

Metode yang dilakukan untuk memanen daun kayu putih di kalangan masyarakat dikenal ada 2 cara, yaitu:

1. Melorotkan daun dari ranting

Melorotkan daun kayu putih dari ranting umumnya dilakukan untuk pohon perdu, renda dan terjangkau oleh tangan. Cara ini paling banyak dilakukan oleh masyarakat Maluku terutama di Kabupaten Buru, mengingat tanaman kayu putih di Kabupaten Buru merupakan tanaman perdu.

2. Memangkas

Memangkas merupakan cara yang dilakukan untuk tanaman kayu putih yang telah tinggi. Ranting daun kayu putih dipangkas atau pohonnya di tebang, kemudian daun dipisahkan dari ranting.

Setelah proses pemanenan dilakukan, maka masa waktu panen berikutnya di tempat atau pohon yang sama dapat dilakukan 6 bulan berikutnya, dengan demikian dalam satu tahun dapat dilakukan 2 kali permanen. Dengan penjadwalan ini, maka umur daun telah optimal untuk diambil minyaknya.

Setelah dilakukan pemanenan, dilakukan beberapa penanganan sebelum di olah, seperti: pembersihan dari kotoran dan ranting serta pelayuan dan penyimpanan. Pelayuan dilakukan untuk mengurangi kadar air sehingga memudahkan pada proses ekstraksi minyaknya. Sedangkan proses penyimpanan/penimbunan daun dilakukan untuk sementara, sambil menunggu untuk diolah karena kapasitas olah peralatan kurang besar. Selama proses pelayuan dan penyimpanan daun dimungkinkan terjadi kehilangan minyak dan kerusakan, yang disebabkan oleh proses penguapan minyak kayu putih. Untuk menghambat hilangnya minyak, penyimpanan harus dilakukan dalam kondisi udara kering, bersuhu rendah dan udara tanpa sirkulasi. Sementara kerusakan minyak akibat proses penyimpanan diakibatkan oleh proses oksidasi dan resinifikasi.

Bab 2

Minyak Kayu Putih

A. Manfaat Minyak Kayu Putih

Minyak kayu putih adalah salah satu minyak atsiri yang dihasilkan dari proses destilasi atau penyulingan daun dan ranting tanaman kayu putih, merupakan salah satu produk kehutanan yang dikenal luas oleh masyarakat Indonesia. Minyak ini memiliki bau khas dan khasiat yang luas, salah satunya dipakai sebagai simbol kasih sayang ibu terhadap anaknya, terutama ketika masih bayi.

Bahan aktif yang terkandung di dalam minyak kayu putih mempunyai sifat-sifat yang sangat menguntungkan, yakni dapat menghilangkan rasa sakit (*analgesic*), mengurangi sakit pada sistim saraf (*antineuralgic*), menghambat pertumbuhan mikroba (*antiseptic*), anti kejang (*antispasmodic*), meluruhkan penyumbatan hidung atau sebagai pelega hidung (*decongestan*), peluruh dahak (*expectorant*), pengendali hama (*insecticide*), pengusir demam (*febrifuge*), penghilang *flatulence* atau pembentukan gas secara berlebihan dalam lambung (*carminatif*), perangsang (*stimulant*), menaikkan aliran keringat (*sudorific*), dan dapat berfungsi sebagai penjaga stamina (*tonic*).

Sementara itu manfaat minyak kayu putih dalam bidang kesehatan sangat luas antara lain memacu pembentukan keringat sehingga dapat menurunkan demam dan membantu meringankan infeksi seperti pada kasus influenza, infeksi saluran pernapasan dan bronchitis. Minyak kayu putih juga dapat membantu mengatasi asma, sinusitis dan radang tenggorokan. Minyak kayu putih di-

ketahui dapat memperbaiki sistem pencernaan, mengurangi rasa sakit pada perut melintir, disentri, muntah serta dapat mengatasi perut mual, radang sendi, rheumatic, dan nyeri otot. Selain digunakan secara internal, minyak kayu putih dapat diaplikasikan eksternal secara langsung maupun diformulasikan dengan bahan lain dalam bentuk krim, yang sangat baik untuk obat jerawat dan psoriasis serta mengatasi gigitan serangga.

Minyak kayu putih lazim pula digunakan dalam dunia kosmetik, sebagai minyak bakar dan penguap, minyak pijat, minyak mandi dan dapat pula dicampurkan dengan beberapa minyak atsiri lain seperti *angelica*, *bergamot*, *geranium*, minyak cengkeh, *lavender* dan *thyme*.

Dalam aromaterapi, minyak kayu putih dapat memacu pikiran menjadi tenang dan terang serta menghilangkan rasa malas. Sebagai minyak pijat, minyak kayu putih membantu mengurangi rasa sakit dan sangat bermanfaat untuk gout, rheumatic, radang sendi, rasa sakit dan nyeri, efek anti kembungnya dapat mengurangi rasa sakit pada saat datang bulan. Bila diteteskan pada bak mandi, minyak kayu putih dapat menurunkan demam melalui efek pendinginan.

B. Standar Nasional Minyak Kayu Putih

Penggunaan dan manfaat minyak kayu putih yang cukup luas, maka mutu minyak kayu putih yang dijual di pasaran perlu mendapat perhatian khusus. Guna memenuhi tuntutan mutu tersebut, Badan Standarisasi Nasional (BSN) pada tahun 2001 menetapkan standar nasional minyak kayu putih menjadi Standar Nasional Indonesia (SNI) dengan kode SNI 06-3954-2001. Standar tersebut sebagaimana ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.1. Standar Mutu Minyak Kayu Putih (SNI 06-3954-2001)

No	Uraian	Nilai/Keterangan
	Persyaratan Umum	
1	Bau	Khas Minyak Kayu Putih
2	Berat Jenis (15°C), g/cc	0,9 - 0,93
3	Indeks Bias (20°C)	1,46 - 1,47
4	Putaran Optik (27,5°C)	(-4) ^o - 0 ^o
5	Kelarutan dalam alkohol 80%	1 : 1 jernih
		1 : 2 jernih
		1 : 3 dan seterusnya sampai 1 : 10 jernih
6	Minyak Lemak	
7	Minyak Pelikan	
	Persyaratan Khusus	
1	Kadar Sineol Mutu Utama (U)	
2	Kadar Sineol Mutu Pertama (P)	

Standar mutu minyak kayu putih kemudian mengalami perubahan pada tahun 2006. Perubahan tersebut tidak terlalu signifikan atau tidak berbeda jauh dengan kode SNI 06-3954-2001. Adapun standar mutu minyak kayu tahun 2006 diberikan kode SNI 06-3954-2006 sebagaimana diperlihatkan dalam tabel berikut.

Tabel 2.2. Standar Mutu Minyak Kayu Putih (SNI 06-3954-2001)

No	Uraian	Nilai/Keterangan
1	Bau	Khas Minyak Kayu Putih
2	Warna	Jernih sampai kuning kehijauan
2	Berat/Bobot Jenis 20°C/20°C	0,900 - 0,930
3	Indeks Bias (n_D^{20})	1,450 - 1,470
4	Putaran Optik (27,5°C)	(-4)° s/d 0°
5	Kelarutan dalam etanol 70%	1 : 1 s/d 1 : 10 Jernih
6	Minyak Lemak	
7	Minyak Pelikan	
8	Kandungan Sineol	50% - 60%

Untuk menguji mutu minyak kayu putih dapat dilakukan dengan beberapa langkah berikut:

1. Pengambilan contoh

1.1 Pengambilan contoh mewakili setiap kemasan.

Pengambilan contoh dapat dilakukan dengan mengambil contoh mewakili setiap kemasan. Hal ini dapat dilakukan dengan cara:

- a. Ambil contoh dari setiap kemasan dengan suatu alat pipa logam tahan karat atau pipa gelas yang mempunyai panjang 125 cm dan diameter 2 cm. Ujung pipa

dapat ditutup atau di buka dengan suatu sumbat bertangkai panjang.

- b. Masukkan alat pipa logam ke dalam kemasan, sehingga minyak dapat terambil dari lapisan atas hingga lapisan bawah.
- c. Ambil contoh empat kali pada empat sudut yang menyilang berhadapan kemudian dicampur menjadi satu dan dikocok.
- d. Ambil dari campuran tersebut 50 ml untuk dianalisa dan 50 ml lagi sebagai arsip contoh.
- e. Masukkan contoh ke dalam botol bersih, kering dan tidak mempengaruhi contoh.
- f. Botol ditutup kemudian disegel dan diberi etiket yang bertuliskan nomor kemasan/lot, tanggal pengiriman contoh, identitas pengambil contoh, nama produsen atau eksportir.
- g. Tutup kembali kemasan dan disegel setelah pengambilan contoh.

1.2 Pengambilan contoh mewakili kemasan/lot (maksimum 50 kemasan)

Langkah-langkah yang dapat dilakukan adalah:

- a. Ambil contoh dari tiap-tiap kemasan yang dipilih secara acak berdasarkan nomor acak dan berasal dari satu tangki pengaduk.
- b. Ambil contoh sebanyak 30% dari jumlah kemasan, minimal 5 kemasan/lot. Kemudian contoh dicampur menjadi satu dan dikocok sampai rata.
- c. Ambil dari campuran tersebut 50 ml untuk dianalisa dari 50 ml untuk arsip contoh.

- d. Masukkan contoh ke dalam botol bersih, kering, dan bertutup.
 - e. Tutup botol kemudian disegel dan diberikan etiket yang bertuliskan nomor kemasan/lot, tanggal pengiriman contoh, identitas pengambil contoh, nama produsen atau eksportir.
 - f. Tutup kembali kemasan dan disegel setelah pengambilan contoh
2. Cara Uji

2.1 Keadan

1) Penentuan Warna

a. Prinsip

Metode ini didasarkan pada pengamatan visual dengan menggunakan indra penglihatan langsung, terhadap contoh minyak kayu putih

b. Peralatan

- Tabung reaksi kapasitas 15 ml atau 20 ml.
- Pipet gondok atau pipet berskala kapasitas 10 ml.
- Kertas atau karton berwarna putih ukuran 20 cm x 30 cm.

c. Cara kerja

- Pipet 10 ml contoh minyak kayu putih.
- Masukkan ke dalam tabung reaksi, hindari adanya gelembung udara.
- Sandarkan tabung reaksi berisi contoh minyak kayu putih pada kertas atau karton berwarna putih.

- Amati warnanya dengan mata langsung, jarak pengamatan antara mata dan contoh 30 cm.
- d. Penyajian hasil uji
- Nyatakan hasil sesuai dengan warna contoh minyak kayu putih yang diamati. Apabila contoh minyak kayu putih yang diamati berwarna kuning muda, maka warna contoh minyak kayu putih kuning muda.
- 2) Bau
- Metode ini menggunakan indra penciuman langsung terhadap contoh minyak kayu putih dengan menggunakan kertas uji.
- 2.2 Penentuan Bobot Jenis
- 1) Prinsip
- Perbandingan antara berat minyak dengan berat air pada volume dan suhu yang sama
- 2) Peralatan
- Neraca analitik terkalibrasi dengan ketelitian 0,001g.
 - Piknometer berkapasitas 5 ml dan 10 ml, sesuai dengan volume minyak yang tersedia yang dilengkapi dengan termometer yang telah dikalibrasi.
- 3) Cara kerja
- a. Cuci dan bersihkan piknometer, kemudian basuh berturut-turut dengan etanol dan dietil eter.
 - b. Keringkan bagian dalam piknometer tersebut dengan arus udara kering dan sisipkan penutupnya.

- c. Biarkan piknometer di dalam lemari timbangan selama 3 menit, kemudian timbang dengan isinya (m_1).
 - d. Kosongkan piknometer tersebut, cuci dengan etanol dan dietil eter, kemudian keringkan dengan arus udara kering.
 - e. Isi piknometer dengan contoh minyak dan hindari adanya gelembung-gelembung udara.
 - f. Sisipkan penutupnya dan keringkan piknometer tersebut.
 - g. Biarkan piknometer di dalam lemari timbangan selama 3 menit dan timbang (m_2).
- 4) Penyajian hasil uji

Untuk menentukan bobot atau berat jenis minyak kayu putih yang diperoleh dari hasil pengujian, dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Bobot jenis } d_{t_2}^{t_1} = \frac{m_2 - m}{m_1 - m} \quad \text{dan}$$

$$d_t^t = d_{t_1}^{t_1} + 0,0007(t_1 - t)$$

Keterangan:

m = massa, piknometer kosong (g)

m_1 = massa, piknometer berisi air pada suhu pengerjaan (g)

m_2 = massa, piknometer berisi contoh pada suhu pengerjaan (g)

t_1 = suhu pengerjaan ($^{\circ}\text{C}$)

t = suhu referensi (20°C)

$d_{t_1}^{t_1}$ = pembacaan bobot jenis yang dilakukan pada suhu pengerjaan

d_t^t = bobot jenis pada suhu 20 °C

0,0007 = faktor koreksi

2.3 Penentuan indeks bias

1) Prinsip

Metode ini didasarkan pada pengukuran langsung sudut bias minyak yang dipertahankan pada kondisi suhu yang tetap.

2) Bahan kimia yang digunakan adalah air suling

3) Peralatan yang digunakan adalah refraktometer

4) Cara kerja:

a. Alirkan air melalui refraktometer agar alat ini berada pada suhu pembacaan akan dilakukan

b. Sebelum minyak ditaruh di dalam alat, minyak tersebut harus berada pada suhu yang sama dengan suhu dimana pengukuran akan dilakukan

c. Pembacaan dilakukan bila suhu suda stabil

5) Penyajian hasil uji

Untuk menentukan indeks bias minyak kayu putih yang diperoleh dari hasil pengujian dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\text{Indeks bias } n_D^t = n_D^{t_1} + 0,0004(t_1 - t)$$

Keterangan:

$n_D^{t_1}$ = pembacaan yang dilakukan pada suhu pengerjaan

n_D^t = indeks bias pada suhu 20 °C

t_1 = suhu yang dilakukan pada suhu pengerjaan (°C)

t = suhu referensi (20 °C)

0,0004 = faktor koreksi

2.4 Penentuan putaran optik

1) Prinsip

Metode ini didasarkan pada pengukuran sudut bidang dimana sinar terpolarisasi diputar oleh lapisan minyak yang tebalnya 10 cm pada suhu tertentu.

2) Bahan kimia adalah air suling

3) Peralatan

- Polarimeter dengan ketelitian 0,5 mrad ($\pm 0,03^\circ$) yang ditempatkan dan dipergunakan dalam ruang gelap dengan kondisi stabil.
- Sumber cahaya menggunakan lampu natrium atau alat lain yang menghasilkan sinar monokromatik dengan panjang gelombang 589,3 nm $\pm 0,3$ nm.
- Tabung polarimeter berukuran 100 mm $\pm 0,05$ mm.

4) Cara kerja

- a. Nyalakan sumber cahaya dan tunggu sampai diperoleh nyala penuh.
- b. Isi tabung polarimeter dengan contoh, usahakan agar gelembung-gelembung udara tidak terdapat dalam tabung.

- c. Letakan tabung didalam polarimeter dan bacalah putaran optik dekstro (+) atau levo (-) dari minyak, pada skala yang terdapat pada alat.
- d. Catat hasil rata-rata dari sedikitnya tiga kali pembacaan. Masing-masing pembacaan tidak berbeda dari $0,08^\circ$.

5) Penyajian hasil uji

Putaran optik harus dinyatakan dalam derajat lingkaran sampai mendekati $0,01^\circ$. Putaran optik dekstro harus diberi tanda positif (+) dan putaran optik levo harus diberi tanda negatif (-).

2.5 Penentuan Kelarutan dalam Etanol

1) Prinsip

Kelarutan minyak kayu putih dalam etanol absolut atau etanol yang diencerkan yang menimbulkan kekeruhan dan dinyatakan sebagai larut sebagian atau larut seluruhnya. Berarti bahwa minyak tersebut membentuk larutan yang bening dan cerah dalam perbandingan-perbandingan seperti yang dinyatakan.

2) Bahan Kimia

- a. Etanol 70 %
- b. Larutan pembanding untuk kekeruhan yang baru saja dibuat dengan menambahkan 0,5 ml larutan perak nitrat 0,1 N kedalam 50 ml larutan natrium khlorida 0,0002 N dan dikocok. Tambahkan satu tetes asam nitrat encer (25%) dan amati setelah 5 menit. Lindungi terhadap sinar matahari langsung.

3) Peralatan

- Labu ukur 50 ml
- Gelas ukur bertutup 10 ml atau 25 ml

4) Cara kerja

- a. Tempatkan 1 ml contoh minyak dan diukur dengan teliti di dalam gelas ukur yang berukuran 10 ml atau 25 ml.
- b. Tambahkan etanol 70%, setetes demi setetes. Kocoklah setelah setiap penambahan sampai diperoleh suatu larutan yang sebening mungkin
- c. Bila larutan tersebut tidak bening, bandingkan kekeruhan yang terjadi dengan kekeruhan larutan pembanding melalui cairan yang sama tebalnya
- d. Setelah minyak tersebut larut, tambahkan etanol berlebih karena beberapa minyak tertentu mengendap pada penambahan etanol lebih lanjut

5) Penyajian hasil uji

Hasil uji dinyatakan dengan kelarutan dalam etanol 70 % = 1 volume dalam Y volume, menjadi keruh dalam Z volume. Bila larutan tersebut tidak sepenuhnya bening, catat apakah kekeruhan tersebut “lebih besar dari pada” dan “sama”, atau “lebih kecil dari pada” kekeruhan larutan pembanding

2.6 Penentuan sineol menggunakan kromatografi gas

1) Prinsip

Sineol dan komponen-komponen minyak kayu putih dipisahkan dengan teknik kromatografi gas.

2) Bahan Kimia adalah bahan pembanding standar

3) Peralatan

- a. Instrumen kromatografi gas lengkap terdiri dari:
 - Tabung gas berisi gas nitrogen “HP” dengan regulatornya
 - Tabung gas berisi gas hidrogen dengan regulatornya
 - Tabung gas berisi gas udara dengan regulatornya
 - Kolom kapiler 25 m
 - b. Detektor ionisasi nyala (*flame ionization detector (FID)*)
 - c. Dekorder integrator
 - d. Alat suntik dengan volume 1 mikroliter
- 4) Kondisi analisis
- Panjang kolom: silica, panjang 25 m, diameter 0,25 mm
 - Isi kolom-fasa diam: carbowax 20 M
 - Fasa gerak: nitrogen
 - Kecepatan alir: 1 ml/menit
 - Detektor: flame ionization detector
 - Suhu detector: 125 °C
 - Kecepatan alir hidrogen: 30 ml/menit
 - Kecepatan gas alir tekan: 300 ml/menit
 - Atenuasi: disesuaikan
 - Suhu injector 200 °C
 - Sistem kolom:

- Suhu awal: 50 °C, (dipertahankan selama 5 menit)
- Suhu akhir: 200 °C
- Kenaikan suhu: 3 °C/menit
- Volume contoh: 0,1 mikroliter
- Kecepatan kertas: 0,25 cm/menit
- Split ratio: 1 : 100 ml

5) Cara kerja

- a. Hidupkan alat kemudian atur kondisi analisisnya
- b. Suntikan contoh sebanyak 0,1 mikroliter
- c. Setelah suhuk akhir tercapai, pertahankan selama 10 menit
- d. Matikan alat

6) Penyajian hasil uji

Kadar sineol dinyatakan dalam prosen.

3. Syarat lulus uji

Contoh dinyatakan lulus uji apabila memenuhi persyaratan butir 4 di atas.

4. Analisis rendemen minyak kayu putih

Untuk mengetahui besar rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan dari proses penyulingan, Widiyanto & Siarudin (2013: 238) menggunakan persamaan dibawah ini.

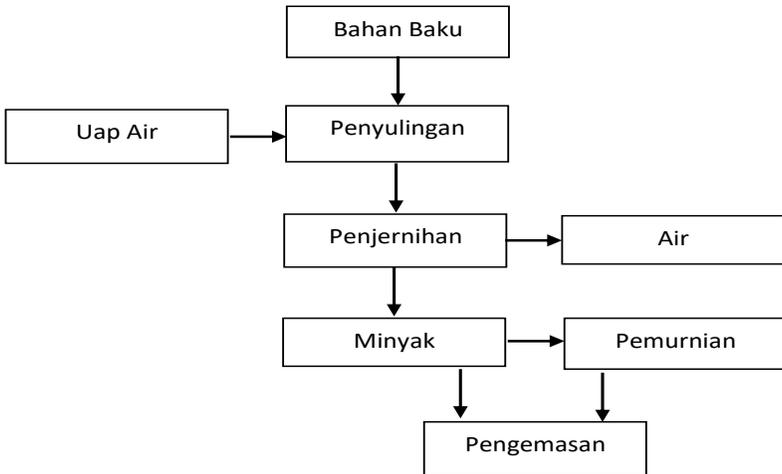
$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat Minyak (Output)}}{\text{Berat Daun Kayu Putih}} \times 100\%$$

Bab 3

Metode dan Teknologi Pengolahan Minyak Kayu Putih

A. Skema Penyulingan Minyak Kayu Putih

Pengolahan daun kayu putih untuk mendapatkan minyak yang terkandung dalam daunnya dilakukan dengan skema sebagaimana ditunjukkan dalam gambar 3.1.

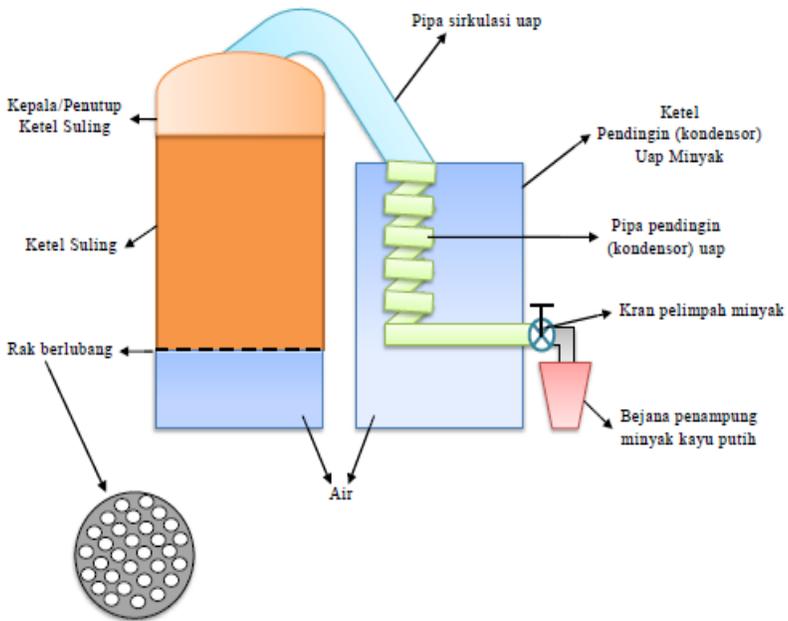


Gambar 3.1. Skema Penyulingan Minyak Kayu Putih

Bahan baku berupa daun kayu putih yang telah dipanen disuling melalui tangki destilasi atau tangki suling. Air yang letaknya bersatu atau dibawah daun kayu putih dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu untuk mendapatkan uap yang berfungsi untuk menguapkan minyak kayu putih yang berada pada daun kayu putih. Uap yang masih mengandung air dijernihkan untuk mendapatkan

minyak pada tangki pendinginan menggunakan Air. Minyak kayu putih yang diperoleh dari hasil pendinginan kemudian dimurnikan dan dikemas untuk di pasarkan.

Adapun sekema dan contoh bentuk set up skema penyulingan minyak kayu putih digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3.2. Set up skema penyulingan minyak kayu putih



Gambar 3.3. Contoh bentuk alat penyulingan minyak kayu putih

B. Metode Penyulingan atau Destilasi

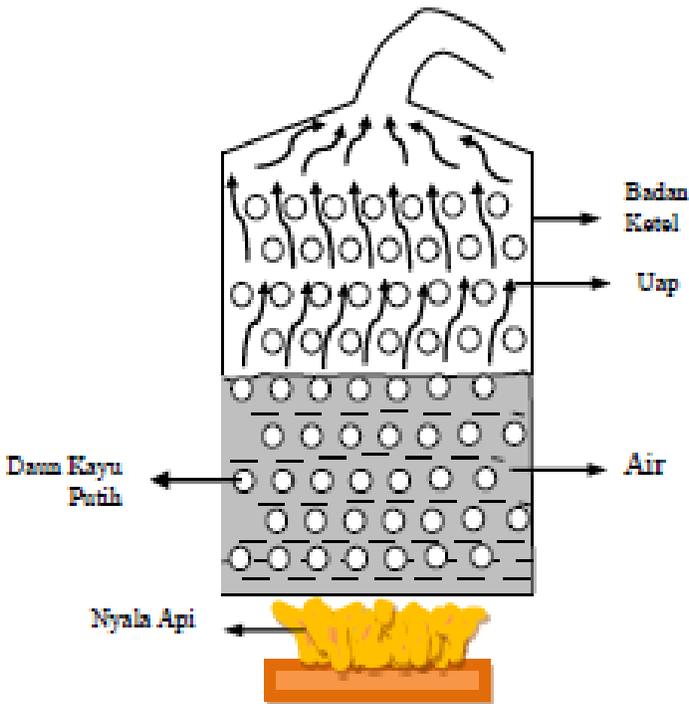
Destilasi atau penyulingan adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*) bahan atau pemisahan komponen-komponen suatu campuran dari dua jenis zat atau teknik pemisahan kimia yang berdasarkan perbedaan titik didih. Dalam penyulingan, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali ke dalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap lebih dulu. Keluarnya minyak dari bahan baku adalah suatu proses penguapan. Laju penguapan pada mulanya besar dan semakin lama semakin mengecil karena minyak makin sulit menerobos permukaan bahan dan persediaan minyak dalam bahan semakin lama makin sedikit.

Ada tiga metode yang digunakan untuk melarutkan minyak yang terkandung dalam daun minyak kayu putih, yaitu metode penyulingan dengan air atau dikenal dengan metode rebus, metode

penyulingan dengan air dan uap atau dikenal dengan metode kukus, serta metode penyulingan dengan uap atau dikenal dengan metode penguapan.

1. Metode Rebus atau Menggunakan Air

Metode destilasi menggunakan air atau lebih dikenal dengan metode rebus merupakan metode dengan bahan yang disuling berkontak langsung dengan air yang mendidih dalam sebuah tangki destilasi atau ketel seperti gambar 3.4, tergantung jumlah atau berat jenis bahan yang akan disuling yang dimasukkan langsung kedalam ketel. Bahan bersatu dengan air atau mengapung diatas air, dengan sistem pemanasan langsung.



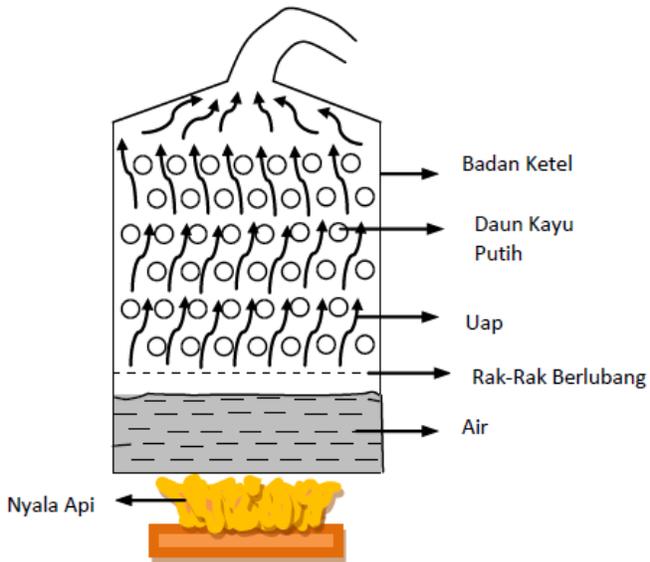
Gambar 3.4. Metode Rebus

Kelemahan metode ini, perolehan efisiensi dan rendemen penyulingan rendah serta adanya kerusakan minyak kayu putih akibat proses hidrolisis. Uap yang terbentuk dalam ketel tidak dapat melakukan penetrasi terhadap bahan, hingga memungkinkan produksi minyak dari hasil pendestilasian sangat tidak maksimal. Cara ini cocok digunakan untuk penyulingan dengan kapasitas kecil.

2. Metode Kukus atau Menggunakan Air dan Uap

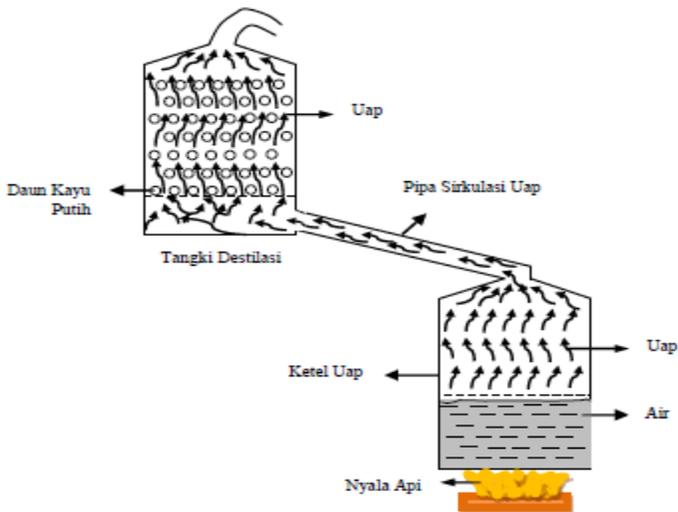
Metode destilasi menggunakan air dan uap atau lebih dikenal dengan metode kukus adalah suatu metode yang memisahkan antara air dan uap melalui saringan atau rak berlubang yang ditempatkan antara air dan uap seperti digambarkan pada gambar 3.5. Daun kayu putih ditempatkan diatas rak berlubang, air berada di bawah rak sehingga daun kayu putih tidak bercampur atau berkontak dengan air mendidih.

Uap yang dihasilkan berupa uap jenuh yang dapat melakukan penetrasi terhadap daun kayu putih. Efisiensi dan rendemen minyak kayu putih yang dihasilkan dengan metode ini cukup baik, tetapi yang harus dihindari adalah system pemanasan langsung yang dapat menimbulkan penggosongan yang dapat menurunkan mutu minyak. Cara ini sangat cocok digunakan untuk penyulingan dengan kapasitas kecil.



Gambar 3.5. Metode Kukus

3. Metode Penguapan atau Menggunakan Uap



Gambar 3.6. Metode Penguapan

Metode penyulingan dengan uap atau lebih dikenal dengan metode penguapan seperti gambar 3.6 merupakan metode destilasi yang memisahkan antara ketel uap dengan tangki sulingan minyak kayu putih. Uap dihasilkan pada ketel uap kemudian akan didistribusikan ke tangki sulingan yang merupakan tempat diletakannya daun kayu putih melalui pipa sirkulasi yang menghubungkan antara ketel uap dengan tangki suling.

Uap yang digunakan berupa uap jenuh pada tekanan 1 atm atau uap lewat panas diatas tekanan 1 atm. Cara ini sangat cocok untuk memproduksi minyak kayu putih dengan kapasitas besar.

C. Peralatan Pengolahan

1. Tangki/Ketel Suling

Ketel suling berfungsi sebagai wadah penampung air, daun kayu putih, dan uap. Uap akan berkontak langsung dengan daun kayu putih, atau uap akan menetrasi daun kayu putih untuk menghasilkan minyak yang terkandung dalam daun. Ketel suling berbentuk silinder dan dilengkapi penutup yang dapat dibuka pada bagian atas penampang ketel dan didalamnya dilengkapi dengan rak yang berpori atau berlupang. Pada kepala atau penutup ketel dipasang pipa sirkulasi uap yang berfungsi mengalirkan uap pada kondensor.

Berikut ini contoh bentuk ketel suling berbahan stainless dan berbahan kayu kuning yang ada ada di rumah-rumah produksi penyulingan minyak kayu putih di Kabupaten Buru.



Gambar 3.7. Ketel suling berbahan stainless



Gambar 3.8. Ketel suling berbahan kayu kuning

Rak berpori atau berlubang berfungsi sebagai tempat meletakkan daun kayu putih agar tidak terjadi kontak langsung dengan air. Rak berada didalam ketel suling dan umumnya ada yang terbuat dari bahan stainless dan juga kayu seperti kayu kuning atau kayu miranti.



Gambar 3.9. Rak berpori atau berlubang berbahan stainless

2. Unit Pendingin dan Pipa Sirkulasi Uap

Unit pendingin berupa tangki atau ketel kondensor yang memiliki bentuk sama dengan ketel suling yaitu berbentuk tabung silinder berfungsi sebagai unit pendingin uap minyak menjadi minyak kayu putih. Di dalam ketel kondensor terdapat air, air berfungsi untuk mendinginkan uap minyak yang masuk ke tangki kondensor melalui pipa sirkulasi uap.

Proses pendinginan uap minyak kayu putih menjadi minyak, terjadi didalam pipa sirkulasi uap. Uap panas yang mengandung minyak kayu putih dalam pip sirkulasi akan didinginkan secara alami oleh air yang terdapat didalam tangki kondensor. Uap panas diserap oleh air sehingga terjadinya pembentukan embun-embun minyak dalam dinding pipa sirkulasi yang kemudian akan berkumpul menjadi minyak.

Adapun bahan ketel kondensor yang terdapat pada rumah produksi penyulingan minyak kayu putih di Kabupaten Buru umumnya terbuat dari bahan kayu, terutama kayu kuning dan bahan stainless.



Gambar 3.10. Ketel pendingin atau kondensor berbahan stainless

Pipa sirkulasi uap yang berfungsi sebagai jalur sirkulasi uap yang mengandung minyak kayu putih umumnya terbuat dari bahan stainless. Adapun bentuk pipa sirkulasi sebagaimana diperlihatkan pada gambar 3.11



Gambar 3.11. Pipa sirkulasi uap berbahan stainless yang terhubung dengan tangki penyulingan

3. Penampung Produk

Wadah penampung minyak kayu putih yang dihasilkan dari proses penyulingan sangat sederhana. Umumnya menggunakan jerigen atau juga ember sebagaimana diperlihatkan pada gambar 3.12 di bawah ini.



Gambar 3.12. Penampung minyak kayu putih

Minyak yang masih mengandung air, mengalir dari pipa sirkulasi menuju kran pelimpah minyak yang kemudian tertampung pada jerigen atau ember. Dengan perbedaan massa jenis dengan air, dalam jerigen atau ember minyak kayu putih akan berada diatas air yang kemudian akan dipisahkan oleh petani ke dalam penampung yang sudah disediakan.

4. Tungku



Gambar 3.13. Tungku pembakaran

Model tungku sebagaimana ditunjukkan dalam gambar di atas. Secara umum pada rumah produksi penyulingan minyak kayu putih di Kabupaten Buru, tungku pembakaran sangat sederhana yaitu terbuat dari tanah liat yang dikeraskan, memiliki lubang dan rongga udara sebagai tempat untuk mengisi bahan bakar. Bahan bakar menggunakan kayu atau ranting kayu yang diperoleh dari huan sekitar rumah produksi penyulingan minyak kayu putih. Tinggi tungku rata-rata antara 30 cm hingga 50 cm, dengan diameter rongga yang terdapat diatas tungku yang bersentuhan dengan bagian bawah atau dasar ketel suling antara 30 cm² sampai dengan 70 cm².

Bab 4

Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas Pada Ketel

A. Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas

Untuk menganalisa laju perpindahan panas yang terjadi pada ketel penyulingan minyak kayu putih, maka dapat digunakan prinsip-prinsip perpindahan panas konduksi dan konveksi secara menyeluruh. Konduksi merupakan proses perpindahan panas yang terjadi pada suatu benda yang memiliki gradient suhu yaitu dari suhu yang tinggi ke suhu yang rendah.

Proses perpindahan panas yang terjadi pada bagian dasar ketel penyulingan minyak kayu putih yang bersentuhan dengan api pada tungku pembakaran terjadi secara konduksi. Proses ini dapat dianalisa menggunakan persamaan:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{\Delta x}$$

Dalam beberapa teori, konstanta positif k sering diberi tanda minus yang diselipkan hanya untuk memenuhi hukum termodinamika bahwa panas atau kalor mengalir ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Δx merupakan ketebalan dinding suatu pelat pembatas yang dilintasi oleh panas yang dapat disimbolkan dengan L dalam satuan meter, sehingga persamaan 2-1 menjadi:

$$\dot{Q}_{cond} = kA \frac{T_1 - T_2}{L} = kA \frac{\Delta T}{L}$$

Dengan :

T_1 = Suhu Pelat Yang Berkontak Dengan Api ($^{\circ}\text{C}$)

T_2 = Suhu Pelat Bagian Dalam Ketel Yang Bersentuhan Dengan Air ($^{\circ}\text{C}$)

A = Luas Pelat (m^2)

k = Konduktivitas Thermal ($\text{W/m} \cdot ^{\circ}\text{C}$)

Dalam hukum Newton tentang pendingin diperoleh perpindahan panas menyeluruh untuk konveksi, hukum ini dapat digunakan dalam menentukan laju perpindahan panas yang terjadi pada ketel penyulingan minyak kayu putih.

Hukum Newton tentang pendinginan seperti berikut:

$$\dot{Q}_{conv} = hA_s (T_s - T_{\infty})$$

Dengan :

T_{∞} = Suhu Uap ($^{\circ}\text{C}$)

T_s = Suhu Pelat Ketel Bagian Dalam Yang Bersentuhan Dengan Air ($^{\circ}\text{C}$)

A_s = Luas Ketel (m^2)

h = Koefisien Perpindahan Kalor ($\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$)

B. Laju Perpindahan Panas Pada Pipa Kondensor

Pipa pendingin atau kondensor terdapat pada tangki kondensor yang berfungsi mengubah uap yang mengandung minyak menjadi minyak kayu putih dalam bentuk fluida cair. Pada tangki

kondensor terdapat air yang diisi sesuai dengan volume tangki. Temperatur air yang sangat dingin akan berpengaruh pada proses kondensasi atau pembentukan minyak pada pipa kondensor. Pipa kondensor memiliki suhu yang sangat rendah dari pada suhu uap jenuh yang mengandung minyak, sehingga akan terjadi kondensasi pada dinding pipa.

Akibat pengaruh gaya gravitasi, maka minyak yang telah terbentuk akan mengalir ke bawah. Untuk menghitung nilai laju perpindahan panas pada pipa kondensor dapat digunakan persamaan berikut:

$$q = \bar{h}A(T_{jenuh} - T_w)$$

Dengan :

T_w = Suhu dinding pipa kondensor ($^{\circ}\text{C}$)

T_{jenuh} = Suhu uap jenuh yang mengandung minyak ($^{\circ}\text{C}$)

Daftar Pustaka

Artikel: Keragaman Hayati Species Kayu Putih. Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Daerah Istimewa Yogyakarta. *Online*, <https://www.dlhk.jogjaprov.go.id/keragaman-hayati-species-kayu-putih>, diakses: 22 Oktober 2021

Baride, L. (2011). Tinjauan Sistem Penyulingan Minyak Kayu Putih. (Online), (<http://www.unidayan.ac.id>), diakses 24 Februari 2012.

Bula, M & Tukuboya, M.N. 2013. Analisis Pengaruh Daya Hantar Kalor Terhadap Produktifitas Minyak Kayu Putih. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan RETEMENA Uniqbu*, 2(1):7-15.

Disperindag Pemerintah Kabupaten Buru, Badan Pengkajian Penerapan Teknologi & Universitas Pattimura. (2006). *Pengembangan Industri Minyak Kayu Putih Melalui Penerapan Teknologi Di Kabupaten Buru*. Namlea: Disperindag Pemerintah Kabupaten Buru.

Hentihu, H. M. (2007). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Buru 2007-2012*. Makalah disajikan dalam Seminar Dan Lokakarya Kurikulum Fakultas Teknik Dan Perikanan Universitas Iqra Buru, Namlea, 7 September 2007.

Junaidi, E., Winara, A., Siarudin, M., Indrajaya Y., & Widiyanto A., (2015). SEBARAN SPASIAL TUMBUHAN PENGHASIL MINYAK KAYU PUTIH DI TAMAN NASIONAL WASUR (Spatial Distribution of Crop of

- Producing Cajuput Oil in Wasur National Park). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, *Online*, <https://media.neliti.com/media/publications/123212-ID-none.pdf>, diakses: 22 Oktober 2021
- Koestoer, R. A. (2002). *Perpindahan Kalor*, Jakarta : Penerbit Salemba Teknika
- Minyak Kayu Putih. SNI ;Standar Nasional Indonesia. *Online*, https://teknologihutan.fkt.ugm.ac.id/wp-content/uploads/sites/675/2019/01/SNI_06-3954-2006_-_Minyak_kayu_putih-1.pdf, diakses: 30 Oktober 2021
- Ruhayat, N. (2009). Pembuatan Prototype Alat Destilasi Minyak Atsiri Skala Industri Kecil. (Online), <http://www.research.mercubuana.ac.id/proceeding/PEMBUATAN-PROTOTYPE.doc>), diakses 26 Februari 2012.
- Sarifudin, A. (2011). Alat Destilasi Sederhana Sebagai Wahana Pemanfaatan Barang Bekas Dan Media Edukasi Bagi Siswa SMA Untuk Berwirausaha Di Bidang Pertanian. (Online), (<http://www.ipb.ac.id>), diakses 24 Februari 2012.
- Sudaryono, (2010). EVALUASI KESESUAIAN LAHAN TANAMAN KAYU PUTIH KABUPATEN BURU, PROVINSI MALUKU. Pusat Teknologi Lingkungan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, *Online*, <file:///D:/TriDharmaPerguruanTinggi/BukuMetodePengolahanMKP/.pdf>
- Sumantri, S. A. & Sumangat, D. Analisis Sistem Perencanaan Dan Pengembangan Usaha Minyak Nilam. (Online), (<http://www....>), diakses 26 Februari 2012.

- Sumarni, Aji, B. N. & Solekan. (2010). Pengaruh Volume Air Dalam Berat Bahan Pada Penyulingan Minyak Atsiri. (Online), (<http://www.jurtek.ac.id/siter/default/files/hal-83-88-sumarni-gabung-ok.pdf>), diakses 27 Februari 2012.
- Y. A. Çengel, *Heat Transfer : a practical approach*, McGraw-Hill Science Engineering (November 2002)
- Y. A. Çengel and M. A. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5th ed, McGraw-Hill, 2006.