

YUSNAINI

Produksi dan Kualitas Asap Cair

EDITOR:
EKA KUSUMA DEWI



Produksi dan Kualitas Asap Cair

YUSNAINI

Editor: Eka Kusuma Dewi



Produksi dan Kualitas Asap Cair

Ditulis oleh:

Yusnaini

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh

PT Literasi Nusantara Abadi Grup

Perumahan Puncak Juyo Agung Residence Blok B11 Merjosari

Kecamatan Lowokwaru Kota Malang 65144

Telp : +6285887254603, +6285841411519

Email: literasinusantaraofficial@gmail.com

Web: www.penerbitlitnus.co.id

Anggota IKAPI No. 340/JTI/2022



Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang mengutip atau memperbanyak baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku dengan cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

Cetakan I, Juni 2025

Editor: Eka Kusuma Dewi

Perancang sampul: Muhammad Ridho Naufal

Penata letak: Dicky Gea Nuansa

ISBN : 978-634-234-184-1

vi + 138 hlm. ; 15,5x23 cm.

©Juni 2025

Prakata

Buku *Produksi dan Kualitas Asap Cair* ini disusun untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai teknologi asap cair, baik dari segi proses produksinya maupun aspek kualitasnya. Asap cair merupakan hasil pirolisis bahan organik yang kemudian dimurnikan sehingga dapat dimanfaatkan secara luas, terutama dalam bidang pangan, pengawetan, dan pengendalian mikroorganisme. Teknologi ini muncul sebagai alternatif unggul terhadap metode pengasapan konvensional, karena lebih higienis, ramah lingkungan, dan efisien dalam pengaplikasian nya.

Dalam buku ini, pembahasan dimulai dengan memberikan tinjauan umum mengenai asap cair, mencakup definisi, sejarah, manfaat, serta kandungan senyawa aktif di dalamnya. Perbandingan antara pengasapan tradisional dan penggunaan asap cair juga dibahas sebagai dasar untuk memahami keunggulan teknologi ini dalam berbagai aspek produksi pangan. Selanjutnya, dibahas secara terperinci mengenai jenis-jenis bahan baku yang digunakan dalam pembuatan asap cair, karakteristik kimia dan fisiknya, serta pertimbangan dalam memilih bahan baku yang optimal untuk menghasilkan kualitas asap cair terbaik.

Bab-bab selanjutnya difokuskan pada teknologi produksi, mencakup prinsip pirolisis, metode dan peralatan produksi, serta tahapan pemurnian dan pengenceran yang sangat berpengaruh terhadap hasil akhir. Efisiensi dan rendemen produksi menjadi sorotan penting dalam memastikan proses berlangsung efektif dan ekonomis. Pembahasan dilanjutkan dengan karakteristik asap cair dari bahan-bahan spesifik, seperti tempurung kenari dan ranting cengkeh, untuk menunjukkan variasi kualitas berdasarkan jenis bahan baku dan perlakuan produksi.

Tidak hanya itu, buku ini juga menekankan pentingnya penilaian kualitas dan standar mutu asap cair, baik dari sisi parameter fisik, kimia, maupun aspek keamanan pangan. Uji toksisitas dan standar internasional dijelaskan untuk memberikan pemahaman mengenai syarat-syarat yang harus dipenuhi agar asap cair dapat diterapkan secara luas, khususnya pada produk konsumsi.

Bab mengenai faktor-faktor yang memengaruhi kualitas asap cair memberikan gambaran menyeluruh tentang pengaruh suhu dan waktu pirolisis, jenis bahan baku, dan komposisi udara terhadap hasil akhir. Terakhir, pembaca diajak untuk meninjau potensi inovasi masa depan dalam pemanfaatan limbah pertanian, pengembangan teknologi produksi, dan potensi pasar yang terus berkembang seiring meningkatnya kesadaran akan pentingnya teknologi pengolahan pangan yang aman dan efisien.

Dengan cakupan yang luas dan pendekatan berbasis data ilmiah serta praktik di lapangan, buku ini diharapkan dapat menjadi rujukan utama bagi mahasiswa, peneliti, akademisi, praktisi industri, serta pengambil kebijakan yang tertarik mendalami dan mengembangkan teknologi asap cair. Semoga buku ini mampu memberikan kontribusi nyata dalam mendukung inovasi dan pemanfaatan sumber daya hayati secara berkelanjutan dalam sektor pangan dan industri lainnya.

Daftar Isi

Prakata	iii
Daftar Isi	v

BAB I

Tinjauan Umum Asap Cair	1
Definisi dan Sejarah Asap Cair	1
Peran dan Manfaat Asap Cair	15
Kandungan pada Asap Cair.....	23
Perbandingan Pengasapan Konvensional dan Asap Cair	25

BAB II

Bahan Baku Asap Cair.....	33
Jenis-Jenis Bahan Baku.....	33
Komposisi Kimia Bahan Baku	37
Karakteristik Berbagai Jenis Bahan Baku	41
Pemilihan Bahan Baku yang Optimal.....	48

BAB III

Teknologi Produksi Asap Cair	53
Prinsip Pirolisis dalam Produksi Asap Cair	53
Metode dan Peralatan Produksi.....	58
Pemurnian dan Pengenceran Asap Cair.....	60
Rendemen dan Efisiensi Asap Cair	68

BAB IV

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Asap Cair.....	73
Suhu Pirolisis	73
Waktu Pirolisis.....	77
Jenis Bahan Baku dan Rasio Udara	78

BAB V

Kualitas Asap Cair.....	81
Komposisi Kimia dan Rendemen Asap Cair	81
Sifat Kualitatif dan Kuantitatif Senyawa Volatil.....	85
Karakteristik Fisikokimia Asap Cair	88
Aktivitas Antibakteri Asap Cair.....	90
Perbandingan Kualitas Asap Cair Kasar dan Setelah Pemurnian.....	93
Pengaruh Konsentrasi Kadar Fenol, Karbonil, dan Asam	98
Evaluasi Konsentrasi Efektif untuk Aplikasi Pangan	102

BAB VI

Standar Mutu dan Kualitas Asap Cair.....	107
Kriteria kualitas berdasarkan SNI atau Internasional.....	107
Uji Toksisitas Asap Cair	111
Parameter Keamanan Pangan	113

BAB VII

Prospek dan Inovasi Masa Depan Asap Cair.....	117
Pemanfaatan Limbah Pertanian.....	117
Pengembangan Teknologi Asap Cair	122
Potensi Pasar dan Ekonomi	125
Daftar Pustaka.....	129
Biodata Penulis	137

BAB I

Tinjauan Umum Asap Cair

Definisi dan Sejarah Asap Cair

Asap cair adalah hasil dari proses pirolisis, yaitu pemecahan bahan organik menggunakan panas tanpa kehadiran oksigen. Dalam proses ini, berbagai senyawa volatil atau mudah menguap dilepaskan secara bersamaan dari bahan baku yang dipanaskan di dalam reaktor. Senyawa-senyawa tersebut kemudian melewati sistem pendingin, di mana mengalami kondensasi dan berubah wujud menjadi cairan. Menurut Simon dkk (2005), asap cair terbentuk melalui tahapan ini dan mengandung berbagai komponen kimia kompleks yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti pengawet alami, bahan antibakteri, atau campuran dalam industri pertanian dan pangan.

Asap cair merupakan hasil inovatif dari proses termokimia biomassa yang melibatkan pirolisis atau destilasi kering, di mana uap yang dihasilkan dari pembakaran biomassa dikondensasi menjadi bentuk cair. Secara teknis, asap cair dapat dipahami sebagai hasil dari proses kondensasi uap asap yang terbentuk melalui pembakaran tidak langsung dari bahan-bahan organik yang kaya akan lignoselulosa, yaitu lignin, selulosa, dan

hemiselulosa, serta komponen karbon lainnya yang terdapat dalam berbagai jenis biomassa. Proses pirolisis ini dilakukan dalam kondisi minim oksigen atau bahkan tanpa oksigen sama sekali, untuk mencegah pembakaran sempurna dan memungkinkan dekomposisi termal komponen organik menjadi senyawa volatil yang kemudian dikondensasi menjadi bentuk cair.

Menurut Darmadji (2009), asap cair merupakan bentuk dispersi uap asap dalam udara yang dihasilkan dari pirolisa berbagai jenis biomassa seperti kayu, kulit kayu, tempurung kelapa, sabut kelapa, bambu, hingga daun-daunan. Dalam terminologi bahasa Inggris dikenal sebagai *wood vinegar* atau *liquid smoke* merupakan hasil dari proses kondensasi terhadap uap yang dihasilkan melalui pembakaran bahan-bahan biomassa secara langsung maupun tidak langsung. Proses ini sangat bergantung pada komposisi bahan baku yang digunakan, khususnya bahan-bahan yang mengandung komponen lignoselulosa dalam kadar tinggi, karena senyawa-senyawa ini akan terdekomposisi selama pirolisis dan menghasilkan senyawa volatil seperti asam organik, fenol, keton, dan aldehida.

Beragam jenis bahan baku biomassa dapat digunakan dalam produksi asap cair, dan pemilihannya memengaruhi komposisi kimia dan karakteristik fungsional dari produk akhir. Di antara bahan baku yang umum digunakan adalah berbagai jenis kayu keras dan lunak, bonggol kelapa sawit, tempurung kelapa, sabut kelapa, tongkol jagung, sekam padi, serta limbah-limbah hasil industri perkayuan seperti serbuk gergaji dan ampas kayu. Pemanfaatan bahan-bahan tersebut tidak hanya memperluas potensi ekonomi dari limbah pertanian dan perkebunan, tetapi juga memberikan alternatif pemanfaatan limbah yang ramah lingkungan dalam kerangka ekonomi sirkular.

Dengan demikian, secara sederhana, asap cair dapat dijelaskan sebagai campuran kompleks dari berbagai senyawa kimia hasil pembakaran bahan organik yang kemudian didinginkan dan dikondensasi menjadi bentuk cair. Proses kondensasi ini biasanya dilakukan dengan sistem pendinginan air atau kondensor logam yang memungkinkan uap hasil pirolisa berubah bentuk menjadi cairan yang mengandung senyawa aktif,

BAB II

Bahan Baku Asap Cair

Jenis-Jenis Bahan Baku

Asap cair merupakan hasil dari proses pirolisis biomassa, yaitu dekomposisi termal bahan organik tanpa kehadiran oksigen. Kualitas dan karakteristik kimia asap cair sangat ditentukan oleh jenis bahan baku yang digunakan. Oleh karena itu, pemilihan bahan baku menjadi aspek krusial dalam produksi asap cair, baik dari segi efisiensi proses maupun kualitas senyawa hasilnya. Bahan baku yang umum digunakan untuk produksi asap cair umumnya merupakan biomassa lignoselulosa, yaitu bahan yang mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Ketiga komponen ini akan terurai saat proses pirolisis dan menghasilkan senyawa volatil yang dapat dikondensasikan menjadi asap cair. Senyawa tersebut umumnya terdiri atas asam organik (seperti asam asetat), fenol, karbonil, dan senyawa aromatik lainnya yang berperan dalam aktivitas antimikroba dan sebagai bahan pengawet alami.

Secara umum, bahan baku asap cair dapat berasal dari berbagai jenis limbah pertanian dan kehutanan. Beberapa bahan yang telah banyak diteliti dan dikembangkan sebagai bahan baku asap cair antara lain

tempurung kelapa, serbuk gergaji, potongan kayu keras, ranting tanaman rempah (seperti cengkeh dan pala), limbah padat rempah-rempah, hingga batang mangrove dan kayu pohon karet. Misalnya, tempurung kelapa merupakan bahan yang sangat potensial karena ketersediaannya yang melimpah serta kandungan lignoselulosanya yang tinggi. Tranggono (1996) menunjukkan bahwa tempurung kelapa mampu menghasilkan asap cair dengan kandungan fenol dan asam organik yang tinggi, sehingga sangat efektif sebagai pengawet bahan pangan.

Selain itu, beberapa tanaman rempah seperti cengkeh (*Syzygium aromaticum*) dan pala (*Myristica fragrans*) juga menjadi bahan baku yang menjanjikan. Ranting dari tanaman ini mengandung senyawa aromatik dan minyak atsiri yang dapat memperkaya komponen asap cair yang dihasilkan. Pemanfaatan ranting cengkeh, seperti yang digunakan dalam penelitian di Ternate Utara, Provinsi Maluku Utara, merupakan contoh konkret bagaimana limbah pertanian lokal dapat dimanfaatkan secara optimal untuk produksi asap cair. Hasil pirolisis ranting cengkeh tidak hanya menghasilkan asap cair dengan karakteristik antibakteri yang kuat, tetapi juga berpotensi dalam pengembangan produk-produk alami pengganti bahan kimia sintetis dalam industri pangan.

Berbagai limbah padat dari industri rempah-rempah, seperti limbah hasil penyulingan minyak atsiri, juga telah terbukti efektif sebagai bahan baku produksi asap cair. Pemanfaatan limbah tersebut memberikan nilai tambah dan kontribusi terhadap pengelolaan limbah pertanian yang lebih ramah lingkungan. Limbah padat rempah seperti hasil penyulingan cengkeh dan pala masih mengandung cukup banyak senyawa fenolik dan dapat diolah menjadi asap cair dengan aktivitas antimikroba yang baik. Dengan demikian, produksi asap cair tidak hanya berorientasi pada hasil akhir berupa zat pengawet alami, tetapi juga berkontribusi terhadap prinsip ekonomi sirkular dan pengurangan beban limbah lingkungan Darmadji (1999).

Jenis kayu tertentu, seperti kayu pohon karet (*Hevea brasiliensis*) dan *Fagus sylvatica* L. (sejenis beech), juga telah diuji sebagai bahan baku yang

BAB III

Teknologi Produksi Asap Cair

Prinsip Pirolisis dalam Produksi Asap Cair

Pirolisis merupakan salah satu teknologi termokimia yang paling penting dalam pengolahan biomassa menjadi produk bernilai tambah seperti asap cair (*liquid smoke*), bio-oil, biochar, dan gas sintetis (*syngas*). Proses ini berlangsung dalam lingkungan minim oksigen atau tanpa oksigen sama sekali, dengan memanfaatkan suhu tinggi untuk memecah struktur kimia kompleks dari bahan organik. Menurut Chen dkk (2015), mekanisme reaksi dalam proses pirolisis biomassa secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tahap utama, yaitu reaksi hidrolisis, reaksi primer, dan reaksi sekunder. Masing-masing tahapan ini melibatkan serangkaian reaksi kimia yang kompleks dan saling berinteraksi, bergantung pada struktur kimia bahan baku serta kondisi operasi yang diterapkan.

Reaksi hidrolisis terjadi pada tahap awal ketika panas mulai diberikan kepada bahan biomassa. Pada tahap ini, air dan senyawa volatil ringan mulai keluar dari struktur bahan baku, mengawali proses penguraian termal. Selanjutnya, reaksi primer mencakup proses dekomposisi utama dari senyawa-senyawa kompleks seperti selulosa, hemiselulosa, dan

lignin. Dalam tahap ini terjadi berbagai reaksi kimia seperti dehidrasi, depolimerisasi, dan fragmentasi molekul besar menjadi molekul yang lebih kecil. Reaksi-reaksi tersebut bersifat kompetitif dan terjadi secara simultan, membentuk produk antara berupa senyawa volatil, cairan tar, dan residu padat (char). Tahap akhir adalah reaksi sekunder, yang melibatkan transformasi lanjut dari senyawa volatil dan cairan tar menjadi gas, senyawa aromatik, dan senyawa turunan lain melalui proses seperti kondensasi, re-polimerisasi, serta retak termal (*thermal cracking*).

Reaksi-reaksi yang terjadi dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia dari bahan baku biomassa, serta parameter proses pirolisis yang digunakan. Distribusi produk pirolisis apakah dalam bentuk cair, gas, atau padatan sangat tergantung pada parameter seperti jenis biomassa, suhu reaksi, waktu tinggal uap panas (*vapor residence time*), sistem pemisahan char, dan kandungan abu atau mineral dalam bahan baku. Jenis biomassa berperan besar karena komposisi kimia utamanya selulosa, hemiselulosa, dan lignin memiliki laju dan suhu dekomposisi yang berbeda. Selulosa dan hemiselulosa cenderung mengalami dekomposisi pada suhu 250–350°C, sedangkan lignin memiliki rentang dekomposisi yang lebih luas (200–500°C), dan menghasilkan lebih banyak senyawa aromatik dan residu padat (Bridgwater, 2012).

Suhu pirolisis merupakan parameter yang paling berpengaruh dalam menentukan jenis dan kualitas produk. Pada suhu rendah (300–400°C), pirolisis menghasilkan lebih banyak biochar dan cairan tar dengan kandungan air yang tinggi. Sebaliknya, pada suhu tinggi (di atas 500°C), terjadi peningkatan produksi gas dan senyawa volatil, sementara jumlah char berkurang. Waktu tinggal uap panas juga penting karena menentukan sejauh mana senyawa volatil akan mengalami reaksi sekunder. Semakin lama uap tinggal dalam zona reaksi panas, semakin besar kemungkinan senyawa volatil akan mengalami rekondensasi atau degradasi termal, yang dapat menurunkan kualitas bio-oil atau asap cair yang dihasilkan.

Parameter lain yang juga signifikan adalah pemisahan char dari produk volatil selama proses berlangsung. Char yang tidak segera dipisahkan

BAB IV

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Asap Cair

Suhu Pirolisis

Asap cair merupakan produk hasil pirolisis biomassa yang telah banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor, terutama sebagai pengawet alami dalam industri pangan. Kualitas asap cair sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah suhu pirolisis. Suhu pirolisis menentukan komposisi kimia, rendemen, pH, densitas, dan aktivitas biologis dari asap cair yang dihasilkan.

Dalam upaya mengembangkan teknologi pengolahan limbah biomassa menjadi produk bernilai tinggi, penelitian mengenai produksi asap cair dari limbah padat nilam menjadi sangat penting. Asap cair (liquid smoke) merupakan hasil kondensasi uap dari pirolisis biomassa yang kaya akan senyawa fenolik, karbonil, dan asam organik, yang memiliki potensi luas sebagai bahan pengawet alami, antibakteri, dan antioksidan. Limbah padat nilam, yang umumnya dihasilkan dalam jumlah besar dari proses

penyulingan minyak atsiri nilam (*Pogostemon cablin*), selama ini belum dimanfaatkan secara optimal dan bahkan dapat mencemari lingkungan jika dibuang sembarangan. Oleh karena itu, transformasi limbah ini menjadi asap cair melalui proses pirolisis tidak hanya memberikan nilai tambah ekonomis tetapi juga mendukung prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah ramah lingkungan.

Proses pirolisis sendiri merupakan proses termokimia yang kompleks dan dipengaruhi oleh berbagai variabel proses, terutama massa bahan baku, suhu pemanasan, dan waktu pirolisis. Ketiga variabel ini sangat menentukan kualitas dan kuantitas asap cair yang dihasilkan, baik dalam hal rendemen, pH, densitas, maupun kandungan senyawa aktif seperti asam asetat dan fenol. Untuk mengoptimalkan kondisi pirolisis agar menghasilkan asap cair dengan karakteristik terbaik, pendekatan statistik menggunakan *Response Surface Methodology* (RSM) telah banyak digunakan dalam penelitian-penelitian terbaru. RSM merupakan metode statistik yang sangat efektif untuk mengevaluasi interaksi antar variabel bebas dalam suatu proses dan menentukan kondisi operasi optimum melalui permodelan dan analisis respon dalam bentuk permukaan.

Optimasi pirolisis terhadap limbah padat nilam dengan menggunakan RSM berbasis desain eksperimen *Central Composite Design* (CCD). Variabel bebas yang diujikan meliputi massa bahan baku (50–150 gram), suhu pirolisis (300–450°C), dan waktu pirolisis (30–150 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut memiliki pengaruh signifikan baik secara individual maupun interaktif terhadap rendemen dan kualitas asap cair. Kondisi optimum yang diperoleh dari model RSM menghasilkan rendemen tertinggi sebesar 14,33%, dengan kandungan fenol mencapai 46,14%, suatu nilai yang cukup tinggi untuk aplikasi sebagai agen antibakteri alami dalam industri pangan dan pertanian (Salimuddin dkk, 2023).

Secara khusus, suhu pirolisis terbukti menjadi faktor dominan yang memengaruhi laju dekomposisi senyawa lignoselulosa dalam biomassa nilam menjadi komponen volatil. Pada suhu pirolisis yang rendah

BAB V

Kualitas Asap Cair

Komposisi Kimia dan Rendemen Asap Cair

Asap cair merupakan hasil kondensasi senyawa volatil yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa, dan komposisinya sangat bergantung pada jenis bahan baku serta kondisi proses termal yang digunakan. Dalam konteks asap cair yang diperoleh dari tempurung kenari, analisis kromatografi gas-spektrometri massa (GC-MS) menunjukkan bahwa terdapat tiga komponen utama yang mendominasi fraksi senyawa aktif, yaitu 2-furanoksikarboksaldehida atau yang lebih dikenal dengan nama furfural (55,87%), 2-metoksifenol (guaiakol, 10,99%), dan fenol (5,90%). Ketiga senyawa ini bukan hanya hadir sebagai konstituen mayor secara kuantitatif, tetapi juga memiliki signifikansi penting dalam menentukan sifat fisikokimia, bioaktivitas, serta potensi aplikatif asap cair, baik dalam bidang pangan, pertanian, maupun kesehatan. Berikut ini adalah komposisi kimia dari asap cair Tempurung Kenari.

1. Furfural (2-Furanoksikarboksaldehida)

Furfural, senyawa aldehida aromatik yang terbentuk dari dehidrasi pentosa (seperti xilosa dan arabinosa), merupakan komponen utama

yang ditemukan dalam fraksi asap cair tempurung kenari. Dengan persentase mencapai 55,87%, furfural memberikan kontribusi besar terhadap aktivitas antimikroba dan pengawet alami dari asap cair tersebut. Secara struktur, furfural terdiri atas cincin furan dengan gugus aldehida ($-CHO$) pada posisi karbon ke-2, menjadikan nya senyawa reaktif yang mudah berinteraksi dengan protein dan membran sel mikroba. Reaktivitas kimia ini mendasari kemampuannya dalam mengganggu sistem enzim mikroorganisme, serta menghambat pertumbuhan berbagai jenis bakteri patogen maupun jamur penyebab kerusakan pangan.

Selain itu, furfural juga dikenal sebagai senyawa dengan sifat antioksidan sedang, serta menunjukkan potensi dalam bidang farmasi sebagai senyawa prekursor untuk pembuatan furanon dan senyawa aromatik lainnya. Dalam industri pangan, furfural berkontribusi terhadap aroma manis-karamel yang khas, sering kali diidentifikasi dalam bahan makanan yang mengalami proses pemanggangan atau pengasapan. Meski demikian, keberadaan furfural dalam konsentrasi tinggi juga perlu diawasi karena pada ambang batas tertentu, senyawa ini dapat bersifat iritatif terhadap jaringan epitel dan memerlukan perlakuan filtrasi atau distilasi untuk menurunkan kadar residu nya jika asap cair akan digunakan sebagai aditif pangan.

2. Metoksifenol (Guaiakol):

Komponen penting berikutnya adalah guaiakol (2-metoksifenol) yang ditemukan sebesar 10,99%. Senyawa ini merupakan turunan dari fenol yang memiliki gugus metoksi ($-OCH_3$) pada posisi orto terhadap gugus hidroksil ($-OH$), sehingga struktur aromatik nya berkontribusi pada aroma khas asap yang tajam, pedas, dan sedikit manis. Guaiakol merupakan konstituen utama dari aroma asap alami yang biasa ditemukan dalam daging asap, ikan asap, atau produk pangan fermentasi tradisional. Selain sebagai komponen flavor, guaiakol juga memiliki sifat antiseptik dan anti inflamasi,

BAB VI

Standar Mutu dan Kualitas Asap Cair

Kriteria kualitas berdasarkan SNI atau Internasional

Asap cair (*liquid smoke*) merupakan hasil kondensasi dari asap yang dihasilkan melalui proses pirolisis bahan organik seperti kayu, tempurung kelapa, sekam padi, dan bahan lignoselulosa lainnya. Produk ini telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan pengawet alami, agen antibakteri, antioksidan, dan flavoring agent dalam industri pangan dan non-pangan. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan terhadap bahan alami yang aman dan ramah lingkungan, permintaan terhadap asap cair yang memenuhi standar kualitas nasional dan internasional juga semakin tinggi. Oleh karena itu, penting untuk memahami secara mendalam kriteria kualitas asap cair yang telah ditetapkan oleh lembaga standar seperti Badan Standardisasi Nasional (BSN) melalui Standar Nasional Indonesia (SNI), serta lembaga internasional seperti Food and Drug Administration (FDA) dan European Food Safety Authority (EFSA).

Badan Standardisasi Nasional (BSN) Indonesia telah merumuskan pedoman mutu asap cair melalui beberapa kajian akademik dan teknis. Salah satu dokumen rujukan penting adalah SNI 8985:2021 tentang “Asap Cair Lignoselulosa”. Dalam SNI tersebut, beberapa parameter mutu asap cair yang dijadikan kriteria kualitas meliputi:

1. pH: Nilai pH asap cair berkisar antara 1,50 hingga 4,50, dengan klasifikasi mutu 1 memiliki pH 1,50–2,75 dan mutu 2 memiliki pH 2,76–4,50. Nilai ini menunjukkan sifat asam dari asap cair yang berasal dari kandungan senyawa asam organik seperti asam asetat dan asam formiat.
2. Bobot Jenis (BJ): Kisaran bobot jenis asap cair adalah 1,0050–1,0500 untuk kedua mutu. Bobot jenis ini menunjukkan konsentrasi senyawa aktif dalam asap cair.
3. Asam Asetat: Kadar asam asetat dalam asap cair mutu 1 adalah 8,00–15,00%, sedangkan untuk mutu 2 adalah 1,10–7,99%. Asam asetat berperan penting dalam memberikan efek antibakteri dan pengawetan.
4. Fenol: Kandungan fenol maksimum dalam asap cair adalah 2,0% untuk kedua mutu. Fenol dan turunannya merupakan senyawa yang berkontribusi pada aktivitas antimikroba dan aroma khas dari asap cair.
5. Bahan Terapung: Asap cair yang bermutu baik tidak mengandung bahan terapung seperti minyak atau partikel padat yang dapat mengganggu kestabilan dan kejernihan produk.

Selain parameter di atas, SNI juga mengatur tentang metode pengambilan contoh dan metode uji untuk memastikan konsistensi dan akurasi dalam penilaian kualitas asap cair. Secara internasional, regulasi terkait asap cair dikembangkan oleh lembaga seperti FDA (Amerika Serikat), EFSA (Uni Eropa), dan International Organization for Standardization (ISO). Misalnya, FDA menyatakan bahwa asap cair dikategorikan sebagai “*generally recognized as safe*” (GRAS), namun

BAB VII

Prospek dan Inovasi Masa Depan Asap Cair

Pemanfaatan Limbah Pertanian

Asap cair, atau liquid smoke, merupakan hasil kondensasi dari proses pirolisis biomassa yang mengandung lignoselulosa, seperti limbah pertanian. Dalam konteks pertanian berkelanjutan, asap cair menawarkan solusi inovatif dalam pengelolaan limbah organik, pengendalian hama, dan peningkatan kualitas hasil pertanian. Berbagai penelitian terbaru menunjukkan bahwa asap cair memiliki potensi besar dalam mendukung pertanian ramah lingkungan (Wulandari, 2024).

Limbah pertanian, seperti sekam padi, jerami, dan tempurung kelapa, seringkali tidak dimanfaatkan secara optimal dan dapat menjadi sumber pencemaran lingkungan jika dibakar secara terbuka. Melalui proses pirolisis, limbah-limbah ini dapat diubah menjadi asap cair yang mengandung senyawa bioaktif, seperti fenol dan asam organik, yang berfungsi sebagai antimikroba dan insektisida alami. Asap cair dari sekam padi efektif dalam mengendalikan hama tanaman dan dapat menjadi

alternatif pengganti pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia (Adhiguna, 2024).

Pengembangan teknologi produksi asap cair telah mengalami kemajuan signifikan. Salah satu inovasi terbaru adalah penggunaan sistem Smart Pyrolysis yang mengintegrasikan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk mengontrol suhu dan waktu pirolisis secara otomatis. Dengan demikian, kualitas asap cair yang dihasilkan dapat lebih konsisten dan efisien. Pentingnya penggunaan teknologi ini dalam meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas asap cair yang sesuai dengan standar nasional (Mahmud, 2024).

Asap cair telah terbukti efektif sebagai pestisida nabati dalam mengendalikan berbagai hama dan penyakit tanaman. Kandungan senyawa fenol dan asam asetat dalam asap cair berperan sebagai agen antimikroba dan insektisida. Asap cair dari tempurung kelapa sawit memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Selain itu, penggunaan asap cair sebagai pestisida nabati dapat mengurangi ketergantungan petani terhadap pestisida kimia, yang seringkali berisiko terhadap kesehatan dan lingkungan (Bria, 2025).

Selain sebagai pestisida, asap cair juga digunakan dalam pengolahan hasil pertanian sebagai pengawet alami. Kandungan senyawa antimikroba dalam asap cair dapat memperpanjang masa simpan produk pertanian, seperti ikan asap dan daging olahan. Asap cair dari kayu pelawan dan tempurung kelapa yang dimurnikan melalui distilasi sederhana memiliki kualitas yang baik dan aman digunakan dalam pengolahan pangan (Janah, 2024).

Meskipun memiliki potensi besar, pengembangan dan pemanfaatan asap cair masih menghadapi beberapa tantangan, seperti standardisasi kualitas, skala produksi, dan adopsi teknologi oleh petani. Namun, dengan dukungan dari pemerintah, lembaga penelitian, dan sektor swasta, asap cair dapat menjadi solusi inovatif dalam pertanian berkelanjutan. Program pelatihan dan penyuluhan kepada petani tentang pembuatan

Daftar Pustaka

- Adhiguna, R. T., Aulia, N. I., Haryani, F. R., Setyaaji, P. H., Puspitahati, P., Rejo, A., & Kuncoro, E. A. (2024). Diseminasi Teknologi Pemanfaatan Asap Cair dalam Produksi Pertanian dan Pangan Lokal Secara Berkelanjutan. *Prima Abdika: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(4), 905-914.
- Amrullah, S., As' urin, B., & Faisal, M. (2023). Karakteristik Asap Cair Tempurung Kelapa, Cangkang Kemiri, dan Bonggol Jagung. *JTPG (Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo)*, 8(2), 48-54.
- Andayani, R., Wijana, S., & Mulyadi, A. F. (2017). Analisis kelayakan teknis dan finansial pendirian unit pengolahan limbah tempurung kelapa (asap cair dan karbon aktif). *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 3(3), 119-126.
- Aritonang, A. B., Wenisda, F. M., & Sofiana, M. S. (2020). ASAP CAIR DARI LIMBAH KULIT MANGROVE *Avicennia alba* UNTUK PENGAWETAN BAKSO IKAN (LIQUID SMOKE FROM MANGROVE SKIN WASTE *Avicennia alba* FOR THE PRESERVATION OF FISH BALLS). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(1), 31-37.
- Arundina, I., Diyatri, I., Juliastuti, W. S., Budhy, T. I., Surboyo, M. D., Iskandar, B., ... & Saputra, G. (2023). Osteoblast viability of liquid smoke rice hull and nanoparticles form as periodontitis treatment. *European journal of dentistry*, 17(02), 450-455.
- Bria, D., Hoar, O., Nino, J., Klau, A. M., Sibagariang, L. V., & Tuas, M. A. (2025). Making Liquid Smoke As A Botanical Pesticide In The Garden Of The Department Of Agriculture And Food Security, Belu District: Pembuatan Asap Cair Sebagai Pestisida Nabati Di Kebun Dinas Pertanian Dan Ketahanan Pangan,

- Kabupaten Belu. *Agricultural-Animal Science Innovation and Empowerment Journal*, 1(1), 9-16.
- Budaraga, I. K., Arnim, A., Marlinda, Y., & Bulain, U. (2016). Liquid smoke production quality from raw materials variation and different pyrolysis temperature. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 6(3), 306-315.
- Chungsiriporn, J., Pongyeela, P., Iewkittayakorn, J. (2018). Use of wood vinegar as fungus and malodor retarding agent for natural rubber products. *Songklanakarin Journal Science & Technology*, 40(1), 87-92.
- Darmadji P., 2002. Optimasi Pemurnian Asap Cair dengan Metode Redistilasi, *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol. XIII (3), hal 267-271.
- Djalil, J. P., Salimi, Y. K., Iyabu, H., Bialangi, N., Mohamad, E., & Kunusa, W. R. (2024). Karakteristik Kimia Dan Organoleptik Asap Cair Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Cemaran Logam Timbal (Pb) Pada Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*). *Jambura Fish Processing Journal*, 6(1), 52-65.
- Faisal, M., Kamaruzzaman, S., Desvita, H., Annisa, D., & Zahara, C. (2023). Response surface methodology for optimization of liquid smoke production yield from durian rinds (*Durio zibethinus* Murr.). *Materials Today: Proceedings*, 87, 187-191.
- Hasibuan, R., Limbong, Y. W., Fazillah, R., & Pramananda, V. (2024). Effect of Pyrolysis Temperature and Time on Liquid Smoke Yield in Coconut (*Cocos nucifera* L.) Shells Pyrolysis Process. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 560, p. 01008). EDP Sciences.
- Ita merni P, Akbar P, Erina H, Taman A, dkk (2024). Pemanfaatan Asap Cair Grade 1 dari Bahan Baku Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) Sebagai Pengawet Udang Segar dengan Metode Perendaman pada Konsentrasi yang Berbeda. *Buletin LOUPE (Laporan Umum Penelitian)* 20(2).

- Izza, N., Putra, A., & Amalia, Z. (2022). Pembuatan Asap Cair (Liquid Smoke) dari Limbah Serbuk Kayu Jati dan Kayu Pinus secara Pirolisis sebagai Pengawet Alami. *Jurnal Teknologi*, 22(2), 104-112.
- Jasmani, J., Ginting, Z., Masrullita, M., Kurniawan, E., Dewi, R., & Faisal, F. (2023). PEMBUATAN ASAP CAIR (Liquid Smoked) DARI LIMBAH PADAT NILAM (Pogostemon Cablin Benth) DENGAN METODE PIROLISIS. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(2), 226-235.
- Jayanudin, J., Suhendi, A., Uyun, J., & Supriatna, A. H. (2012). Pengaruh suhu pirolisis dan ukuran tempurung kelapa terhadap rendemen dan karakteristik asap cair sebagai pengawet alami. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 8(1), 46-55.
- Kasim, F., Fitrah, A. N., & Hambali, E. (2015). Aplikasi asap cair pada lateks. *Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri*, 9(1), 182839.
- Litaay, C., Jaya, I., Trilaksani, W., Setiawan, W., & Deswati, R. (2022). Pengaruh perbedaan suhu dan lama pengasapan terhadap kadar air, lemak dan garam ikan nila (*Oreochromis niloticus*) asap. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 14(2), 179-190.
- Mahmud, M. R., Mas' ud, F., & Paramita, V. D. (2024). Smart Pyrolysis Pembuatan Asap Cair Dari Sekam Padi Dan Aplikasinya Sebagai Insektisida. *Jurnal Agritechno*, 160-166.
- Mahmud, Y., & Arminuddin, A. T. (2024, July). UJI TOKSISITAS ASAP CAIR TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT UNTUK MENGENDALIKAN LARVA KUMBANG BADAK KELAPA SAWIT SECARA IN VITRO: Toxicity Test Of Liquid Smoke Of Empty Oil Palm Bunches To Control Rhinoceros Beetle Larvae Palm Oil In Vitro. In *Prosiding Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Peternakan* (Vol. 2, No. 1, pp. 69-74).
- Mardiyana, Theresia, E & Vicky, P (2023). Karakteristik Asap Cair dari Kulit Buah Nipah (*Nypa fruticans*) dan Potensinya Sebagai Antibakteri

- Staphylococcus aureus*. Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua 6(2), 72-77.
- Montazeri, N., Oliveira, A. C., Himelbloom, B. H., Leigh, M. B., & Crapo, C. A. (2013). Chemical characterization of commercial liquid smoke products. *Food science & nutrition*, 1(1), 102-115.
- Muliyanti, K., Hidayat, C., & Supriyadi, S. (2023). Identification and Composition of Volatile Compounds in Liquid Smoke Derived from Betara Variety of Areca catechu Husk. *agriTECH*, 43(2), 187-198.
- Nedi, L. A. U., Nadya, A., Qadarsi, J., Putri, A. A., & Saputra, D. (2024). INCINERATOR ASAP CAIR SEBAGAI INOVASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA DALAM MENGATASI MASALAH SAMPAH DI DESA BANTAR PANJANG. *Abdi Pandawa: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 21-27.
- Pratama, A. S. C., & Sa'diyah, K. (2022). Pengaruh jenis biomassa terhadap karakteristik asap cair melalui metode pirolisis. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 36-44.
- Rahayu, I., & Timotius, K. H. (2021). Antimutagenic and antiviral activity of hydroethanolic extract from Moringa oleifera L. leaves: In vitro and in silico studies. *Int. J. Herb. Med*, 9, 25-32.
- Ridhuan, K., Irawan, D., Zanaria, Y., & Firmansyah, F. (2019). Pengaruh jenis biomassa pada pembakaran pirolisis terhadap karakteristik dan efisiensi bioarang-asap cair yang dihasilkan. *Media Mesin: Majalah Teknik Mesin*, 20(1), 18-27.
- Rizkia, E. N. (2023). *EFEKTIVITAS ASAP CAIR TONGKOL JAGUNG UNTUK MEMPERTAHANKAN KUALITAS BUAH TOMAT (Solanum lycopersicum) PASCAPANEN* (Doctoral dissertation, Universitas Siliwangi).
- Rosyidah, N. A., & Sa'diyah, K. (2022). Pengaruh berbagai jenis biomassa terhadap hasil asap cair pada proses pirolisis. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(4), 900-908.

- Sa'diyah, K., Suhati, P. H., Janitra, A. A. A., & Mashliha, L. (2024). KEUNGGULAN ASAP CAIR YANG BERASAL DARI BIOMASSA SEBAGAI AGEN ANTIMIKROBA. *Jurnal Teknik Kimia*, 18(2), 114-121.
- Saputra, R. Y., Naswir, M., & Suryadri, H. (2020). Perbandingan karakteristik asap cair pada berbagai grade dari pirolisis batubara. *Jurnal Engineering*, 2(2), 96-108.
- Selin, E., Mandava, G., Vilcu, A. L., Oskarsson, A., & Lundqvist, J. (2022). An in vitro-based hazard assessment of liquid smoke food flavourings. *Archives of Toxicology*, 96(2), 601-611.
- Shafira, R., & Sa'diyah, K. (2022). Pengaruh rasio umpan sabut dengan cangkang kelapa pada pembuatan asap cair melalui pirolisis. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 8(1), 45-53.
- Sherpa, K., Priyadarshini, M. B., Mehta, N. K., Vaishnav, A., Singh, N. S., & Pati, B. K. (2023). Shelf-Stability of Kiln-and Liquid-Smoked Inulin-Fortified Emulsion-Type Pangasius Mince Sausage at Refrigerated Temperature. *ACS omega*, 8(38), 34431-34441.
- Sinadia, A. D., Tooy, D., & Pangkerego, F. (2018). UJI KINERJA ALAT PEMBUAT ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA TIPE PIROLISIS. In *COCOS* (Vol. 10, No. 8).
- Sohilait, H. J., Kainama, H., & Kaihena, M. (2023). Chemical Composition and Antioxidant Activities of the Essential Oils of *Eugenia caryophyllata* from Northern Buru Island, Moluccas. *BioResources*, 18(4).
- Suroso, E., Utomo, T. P., Al Rasyid, H., & Fauzi, A. (2023). Characteristics of Redestilled Dried Banana Leaves Liquid Smoke. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(4), 518-524.
- Suryani, R., Rizal, W. A., Pratiwi, D., & Prasetyo, D. J. (2020). Karakteristik dan aktivitas antibakteri asap cair dari biomassa kayu putih (*Melaleuca leucadendra*) dan kayu jati (*Tectona grandis*). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 21(2), 106-117.
- Utama, R. A., Yunianto, B., & Muchammad, M. (2023). Analisa Karakteristik Bahan Bakar Pelet Biomassa Dengan Variasi Bahan Baku Limbah

- Jagung Dengan Unsur Pengikat Oli Kendaraan Bekas dan Minyak Goreng Bekas. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 11(1), 102-103.
- UTOMO, A. T. *Karakteristik Fisik Dan Kimia ASAP Cair (Liquid Smoked) Dari Limbah Batang Tembakau (Nicotiana Tabacum) Pada Berbagai Waktu Pirolisis (Doctoral dissertation, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember 2020).*
- Wagiu, S., Tooy, D., & Rantung, R. (2022, March). KAJIAN PERBANDINGAN PRODUKSI ASAP CAIR DARI TEMPURUNG SABUT KELAPA DAN TONGKOL JAGUNG1. In *Cocos* (Vol. 14, No. 4).
- Wardani, F. K., & Ariani, A. (2023). Studi Karakteristik Briket Campuran Used Carbon Dan Sludge Industri Bioteknologi Dengan Analisa Proksimat Dan Nilai Kalor. *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, 9(4), 606-615.
- Widiarsi, S. W., & Fahrurrozi, I. M. (2008). Pengaruh Bahan Baku Terhadap Kadar Senyawa Fenol Pembuatan Asap Cair (Liquid Smoke) dari Limbah Kelapa Sawit Di Kabupaten Pasir-Kalimantan Timur, Diss. *Universitas Gadjah Mada*.
- Wijayanto, J., & Purwanti, A. (2023). STUDI KARAKTERISASI BAHAN BAKU LIMBAH SANDBLASTING UNTUK AGREGAT BETON. *Jurnal Inovasi Proses*, 8(2), 34-39.
- Wulandari, T. (2024). Pemanfaatan Limbah Pertanian sebagai Biochar dan Liquid Smoke untuk Pakan Aditif Ternak Warga Desa Sukogidri-Kabupaten Jember. *Jurnal Abdidias*, 5(1), 47-52.
- Xin, X., Dell, K., Udugama, I. A., Young, B. R., & Baroutian, S. (2021). Transforming biomass pyrolysis technologies to produce liquid smoke food flavouring. *Journal of Cleaner Production*, 294, 125368.
- Yogalakshmi, K. N., Sivashanmugam, P., Kavitha, S., Kannah, Y., Varjani, S., AdishKumar, S., & Kumar, G. (2022). Lignocellulosic biomass-based pyrolysis: A comprehensive review. *Chemosphere*, 286, 131824.

- Yusnaini dan Asrul Dedy, 2016, Kualitas Kimia Asap Cair Ranting Cengkeh. *Ethos : Jurnal Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*. Vol 4 (2): 275-282
- Yusnaini, Soeparno, E. Suryanto, dan R. Armunanto. 2013. Kajian Karakteristik Asap Cair Tempurung Kenari (*Canarium indicum* L.) sebagai pengembang Flavor. Disertasi. Program Pascasarjana, Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yusnaini, Y., dan I Rodianawati. 2014 Produksi dan kualitas asap cair dari berbagai jenis bahan baku, Prosiding SNaPP Sains dan Teknologi, pp. 253–260
- Zebua, N. F., Nadia, S., & Elviana, E. (2024). LITERATUR REVIEW: BEBERAPA FORMULASI DARI ASAP CAIR. *JIFI (Jurnal Ilmiah Farmasi Imelda)*, 7(2), 71-77.

Biodata Penulis

Dr. Ir. Yusnaini, S.Pt., MP., IPM, lahir di Pangkajene Sidrap pada Tanggal 26 Juni 1976. Ia menempuh pendidikan formal sejak jenjang dasar di SD Negeri 1 Pangsid, kemudian melanjutkan ke SMP Islam Athirah Ujung Pandang, SMA Khartika Candra Ujung Pandang. Gelar sarjana didapatkan di Program Studi Produksi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin Makassar dan magister diperoleh di Kekhususan Peternakan Program Studi Sistem-sistem Pertanian Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar dan meraih gelar Doktor di Program Pascasarjana Ilmu Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Begitu pula gelar profesi insinyur diperoleh di Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Beliau merupakan dosen tetap di Program Studi Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Khairun Ternate sejak tahun 2003 dan aktif dalam kegiatan tridarma perguruan tinggi, pendidikan dan pengajaran, penelitian, pengabdian kepada masyarakat serta pembinaan kegiatan kemahasiswaan. Ia juga aktif mengikuti pelatihan dan seminar yang berhubungan dengan profesi dan bidang ilmunya.

Aktivitas organisasinya sebagai pengurus antara lain: Kerukunan Keluarga Sulawesi Selatan (KKSS), Ikatan Wanita Sulawesi Selatan (IWSS), Ikatan Cendekiawan Muslim se-Indonesia, Ikatan Pengusaha Muslimah Indonesia (IPEMI), Komunitas Ibu Cerdas Indonesia (KICI).

Produksi dan Kualitas Asap Cair



Buku Produksi dan Kualitas Asap Cair ini disusun untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai teknologi asap cair, baik dari segi proses produksinya maupun aspek kualitasnya. Asap cair merupakan hasil pirolisis bahan organik yang kemudian dimurnikan sehingga dapat dimanfaatkan secara luas, terutama dalam bidang pangan, pengawetan, dan pengendalian mikroorganisme. Teknologi ini muncul sebagai alternatif unggul terhadap metode pengasapan konvensional, karena lebih higienis, ramah lingkungan, dan efisien dalam pengaplikasiannya.

Dalam buku ini, pembahasan dimulai dengan memberikan tinjauan umum mengenai asap cair, mencakup definisi, sejarah, manfaat, serta kandungan senyawa aktif di dalamnya. Perbandingan antara pengasapan tradisional dan penggunaan asap cair juga dibahas sebagai dasar untuk memahami keunggulan teknologi ini dalam berbagai aspek produksi pangan. Selanjutnya, dibahas secara terperinci mengenai jenis-jenis bahan baku yang digunakan dalam pembuatan asap cair, karakteristik kimia dan fisiknya, serta pertimbangan dalam memilih bahan baku yang optimal untuk menghasilkan kualitas asap cair terbaik.

Bab-bab selanjutnya difokuskan pada teknologi produksi, mencakup prinsip pirolisis, metode dan peralatan produksi, serta tahapan pemurnian dan pengenceran yang sangat berpengaruh terhadap hasil akhir. Efisiensi dan rendemen produksi menjadi sorotan penting dalam memastikan proses berlangsung efektif dan ekonomis. Pembahasan dilanjutkan dengan karakteristik asap cair dari bahan-bahan spesifik, seperti tempurung kenari dan ranting cengkeh, untuk menunjukkan variasi kualitas berdasarkan jenis bahan baku dan perlakuan produksi.



✉ literasinusantaraofficial@gmail.com
🌐 www.penerbitlitnus.co.id
📱 @litnuspenerbit
📞 [literasinusantara_](https://www.literasinusantara.com)
☎ 085755971589

Teknik

+17

ISBN 978-634-234-164-1



9

786342

341841