

LAPORAN HILINK II

Menggerakkan Perekonomian Kawasan Sentra Kelapa Di Kabupaten Jember Melalui Penerapan Teknologi Produksi *Coco-Biofuel*, *Coco-Fibre* dan *Liquid Smoke* Tempurung Kelapa

Judul Laporan Tahun 2

Pengembangan Teknologi Produksi Liquid Smoke, Produksi Briket dan Tungku Bahan Bakar Hemat Energi

Ketua Tim:

Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng, M.Phil
NIP. 131 832 328

Anggota:

Ir. Mukhammad Fauzi, MSi
Ir. A. Marzuki Moen'm, MSIE
Ir. Sukatiningsih, MS



UNIVERSITAS JEMBER
September 2008

Lembar Pengesahan

Judul TP2T : Menggerakkan Perekonomian Kawasan Sentra Kelapa di Kabupaten Jember Melalui Penerapan Teknologi Produksi *Coco-Biofuel*, *Coco-Fibre* dan *Liquid Smoke* Tempurung Kelapa

Judul Tahun-2 : Pengembangan Teknologi Produksi Asap Cair dari Tempurung Kelapa dan Pengolahan Arang Menjadi Briket

Nama Perguruan Tinggi : Universitas Jember
Nama Ketua Tim : Ir. Soni Sisbudi Harsono, M.Eng, M.Phil
Alamat : Jl. Kalimantan I Jember – Jawa Timur
Telp/Faks Kantor : 0331 339385/ 0331 337818
No. HP : 081 336 482 958 / Email:s_harsono@yahoo.com

Nama Industri Mitra 1 : CV. Bioenergy
Direktur : H. Agus Salim
Alamat Kantor : Desa Puger Kulon, Kecamatan Puger Kabupaten Jember

Nama Lembaga Pemda Mitra : Dinas Perindustrian, Perdagangan dan Penanaman Modal Kabupaten Jember

Kepala Lembaga : Ir. Hariyanto, MSi
Alamat : Jl. Kalimantan 82, Jember

Jumlah Dana Tahun II : Rp. 235,000,000

Jember, 2 September 2008

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Penanggungjawab Kegiatan,

Ir. Achmad Marzuki Moen'im, MSIE
NIP. 130 531 986

Ir.Soni Sisbudi Harsono, MEng,MPhil
NIP. 131 832 328

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian
Universitas Jember

Dr.Ir. Cahyoadi Bowo
NIP. 131 832 324

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, sehingga Laporan Kegiatan tahun pertama Program Hibah Kemitraan (*Hi-Link*) tahun anggaran 2007/2008 telah dikerjakan dengan baik. Laporan pelaksanaan program yang berjudul “Menggerakkan Per-ekonomian Kawasan Sentra Kelapa di Kabupten Jember Melalui Penerapan Teknologi Produksi *Coco-Biofuel*, *Coco-Fibre* Dan *Liquid Smoke* Tempurung Kelapa dibiayai sepenuhnya oleh DP2M Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional RI Jakarta.

Koordinator program mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak membantu terselesaikannya penelitian ini, terutama kepada:

1. Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M), Dirjen Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional RI yang telah membiayai Program Kemitraan ini.
2. Rektor Universitas Jember.
3. Kepala Pusat Penelitian Universitas Jember.
4. Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
5. Teknisi di Laboratorium Rekayasa Alat Mesin Pertanian dan Laboratorium Rekayasa Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember, dan
6. Semua pihak yang telah membantu memperlancar kegiatan ini

Kritik dan saran yang konstruktif selalu kami nantikan guna meningkatkan kualitas program hibah ini dimasa datang. Harapan kami semoga hasil penelitian ini dapat membuka wawasan kita bahwa biodiesel dapat diproduksi dan digunakan oleh seluruh masyarakat.

Jember, September 2008

Koordinator Program

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Pelaksanaan Kegiatan	3
1.4 Metode Pelaksanaan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kelapa	5
2.1.1 Tempurung Kelapa	5
2.2 Pembuatan Arang Aktif	6
2.3 Distilasi	6
2.3.1 Distilasi Uap	7
2.4 Alat Penguapan	7
2.5 Alat Pengembun	8
2.6 Pindah Panas	8
2.6.1 Didih Alir	8
2.6.2 Mekanisme Pindah Panas	9
2.6.3 Konveksi	9
2.7 Sifat Thermis Bahan	10
2.8 Efisiensi Energi Panas	10
2.9 Elemen Mesin Pirolisator	12
2.9.1 Seng	12
2.9.2 Aluminium	12
2.10 Asap Cair	13
2.10.1 Senyawa Asap Cair	15
2.10.2 Pembuatan Asap Cair	15
2.11 Teknologi Pirolisa	19

Bab 3. METODE	20
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3 Parameter Pengamatan	21
3.4 Perencanaan Penelitian	21
3.5 Perencanaan Alat	22
3.6 Perakitan Alat	30
3.7 Pengujian	31
3.8 Analisis Data	33
Bab 4. PEMBAHASAN	35
4.1 ANALISA Tempurun Kelapa	35
4.2 Asap Cair	36
4.3 Ksetimbangan Massa	38
4.4 Proses Produksi Asap Cair	40
4.5 Bahan Baku	42
4.6 Perencanaan Mesin	44
4.7 Perakitan Mesin Pirolisator	45
4.8 Pengujian	47
Bab 5. KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa (*Cocos Nucifera* L.) merupakan tanaman tropis yang penting bagi negara-negara di Asia dan Pasifik. Di samping dapat memberikan devisa bagi negara, kelapa juga mampu menjadi sumber mata pencaharian jutaan petani dan mampu memberikan penghidupan puluhan juta keluarganya. Di Indonesia, tanaman kelapa merupakan sumber pendapatan dari sebagian penduduk yang umumnya di tanam sebagai tanaman pekarangan, di kebun-kebun rakyat, perkebunan swasta dan sedikit perkebunan negara.

Tanaman ini termasuk jenis tanaman palma yang mempunyai buah berukuran cukup besar. Kelapa juga dijuluki buah kehidupan, karena setiap bagian tanaman dapat dimanfaatkan. Dari buah kelapa dapat dikembangkan beberapa industri yang dimungkinkan untuk dibuat dalam suatu kawasan industri kecil ditingkat kecamatan atau sentra industri.

Batang kelapa tua dapat dijadikan bahan bangunan, mebel, jembatan darurat, kerangka perahu dan kayu bakar. Batang yang benar benar tua dan kering sangat tahan terhadap sengatan rayap. Kayu dari pohon kelapa yang dijadikan mebel dapat diserut sampai permukaannya licin dengan tekstur yang menarik. Daun kelapa digunakan untuk hiasan atau janur, sarang ketupat dan atap. Tulang daun atau lidi dijadikan barang anyaman, sapu lidi dan tusuk daging (sate); nira adalah cairan yang diperoleh dengan memotong bunga betina yang belum matang, dari ujung bekas potongan akan menetes cairan yang mengandung gula. Nira ini dapat dipanaskan dan dikentalkan. Bila dingin, cairan mengeras ini disebut gula kelapa. Daging buah merupakan lapisan tebal berwarna putih, merupakan bahan sumber minyak nabati (kandungan minyak 35%); sabut kelapa terdiri serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Sabut kelapa yang telah dibuang gabusnya merupakan pembuatan tali. Tempurung merupakan lapisan keras yang terdiri dari lignin, selulosa, metoksil dan berbagai mineral yang dapat digunakan sebagai bahan dasar

arang aktif atau briket tempurung kelapa. Kelapa mempunyai nilai dan peran yang penting baik ditinjau dari aspek ekonomi maupun sosial budaya.

Tempurung kelapa merupakan bahan baku dalam pembuatan asap cair, yang selama ini belum banyak dilakukan. Diharapkan dengan adanya pengolahan tempurung kelapa menjadi asap cair dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan penanganan tempurung kelapa menjadi produk yang bernilai ekonomis tinggi, sehingga dapat membantu program pemerintah antara lain:

- a. mengurangi dampak lingkungan akibat dari bertumpuknya tempurung kelapa.
- b. menciptakan lapangan pekerjaan baru dengan dibukanya industri yang terintegrasi yaitu karbon aktif, bubuk dan butiran tempurung kelapa, briket arang serta asap cair.
- c. menumbuhkan ekonomi baru di sekitar pabrik dan menambah devisa apabila produknya dapat diekspor.

Asap cair merupakan suatu campuran larutan dan dispersi koloid dari uap asap kayu dalam air yang diperoleh dari hasil pirolisis kayu atau dibuat dari campuran senyawa murni (Maga, 1987). Asap diproduksi dengan cara pembakaran yang tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi konstituen polimer menjadi senyawa organik dengan berat molekul rendah karena pengaruh panas yang meliputi reaksi oksidasi, polimerisasi, dan kondensasi (Girard, 1992).

Pirolisis biomassa merupakan salah satu teknologi alternatif yang dikembangkan pada beberapa bidang dalam kimia. Salah satunya adalah untuk mengisolasi senyawa kimia yang kemudian dapat dikonversi menjadi sumber energi hidrokarbon alternatif. Pada proses pirolisis terhadap kayu, terjadi degradasi lignin sebagai akibat dari kenaikan temperatur sehingga dihasilkan senyawa-senyawa karakteristik sesuai dengan jenis kayu (Fatimah, 1998).

1.2 Rumusan Masalah

Kelapa (*cocos nucifera*) memiliki peran yang strategis bagi masyarakat Indonesia, bahkan termasuk komoditas sosial, mengingat produknya salah satu dari sembilan bahan pokok masyarakat. Peran strategis ini terlihat dari total luas areal perkebunan kelapa di Indonesia yang mencapai 3,712 juta hektar (31,4%) dan merupakan luas areal perkebunan

kelapa terbesar di dunia (97,97% perkebunan rakyat). Produksi kelapa Indonesia per tahun yakni sebesar 12,915 milyar butir atau 24,4% produk dunia (Alamsyah, 2005). Dengan demikian jumlah batok kelapa yang dihasilkan per tahun sebanyak 2,492 milyar kg atau setara dengan 2,492 juta ton per tahun

Sebagai negara yang memiliki areal pertanian, perkebunan dan kehutanan yang sangat luas, limbah *biomass* hasil pengolahan pertanian, perkebunan, kehutanan yang ada di Indonesia terdapat dalam jumlah besar (seperti kulit kacang, sekam padi, serbuk gergaji kayu, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit) banyak yang tidak dimanfaatkan (dibakar, dibuang, dan lain-lain), sehingga dapat menyebabkan pencemaran lingkungan hidup dan merusak keseimbangan ekologis. Limbah *biomass* seperti tempurung kelapa dapat dimanfaatkan atau ditingkatkan nilai tambahnya dengan mengubahnya menjadi asap cair.

1.3 Tujuan Pelaksanaan Kegiatan

1. Mengetahui proses pembuatan asap cair tempurung kelapa, produksi briket dan kompor hemat energi.
2. Mengetahui manfaat dan aplikasi asap cair tempurung kelapa, produksi briket dan kompor hemat energi.
3. Memodifikasi mesin pirolisis dengan pemberian kondensor;
4. Mengoptimalkan kinerja mesin pirolisator;
5. Meningkatkan efisiensi penggunaan mesin pirolisator pada proses penyulingan asap cair (*liquid smoke*).

1.4 Metode Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan kegiatan ini digunakan beberapa metode kegiatan berupa pengambilan informasi antara lain melalui :

1. Studi Pustaka, yaitu mempelajari dan melakukan kajian terhadap literatur-literatur yang terkait baik berupa buku, laporan maupun sumber-sumber tulisan yang relevan.
2. Diskusi dan wawancara dengan karyawan perusahaan untuk memperoleh informasi yang diperlukan.
3. Melakukan pengamatan terhadap proses produksi secara umum.
4. Mengumpulkan data-data untuk menunjang penyusunan laporan

1.5 Metode Pengumpulan Data

1. Observasi

Observasi merupakan salah satu metode pengumpulan data dengan melakukan pengamatan langsung terhadap aktivitas proses produksi.

2. Pengambilan Gambar/Foto

Pengambilan foto dilakukan untuk mendapatkan bukti sebagai dokumentasi visual aktivitas yang dilakukan operator.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan operator untuk mengetahui gambaran tentang aktivitas proses produksi.

4. Analisa Hasil Observasi

Analisa dilakukan dengan membandingkan hasil observasi dengan teori dari pustaka yang relevan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa

Tanaman kelapa juga disebut sebagai pohon kehidupan, karena setiap bagian tanaman dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Buah kelapa yang terdiri atas sabut, tempurung, daging buah dan air kelapa tidak ada yang terbuang dan dapat dibuat untuk menghasilkan produk industri, antara lain sabut kelapa dapat dibuat *coco fiber*, keset, sapu, dan matras. Daging buah dapat dibuat sebagai bahan baku untuk menghasilkan kopra, minyak kelapa, *coconut cream*, dan santan, sedangkan air kelapa dapat dibuat untuk membuat cuka dan *nata de coco*. Tempurung dapat dimanfaatkan untuk membuat karbon aktif, asap cair, dan kerajinan tangan.

2.1.1 Tempurung Kelapa

Tempurung kelapa terletak di sebelah dalam sabut, dan ketebalan tempurung kelapa berkisar antara 3-5 mm. Ukuran buah kelapa terbentuk selama perkembangan buah, dari saat bunga betina dibuahi tepung sari sampai 6 bulan berikutnya. Menurut Suhardiyono (1988) buah kelapa yang berumur 110-447 hari sudah tidak mengalami perubahan ukuran. Tempurung beratnya antara 15-19% berat buah kelapa. Suhardiyono (1988) melaporkan bahwa 1000 buah kelapa dapat menghasilkan 19,05% tempurung. Berat tempurung pada kelapa butiran, menurut Soliven (dalam Suhardiyono, 1988) adalah 20,87%, sedangkan menurut Hagenmaier (dalam Suhardiyono, 1988) adalah 24,3%. Menurut pengalaman di Sulawesi Utara menunjukkan bahwa berat tempurung kelapa adalah 17,78%.

Proses pencukilan daging kelapa akan menyisakan limbah berupa tempurung kelapa, bila diproses dengan teknik pembuatan arang, asapnya akan menjadi bahan baku pengawet makanan (cairan seperti *ter*) dan tempurungnya berubah menjadi arang aktif. Cairan seperti *ter* melalui distilasi tahap 2 warnanya akan berubah menjadi bening yang disebut dengan asap cair (*liquid smoke*). Kedua hasil samping ini diperlukan oleh industri lain seperti industri makanan dan farmasi. Potensi bahan baku pengawet asap cair pada

realitanya lebih tersedia, karena tempurung kelapa mudah diperoleh baik di pedesaan ataupun perkotaan (Sumarno, 2006).

Suhardiyono (1988) menyatakan bahwa komposisi kimia tempurung kelapa adalah sebagai berikut (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	%
Sellulose	26,6
Pentosan	27,7
Lignin	29,4
Abu	0,6
Solvent ekstraktif	4,2
Uronat anhidrad	3,5
Nitrogen	0,11
Air	8,0

2.2 Pembuatan Arang Aktif

Metode ini didasarkan pada pembentukan dan peningkatan jumlah celah atau retakan dan pori-pori pada arang tempurung biasa. Untuk mencapainya maka senyawa ter dan bahan-bahan mudah menguap yang dihasilkan pada waktu proses pembuatan arang tempurung harus dihilangkan. Suatu cara untuk mengaktifkan arang adalah dengan memanaskan arang selama beberapa saat pada temperatur tinggi dan untuk membantu menghilangkan senyawa yang tidak dikehendaki dilakukan dengan pengaliran uap. Temperatur yang diperlukan kira-kira 900°C (Suhardiyono, 1988;156).

2.3 Distilasi

Distilasi adalah proses pemindahan, yaitu memisahkan komponen-komponen di dalam suatu campuran, membuat suatu kenyataan bahwa beberapa komponen lebih cepat menguap daripada yang lain. Apabila uap terbentuk dari suatu campuran, uap ini mengandung komponen asli dari campuran, akan tetapi dalam proporsi yang ditentukan oleh daya menguap komponen tersebut. Uap mengandung komponen tertentu yang lebih banyak yaitu yang mudah menguap, sehingga terjadi pemisahan. Pada distilasi berfraksi, uap dimampatkan dan kemudian diuapkan kembali sehingga pemisahan lebih lanjut terjadi. Hal tersebut sukar dan kadang-kadang tidak mungkin untuk mendapatkan komponen yang murni dengan cara ini, akan tetapi derajat pemisahan dapat dengan mudah dicapai apabila

penguapan terjadi sangat berbeda. Apabila diinginkan kemurnian yang tinggi, distilasi berturut-turut dapat dilakukan. Kegunaan distilasi di dalam industri pangan adalah untuk mengentalkan minyak atsiri, bahan penyegar beralkohol dan aroma.

2.3.1 Distilasi Uap

Pada industri pangan distilasi merupakan suatu metode pemisahan yang baik akan tetapi metode ini tidak dapat langsung diterapkan oleh karena suhu distilasi akan menyebabkan kerusakan bahan, dalam hal ini bahan yang mudah menguap harus dipindahkan dari bahan yang tidak mudah menguap, distilasi uap kadang-kadang dipergunakan untuk melakukan pemisahan pada suhu yang aman.

Suatu bahan cair mendidih apabila tekanan uap keseluruhan bahan cair sama dengan tekanan eksternal pada sistem. Dengan melakukan pendidihan hampa udara atau dengan menambahkan uap *inert* yang menyokong tekanan uap, memungkinkan bahan cair mendidih pada suhu yang lebih rendah, penambahan ini harus tidak bereaksi dengan setiap komponen yang diinginkan sebagai hasil. Uap yang ditambahkan pada umumnya adalah uap air dan distilasi uap (Nasution, 1982).

2.4 Alat Penguapan (Evaporator)

Alat penguapan pada umumnya dibuat dengan mengkombinasikan tiga bagian penting yaitu penukar panas, bagian penguapan tempat bahan cair dididihkan dan diuapkan, dan alat pemisah sebagai tempat uap meninggalkan bahan cair keluar ke alat pengembun atau ke peralatan lain. Pada sebagian besar alat penguapan, ketiga bagian ini diletakkan di dalam suatu silinder tegak. Di tengah-tengah bagian silinder terdapat bagian pemanas uap dengan beberapa pipa sebagai sarana timbulnya uap hasil proses yang diinginkan. Pada bagian puncak silinder terdapat pelat yang membiarkan uap terlepas, tetapi butir-butir kecil yang mungkin terbawa uap dari permukaan bahan cair ditahan.

Pada bagian penukar panas disebut *celendria* pada jenis alat penguap ini uap diembunkan di dalam pembungkus dan bahan cair yang akan diembunkan, dididihkan pada bagian dalam pipa dan di dalam ruangan di atas pipa piringan paling atas. Tahanan terhadap aliran panas ditimbulkan oleh uap dan koefisien lapisan bahan cair dan juga oleh bahan

pipa. Perputaran bahan cair sangat mempengaruhi laju penguapan, akan tetapi kecepatan dan pola perputaran sangat sulit diperkirakan secara terperinci (Nasution, 1982; 193).

2.5 Alat Pengembun (kondensor)

Alat penguapan bekerja di bawah pengaruh tekanan yang dikurangi, kemudian dihubungkan dengan pompa hampa udara yang didahului dengan kondensor untuk memindahkan sejumlah uap yang besar dengan jalan memadatkannya menjadi bahan cair. Beberapa alat pengembun (kondensor) untuk uap, mungkin bisa menggunakan kondensor permukaan atau kondensor jet. Kondensor permukaan memberikan permukaan pindah panas yang cukup sebagai tempat uap memindahkan panas laten penguapan ke air pendingin, sedangkan di dalam sebuah kondensor jet, uap dicampur dengan aliran air pendingin dalam jumlah secukupnya untuk memindahkan panas laten uap (Nasution, 1982; 204).

2.6 Pindah Panas

2.6.1 Didih Alir (konveksi)

Didih alir terjadi apabila zat cair mengalir melalui haluan atau di atas permukaan yang berada pada suhu yang lebih tinggi daripada suhu jenuh zat cair. Aliran itu merupakan dua fase pada zat cair dan uapnya. Pada suatu evaporator (penguapan) tabung vertikal, zat cair yang terlalu dingin masuk ke dalam evaporator melalui dinding yang lebih panas di mana terjadi didih nukleat lokal. Aliran itu bergelembung-gelembung bila uapnya $\leq 10\%$. Dengan meningkatnya pengadukan gelembung, koefisien perpindahan kalor akan bertambah besar. Pada kualitas yang lebih tinggi aliran itu akan bersifat anular, dengan lapisan tipis zat cair yang terdapat pada dinding dan fase uap sebagai inti di tengah. Kecepatan uap jauh lebih tinggi daripada zat cair. Kalor berpindah melalui film itu dengan cara konduksi dan penguapan terjadi terutama pada permukaan zat cair walaupun masih ada gelembung yang masih terbentuk pada dinding.

Pada transisi dari aliran anular ke aliran uap (disebut juga kabut), koefisien perpindahan kalor menurun dengan cepat. Pada transisi ini kadang-kadang terjadi hagus karena film zat cair yang konduktivitas termalnya tinggi digantikan tempatnya digantikan

tempatya pada dinding oleh uap yang konduktivitas termalnya rendah. Aliran uap berlangsung terus hingga kualitasnya mencapai 100% (Jasjfi, 1987;215).

2.6.2 Mekanisme Pemindahan Panas

Pindah panas adalah proses yang dinamis, di mana panas dipindahkan dari bahan yang bersuhu lebih tinggi ke bahan yang bersuhu lebih rendah. Peningkatan panas akan menyebabkan molekul-molekul bergerak lebih cepat, sehingga dengan diserapnya panas energi kinetik molekul akan meningkat. Bila molekul dengan kecepatan tinggi bertumbukan dengan molekul yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah, panas akan dipindahkan, sehingga molekul yang cepat kehilangan energi, sedangkan molekul yang lambat memperoleh tambahan energi. Perubahan energi dari bahan dapat diketahui dari perubahan suhunya.

2.6.3 Konveksi

Bilamana benda padat bersentuhan dengan fluida bergerak yang mempunyai suhu yang berbeda dengan suhu benda itu, maka fluida itu akan membawa energi keluar dari benda itu dengan cara konveksi. Jika suhu di bagian hulu fluida ialah T_{∞} dan suhu permukaan benda T_s maka perpindahan kalor per satuan waktu adalah:

$$q = h.A (T_w - T_{\infty}) \quad \text{..... 2.1}$$

Hubungan ini dinamakan Hukum Newton tentang pendinginan. Persamaan ini mendefinisikan koefisien perpindahan kalor konveksi (h) yang merupakan konstanta proporsionalitas yang menghubungkan perpindahan kalor per satuan waktu dan satuan luas dengan beda suhu. Perpindahan energi fundamental pada bidang batas zat padat fluida berlangsung dengan cara konduksi, dan energi ini dibawa oleh aliran fluida dengan cara konveksi. Dengan membandingkan rumus 2.1 maka kita dapat menentukan $y = n$ (Jasjfi, 1987), di mana:

$$h.A (T_w - T_{\infty}) = - k.A (dT/dy)_s \quad \text{..... 2.2}$$

Subskrip pada gradient suhu menunjukkan bahwa pada suhu fluida dielevasi pada permukaan.

keterangan: A = Luas Penampang (m^2),

k = Konstanta,

h = koefisien perpindahan kalor ($kJ/kg^{\circ}C$),

T_w = suhu pada dinding ($^{\circ}C$),

T_{∞} = suhu pada fluida ($^{\circ}C$).

2.7 Sifat Thermis Bahan

a). Panas Spesifik (C_p)

Panas jenis (*Specific Heat*) suatu bahan adalah perbandingan antara panas yang dibutuhkan atau dikeluarkan oleh satu satuan massa bahan untuk menaikkan atau menurunkan suhu sebanyak satu derajat ($^{\circ}C$), dengan panas yang dibutuhkan atau dikeluarkan oleh satu satuan massa air untuk menaikkan atau menurunkan suhu sebanyak satu derajat ($^{\circ}C$) (Winarno, 1993).

b). Panas Laten Penguapan

Energi yang harus diberikan untuk menguapkan air tergantung pada setiap kenaikan suhu. Jumlah energi yang dibutuhkan oleh satu pound air disebut panas laten penguapan, apabila panas laten tersebut berasal dari bahan cair. Energi panas yang dibutuhkan untuk menguapkan air di bawah pengaruh kondisi tertentu dapat dihitung dari panas laten yang diberikan (Winarno, 1993).

2.8 Efisiensi Energi Panas

Efisiensi pada operasi pemanasan adalah faktor penting dalam menilai dan memilih pengering yang optimal untuk keperluan tertentu. Terdapat 3 faktor yang mempengaruhi efisiensi pengeringan, antara lain:

1. faktor-faktor yang berhubungan dengan lingkungan dalam hal ini kondisi udara lingkungan,
2. faktor-faktor yang berhubungan dengan bahan,
3. faktor-faktor yang mengarah pada desain alat dan pengoperasian pengering.

Panas untuk memanaskan bahan dapat dirumuskan:

$$Q_s = m c_p \Delta T \quad \dots\dots\dots 2.3$$

keterangan: Q_s = panas sensibel (kJ),

m = berat bahan (kg),
 C_p = panas spesifik (kJ/kg°C),
 ΔT = beda suhu (°C).

Sedangkan panas yang digunakan untuk penguapan air dari bahan (Taib, 1988) adalah:

$$Q_{ev} = E \times h_{fg} \quad \dots\dots\dots 2.4$$

keterangan: Q_{ev} = panas penguapan (kJ),
 E = berat air bahan yang diuapkan (kg),
 h_{fg} = panas laten penguapan (kJ/kg).

Efisiensi pada sistem pengering merupakan perbandingan antara energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu (Q_s) dan energi yang digunakan untuk menguapkan air yang terdapat pada bahan (Q_{ev}) dengan jumlah energi yang tersedia dari sistem pengering (Q_{in}).

$$\eta_{sp} = \frac{(Q_{ev} + Q_s)}{Q_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 2.5$$

keterangan: η_{sp} = efisiensi sistem pemanasan (%),
 Q_{ev} = panas penguapan (kJ),
 Q_s = panas sensibel pemanasan (kJ),
 Q_{in} = panas input pemanasan (kJ). (Taib, 1987)

Sedangkan efisiensi alat dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berdasarkan efisiensi panas:

$$\eta_{alat} = \frac{Q_{nett}}{Q_{in}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots 2.6$$

keterangan: η_{alat} = efisiensi alat (%),
 Q_{nett} = panas bersih yang keluar dari outlet saluran (kJ),
 Q_{in} = panas input pengeringan (kJ).

2.9 Elemen Mesin Pirolisator

2.9.1 Seng

11

Pemurnian pada bahan oksida seng (ZnO) secara elektrolisis mencapai kadar 97,75% Zn. Warnanya abu-abu muda dengan titik cair 419°C, titik didih 906°C, dan daya mekaniknya tidak kuat.

Seng dipakai sebagai pelindung anti karat karena tahan terhadap korosi. Pelapisan dengan seng dilakukan secara galvanis seperti pada tembaga. Seng juga mudah dituang, dan sering digunakan untuk pencampur bahan lain yang sukar dituang, misalnya tembaga.

Dalam teknik listrik seng banyak dipakai untuk bahan selongsong elemen kering (kutub negatifnya), batang-batang (elektroda) elemen galvanis. Seng memiliki tahanan jenis 0,12 Ohm mm²/m. Seng dijual dalam bentuk pelat yang rata atau bentuk bergelombang, serta berbentuk kawat dan berbentuk balok (Sumanto, 1994; 19).

2.9.2 Aluminium

Aluminium adalah logam yang sangat ringan dengan berat jenis aluminium 2,56 atau 1/3 berat jenis tembaga. Sifat tahan tarik maksimum dalam keadaan dingin 17-20 kg/mm². Aluminium hanya bisa dipakai untuk lebar tegangan yang pendek, sedangkan untuk tegangan yang panjang dipakai kabel aluminium. Aluminium tidak dapat dipatri, tetapi dapat dilas. Oleh karena itu hantaran tegang aluminium dengan sambungan patri atau las harus diberi jepitan.

Titik cair aluminium 660°C dan titik didihnya 1800°C. Untuk bahan penghantar kemurniannya mencapai 99,5%. Dan sisanya terdiri dari unsur besi, silicon, dan tembaga. Aluminium murni sangat lemah dan lunak, untuk menambah kekuatan tarik biasanya dibuat dengan logam campuran (Sumanto, 1994; 47).

Aluminium memiliki massa jenis yang rendah dan cocok digunakan sebagai bahan konstruksi, meskipun kekuatan aluminium agak rendah ($R_m = 70-100\text{N/mm}^2$). Kekuatan aluminium itu dapat ditingkatkan sampai nilai yang dimiliki baja-baja konstruksi yaitu dengan perpaduan, pengokohan dan proses pemanasan.

Kerugian pemakaian aluminium ialah modulus elastisitas yang rendah. Dengan 70.000 N/mm² modulus elastisitas ini hanya sepertiga dari baja, sehingga aluminium dapat

dikatakan tidak keras. Pemilihan aluminium tidak mempunyai arti jika dalam konstruksi itu mempertimbangkan kekuatan dan beratnya. Apabila yang dipertimbangkan adalah ketahanan terhadap korosi, maka pemakaian aluminium sangat berarti. Karena tahan terhadap korosi maka aluminium merupakan bahan yang disukai untuk penerapan-penerapan arsitektonis dan untuk bangunan kapal. Selain itu, aluminium memiliki sifat tidak beracun, tidak mempunyai rasa, dan tidak berbau. Aluminium tahan terhadap bahan kimia tertentu sehingga aluminium banyak dipakai di industri kimia. Keuntungan lain pemakaian aluminium ialah memiliki kemampuan menghantarkan panas dengan baik (Haroen, 1984; 145).

2.10 Asap Cair

Asap cair merupakan suatu suspensi partikel-partikel padat dan cair dalam media gas, asap cair memiliki banyak manfaat dan telah digunakan pada berbagai industri, antara lain: industri pangan, perkebunan, dan industri kayu. Asap cair dalam industri perkebunan digunakan sebagai koagulen lateks dengan sifat fungsional asap cair seperti anti jamur, anti bakteri, dan anti oksidan, sehingga dapat memperbaiki kualitas produk karet yang dihasilkan. Pada industri kayu, kayu yang diolesi dengan asap cair mempunyai ketahanan terhadap serangan rayap daripada kayu yang tidak diolesi (Setiadji, 2006).

Sumarno (2006) menyatakan bahwa pengolahan tempurung kelapa dengan teknik sistem pembuatan arang sebagai penghasil uap asap atau *liquid smoke* lebih efisien dan aman, dalam arti tidak perlu bantuan kompor bertekanan tinggi sehingga aman dari ledakan. Selain itu perlu diketahui tingkat ketuaan tempurung kelapa sebagai bahan baku terhadap kandungan senyawa fenol, karbonil, dan asam (secara deskriptif). Langkah berikutnya perlu diuji dosis efektif asap cair pada beberapa komoditi ikan laut terhadap kemampuan pengawetan dengan uji faktorial.

Asap cair merupakan larutan dispersi asap kayu dalam air. Asap ini dibuat dengan cara mengkondensasikan asap hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu, asap cair hanya mampu menghambat pertumbuhan mikrobial bukan membunuh mikrobial, maka asap cair bersifat bakteristatik bukan bakterisidal. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Barylko-Pikielna (dalam Yuwanti, 2007) bahwa senyawa fenol dalam asap cair dapat memperpanjang fase pertumbuhan mikrobial di dalam produk.

Kandungan fenol asap cair cangkang sawit 3,86%. Hasil penelitian Tranggono dkk. (1996) pada beberapa jenis kayu kandungan fenol asap cair berkisar 2,10%-2,93%, sedangkan pada asap cair tempurung kelapa sebesar 5,13%. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan fenol asap cair cangkang sawit lebih tinggi dibanding kadar fenol kayu secara umum, tetapi lebih rendah jika dibanding kadar fenol tempurung kelapa. Besar kecilnya fenol pada asap cair dipengaruhi oleh kandungan lignin kayu dan suhu pirolisa.

Penggunaan asap cair pada bandeng asap presto yang disimpan pada suhu kamar maupun suhu dingin sama-sama dapat menghambat pertumbuhan mikrobia. Suhu dingin akan memperlambat metabolisme dalam sel, sehingga pertumbuhan mikrobia menjadi lebih lambat. Dengan demikian bandeng asap yang dipresto dan disimpan pada suhu kamar menjadi lebih cepat rusak (Yuwanti, 2007).

Kandungan fenol dari ikan asap yang diproses dengan asap cair lebih tinggi daripada ikan yang diproses dengan redistilat asap cair yang disebabkan menurunnya kandungan fenol pada asap cair setelah melalui proses redistilasi. Penurunan ini dapat dipengaruhi oleh penurunan kadar air dan pembentukan asam lemak bebas. Penggunaan redistilat meningkatkan kadar asam lemak bebas setelah 20 hari sampai 30 hari penyimpanan, sedangkan penggunaan asap cair setelah distilasi dapat meningkatkan kadar asam lemak bebas setelah 30 hari penyimpanan. Menurut Kundjahwati (2004) pembentukan asam lemak bebas tidak bisa dihambat selama penyimpanan khususnya pada ikan asap yang diproses dengan redistilat asap cair.

Senyawa histamin yang terikat pada daging ikan dengan penambahan cengkeh dan kayu manis kemungkinan dapat menyebabkan lepasnya ikatan tersebut setelah sel rusak oleh perlakuan panas. Seiring dengan meningkatnya kerusakan sel, terbebasnya histamin, dan jaringan ikan juga meningkat. Histamin yang terikat dengan jaringan ikan maupun mikroba dapat lepas akibat kerusakan sel secara mekanik maupun fisik (Yuwanti, 2007).

Daun tembakau merupakan bahan organik yang mengandung hemiselulosa, selulosa, lignin, dan nikotin. Senyawa-senyawa tersebut berpotensi pada pembentukan senyawa-senyawa pembentukan asap cair setelah dilakukan pirolisa. Proses produksi asap cair juga menghasilkan tar, arang, dan gas. Rendemen asap cair tembakau rata-rata adalah 30,74%, tar 9,64%, dan arang 44,1%. Fase gas yang tidak dapat dikondensasikan mencapai 15,52% antara lain: oksigen, karbon monoksida, karbon dioksida, amonia, H₂S, N₂.

Sedangkan asap cair daun tembakau rajangan mempunyai total karbonil 6,7% dan total fenol 0,74% (Kundjahwati, 2004)

2.10.1 Senyawa Asap Cair

Menurut Kundjahwati (2004) terdapat tiga kelompok senyawa penyusun terbesar dalam asap cair yang berkaitan dan bekerja saling sinergis, dan berfungsi sebagai pengawet, yaitu:

1. Senyawa Fenolat

Fenol diduga berperan sebagai anti oksidan dengan aksi mencegah proses oksidasi senyawa protein dan lemak sehingga proses pemecahan senyawa tersebut tidak terjadi, dan dapat memperpanjang masa simpan produk yang diasapkan. Senyawa Fenol yang terdapat dalam asap cair terbanyak adalah Guaiakol dan Siringol.

2. Senyawa Karbonil

Senyawa ini berperan pada cita rasa dan pewarnaan pada produk yang diasap. Jenis senyawa karbonil yang ada dalam asap cair antara lain Vanilin dan Siringaldehida.

3. Senyawa Asam

Senyawa asam, fenol, dan karbonil secara sinergis berfungsi sebagai anti mikroba, sehingga dapat menghambat peruraian dan pembusukan produk yang diasap. Senyawa asam terbanyak yang terkandung dalam asap cair adalah turunan asam karboksilat seperti furfural dan asam asetat glasial.

2.10.2 Pembuatan Asap Cair

1. Proses Pirolisis Material Tempurung Kelapa

Proses memisahkan material dengan pemanasan tanpa api langsung. Dan menggunakan bahan 100 kg tempurung kelapa yang sudah dibersihkan dari sabutnya, dan telah diperkecil ukurannya kemudian dimasukkan ke reaktor pirolisis berkapasitas 150 kg, dan dipanasi dengan suhu 400-500 °C selama 1-2 jam, maka akan diperoleh 3 fraksi yaitu:

1. Fraksi padat berupa arang tempurung dengan kualitas tinggi, 2. Fraksi berat berupa tar, 3. Fraksi ringan berupa asap dan gas metana. Dari fraksi ringan dialirkan ke pipa kondensasi sehingga diperoleh asap cair sedangkan gas methana tetap menjadi gas tak takterkondensasi (bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar). Asap cair yang diperoleh

belum bisa dipergunakan untuk pengawet makanan karena masih mengandung bahan berbahaya.

2. Proses Pemurnian Asap Cair

Proses pemurnian asap cair bertujuan untuk mendapatkan asap cair yang tidak mengandung bahan berbahaya, sehingga aman untuk bahan pengawet makanan. Asap cair yang diperoleh dari kondensasi asap pada proses pirolisis harus diendapkan terlebih dahulu selama satu minggu kemudian dimasukkan ke dalam alat distilasi. Proses tersebut berbeda jika distilasi bahannya berupa asap cair, dan suhu distilasi sekitar 150 °C, selanjutnya hasil distilat ditampung. Hasil distilat ini masih belum bisa kita gunakan sebagai pengawet makanan karena masih ada lagi proses yang harus dilewati.

3. Proses Filtrasi Destilat dengan Zeolit Aktif

Proses filtrasi destilat dengan zeolit aktif berfungsi untuk mendapatkan zat aktif yang benar-benar aman dari zat berbahaya. Dengan Cara mengalirkan zat destilat asap cair ke dalam kolom zeolit aktif dan diperoleh asap cair yang aman dari bahan berbahaya dan bisa dipakai untuk bahan pengawet makanan non karsinogenik.

4. Proses Filtrasi Filtrat Zeolit Aktif dengan Karbon Aktif.

Proses filtrasi filtrat zeolit aktif dengan karbon aktif berfungsi untuk mendapatkan filtrat asap cair dengan bau asap yang ringan dan tidak menyengat, dengan cara filtrat dari filtrasi zeolit aktif dialirkan ke dalam kolom yang berisi karbon aktif sehingga filtrat yang diperoleh berupa asap cair dengan bau asap yang ringan dan tidak menyengat, maka asap cair dapat dipergunakan sebagai bahan pengawet makanan yang aman dan efektif serta alami (Mashuri, 2007).

Tabel 1. Komposisi Kimia Tempurung Kelapa

Komponen	Persentase
Lignin	36,51 %
Selulosa	33,61 %
Hemiselulosa	29,27 %

(Woodroof, 1970)

Dalam analisa kimia kayu perlu dibedakan antara komponen-komponen makro molekuler utama dan dinding selulosa, hemiselulosa, dan lignin, yang terdapat pada semua kayu, dan komponen-komponen minor dengan berat molekul kecil (ekstraksi dan zat-zat mineral), yang biasanya lebih berkaitan dengan jenis kayu tertentu dalam jenis dan jumlahnya. Perbandingan dan komposisi kimia lignin dan hemiselulosa berbeda pada kayu lunak dan kayu keras, sedangkan selulosa merupakan komponen yang seragam pada semua kayu.

Selulosa merupakan komponen kayu yang terbesar, yang dalam kayu lunak dan kayu keras jumlahnya mencapai hampir setengahnya. Selulosa merupakan polimer linier dengan berat molekul tinggi yang tersusun seluruhnya atas β -D-glukosa. Karena sifat-sifat kimia dan fisiknya maupun struktur supramolekulernya maka ia dapat memenuhi fungsi sebagai komponen struktur utama dinding sel tumbuhan.

Hemiselulosa merupakan senyawa yang mengandung senyawa tambahan asam uronat. Rantai molekulnya jauh lebih pendek bila dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai-cabang. Kandungan selulosa dalam kayu keras lebih besar daripada kayu lunak dan komposisi gulanya berbeda.

Lignin merupakan komponen makromolekul kayu ketiga. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida karena terdiri atas sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenilpropana. Dalam kayu lunak kandungan lignin lebih banyak bila dibandingkan dengan kayu keras dan juga terdapat beberapa perbedaan struktur lignin dalam kayu lunak dan kayu keras. Dari segi morfologi lignin merupakan senyawa amorf yang terdapat dalam lamela tengah majemuk maupun dalam dinding sekunder.

Asap cair merupakan suatu campuran dispersi asap kayu dalam air yang dibuat dengan mengkondensasikan asap hasil pirolisa kayu. Asap cair mengandung senyawa kelompok fenol, asam dan karbonil seperti yang terdapat pada asap alami. Ketiga senyawa tersebut secara simultan dapat berperan sebagai antimikrobia, antioksidan dan memberi efek warna, citarasa khas asap pada produk asapan (Girard, 1992). Adanya sifat fungsional asap cair tidak berbeda dengan asap alami, maka asap cair dapat menggantikan pengasapan tradisional.

Asap cair diproduksi dengan cara kondensasi dari pirolisis komponen kayu. Pirolisis selulosa berlangsung dua tahap, tahap pertama merupakan reaksi hidrolisis asam yang diikuti dengan dehidrasi untuk menghasilkan glukosa, tahap kedua adalah pembentukan asam asetat dan homolognya bersama-sama dengan air serta sejumlah kecil furan dan fenol (Girard, 1992). Hemiselulosa tersusun dari pentosan ($C_5H_8O_4$) dan heksosan ($C_6H_{10}O_5$) dan rata-rata proporsi ini bergantung pada spesies kayu. Pirolisis dari pentosan membentuk furfural, furan dan turunannya beserta suatu seri yang panjang dari asam karboiksilat. Bersama-sama dengan selulosa, pirolisis membentuk asam asetat dan homolognya. Dekomposisi hemiselulosa terjadi pada suhu 200 – 250°C (Girard, 1992). Lignin dalam pirolisis menghasilkan senyawa yang berperan terhadap aroma asap dari produk-produk hasil pengasapan. Senyawa-senyawa tersebut adalah fenol dan eter fenolik seperti guaiakol (2) metoksi fenol dan homolognya serta turunannya. Fenol dihasilkan dari dekomposisi lignin yang terjadi pada suhu 300°C dan berakhir pada suhu 450°C (Girard, 1992).

Asap cair mengandung berbagai senyawa yang terbentuk karena terjadinya pirolisa tiga komponen utama kayu yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Komponen-komponen tersebut ditemukan dalam jumlah yang bervariasi bergantung jenis kayu, umur tanaman sumber kayu, dan kondisi pertumbuhan kayu seperti iklim dan tanah. Komponen-komponen tersebut meliputi asam yang dapat mempengaruhi citarasa, pH dan umur simpan produk asapan; karbonil yang bereaksi dengan protein dan membentuk pewarnaan coklat dan fenol yang merupakan pembentuk utama aroma dan menunjukkan aktivitas antioksidan (Tranggono, 1996).

2.11 Teknonolgi Pirolisa

Pirolisa merupakan proses pemecahan oleh panas dengan suplai oksigen terbatas. Proses ini menghasilkan gas, cairan dan arang dengan jumlah yang bervariasi tergantung jenis dan komposisi bahan, metode pirolisa dan kondisi reaktor. Pirolisa adalah penguraian biomasa (*lysis*) karena panas (*pyro*) pada suhu lebih dari 150°C. Pada proses pirolisa terdapat beberapa tingkatan proses, yaitu pirolisa primer dan pirolisa sekunder. Pirolisa primer adalah pirolisa yang terjadi pada bahan baku, sedangkan pirolisa sekunder adalah pirolisa yang terjadi pada partikel dan gas/uap hasil pirolisa primer (Abdullah et al, 1998). Dari proses pirolisis akan dihasilkan tiga kelompok senyawa (Fengel dan Wineger, 1995), yaitu:

- Komponen-komponen padat
- Senyawa yang mudah menguap dan dapat dikondensasikan
- Gas-gas yang mudah menguap, dan tidak dapat dikondensasikan

Rendemen asap yang dihasilkan bergantung pada sifat kayu, temperature pirolisis, jumlah oksigen, kelembaban kayu, ukuran partikel kayu serta alat pembuat asap cair (Abdullah et al, 1998).

Pirolisis adalah salah satu metode untuk menangani limbah padat sekaligus memanfaatkannya menjadi bahan-bahan yang berguna. Metode pirolisis didefinisikan sebagai proses dekomposisi senyawa kimia dengan suhu tinggi dengan pembakaran yang tidak sempurna atau suatu proses perubahan kimia melalui aksi panas. Secara umum perubahan kimia dapat meliputi crosslinking, isomerisasi, deoksigenisasi, denitrogenisasi dan sebagainya. Bahan yang paling mudah terdekomposisi adalah selulosa (Murtadho, 1987). Widyatmoko (2002) mengatakan bahwa proses pirolisis dapat mengubah sekitar 50% buangan padat menjadi cairan yang 95% beratnya adalah senyawa aromatic.

Secara umum ada dua tipe alat untuk proses pirolisa yang dibedakan berdasarkan pada perbedaan pemberian energi panas. Kedua tipe tersebut adalah tipe “kiln” dan tipe “retort”. Pada tipe “kiln” energi panas diperoleh dari pembakaran sebagian bahan baku. Sedangkan pada tipe “retort”, energi panas diperoleh dari luar system (Abdullah et al, 1998).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan kegiatan produksi asap cair dari tempurung dilaksanakan pada mulai bulan Maret 2008, yang dilakukan di Laboratorium Rekayasa Alat dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember dan aplikasinya dilakukan di wilayah Puger Kulon, Kecamatan Puger, Kabupaten Jember yang merupakan sentra TPI (Tempat Pelelangan Ikan) terbesar di Kabupaten Jember ini,

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat

Alat yang dipergunakan dalam perancangan mesin pirolisator ini adalah sebagai berikut.

- | | |
|-----------------|---------------------------|
| 1. Gergaji Besi | 6. Gerinda listrik tangan |
| 2. Rol meter | 7. Timbangan analitis |
| 3. Las listrik | 8. Palu |
| 4. Las asitelin | 9. Penggaris |
| 5. Bor listrik | |

Sedangkan alat yang dipergunakan dalam uji coba adalah adalah thermometer digital, timbangan analitis, bak plastik, dan gelas ukur.

3.2.2 Bahan

- | | |
|-------------------|-------------------------------------|
| 1. Drum bekas cat | 6. Pipa galvanis dengan Ø 0,5 inchi |
| 2. Drum karbit | 7. Lem silicon |
| 3. Plat besi | 8. Pipa PVC |
| 4. Stop kran | 9. Pompa air |
| 5. Besi siku | |

Sedangkan bahan yang dipergunakan dalam uji coba adalah tempurung kelapa muda, tempurung kelapa campuran, tempurung kelapa tua, dan minyak tanah.

3.3 Parameter Pengamatan

3.3.1 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan sumber data diperoleh dengan berbagai prosedur sebagai berikut.

- a. Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung pada objek penelitian antara lain sebagai berikut sebagai berikut.
 1. Volume asap cair.
 2. Suhu tungku, suhu pipa, suhu air, dan suhu udara
 3. Masa air, massa pipa, massa bahan.
 4. Waktu.
 5. Rendemen.
- b. Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung dari dokumen atau sumber informasi lainnya. Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.
 1. Nilai kalor bakar tempurung kelapa (C) yaitu 27215 kJ/kg (Indrasetiawan, 1984).
 2. Kalor spesifik air (Cp) yaitu 4,19 kJ/kg K (Hara, 1996).
 3. Kalor spesifik besi (Cp) yaitu 447,688 J/kg°C (Hara, 1996).
 4. 1 liter setara dengan 0,8136 kg (Anonim, 2008).

3.3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Studi pustaka, yaitu metode pengumpulan data yang dilakukan dengan membaca literatur yang berkaitan dengan penelitian. Literatur dikutip dari berbagai buku, jurnal, dan karya tulis yang berhubungan dengan tema mengenai teknologi pembuatan asap cair dari berbagai jenis bahan, dan informasi lain yang dapat menunjang penelitian.
2. Metode eksperimen, yaitu metode pengumpulan data hasil pengujian mesin distilasi dengan pencatatan langsung di lapang.

3.4 Perencanaan Penelitian

1. Studi Literatur

Studi literatur dikutip dari berbagai buku dan karya tulis yang berhubungan dengan tema mengenai teknologi pengolahan tempurung kelapa, teknologi asap cair, tempurung

kelapa, bahan dan alat yang dipergunakan dalam pembuatan alat, dan informasi lain yang dapat menunjang penelitian.

2. Studi Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui konstruksi, bentuk, ukuran, dan kinerja mesin pirolisator secara langsung. Desain fungsional alat yang akan di modifikasi terdiri atas;

- a. Pirolisator;
- b. Pipa distilasi;
- c. Rangka penyangga.

Mesin pirolisator terdiri dari beberapa bagian, antara lain.

1. Pirolisator; terbuat dari drum minyak tanah dengan tinggi 140 cm, tersusun dari dua buah alat yaitu tungku pembakaran dan ruang udara, jarak ruang udara terhadap atap didalam pirolisator 5 cm.
2. Pipa distilasi; terbuat dari pipa galvanis dengan $\text{Ø } \frac{3}{4} \text{ dm}^3$ yang berjumlah 20 buah dengan panjang masing-masing 180 cm.
3. Rangka penyangga; terbuat dari besi siku yang dibentuk sesuai dengan model mesin agar mesin dapat berdiri tegak lurus sehingga dapat menopang mesin dengan baik.

3.5 Perencanaan Alat

3.5.1 Landasan Desain

Mesin pirolisator didesain menggunakan sistem pembakaran yang sederhana dengan mekanisme kerja sebagai berikut.

1. Asap yang berasal dari hasil pembakaran arang akan naik ke permukaan tungku, akumulasi asap ini kemudian dialirkan melalui pipa menuju proses kondensasi.
2. Dalam proses kondensasi ini, asap akan mengalami proses pengembunan, dan terakumulasi membentuk cairan yang masih pekat.
3. Dalam proses distilasi asap tempurung ditampung berada di dalam ruangan yang panjang (pipa), sehingga asap tidak langsung keluar kelingkungan.
4. Pengaturan temperatur dilakukan dengan mengalirkan air dingin ke dalam kondensor, sehingga proses pengembunan dapat terjadi.

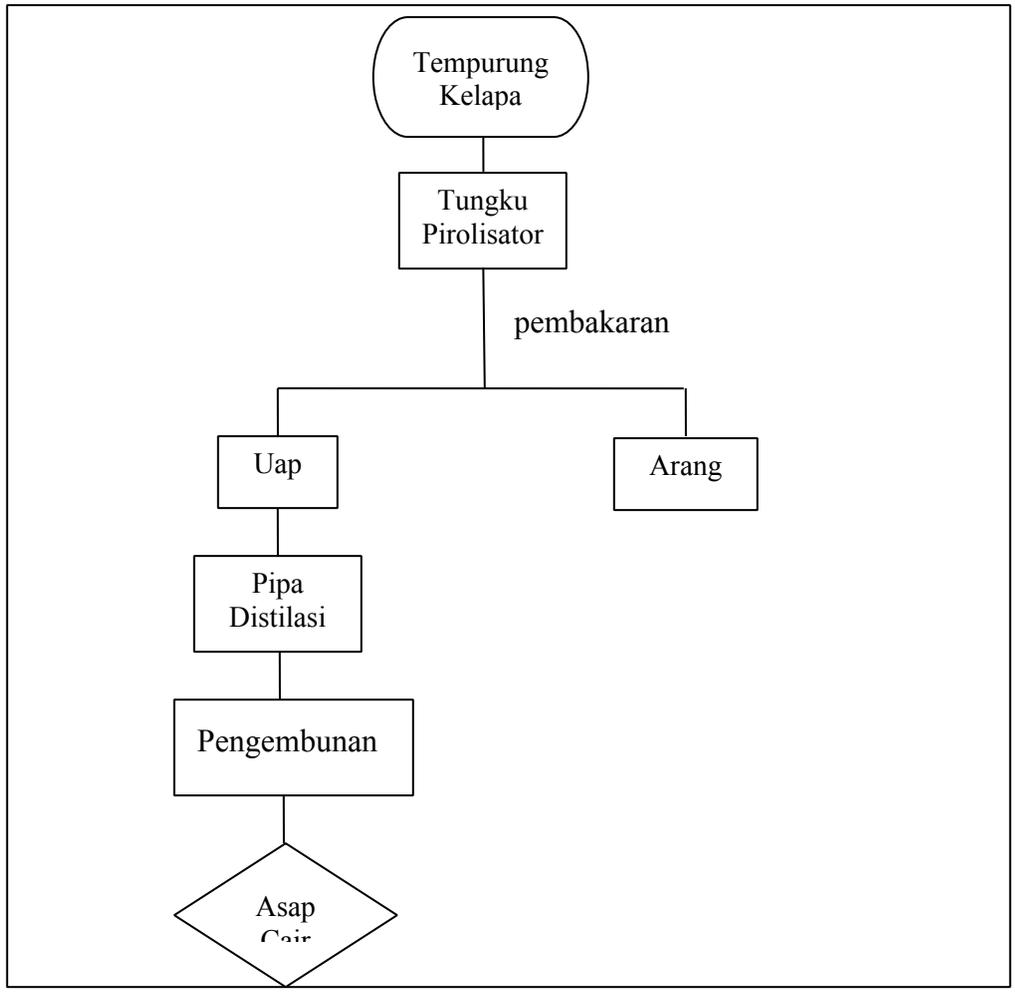
Desain tungku pirolisator yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut.

1. Dimensi pirolisator tidak terlalu besar.
2. Desain yang sederhana dengan kebutuhan bahan yang mudah didapat sehingga dapat diaplikasikan di skala rumah tangga.
3. Biaya perakitan terjangkau.
4. Volume bahan baku tidak terlalu besar.
5. Asap cair yang dihasilkan optimal.

3.5.2 Desain Alat

Fungsional alat yang dirancang terdiri atas beberapa komponen berikut.

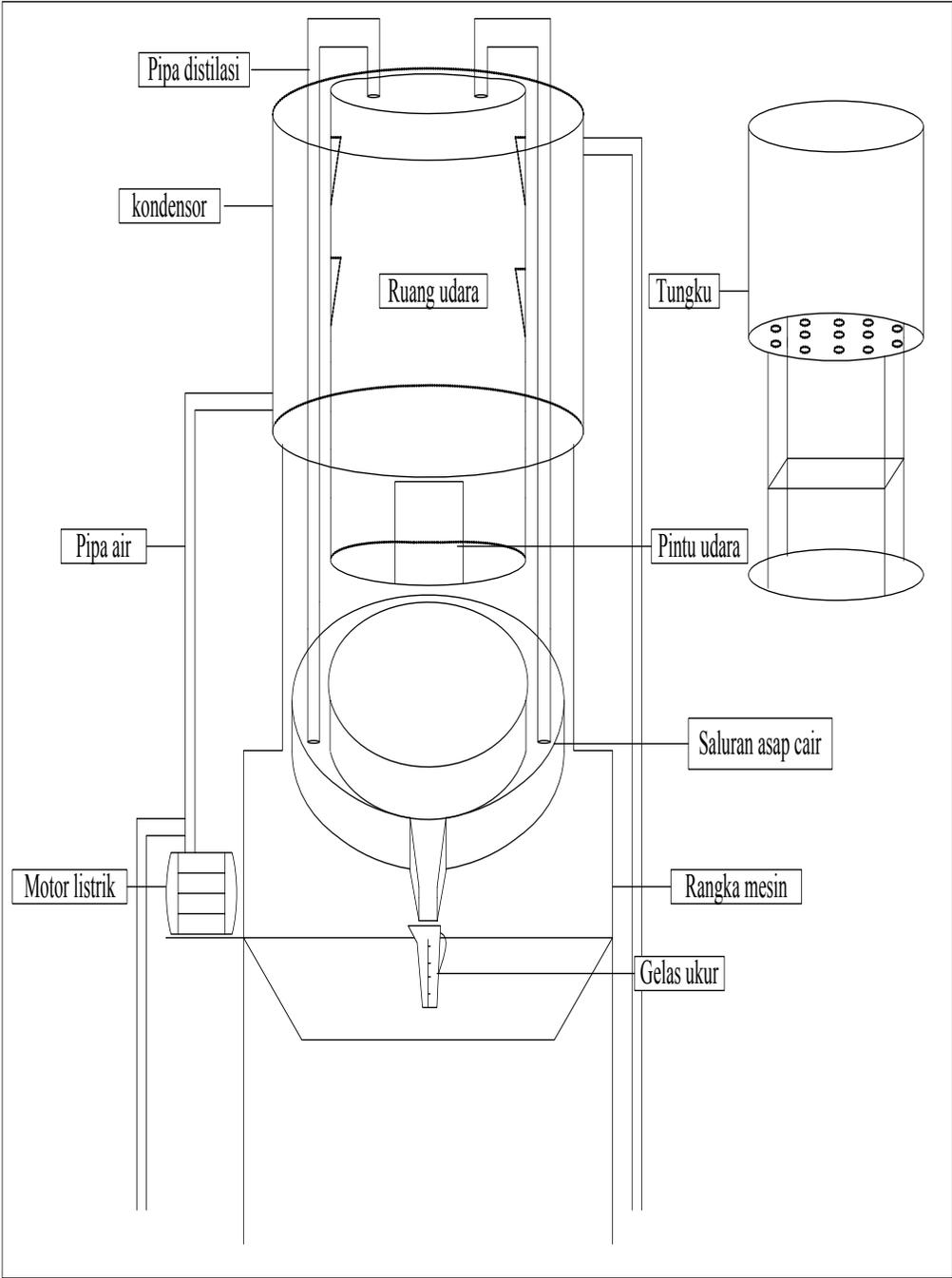
- a. Tungku Pirolisator dibuat dengan bahan dasar plat besi berbentuk silinder yang berfungsi sebagai tempat pembakaran tempurung kelapa.
- b. Pipa Distilasi dibuat dengan bahan dasar pipa galvanis yang mempunyai kandungan seng dan besi sehingga tahan terhadap korosi yang berfungsi sebagai penyalur uap hasil pembakaran tempurung kelapa.
- c. Kondensor dibuat dengan bahan dasar plat besi berbentuk silinder yang berfungsi sebagai pendingin uap panas pada pipa sehingga akan terjadi perpindahan panas dari pipa ke air sehingga proses pengembunan dapat terjadi.
- d. Rangka Alat dibuat dengan bahan dasar besi siku yang dibentuk sedemikian rupa sehingga alat dapat menyangga mesin pirolisator dengan posisi yang sesuai.



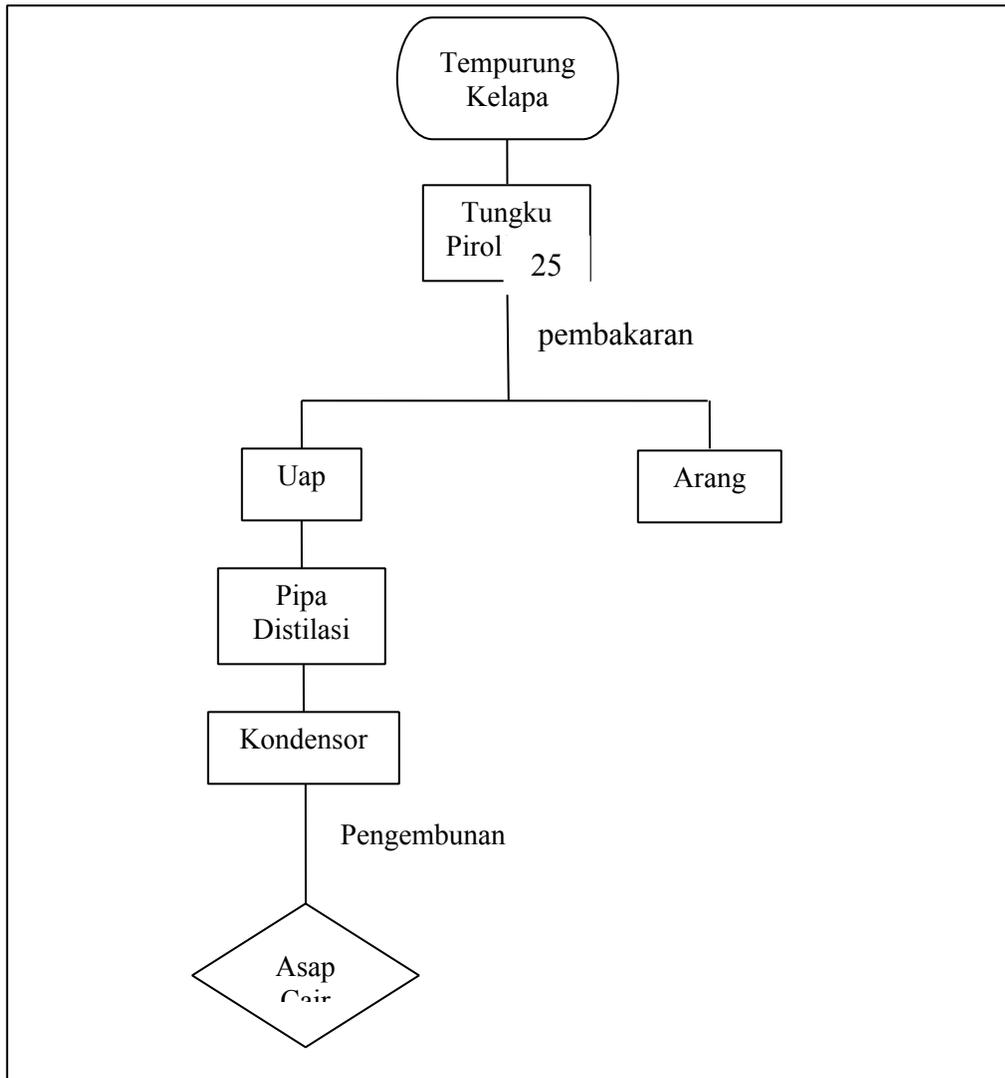
Gambar 3.1 Skema Mekanisme Kerja Mesin Pirolisator Sebelum Dimodifikasi

Skema sebagaimana pada Gambar 3.1 menjelaskan proses yang terdapat pada pembuatan asap cair berbahan baku tempurung kelapa menggunakan mesin pirolisator sebelum dimodifikasi. Proses dimulai dengan dibakarnya tempurung kelapa menggunakan sistem pembuatan arang. Di dalam proses ini terdapat perpindahan panas dari tungku pembakaran ke bahan sehingga bahan dapat terbakar, setelah tempurung di dalam tungku terbakar maka asap dari pembakaran tempurung kelapa akan menuju pipa destilasi, di dalam pipa destilasi akan terjadi proses pengembunan. Dengan proses tersebut maka asap dapat berubah menjadi cairan akibat terjadinya perpindahan panas pada asap menjadi titik-titik air.

Gambar mesin pirolisator setelah dimodifikasi ' 24 ' dilihat pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Sketsa Gambar mesin pirolisator



Gambar 3.3 Skema Mekanisme Kerja Mesin Pirolisator Setelah Dimodifikasi

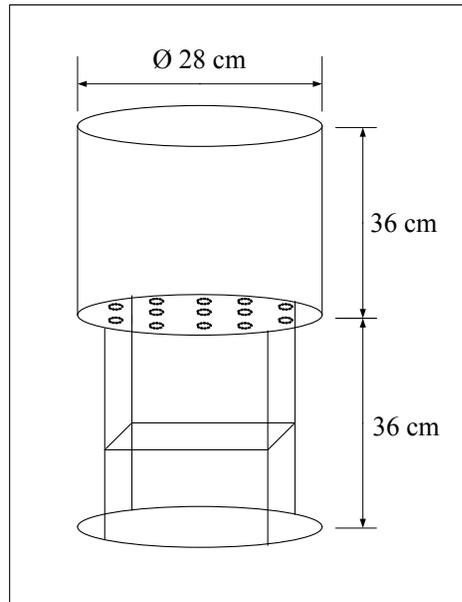
Skema sebagaimana pada Gambar 3.3 menjelaskan proses yang terdapat pada pembuatan asap cair dari tempurung kelapa menggunakan mesin pirolisator setelah dimodifikasi. Proses dimulai dengan dibakarnya tempurung kelapa menggunakan sistem pembuatan arang. Di dalam proses ini terdapat perpindahan panas dari tungku pembakaran ke bahan sehingga bahan dapat terbakar. Setelah tempurung di dalam tungku terbakar maka asap pembakaran tempurung kelapa akan menuju pipa distilasi. Di dalam pipa distilasi akan terjadi proses pengembunan yang lebih optimal karena terdapat kondensor yang menyelubungi pipa distilasi, sehingga akan terjadi proses perpindahan panas dari asap menuju pipa dan air. Pada akhirnya asap yang menjadi titik-titik air semakin bertambah banyak

Mesin pirolisator adalah hasil perakitan beberapa bagian yaitu: tungku pirolisator, pipa distilasi, penampung asap cair, koil 26 r, dan penyangga. Pada penelitian sebelumnya, mesin pirolisator tidak dilengkapi kondensor yang dapat dipergunakan untuk mengoptimalkan proses kondensasi pada pipa, sehingga dengan ditamhkannya kondensor pada mesin pirolisator dan perbedaan ukuran mesin, hasil yang didapatkan lebih optimal dan menghasilkan asap cair yang lebih banyak. Berikut ini adalah bagian-bagian mesin pirolisator setelah dimodifikasi.

1. Tungku Pirolisator

Untuk pembuatan tungku pirolisator membutuhkan dua buah drum cat besi yang berukuran panjang 72 cm dan lebar 28 cm dengan ketebalan 0,5 mm, dan penyambungan kedua drum tersebut menggunakan las asetilen (Gambar 3.4).

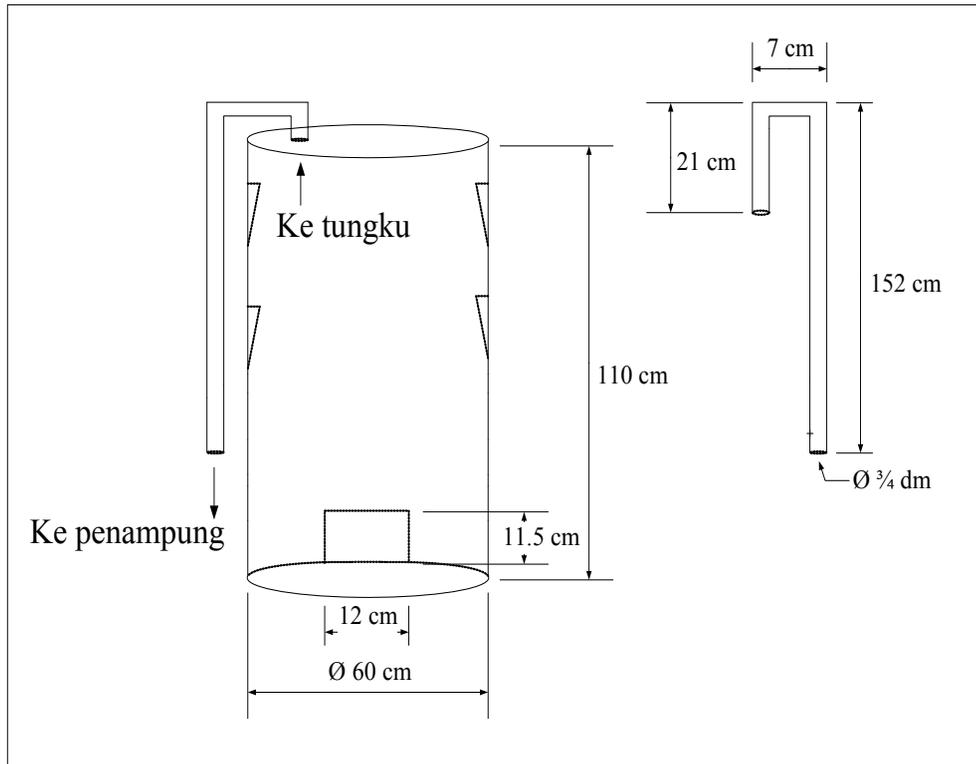
Pada bagian dasar tungku pirolisator akan dibuat lubang kecil-kecil berukuran diameter 0,5 cm dan jumlahnya disesuaikan dengan lebar dasar tungku pirolisator. Lubang-lubang ini dibuat bertujuan agar udara dari ruang udara dapat tetap masuk ke tungku dan pembakaran tempurung kelapa dapat berjalan dengan optimal. Pada bagian dasar tungku akan dipasang kaki tungku agar dapat diberdirikan dengan mudah.



Gambar 3.4 Sketsa Tungku Pirolisator

2. Pipa distilasi

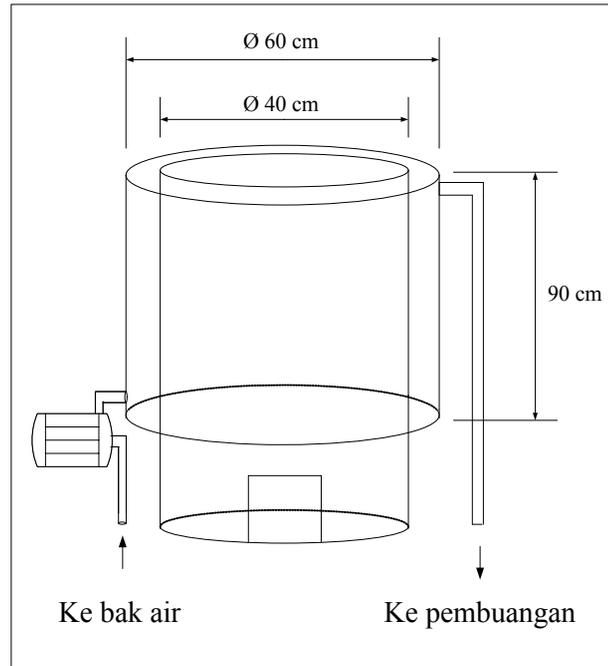
Pipa distilasi terbuat dari pipa galvanis berukuran $\varnothing 0,5$ inci yang terbuat dari plat besi yang dilapisi aluminium sehingga dapat tahan terhadap korosi. Pipa untuk proses destilasi pirolisator ini berjumlah 10 buah dengan masing-masing berukuran panjang 180 cm (Gambar 3.5).



Gambar 3.5 Sketsa Pipa Distilasi

3. Kondensor

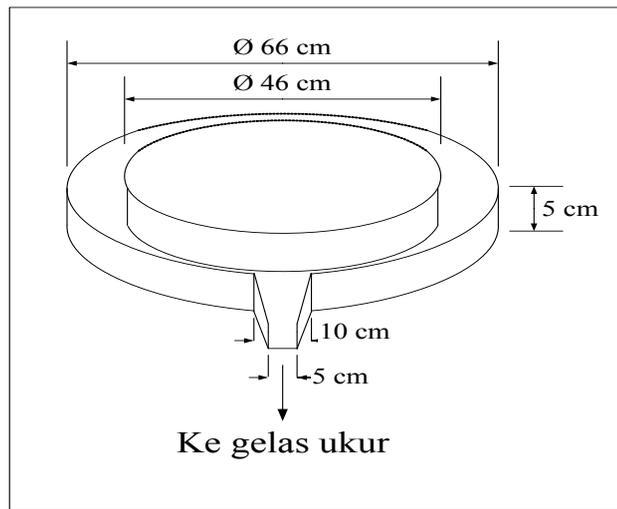
Dalam penelitian ini modifikasi dilakukan khususnya dengan penambahan kondensor pada mesin pirolisator, kondensor ditempatkan menyelubungi pipa destilasi. Kondensor terbuat dari plat besi dengan diameter dalam 36 cm, diameter luar 46 dan tinggi 30 cm (Gambar 3.6). Kondensor akan dipergunakan untuk membantu proses pengembunan asap pada pipa galvanis jadi akan diletakkan untuk menyelubungi pipa galvanis, sehingga suhu pada pipa dapat turun dengan harapan proses pengembunan dapat berjalan dengan optimal sehingga asap cair yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa dapat meningkat.



Gambar 3.6 Sketsa Kondensor

4. Penampung Asap Cair

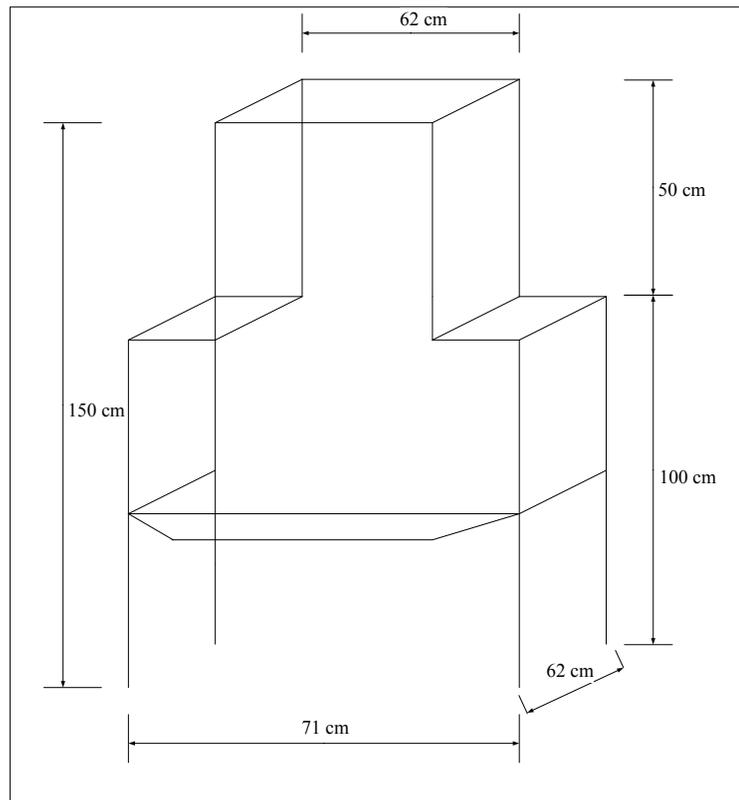
Penampung asap cair terbuat dari plat besi yang dibentuk sesuai dengan jatuhnya asap cair dari pipa galvanis dibuat miring agar asap cair yang tertampung dapat langsung jatuh ke tempat penampungan akhir (Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Sketsa Penampung Asap Cair

5. Penyangga

Penyangga dipergunakan untuk ²⁹menegakkan tungku pirolisator agar posisinya dapat lebih tinggi daripada bak penampung dan untuk mengatur udara pada proses pembakaran agar pembakaran tempurung kelapa dapat berjalan dengan optimal (Gambar 3.8).



Gambar 3.8 Sketsa Penyangga

3.6 Perakitan Alat

Perakitan dilakukan dengan pengukuran, pemotongan dan pengelasan, untuk mendapatkan hasil ukuran yang sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Perakitan dan modifikasi mesin dilakukan di bengkel las dengan pengawasan dan pengarahan agar proses perakitan dan modifikasi sesuai dengan rancangan yang ditentukan.

3.7 Pengujian

30

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui kinerja mesin pirolisator yang terdiri atas.

a. Pengujian fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk mengetahui apakah alat yang telah dibuat dan dimodifikasi berfungsi secara optimal atau tidak. Pengujian dilakukan tanpa menggunakan bahan baku yang sebenarnya, yaitu: serabut kelapa.

b. Pengujian elementer

Pengujian elementer dilakukan dengan membakar sejumlah bahan baku yaitu tempurung kelapa muda, tempurung kelapa campuran, dan tempurung kelapa tua dengan berbagai karakteristik volume bahan baku. Seperti tertera pada Tabel 3.1.

Volume asap cair hasil pirolisis bergantung pada karakteristik volume tempurung kelapa dan jenis tempurung kelapa yang dibakar. Pengukuran volume asap cair dilakukan dengan menampung asap cair pada outlet mesin pirolisator, kemudian dilakukan pengukuran volume asap cair.

Untuk mengetahui karakteristik hasil modifikasi mesin pirolisator pada proses pembuatan asap cair maka dilakukan analisis teknis sebagai berikut:

a. Kadar Air Bahan (%)

$$KA (\%) = \frac{a - b}{b} \times 100\% \quad \dots\dots 3.1$$

keterangan : KA = kadar air bahan berdasarkan bobot kering (%)

a = Berat bahan sebelum di oven (kg)

b = Bobot bahan setelah di oven (kg) (Taib, 1987)

b. Energi untuk memanaskan bahan (Q_s)

$$Q_s = m_o \cdot c_p \cdot (T_k - T_b) \quad \dots\dots 3.2$$

keterangan : Q_s = panas sensibel (kJ)

m_o = berat penyusutan bahan (kg)

C_p = panas spesifik (kJ/kg°C)

T_k = suhu tungku (°C)

T_b = suhu bahan (°C) (Taib, 1987)

$$C_p = 0,0837 + 0,034 \cdot m_o \quad \dots\dots\dots 3.3$$

keterangan : m_o = kadar air bahan (%)

c. Panas Input (Q_{in})

Panas input merupakan energi yang diberikan udara pengering pada bahan, yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_{in} = m \times C \quad \dots\dots\dots 3.4$$

keterangan: Q_{in} = panas input (kJ)

m = jumlah bahan bakar (kg)

C = nilai kalor bakar tempurung kelapa (kJ/kg)

(Taib, 1987)

d. Panas pipa (Q_{pipa})

$$Q_{pipa} = m C_p (T_{pangkal} - T_{ujung}) \quad \dots\dots\dots 3.5$$

keterangan : m = massa (kg)

C_p = panas spesifik besi (kJ/kg°C)

$T_{pangkal}$ = temperatur pangkal pipa (°C)

T_{ujung} = temperatur ujung pipa (°C)

e. Panas air kondensor (Q_{air})

$$Q_{air} = m C_p (T_{keluar} - T_{masuk}) \quad \dots\dots\dots 3.6$$

keterangan : m = massa (kg)

C_p = panas spesifik air (kJ/kg°C)

T_{masuk} = temperatur air masuk (°C)

T_{keluar} = temperatur air keluar (°C)

f. Efisiensi mesin pirolisator

Efisiensi dari sistem pemanasan merupakan perbandingan antara energi yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu (Q_s) dan energi yang digunakan untuk menguapkan air yang terdapat pada bahan (Q_l) dengan jumlah energi yang tersedia dari sistem pemanas (Q_{in}).

$$\eta_{sp} = \frac{Q_{\text{pipa}} + Q_{\text{air}} + Q_{\text{sensibel}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\% \quad \dots\dots 3.7$$

keterangan: η_{sp} = efisiensi sistem pemanasan (%)

Q_{pipa} = panas penguapan pipa (kJ 32

Q_s = panas sensibel pemanasan (kJ)

Q_{in} = panas input pemanas (kJ) (Taib, 1987)

g. Penentuan Rendemen

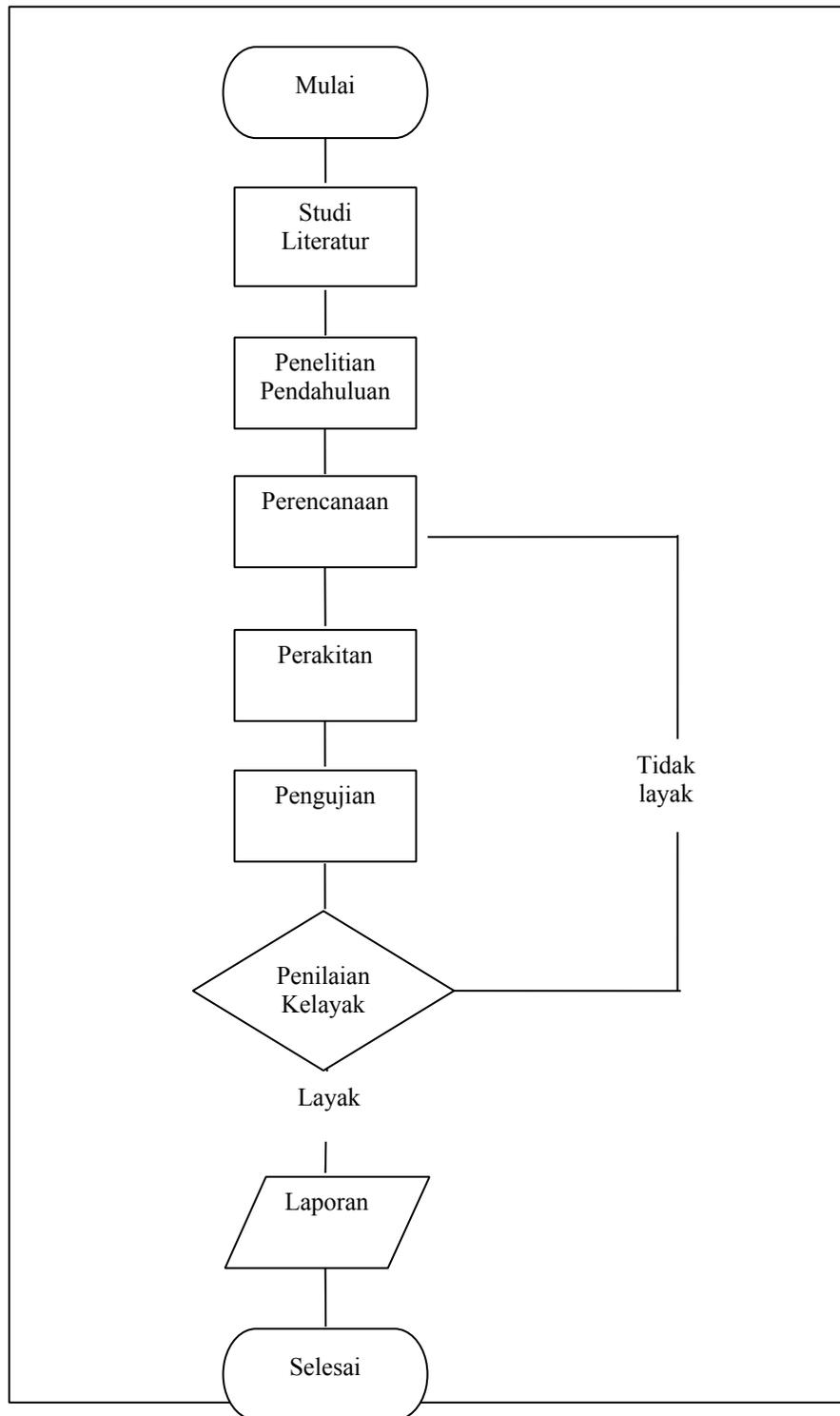
Rendemen adalah perbandingan persentase hasil produksi dengan jumlah bahan baku yang dihitung berdasarkan takaran kilogram. Dapat dihitung dengan persamaan :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Hasil Produksi}}{\text{Jumlah Bahan Baku}} \times 100\% \quad \dots\dots 3.8$$

3.8 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan metode sebagai berikut;

- a. grafik waktu produksi terhadap hasil produksi,
- b. efisiensi mesin pirolisator,
- c. rendemen.



Gambar 3.9 Bagan Tahapan Perencanaan Pelaksanaan Kegiatan

BAB 4. PEMBAHASAN

4.1 Analisa Tempurung Kelapa

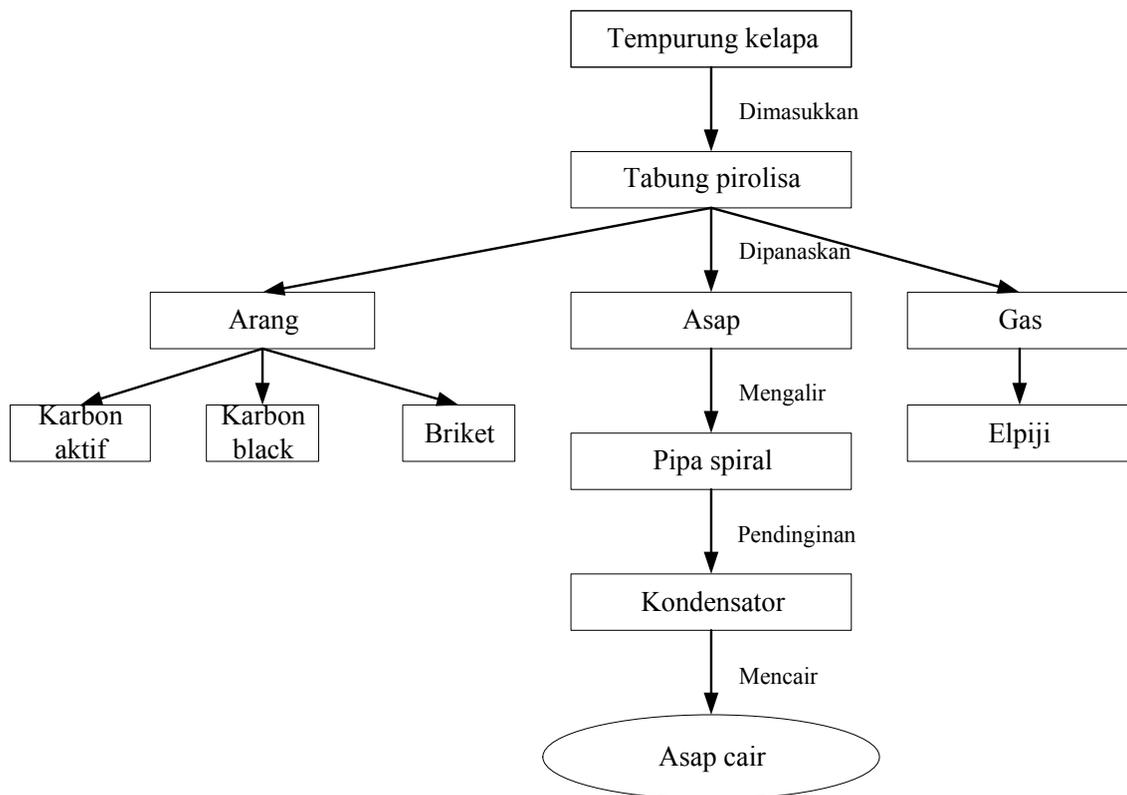
Tempurung kelapa merupakan bahan baku yang digunakan oleh PPKT untuk memproduksi asap cair. Tempurung kelapa merupakan bagian buah kelapa yang berfungsi sebagai pelindung inti buah. Tempurung kelapa terletak dibagian dalam kelapa setelah sabut, dan , merupakan lapisan yang keras dengan ketebalan 3 – 5mm.

Tempurung kelapa termasuk golongan kayu keras dengan kadar air sekitar enam sampai sembilan persen, dan terutama tersusun dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Data komposisi kimia tempurung kelapa disajikan pada table berikut.

Table . Komposisi Kimia Tempurung Kalapa

Komponen	Persentase
Lignin	36,51 %
Selulosa	33,61 %
Hemiselulosa	19,27 %

Tempurung kelapa jika diolah memiliki banyak manfaat dan dapat mendatangkan pendapatan. Tempurung kelapa yang selama ini adalah dianggap sebagai limbah yang tidak memiliki nilai ekonomis. Namun, jika diolah secara benar dan tepat akan diperoleh pendapatan. Pengolahan tempurung kelapa akan menghasilkan asap, arang dan gas, jika diolah dengan cara pirolisis. Pengolahan tempurung kelapa secara pirolisis dapat digambarkan seperti dibawah ini.



Gambar 4.1 Pirolisis Tempurung Kelapa

Gambar diatas adalah proses pengolahan tempurung kelapa secara pirolisis yang dilakukan oleh PPKT. Tempurung kelapa yang mengalami pirolisis akan menghasilkan tiga produk utama, yaitu asap, arang dan gas. Produk utama ini masih dapat diubah bentuknya.

Tempurung kelapa yang di pirolisis akan menghasilkan asap, arang dan gas. Asap yang terbentuk dapat dijadikan asapa cair, yang bermanfaat sebagai pengawet makanan. Namun agar asap berubah wujud menjadi asap cair, asap ini harus melewati unit pengolahan, diantara yaitu pendinginan dengan menggunakan kondensator. Arang juga dapat dihasilkan produk turunan, yaitu karbon aktif, karbon hitam, dan briket. Sementara

gas yang terbentuk juga masih dapat dimanfaatkan, yaitu digunakan sebagai pengganti elpiji.

Namun demikian, tidak semata-mata tempurung kelapa yang dipirolisis langsung berubah menjadi asap cair, elpiji, karbon aktif, karbon hitam atau pun briket. Tetapi masih harus melalui tahapan-tahapan atau unit pengolahan tertentu. Diantaranya seperti gas, harus dimampat terlebih dahulu agar dapat berfungsi sebagai pengganti elpiji. Begitu juga dengan asap, harus melewati pendinginan, yaitu dengan menggunakan kondensator. Sedangkan untuk arang, jika ingin dijadikan karbon aktif, harus di panaskan kembali, jika dijadikan briket arang dihancurkan, baru kemudian dipres. 36 sebelumnya telah diberi perekat.

Di PPKT sendiri, pemanfaatan tempurung kelapa hanya sebatas pada produksi asap cair dan briket arang. Untuk memanfaatkan gas sebagai elpiji masih dibutuhkan penelitian dan biaya yang besar. Begitu juga dengan karbon aktif dan karbon hitam. Oleh karena itu, PPKT hanya memfokuskan diri pada produksi asap cair sebagai produk utama dan briket arang sebagai produk samping yang juga mendatangkan pendapatan.

4.2 Asap Cair

Asap diartikan sebagai suatu suspensi partikel-partikel padat dan cair dalam medium gas (Girard, 1992). Sedangkan asap cair menurut Darmadji (1997) merupakan campuran larutan dari dispersi asap kayu dalam air yang dibuat dengan mengkondensasikan asap hasil pirolisis kayu. Produksi asap cair merupakan hasil pembakaran tidak sempurna yang melibatkan reaksi dekomposisi karena pengaruh panas, polimerisasi, dan kondensasi (Girard, 1992).

Namun untuk menghasilkan asap yang baik pada waktu pembakaran sebaiknya menggunakan jenis kayu keras seperti kayu bakau, rasa mala, serbuk dan serutan kayu jati, serta tempurung kelapa dan cangkang kelapa sawit (Tranggono, 1997). Asap yang dihasilkan dari pembakaran kayu keras akan berbeda komposisinya dengan asap yang dihasilkan dari pembakaran kayu lunak. Pada umumnya kayu keras akan menghasilkan aroma yang lebih unggul, lebih kaya kandungan aromatik dan lebih banyak mengandung senyawa asam dibandingkan kayu lunak (Girard, 1992).

Asap cair produk PPKT, menggunakan bahan baku tempurung kelapa. Pemilihan tempurung kelapa karena beberapa alasan tertentu. Beberapa alasannya antara lain adalah :

1. Bahan baku melimpah

PPKT adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang produksi VCO (Virgin coconut oil). PPKT juga berkomitmen untuk membangun industri kelapa berbasis masyarakat. Pada umumnya masyarakat memproduksi VCO skala rumahan. Dengan begitu, tempurung kelapa yang merupakan sisa atau limbah dari pengolahan VCO dapat digunakan sebagai bahan baku asap cair.

Kebanyakan masyarakat adalah kelompok tani yang tergabung dalam koperasi yang didirikan oleh PPKT, sehingga limbah tempurung langsung ditampung oleh PPKT. Selain itu, kontrol terhadap tingkat ketuaan tempurung³⁷ pa juga lebih mudah. Karena salah satu syarat kelapa dijadikan VCO adalah kelapa tua yang telah berumur 11 bulan. Dengan demikian, tidak diperlukan lagi pengontrolan terhadap tingkat ketuaan tempurung kelapa kecuali tempurung yang didatangkan oleh pemasok.

2. Biaya transportasi lebih murah

Karena sebagian masyarakat adalah kelompok tani, dan hasil produksi VCO ditampung oleh PPKT maka tempurung kelapa juga ditampung oleh PPKT. Setiap masyarakat mengantarkan langsung produksi VCO ke koperasi, begitu juga dengan tempurung kelapa. Dengan demikian, biaya angkut bahan baku dapat berkurang dan limbah tempurung kelapa dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis.

Sebenarnya, masih banyak jenis kayu keras yang dapat digunakan sebagai bahan baku asap cair. Misalnya, di Palembang ada PT. Dourof yang memproduksi asap cair dengan bahan baku cangkang kelapa sawit. Kayu yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku asap cair adalah serbuk kayu jati, kayu bakau, rasa mala, dan kayu oak di Jepang.

4.3 Keseimbangan Massa

Asap cair adalah cairan kondensat dari asap yang telah mengalami penyimpangan dan penyaringan untuk memisahkan tar dan bahan-bahan partikulat (Pazzola, 1995). Salah satu cara untuk membuat asap cair adalah dengan mengkondensasikan asap hasil pembakaran tidak sempurna dari kayu. Selama pembakaran, komponen utama kayu, yang berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin akan mengalami pirolisis.

Untuk menghasilkan asap cair, PPKT menggunakan bahan baku tempurung kelapa, kemudian diproses melalui pirolisis. Proses pirolisis ini menggunakan energi berupa energi panas dari kompor bertekanan. Pirolisis adalah proses penguraian biomassa dengan suplai oksigen terbatas. Dikatakan juga bahwa pirolisis merupakan proses pembakaran tidak sempurna. Dari proses pirolisis akan dihasilkan tiga kelompok senyawa (Fengel dan Wineger, 1995), yaitu :

1. Komponen-komponen padat
2. Senyawa yang mudah dan dapat dikondensasikan
3. Gas-gas yang mudah menguap dan tidak dapat dikondensasikan

Tempurung kelapa yang dimasukkan dalam unit pengolahan (pirolisis), akan menghasilkan produk utama berupa asap cair³⁸ limbah yaitu arang, tar dan gas. Unit pengolahan ini menggunakan energi bahan bakar minyak, yaitu kompor minyak tanah bertekanan. Unit pengolahan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

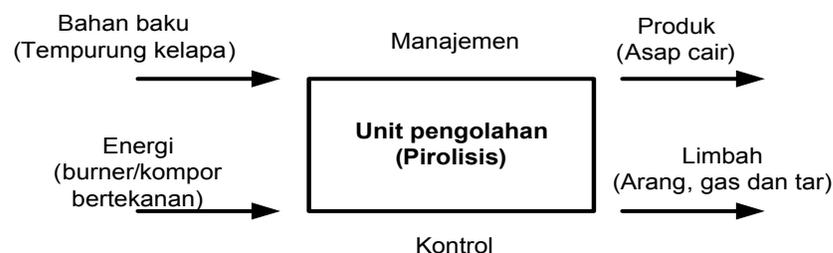


Diagram kesetimbangan massa proses pengolahan asap cair

Gambar 4.2 . Diagram Kesetimbangan Massa Proses Pengolahan Asap Cair PPKT

Dengan manajemen dan pengontrolan yang baik, akan didapatkan beberapa keuntungan diantara adalah :

- a. Menghasilkan produk bermutu tinggi
- b. Menggunakan bahan baku terpilih secara efisien
- c. Menggunakan energi & tenaga kerja secara efisien
- d. Mereduksi dampak negatif limbah proses pengolahan terhadap lingkungan

Produk yang bermutu tinggi akan diperoleh jika manajemen dan pengontrolan terhadap aliran massa dilakukan dengan benar. Pengontrolan dimulai dari *input* (bahan

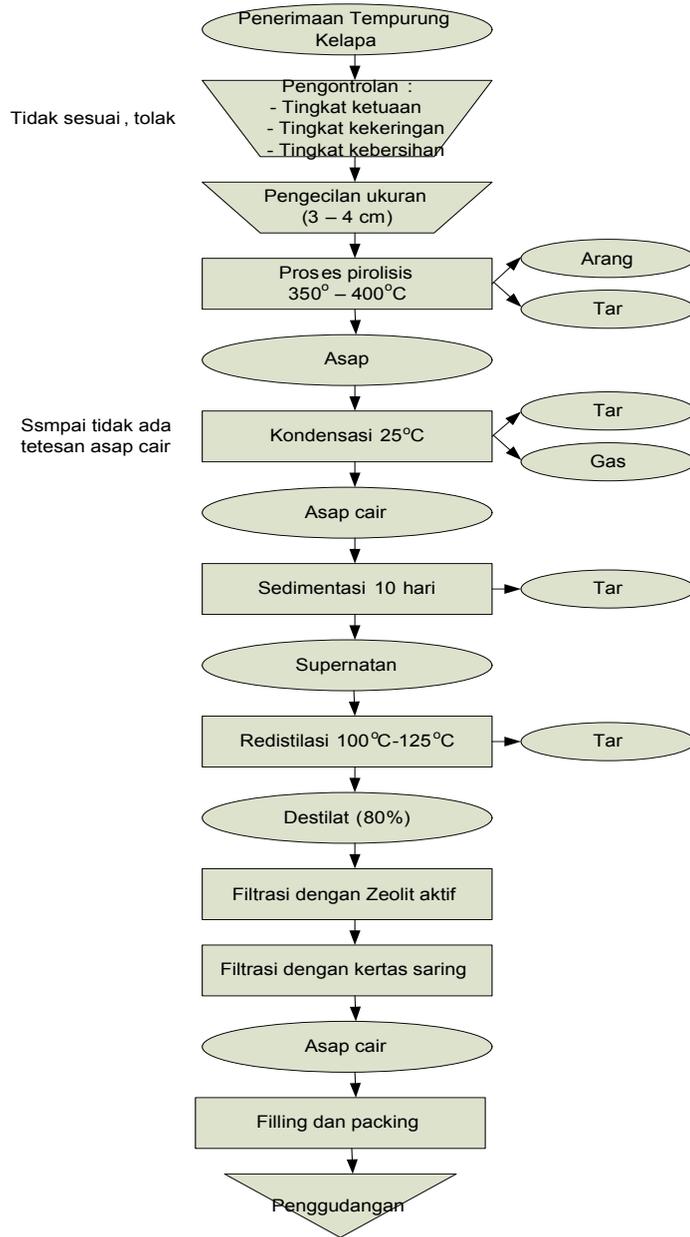
baku) yang digunakan hingga *output* (produk dan limbah) yang dihasilkan. Tingkat kualitas produk akan ditentukan dari pemilihan dan penggunaan bahan baku dan energi. Jika bahan baku yang digunakan berkualitas, maka dihasilkan produk yang berkualitas, dan begitu juga sebaliknya. Sama halnya dengan energi yang digunakan. Jika pemberian energi tepat dan sesuai dengan kebutuhan maka akan dapat menghasilkan produk yang mutu tinggi. Selain itu, penggunaan energi yang tepat, sesuai dengan kebutuhan, dapat mengurangi pemborosan biaya. Dengan kata lain dapat menghemat biaya produksi.

Seperti bahan baku tempurung kelapa. Tempurung kelapa sangat mudah diperoleh dilingkungan pabrik. Karena lokasi pabrik terletak di sentra industri kelapa. Selain itu, kualitas tempurung kelapa juga terjamin sehingga pengontrolan terhadap bahan baku (tempurung kelapa) tidak susah.

Sentra industri kelapa ini terletak disebuah kecamatan, yang masyarakatnya adalah produsen VCO skala rumahan. Seperti yang di³⁹ i bahwa syarat kelapa untuk dijadikan bahan baku VCO adalah kelapa tua yang berumur 11 bulan dan kering. Dengan begitu, pemilihan dan penggunaan bahan baku lebih efisien karena beberapa standart bahan baku telah terpenuhi.

4.4 Proses Produksi Asap Cair

DIAGRAM ALIR PRODUKSI ASAP CAIR TEMPURUNG KELAPA



Gambar 4.3 Diagram Alir Produksi Asap Cair PPKT

Proses produksi yang berlaku di PPKT adalah sebagai berikut :

1. Penerimaan Bahan Baku

Bahan baku tempurung kelapa di 40 % dari masyarakat sekitar pabrik yang sebagian besar memproduksi VCO. Bagi masyarakat, tempurung kelapa hanya limbah tidak berguna sehingga bahan baku tempurung kelapa mudah diperoleh dengan biaya yang murah.

Penerimaan bahan baku oleh CV. PPKT dari masyarakat dengan cara pembelian yang dilakukan langsung. Biasanya masyarakat akan mengirimkan tempurung kelapa kepada pabrik CV. PPKT. Bahan baku yang diterima akan ditimbang dengan menggunakan timbangan bandul yang kemudian akan ditempatkan pada sebuah gudang penyimpanan.

Tenaga kerja yang berada pada penerimaan bahan baku tempurung kelapa ini hanya seorang operator (pekerja). Karena pada saat penerimaan bahan baku dari masyarakat dengan mempekerjakan seorang operator sudah mampu mengatasinya.

Lama penyimpanan bahan baku tempurung kelapa pada gudang penyimpanan tidak dapat dipastikan. Hal ini disebabkan oleh karena bahan baku yang diterima oleh pabrik CV.PPKT tidak selalu sama. Selain itu juga, pada setiap proses pirolisis berlangsung secara sistem batch dengan jumlah bahan baku tempurung kelapa 150 Kg. Dengan jumlah bahan baku tersebut, maka penyimpanan tidak akan lama karena jumlah bahan baku tempurung kelapa yang diolah biasanya lebih banyak daripada bahan baku yang diterima. Sehingga dengan ini tidak terjadi penumpukan bahan baku yang berlebihan.

2. Pengontrolan

Pengontrolan bahan baku tempurung kelapa dilakukan dengan menggunakan tester kadar air. Sedangkan kontroling yang dilakukan oleh operator pada tempurung secara manual (perasaan) dengan menggunakan tangan yaitu memilih tempurung yang mempunyai karakteristik tua, kering, dan bersih. Tempurung dengan sifat tersebut dapat diperoleh dari buah kelapa yang tua pada pohon dan jatuh sendiri dari pohonnya. Sehingga tempurung kelapa tersebut diperoleh kadar air maksimal 15% sesuai standart bahan baku. Apabila kadar air tempurung kelapa lebih besar dari batasan maksimal, maka tempurung kelapa akan disimpan pada gudang yang selanjutnya akan dikeringkan kembali dengan

menggunakan bantuan sinar matahari. Kebersihan dari tempurung kelapa juga perlu diperhatikan karena akan mempengaruhi kandungan dari hasil asapan.

Penempatan tempurung kelapa harus baik yaitu terhindar dari sinar matahari dan air baik dari guyuran hujan maupun percikan air yang mengenai tanah. Pada perusahaan CV.PPKT ini, tempat penampungan (gudang) bahan baku tempurung kelapa telah dianggap baik karena tertutup. Sehingga kualitas bahan baku terjaga dan dapat menghasilkan asap cair yang sesuai standar mutu.

3. Pengecilan ukuran

Pengecilan ukuran dilakukan oleh operator secara manual dengan menggunakan alat yang berupa sabit atau kayu dengan cara menghancurkannya. Tujuan pengecilan ukuran tempurung kelapa yaitu dengan ukuran tempurung kelapa yang kecil akan mengalami pembakaran sempurna karena luas permukaan tempurung kelapa akan bertambah. Sehingga pada proses pembakaran tempurung kelapa akan terjadi lebih cepat. Selain itu, bahan baku tempurung kelapa yang akan diproses pirolisis lebih banyak. Bahan baku tempurung kelapa diperkecil dengan ukuran kurang lebih sekitar 3 sampai 4 cm.

Pirolisis adalah proses penguapan bahan padat menjadi uap dengan menggunakan suhu tinggi. Dalam proses pirolisis dibutuhkan mesin pirolisator yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu: tungku pirolisator dan pipa distilasi.

Modifikasi mesin pirolisator dilakukan dengan penambahan kondensor yang menyelubungi pipa distilasi. Modifikasi mesin pirolisator bertujuan untuk mengoptimalkan proses pengembunan di dalam pipa distilasi sehingga asap cair (*liquid smoke*) yang dihasilkan akan lebih banyak dari mesin pirolisator yang tanpa menggunakan kondensor. Selain penambahan kondensor juga dilakukan modifikasi tungku pirolisator dengan volume yang lebih kecil, sehingga hasil modifikasi mesin pirolisator sesuai untuk skala rumah tangga.

4.5 Bahan Baku

Tempurung kelapa merupakan bahan baku yang mudah didapat dan jumlahnya sangat banyak. Tempurung kelapa memiliki kandungan-kandungan yang dapat dimanfaatkan, diantaranya: senyawa asam dan polifenol. Senyawa asam dapat

dipergunakan untuk proteksi tanaman pertanian, sedangkan senyawa fenol dapat dipergunakan untuk pengawet makanan, misalnya: ikan dan daging. Senyawa fenol berfungsi sebagai pengawet makanan karena senyawa ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Tempurung kelapa yang dibakar akan menghasilkan uap. Uap tersebut jika dikondisikan pada temperatur yang lebih rendah akan mengalami proses pengembunan, sehingga akan menghasilkan cairan berwarna hitam yang disebut asap cair (*liquid smoke*). Dalam pengujian mesin pirolisator bahan baku yang digunakan adalah tempurung kelapa muda, tua dan campuran. Perbedaan bahan baku mempengaruhi rendemen yang dihasilkan. Tempurung kelapa tua mempunyai ciri-ciri: sangat keras, berwarna gelap, tempurung lebih tipis, kadar air bahan rendah, dan mudah terbakar.



Gambar 4.4 Tempurung kelapa tua

Tempurung kelapa muda mempunyai ciri-ciri: kadar air tinggi, sulit terbakar, berwarna cerah, tempurung kelapa lebih tebal dan lebih lunak.



Gambar 4.5 Tempurung kelapa muda

4.6 Perencanaan Mesin

Perencanaan alat dilakukan sebagai dasar pembuatan dan modifikasi mesin pirolisator. Mesin pirolisator yang dimodifikasi dibuat dengan menggunakan sistem pembakaran yang sederhana dengan penambahan kondensor yang menyelubungi pipa pirolisator. Mesin pirolisator didesain dengan mekanisme pembakaran seperti pada sistem pembuatan arang. Mekanisme kerja mesin pirolisator yaitu tempurung kelapa dibakar secara langsung tetapi tidak terbakar sempurna hanya dalam bentuk arang. Asap yang dihasilkan dari pembakaran arang akan naik ke permukaan tungku melalui pipa-pipa distilasi, akumulasi asap tersebut akan mengalir melalui pipa, selanjutnya masuk melewati kondensor. Penambahan kondensor pada modifikasi mesin pirolisator bertujuan untuk mengembunkan uap air pada proses kondensasi. Proses kondensasi terjadi karena adanya perpindahan kalor dari pipa distilasi ke air akibat aliran uap panas dari tungku pirolisator. Proses kondensasi membantu terikatnya molekul-molekul uap air menjadi partikel-partikel air, sehingga akumulasi asap dari pembakaran tidak banyak yang terbuang ke lingkungan

dan asap cair yang dihasilkan dari mencairnya asap hasil pembakaran tempurung kelapa dapat meningkat.

Mesin pirolisator hasil modifikasi mempunyai beberapa bagian penting, diantaranya: Tungku pirolisator, pipa distilasi, kondensor, penampung asap cair, dan rangka penyangga mesin.

4.7 Perakitan Mesin Pirolisator

Perakitan mesin pirolisator dilakukan dengan menyatukan bagian-bagian yang telah dibuat sesuai dengan perencanaan mesin. Perakitan dimulai dengan pembuatan tungku yang dilakukan dengan pengelasan drum bekas cat, dan bagian bawah diberi kaki-kaki agar dapat menopang tungku lebih tinggi. Tungku pirolisator mempunyai diameter 30 cm dan tinggi 37 cm, dengan ukuran tungku ini maka volume produksi maksimal dari mesin adalah 5 kg. Pada bagian dasar tungku dibuat lubang udara yang digunakan sebagai tempat masuknya udara untuk membantu proses pembakaran pada tungku, sedangkan jumlah lubang sirkulasi udara disesuaikan dengan lebar dasar tungku.

Perakitan yang kedua adalah pembuatan pipa-pipa distilasi. Pipa distilasi dibuat dengan memotong pipa galvanis sepanjang 4 meter dengan $\text{Ø } \frac{3}{4}$ inci menjadi 180 cm sebanyak 9 pipa distilasi. Setelah dilakukan pemotongan, pipa dibentuk menyerupai huruf "L" agar dapat mempermudah jalannya pipa masuk ke dalam kondensor. Pembuatan pipa distilasi tidak dibuat secara spiral karena asap cair yang dihasilkan sangat pekat, sehingga bila dibuat spiral asap cair akan mengendap pada pipa dan dapat menyumbat lubang pada pipa.

Perakitan yang ketiga adalah pembuatan kondensor. Kondensor dibuat dengan menggunakan drum bekas oli, kemudian dipotong dan disesuaikan dengan ukuran kondensor yang tingginya 68 cm dan $\text{Ø } 60$ cm. Kondensor berfungsi untuk menampung air sebanyak 80 liter. Penempatan kondensor disesuaikan dengan desain agar dapat menyelubungi pipa distilasi sebanyak 9 buah. Kondensor dirancang untuk menjaga kestabilan suhu di dalam pipa distilasi dan membantu proses kondensasi. Proses kondensasi pada kondensor terjadi karena adanya perbedaan temperatur pada uap dan air, sehingga menyebabkan perpindahan panas dari pipa ke air.

Perakitan yang keempat adalah perakitan penampung asap cair yang dibuat dengan menggunakan plat seng yang berbentuk menyerupai corong. Asap cair dari pipa distilasi langsung mengalir menuju tempat penampungan akhir. Penampung asap cair dibuat dengan tinggi 8 cm, lebar 6,5 cm, Ø dalam 39 cm, dan Ø luar 52 cm.

Perakitan yang terakhir adalah pembuatan rangka mesin. Rangka mesin digunakan untuk menopang mesin pirolisator agar dapat berdiri dengan tegak. Rangka dibuat dari besi siku dengan ukuran yang disesuaikan dengan desain mesin pirolisator.

Mesin pirolisator memerlukan tambahan alat berupa pipa PVC dan pompa air yang dipergunakan untuk mensirkulasikan air dari kondensor. Pemasangan pipa PVC dan pompa dilakukan untuk memompa air dari kondensor, sehingga air dapat tersirkulasi di dalam kondensor. Sebelum dilakukan pengujian, bagian-bagian mesin dirangkai terlebih dahulu menjadi satu. Selanjutnya mesin yang telah dirangkai, dilakukan pengujian dengan menggunakan asap dari serabut kelapa untuk mengetahui adanya kebocoran pada pipa. Jika pada mesin ini masih terdapat kebocoran maka dilakukan pengelasan untuk memperbaiki bagian-bagian mesin yang bocor.



Gambar 4.6 Mesin Pirolisator

4.8 Pengujian

Pengujian mesin pirolisator dilakukan 46 n cara pengukuran temperatur dan massa pipa pada setiap bagian mesin pirolisator. Pengukuran bahan baku dilakukan dengan cara menimbang langsung tempurung kelapa sesuai dengan volume yang ditentukan. Pengukuran yang kedua adalah pengukuran suhu tungku dengan cara mengukur langsung energi panas yang dihasilkan dari pembakaran tempurung kelapa dengan menggunakan alat termometer digital. Pengukuran yang ketiga adalah pengukuran panas pada pipa yang dilakukan dengan cara mengukur suhu pada pangkal pipa dan ujung pipa. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbedaan temperatur pada pipa. Sedangkan untuk mengukur massa pipa dilakukan dengan cara menimbang secara langsung pipa distilasi dengan neraca tiga batang. Pengukuran yang keempat adalah pengukuran suhu air pada kondensor, pengukuran suhu air dilakukan dengan cara mengukur suhu air yang masuk (T_{in}) dan suhu air yang keluar dari kondensor (T_{out}). Pengukuran air pada kondensor dilakukan untuk mengetahui perbedaan temperatur air pada kondensor selama proses berlangsung. Pengukuran yang terakhir adalah pengukuran rendemen yang dilakukan dengan cara membaca volume asap cair yang tertampung pada gelas ukur. Pengukuran untuk setiap proses dilakukan setiap 15 menit sekali.

Pengujian mesin pirolisator dilakukan dengan cara mengoperasikan mesin pirolisator dengan beberapa perlakuan, diantaranya karakteristik bahan dan volume produksi. Karakteristik bahan dilakukan dengan memberi variasi jenis bahan berupa tempurung kelapa muda, tempurung kelapa campuran, dan tempurung kelapa tua, karena setiap jenis tempurung mempunyai kandungan kadar air yang berbeda-beda.

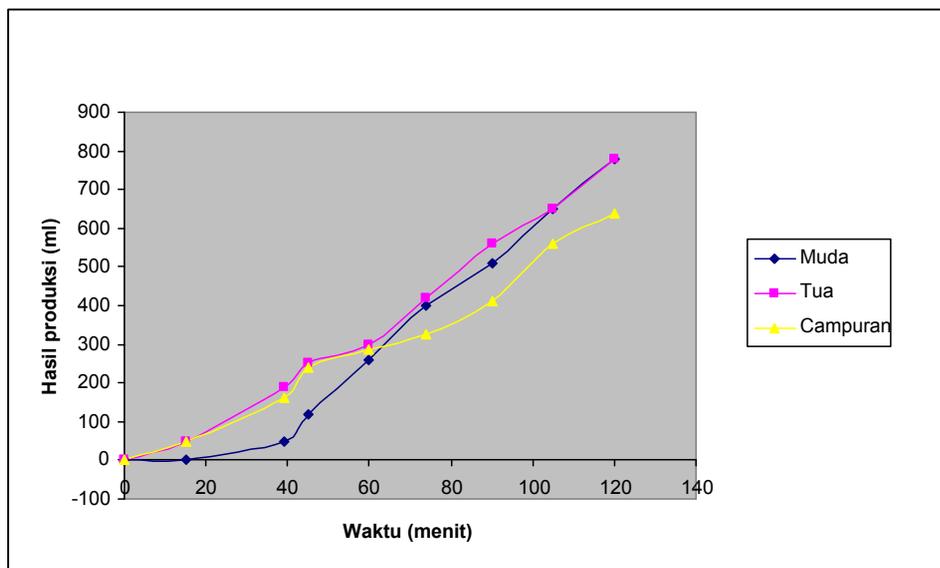
Berdasarkan volume yang sama tempurung kelapa tua, tempurung kelapa campuran, dan tempurung kelapa muda memiliki kadar air $\pm 40\%$ dari berat bahan. Kadar air pada bahan sangat mempengaruhi rendemen yang dihasilkan, karena semakin besar kandungan air pada bahan maka jumlah rendemen yang dihasilkan dari produksi akan semakin besar.

Hasil pengujian mesin pirolisator menggunakan tempurung kelapa tua, muda, dan campuran dengan volume 4 kg, 3 kg, dan 2 kg dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hubungan variasi tempurung kelapa dan volume terhadap rendemen.

Parameter Variasi	Tempurung Kelapa Muda (A1)	Tempurung 47 lapa Campuran (A2)	Tempurung Kelapa Tua (A3)
2 kg (B1)	31,73 %	26,50 %	31,75 %
3 kg (B2)	35,80%	27,67 %	31,45 %
4 kg (B3)	33,56 %	31,32 %	31,53 %

Rendemen yang dihasilkan dari produksi asap cair (*liquid smoke*) pada volume produksi yang sama menghasilkan jumlah rendemen yang berbeda-beda, jika dihubungkan dengan besarnya kadar air yang dimiliki oleh bahan. Tempurung kelapa muda mempunyai kadar air yang lebih besar daripada tempurung kelapa tua dan campuran.



Gambar 4.7 Hubungan Antara Waktu dan Hasil Produksi pada Volume Bahan Baku 2 kg.

Grafik hasil produksi volume 2 kg dengan karakteristik tempurung kelapa yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.7. Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa hasil produksi untuk tempurung kelapa muda dan tua sama, sedangkan hasil produksi tempurung kelapa campuran lebih sedikit. Hasil produksi ini dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain: kadar air pada bahan tempurung kelapa campuran terlalu sedikit karena penjemuran terlalu lama sehingga kadar air pada bahan menjadi rendah.

Hasil produksi pada tempurung kelapa muda dan tua sama, seharusnya jika menurut kadar air bahan, maka tempurung kelapa muda harus menghasilkan lebih banyak.

Berdasarkan hasil produksi asap cair, rendemen asap cair dari tempurung kelapa tua lebih besar daripada tempurung kelapa muda. Hal ini disebabkan beberapa faktor, antara lain: kadar air pada tempurung kelapa tua lebih besar, sedangkan tempurung kelapa muda terlampaui kering sehingga kadar airnya rendah. Selain dipengaruhi kadar air bahan juga disebabkan oleh beberapa faktor pada mesin produksi asap cair (*liquid smoke*).

Produksi asap cair dengan volume tempurung kelapa sebanyak 2 kg pada tungku pirolisator banyak menyisakan ruang kosong karena tungku tidak terisi dengan penuh, sehingga menyebabkan banyaknya udara yang mengisi ruang tersebut. Hal ini menyebabkan asap dari pembakaran tempurung kelapa banyak yang keluar melewati lubang udara daripada masuk ke pipa distilasi. Tekanan udara pada tungku pirolisator terlalu rendah sehingga asap hasil pembakaran banyak yang terbuang keluar dari tungku pirolisator. Proses ini mengakibatkan berkurangnya asap yang mencair, sehingga berpengaruh pada rendemen yang dihasilkan karena banyaknya asap yang tidak mencair tetapi keluar melewati lubang udara (ventilasi).

Sendimentasi dimaksudkan untuk memisahkan asap cair dari tar dan juga berfungsi mengurangi kadar senyawa hidrokarbon polisiklik aromatik (PAH). Senyawa ini berbahaya karena bersifat karsinogenik, yang dapat menyebabkan kanker.

Pengendapan dilakukan di sebuah wadah (tangki pengendapan) yang dilakukan selama 10 hari. Pengendapan ini menarapkan metode gravitasi, yaitu dengan memisahkan campuran senyawa cairan berdasarkan berat partikel. Pada pengendapan ini dihasilkan supernatan (asap cair) dan tar. Supernatan (asap cair) berada dilapisan diatas, sedang berada dilapisan terbawah. Kemudian supernatan (asap cair) diproses ke tahap selanjutnya, yaitu tahap (destilasi). Sedangkan tar, sebagai hasil sampingan dikumpul dalam satu tempat yang dapat digunakan sebagai pewarna kayu (mebel).

Pengendapan dilakukan ditempat yang terlindung, sehingga asap cair yang dihasilkan tidak terkontaminasi oleh bahan lainnya.

4. Supernatan

Supernatan merupakan asap cair yang diperoleh setelah melalui proses sendimentasi selama 10 hari. Supernatan ini memiliki kandungan tar yang lebih rendah dibandingkan sebelum disedimentasi. Hal ini disebabkan oleh perbedaan berat partikel antara asap cair dengan tar. Tar memiliki berat partikel yang lebih besar dari pada asap cair sehingga kedua

partikel berpisah selama pengendapan berlangsung. Supernatan dipisahkan dengan cara manual, yaitu dengan menggunakan gayung yang dilakukan oleh pekerja (operator) produksi asap cair.

5. Destilasi

Destilasi dilakukan pada supernatan untuk memisahkan asap cair dan tar yang masih tercampur. Prinsip dari destilasi yaitu pemisahan senyawa kimia berdasarkan dengan perbedaan titik didihnya. Dengan suhu destilasi 100 sampai 125°C, maka asap cair dan tar akan terpisah. Karena titik didih dari tar lebih dari 125°C, sehingga temperatur tersebut tetap dijaga supaya tar tetap berada pada tabung destilasi. Asap cair yang dihasilkan dari destilasi berkisar antara 80% dari asap cair yang dimasukkan dalam tabung destilator dengan lama proses destilasi berkisar antara 4 jam.

6. Filtrasi

Filtrasi dilakukan menggunakan dua alat penyaring yaitu dengan menggunakan tabung filtrasi dan menggunakan catrid. Tabung filtrasi bekerja dengan menggunakan prinsip gravitasi sehingga asap cair yang dimasukkan dalam taing akan mengalir untuk proses filtarsi. Adapun susunan saringan dari filtari ini adalah kapas, zeolit, kapas dan kertas saring. Masing-masing bagian tersebut fungsi yang berbeda, diantaranya

- a. Kapas berfungsi sebagai penyaring tar yang masih tercampur dalam asap cair. Karena tar mempunyai ukuran partikel yang lebih besar daripada asap cair.
- b. zeolit berfungsi sebagai penyaring air yang masih tercampur dalam asap cair. Air yang ada mungkin disebabkan oleh karena tetesan air dari akibat pengembunan. Zeolit sangat efektif untuk menyaring air karena air mempunyai ukuran partikel zat cair lebih kecil daripada asap cair.
- c. Kertas saring berfungsi sebagai penyaring kapas dan zeolit yang terbawa pada asap cair. Sehingga asap cair yang dihasilkan melewati filtrasi diperoleh asap cair grade 2 murni.

7. Pengemasan dan pengepakan

Asap air hasil filtrasi (grade 2) selanjutnya akan dikemas dalam botol dengan ukuran 0,5 lt, 1 lt 5 lt dan 20 lt. Pengemasan dilakuka oleh operator dengan menggunakan alat –alat berupa corong untuk memasukan asap cair pada botol, dan gayung yang digunakan untuk mengabil asap cair wadah penampung.

Selanjutnya dilakukan pengepakan 50 ; terlebih dahulu dilakukan pelabelan. Pengepakan asap cair dengan menggunakan kardus karton. Penggunaan kardus tersebut dianggap efektif untuk menjaga asap cair dari sinar matahari yang dapat menyebabkan asap cair berubah warna.

8. Penggudangan

Setelah proses pengepakan, selanjutnya asap cair ditempatkan dalam gudang. Penggudangan dilakukan untuk menyimpan sementara asap cair yang akan dipasarkan. Pengaturan lingkungan gudang perlu diperhatikan, diantaranya pengaturan kelembaban.

Letak gudang dan pabrik lokasinya berdekatan. Gudang terletak dikantor pemasaran, sedangkan pabrik terletak di sentra industri kelapa, tepatnya bersebelahan dengan gedung koperasi. Namun, untuk melihat langsung gudang tidak diperbolehkan karena gudang berdekatan dengan Laboraturium. Oleh karena itu, ukuran gudang dan penataan letak kemasan tidak diketahui.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Pengolahan asap cair menggunakan pirolisis tipe retort, yaitu panas atau nyala api tidak langsung mengenai bahan baku (tempurung kelapa), melainkan hanya pada reaktor pirolisis.
2. Dari pirolisis tempurung kelapa, akan diperoleh asap cair sebagai produk utama serta arang, gas dan tar sebagai produk samping. Hasil samping berupa arang diolah menjadi briket arang dengan cara dimampatkan. Sedangkan gas, jika ditekan akan dapat digunakan sebagai pengganti elpiji. Tar digunakan sebagai pewarna kayu (mebel), dan mencegah serangga (rayap).
3. Pirolisis tempurung kelapa menghasilkan asap cair sebesar 25%, arang 65%, dan sisanya berupa gas.
4. Asap cair yang dihasilkan adalah jenis grade 2, yaitu setelah melalui tahap destilasi dan filtrasi dengan zeolit aktif dan kertas saring.

5.2 Saran

1. Dibutuhkan perbaikan tata letak alat dan mesin pengolahan asap cair di dalam pabrik. Selain itu, juga diperlukan kajian ulang mengenai kenyamanan dan keselamatan operator atau pekerja dalam melaksanakan kegiatan produksi. Karena dalam produksi asap cair, dilakukan pada suhu tinggi, yaitu 350° - 400°C.
2. Dibutuhkan modifikasi reaktor pirolisis, karena pada saat pembakaran bahan baku (tempurung kelapa) masih banyak yang tidak terbakar. Bahkan sudah beberapa kali dibakar, tetap saja ada bahan yang tidak terbakar.
3. Disarankan, agar sistem produksi diubah dari sistem batch menjadi sistem kontinu. Karena produk yang dihasilkan adalah produk pangan. Selain itu, juga berguna untuk menjaga higienitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Kamaruddin, Irwantto Siregar, Agustina Tambunan, Yamin, Hartulistiyoso, Purmanto, Wulandari dan Nelwen. 1998. *Energi dan Listrik Pertanian*. Bogor : Institut Pertanian Bogor
- Fengel, D. dan G. Wineger. 1995. *Kayu : Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi (terjemahan)*. Cetakan I. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press
- Girard, J.P. 1992. *Smoking dalam Technology of Meat and Meat Product*. Ellias harwood. New york
- Murtadho, D.E. dan E. Gumbira. 1987. *Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat*. Jakarta : Madiyatama Sarana Perkasa
- Pazzola, D.E. 1995. *Tour Highlights Production and Uses of Smoke Based Flavors*. Food Technology (1)
- Suhardiyono, L. 1987. *Tanamaan Kelapa Budidaya dan Pemanfaatannya*. Yogyakarta : Kanisius
- Tranggono, Suhardi, Bambang Setiadji, Purnama Darmadji, Supranto dan Setiadji. 1996. *Identifikasi Asap Cair dari Berbagai Jenis Kayu dan Tempurung Kelapa*. Jurnal ilmu dan teknologi pangan I (2) : 15-24
- Widarto, L dan Suryanto. 2006. *Membuat Bioarang dari Kotoran Lembu*. Yogyakarta : Kanisius