



**ANALISIS EFISIENSI TUNGKU DENGAN BAHAN BAKAR KAYU
PADA PROSES PENGASAPAN KARET (*Ribbed Smoked Sheet*)**
(Studi Kasus di Perkebunan Durjo Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember)

SKRIPSI

Oleh

Achmad Zaini
NIM 121710201101

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**



**ANALISIS EFISIENSI TUNGKU DENGAN BAHAN BAKAR KAYU
PADA PROSES PENGASAPAN KARET (*Ribbed Smoked Sheet*)**
(Studi Kasus di Perkebunan Durjo Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember)

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

Oleh

Achmad Zaini
NIM 121710201101

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2018**

PERSEMBAHAN

“Saya persembahkan skripsi ini untuk Ibuku, Almarhum Ayahku, Kakakku, dan Adikku (Moch. Lukman), semua Keluargaku, yang tak pernah lelah dalam menyelipkan namaku disetiap do’a, semangat, pengorbanan dan kasih sayang”

MOTTO

“Bertakwalah kepada Allah SWT maka Allah akan mengajarimu. Sesungguhnya Allah Maha Mengetahui segala sesuatu”
(QS. *Al-Baqarah* : 282)*)

“Orang yang bersabar pasti mendapat kemenangan walaupun tertunda”
(*Ali Bin Abi Thalib*)

“Jangan pikirkan kegagalan kemarin, hari ini sudah lain, sukses pasti diraih selama semangat masih menyengat”
(*Mario Teguh*)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Zaini

NIM : 121710201101

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Efisiensi Tungku dengan Bahan Bakar Kayu pada Pengasapan Karet (*Ribbed Smoked Sheet*)“ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Januari 2018

Yang menyatakan,

Achmad Zaini

NIM. 121710201101

SKRIPSI

ANALISIS EFISIENSI TUNGKU DENGAN BAHAN BAKAR KAYU PADA PROSES PENGASAPAN KARET (*Ribbed Smoked Sheet*)

(Studi Kasus di Perkebunan Durjo Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember)

Oleh

Achmad Zaini
NIM 121710201101

Pembimbing:

DPU: Ir. Setiyo Harry, M.S.

DPA: Dr. Dedy Wirawan Sudibyo., S.TP., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Efisiensi Tungku dengan Bahan Bakar Kayu Pada Proses Pengasapan Karet (*Ribbed Smoked Sheet*)” telah di uji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Kamis, 11 Januari 2018

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing:

DPU,

DPA,

Ir. Setiyo Harri, M.S.

NIP 195309241983031001

Dr. Dedy W Soedibyo, S.TP., M.Si

NIP 197407071999031001

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Ir. Tasliman, M.Eng

NIP 196208051993021002

Dedi Dwilaksana, S.T, M.T

NIP 196912011996021001

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember,

Dr. Siswoyo Soekarno., S.TP., M.Eng.

NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Analisis Efisiensi Tungku dengan Bahan Bakar Kayu pada Proses Pengasapan Karet (*Ribbed Smoked Sheet*)” (Studi Kasus di Perkebunan Durjo Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember) Achmad Zaini; 121710201101; 2017; 31 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Tanaman karet termasuk tanaman dari genus *hevea brasiliensis*, yang banyak dibutuhkan penduduk dunia untuk kebutuhan sehari-hari. Negara Indonesia mampu menduduki pasar karet dunia sebesar 27,06%. Peran karet dalam pengembangan perekonomian di Indonesia sangat besar. Hal tersebut perlu upaya pemanfaatan karet dengan baik, khususnya pada proses pengolahan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang analisis efisiensi tungku dengan bahan bakar kayu pada pengasapan karet,

Penelitian tentang pengasapan karet menggunakan tungku dan ruang pengasapan bertujuan untuk menentukan besarnya efisiensi pengasapan. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Karangpring Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember. Untuk mengetahui analisis pada tungku pengasapan karet maka dilakukan analisis dengan tolak ukur yaitu kebutuhan bahan bakar, pengukuran suhu bahan.

Perhitungan efisiensi ini sangat penting untuk pendugaan dalam perencanaan pembuatan ruang pengasapan karet. Berdasarkan hasil penelitian, nilai pada perlakuan pertama energi input 20484693 KJ, energi output 2760733,7 KJ, nilai efisiensi tungku 13,48%. Perlakuan kedua diperoleh nilai input 21201169 KJ, energi output 1825892,7 KJ, nilai efisiensi tungku 8,61%. Perlakuan ketiga nilai energi input 18546952 KJ, nilai energi output 1556655,9 KJ, nilai efisiensi tungku 8,40%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa semakin kecil nilai efisiensi maka nilai kehilangan panas semakin besar.

SUMMARY

Analysis Of The Efficiency Of the Furnace With Wood Full In the Proces Of Smoking Rubber (Ribbed Smoked Sheet) (Case Study On The Estate Durjo Sub Sukorambi Jember Regency) Achmad Zaini 121710201101; 2017; 36 Pages; Departement Of Agricultural Engineering, Faculty Of Agricultural Technology, The University Of Jember.

Rubber plants include plants of the genus *Hevea brasiliensis*, the much-needed daily necessities for the people of the world. The Indonesian state was able to occupy the world rubber market of 27.06%. The role of the rubber in the development of economy in Indonesia is very large. It needs to be good with rubber utilization effort, especially in the processing process. Therefore, the need to do research on the analysis of the efficiency of the furnace with wood fuel on a fogging rubber.

Research on fogging rubber using furnaces and space station aims to determine the magnitude of the efficiency of the fogging. This research was carried out in village of Karangpring Sub-District Of Jember Regency Sukorambi. To find out the analysis on the furnace fogging rubber then conducted the analysis with the benchmark, i.e. needs fuel, temperature measurement of ingredients.

The calculation of efficiency is very important for the prediction in planning of making spaces fogging rubber. Based on the research results, the value in the first treatment of the input energy 20484693 KJ, energy output 2760733 KJ, 13.48% furnace efficiency rating. The second input value obtained treatment 21201169 KJ 1825892 KJ output, the energy the value of the efficiency of the furnace 8.61%. a third treatments value of input energy 18546952 KJ, energy output value 1556655.9 KJ, 8.40% furnace efficiency rating. The values indicate that the smaller value of the efficiency of the value the greater the heat loss.

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul “Analisis Efisiensi Tungku dengan Bahan Bakar Kayu Pada Pengasapan Karet (*Ribbed Smoked Sheet*)”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah bersedia meluangkan waktu, arahan dan dukungannya. Oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Setiyo Harri, M.S. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) dan Dr. Dedy Wirawan S., S.TP., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi;
2. Ir. Tasliman, M.Eng. selaku Ketua Penguji yang telah bersedia meluangkan waktu untuk mengajarkan cara menulis yang baik dan benar, serta sabar dalam memberi arahan guna perbaikan dalam penyusunan skripsi;
3. Dedi Dwilaksana, S.T, M.T. selaku Penguji Anggota yang mengajarkan untuk segera menyelesaikan kewajiban dan tanggung jawab;
4. Teman-teman TEP dan THP angkatan 2012 terutama TEP-C yang selalu bersedia untuk memberikan rasa kebersamaan, inspirasi, semangat dan motivasi hingga saat ini;
5. Teman-teman seperjuanganku (Meigi T.L, Cany, Fiqih, Bagus, Yudhi, Molyadi, serta anggota GenBI dan Gmh) yang telah memberikan rasa kekeluargaan selama ini;
6. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini sehingga tidak bisa dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Saran dan kritik sangat penulis harapkan demi

kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 11 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERSEMBAHAN.....	ii
MOTTO	iii
PERNYATAAN.....	iv
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
PRAKATA.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTARTABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Taksonomi Tanaman Karet	4
2.2 Pengolahan Ribbed Smoked Sheet(RSS).....	4
2.3 Proses Pengasapan Karet	7
2.4 Pengeringan.....	7
2.5 Kadar Air Bahan	8
2.6 Pembakaran.....	9
2.7 Komposisi Bahan Bakar	10
2.8 Tungku Pengeringan	10
2.9 Proses Pindah Panas.....	11
2.10 Laju Pengasapan	11
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Tempat dan Waktu	13

3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Tahapan Penelitian.....	13
3.3.1 Proses pengambilan data	15
3.3.2 Variabel yang diamati	15
3.4 Variabel data	16
3.4.1 Pengumpulan data	16
3.5 Analisis Data.....	17
3.5.1 Energi Input (Q_{in})	17
3.5.1.1 Energi Input (Q_{in}).....	17
3.5.2 Energi Output (Q_{out})	17
3.5.2.1 Energi Output untuk Meningkatkan Suhu Karet	17
3.5.2.2 Energi Output untuk Memanaskan Air Karet	18
3.5.2.3 Energi Output untuk Menguapkan Air dari Bahan (Q_{uap})	18
3.5.2.4 Perhitungan Energi Output Total	18
3.5.3 Efisiensi Tungku Pengasapan.....	19
3.5.4 Panas yang Hilang	19
3.6 Analisis Data dengan Grafik	19
BAB 4. PEMBAHASAN	20
4.2 Kondisi Pengasapan Karet di PT. JA WATTIE.....	20
4.3 Hasil Pengamatan Suhu	22
4.3.1 Suhu Ruang Pengasapan dan Suhu Lingkungan	22
4.4 Konsumsi Bahan Bakar.....	25
4.5 Berat Sampel (Lembar Karet Sit)	25
4.6 Energi yang dimanfaatkan dalam Proses Pengasapan Karet	26
4.6.1 Energi untuk Meningkatkan Suhu Karet (Q_s)	26
4.6.2 Energi Output Memanaskan Air Karet (Q_w)	27
4.6.3 Energi Output Penguapan Air dari Bahan (Q_{uap})	28
4.6.4 Energi Total Pengasapan Karet (Q_{out})	29
4.7 Efisiensi Tungku	30
4.8 Kehilangan Panas.....	31
4.8.1 Konduksi	32
4.8.2 Konveksi.....	33

4.8.3 Radiasi	33
4.9 Proses Pembakaran	34
4.10 Penguapan Air dari Bahan Bakar	34
BAB 5. KESIMPULAN	36
5.1 Kesimpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

2.1 Nilai kalori kayu	10
2.2 Komposisi unsur kayu.....	10
4.1 Jumlah sit karet yang dikeringkan	28
4.2 Energi pemanasan air karet.....	29
4.3 Energi penguapan air karet	30
4.4 Energi total pengasapan karet	30
4.5 Nilai efisiensi tungku	32
4.6 Nilai kehilangan panas	33

DAFTAR GAMBAR

2.1 Proses pengolahan karet sit	6
3.3 Tahapan penelitian	15
4.1 Profil ruang pengasapan karet sit	22
4.2 Grafik pengamatan suhu pengamatan ke-1	24
4.3 Grafik pengamatan suhu pengamatan ke-1	24
4.4 Grafik pengamatan suhu pengamatan ke-3	25
4.5 Grafik penurunan berat bahan	22

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia dikenal dengan daerah iklim tropis atau sebagai Jamrud Khatulistiwa. Tanaman yang terdapat di Indonesia mempunyai nilai ekonomi yang cukup tinggi, sebagai sumber penghasil devisa Negara dari sektor non migas diantaranya adalah tanaman karet (*Hevea brasiliensis*). Tanaman karet merupakan salah satu komoditi ekspor non migas yang berpeluang besar dalam meningkatkan pendapatan perekonomian Indonesia. Karet diperoleh dari mengolah lateks (getah putih) yang dihasilkan dengan cara melukai kulit pohon atau dengan istilah sadap. Proses tambahan pengelolaan karet antara lain pengangkutan, penerimaan, pengolahan, penggilingan, penirisan, pengasapan, sortasi, pengepakan dan pengiriman (Nurhakim dan Hani, 2014:25).

Produksi karet di Indonesia bersaing dengan empat Negara di dunia, diantaranya adalah Negara Thailand, Malaysia, India, dan Vietnam. Indonesia mampu menduduki pasar karet dunia sebesar 27,06% pada tahun 2011. Masih kalah dengan Negara Thailand yang mencapai 30,80% pada tahun yang sama, sedangkan melihat dari luas lahan, Indonesia lebih luas dibandingkan dengan Thailand (Nurhakim dan Hani, 2014:5). Karet merupakan hasil alam yang memiliki sifat elastis, tahan gesekan, isolasi terhadap listrik, kedap cairan dan gas. Dengan sifat tersebut karet sangat berperan dalam kehidupan yang modern, terbukti peranannya dalam bidang teknologi otomotif dan industri. Dapat dipastikan bahwa saat ini manusia modern tidak bisa lepas dari karet. Namun disisi lain para perkebunan yang menyediakan bahan baku karet tidak memperoleh pendapatan yang sesuai (Nurhakim dan Hani, 2014:4).

Proses pengasapan merupakan tahapan penting pada proses pengolahan lateks menjadi lembaran sit karet. Pengeringan disertai pengasapan memiliki tujuan menghambat pertumbuhan spora, cendawan dan mikroorganisme lainnya, sehingga aman pada proses penyimpanan. Dengan demikian mutu sit karet dapat terjaga. Pengasapan adalah proses penurunan kadar air pada sit karet dengan cara penguapan pada bahan menggunakan energi panas. Kandungan air bahan tersebut

dikurangi sampai batas mikroba tidak dapat tumbuh lagi di dalamnya. Pengasapan dilakukan setelah proses koagulasi sehingga menghasilkan lembaran sit karet yang baik dari segi bentuk fisik dan warna. Sumber panas berasal dari tungku yang karakteristiknya bergantung pada jenis bahan bakar kayu yang digunakan.

Bahan bakar yang digunakan di Perusahaan Perkebunan swasta PT. JA WATTIE adalah kayu. Bahan bakar kayu dinilai lebih murah dan mudah didapat dibandingkan bahan bakar minyak. Proses pengasapan sit karet di perusahaan tersebut memerlukan perbaikan dalam beberapa hal. Penirisan dilakukan dengan cara langsung di ruang pengasapan. Proses tersebut seharusnya dilakukan setelah penggilingan lembar sit karet. Bahan bakar yang dijadikan umpan pada perusahaan tersebut berupa kayu yang sudah lapuk, kayu basah, dan kayu kering. Bahan bakar yang tidak sama menghasilkan suhu yang tidak stabil. Pengontrolan suhu yang dilakukan operator terkadang tidak sesuai dengan acuan standar perusahaan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai efisiensi tungku dengan bahan bakar kayu pada proses pengasapan karet (*Ribbed Smoked Sheet*).

1.2 Rumusan Masalah

Belum diketahui beberapa hal yaitu perhitungan nilai efisiensi tungku pengasapan, nilai energi yang dimanfaatkan, nilai energi input, dan nilai energi output. Sehingga perlu dilakukan penelitian pada perusahaan perkebunan PT. JA WATTIE.

1.3 Tujuan

1. Untuk mengetahui perhitungan nilai efisiensi tungku pengasapan, nilai energi yang dimanfaatkan, nilai energi input, dan nilai energi output..
2. Untuk mengetahui nilai efisiensi tungku pengasapan karet sit dengan tungku kayu di PT. JA WATTIE Sukorambi Jember.

1.4 Manfaat

1. Memberikan informasi nilai energi pembakaran, nilai energi untuk pengasapan, nilai energi yang masuk ruang pengasapan, energi yang

keluar di ruang pengasapan, Sehingga memberikan input bahan referensi yang bermanfaat bagi pengguna tungku pengasapan sit.

2. Sebagai bahan pertimbangan bagi pihak-pihak terkait guna perencanaan dan penggunaan ruang pengasapan karet di PT. JA WATTIE Sukorambi Jember.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Taksonomi Tanaman Karet

Tanaman karet yang sering disebut dengan (*Hevea brasiliensis*) /yang berasal dari Negara Brazil tepatnya dari daratan Amazon. Tanaman ini memiliki sifat dikotil (berakar tunggang) dengan berkembangnya waktu, karet banyak mengalami perkembangan menjadi bahan baku yang dibutuhkan untuk keperluan industri dan keperluan sehari-hari. Tanaman karet memiliki ketinggian mencapai 15-25 meter, tanaman karet ini tumbuh condong miring kearah utara. Menurut Nurhakim dan Hani (2014:25), Batang tanaman karet mengandung getah yang dikenal dengan lateks. Pada tahun 1870 tanaman karet yang tersusun dalam sistematika taksonomi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Spermatophyta
Sub divisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledone
Ordo : Euphorbiales
Famili : Euphobiaceae
Genus : Hevea
Spesies : *Hevea brasiliensis*

Karet merupakan tanaman yang sangat berhasil dibudidayakan di Jawa, tetapi tanaman karet memiliki kelemahan yaitu tanaman karet memakan waktu yang lama mulai dari penanaman hingga produksi.

2.2 Pengolahan Ribbed Smoked Sheet(RSS)

Ribbed Smoked Sheet (RSS) diperlukan tindakan yang baik dalam kebersihan dan kelancaran kerja, karena sering terjadi kesalahan pada hasil akhir. Ukuran baku yang digunakan adalah produk yang berasal dari lateks dengan pengolahan secara mekanis dan kimiawi, proses pengeringan menggunakan kamar pengasapan dan tungku pembakaran. Prinsip pengolahan jenis karet ini mengubah

lateks menjadi lembaran karet yang melalui proses penyaringan, pengenceran, pembekuan, penggilingan serta pengasapan.

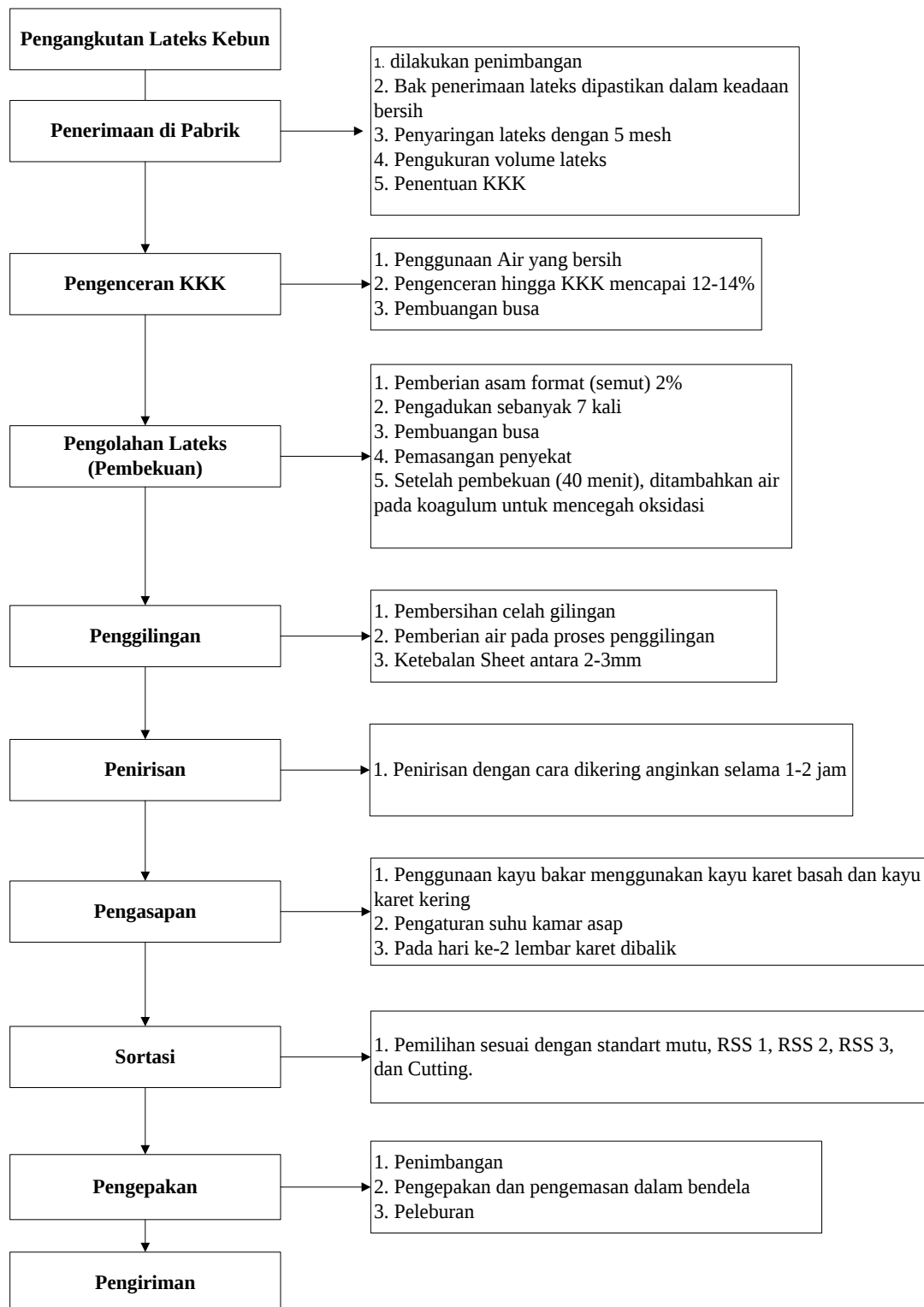
Tahap awal dalam pengolahan *Ribbed Smoked Sheet* (RSS) adalah penerimaan lateks. Lateks yang berasal dari kebun dikumpulkan dalam suatu tempat dan diangkut ke pabrik, kemudian disaring untuk memisahkan kotoran, busa dan bagian lateks yang telah mengalami prakoagulasi. Selanjutnya lateks dialirkan ke bak koagulasi untuk proses pengenceran dengan air. Air yang digunakan harus air bersih tidak mengandung unsur logam, pH air antara 5.8-8.0, serta kadar bikarbonat maksimal 300 mgr/ltr. Tujuan pengenceran ini untuk menyeragamkan Kadar Karet Kering (K3), sehingga cara pengolahan dan mutunya dapat dijaga serta memudahkan penyaringan kotoran. Perhitungan pengenceran latek sampai kadar baku KKK menggunakan rumus:

$$L = \frac{(c-g)}{g} \dots\dots\dots(2.1).$$

Keterangan:

- L = Jumlah kebutuhan air pengencer
- c = Kadar karet kering contoh
- g = Kadar baku KKK yang di inginkan

Proses pengolahan karet dapat dilihat lebih jelas pada bagan pengolahan RSS Gambar 2.1 sebagai berikut:



(Sumber: PTPN XII, 1997:2)

Gambar 2.1.Bagan proses pengolahan RSS

2.3 Proses Pengasapan Karet

Proses pengasapan karet sheet terdapat dua periode yaitu periode asap dan periode penguapan air. Dalam periode pengasapan yang dilakukan pada hari pertama yang berlangsung selama 6-10 jam dengan mengatur suhu antara 40°C - 45°C memerlukan banyak asap. Proses ini ditentukan oleh mutu kayu bakar karet yang basah. Periode penguapan air berlangsung pada hari kedua sampai hari keempat, Pada hari kedua dilakukan penguapan air pada bahan selama 24 jam, peningkatan suhu antara 45°C - 50°C dengan asap mulai dikurangi dan mengatur ventilasi dengan baik. Pada hari ketiga dilakukan selama 24 jam, peningkatan suhu antara 50°C - 55°C, dengan mengatur pembakaran yang stabil supaya tidak banyak asap diruangan ventilasi perlu dikurangi, hal ini menggunakan kayu bakar yang kering. Pada hari terakhir dilakukan penguapan selama 24 jam, dengan mengatur suhu antara 55°C - 60°C tanpa asap sama sekali dengan mengatur ventilasi dalam keadaan tertutup rapat untuk mencapai suhu tinggi dan tidak ada kehilangan panas (PTPN XII, 1997: 20).

2.4 Pengeringan

Pengeringan adalah proses pemindahan bahan dan uap air secara terus menerus yang memerlukan energi panas untuk mengurangi kadar air dari permukaan bahan dengan media pengering. Tujuan pengeringan adalah mengurangi kadar air bahan sampai batas dimana perkembangan mikroorganisme dan kegiatan enzim yang dapat menyebabkan pembusukan terhenti, sehingga bahan yang dikeringkan dapat mempunyai masa simpan yang lama. Faktor yang mempengaruhi pengeringan yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengering dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan. Faktor yang tergolong adalah suhu, kecepatan volumetrik aliran udara pengering dan kelembapan udara. Faktor selanjutnya adalah ukuran bahan, kadar air awal dan tekanan parsial dalam bahan.

Proses pengeringan berlangsung tidak terjadi dalam satu waktu sekaligus, jadi dalam pengeringan diperlukan adanya waktu istirahat, selama waktu tersebut seluruh air di dalam bahan akan mencapai keseimbangannya. Proses pengeringan

dibagi menjadi 3 yaitu pengeringan udara, pengeringan hampa udara, pengeringan beku. Kemampuan bahan untuk menguapkan air akan bertambah cepat dengan adanya kenaikan suhu sedangkan panas yang diperlukan untuk menguapkan air akan berkurang dengan naiknya suhu pengeringan. Proses pengeringan yang menggunakan suhu tinggi dalam waktu singkat tetapi akan merusak bahan yang dikeringkan, sehingga proses pengeringan harus melihat bahan baku yang akan diproses pada pengeringan. Standart operating prosedur ini meliputi seluruh langkah, cara, metode dan tahapan-tahapan yang diperlukan untuk melakukan proses pengolahan karet RSS yang meliputi kegiatan pedoman dan tata cara proses yang baik dan benar. Pengolahan karet ini memiliki Standarisasi Nasional Indonesia (SNI 06-0001-1987) dan Standart Perusahaan (Surat Edaran Direksi dan Vademicum) (PTPN XII, 1997: 4).

2.5 Kadar Air Bahan

Pengukuran kadar air bahan dapat diukur menggunakan alat dan teori pendekatan. Komoditi hasil panen yang memiliki jumlah air bisa dikeringkan dengan kondisi tertentu, bahan baku yang memiliki kadar air apabila dikeringkan, yang akan cepat kering yaitu bahan yang dekat dengan keluar masuknya aliran udara pengering. Besarnya keseragaman kadar air dipengaruhi oleh kelembapan udara, suhu dan ketebalan bahan. Kadar air bahan dapat dinyatakan dalam basis basah dan basis kering sebagai berikut:

Basis basah (*wet basis*)

$$M_{bb} = \frac{W_a}{W_b} \times 100\% \dots\dots\dots(2.2).$$

Basis kering (*dry basis*)

$$M_{bk} = \frac{W_a}{W_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.3).$$

Keterangan:

- M_{bb} = Kadar air bahan basis basah (% bb)
- M_{bk} = Kadar air bahan basis kering (% bk)
- W_a = Berat air dalam bahan (kg_{air})
- W_b = Berat bahan awal (kg)
- W_k = Berat bahan kering mutlak (kg)

Pada pengasapan karet banyaknya uap air yang harus dikeluarkan dari bahan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{100 (KA_1 - KA_2)}{(100 - KA_1)(100 - KA_2)} \times Wk \dots\dots\dots(2.4).$$

Setelah diketahui jumlah uap air yang dikeluarkan dari bahan maka laju perpindahan air (W) terhadap waktu (t) dihitung menggunakan rumus:

$$W = \frac{E}{t} \dots\dots\dots(2.5).$$

Keterangan:

E	= Uap air yang dikeluarkan dari bahan (<i>kg_{air}</i>)
<i>KA₁</i>	= Kadar air awal (% bb)
<i>KA₂</i>	= Kadar air akhir (% bb)
t	= waktu pengasapan (jam)
W	= Laju perpindahan air (<i>kg_{air}/jam</i>)
<i>Wk</i>	= Berat bahan kering mutlak (kg)

2.6 Pembakaran

Pembakaran merupakan reaksi kimia yang cepat antara bahan bakar dengan oksigen. Input pembakaran merupakan bahan bakar yang mengandung unsur karbon, baik yang terikat dalam bentuk selulosa, lignin maupun resin. Hasil pembakaran berupa energi panas dan sisa pembakaran berupa karbon dioksida, karbon monoksida, dan uap air keudara bebas (Harry, 1998:30).

Proses pembakaran dipengaruhi oleh laju aliran udara yang masuk ke tungku. Besarnya energi yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar tergantung pada.

- Jumlah karbon yang dikandung dan bentuk senyawanya, semakin besar kandungan karbon dalam suatu bahan maka semakin baik fungsi bahan bakar karena menghasilkan energi yang tinggi.
- Sempurna atau tidaknya pembakaran, pembakaran akan sempurna apabila seluruh unsur karbon yang bereaksi menghasilkan oksigen (*CO₂*). Sedangkan pembakaran yang tidak sempurna menghasilkan (C), gas CO, *CO₂* atau (*O₂*).

Pembakaran pada tungku bergantung pada kesempurnaan pembakaran bahan bakar, pembakaran yang efisien menjadi dasar pencapaian menghemat

bahan bakar. Tabel 2.1 adalah nilai kalori dari pembakaran beberapa macam kayu.

Tabel 2.1 Nilai kalori kayu untuk rumah pengasapan

Jenis kayu (fire wood)	Kadar air (moisture)	Berat jenis (density)	Nilai Kalori (heating value)
Karet	23,8%	0,62 g/cc	3.890 k kal/kg
Akasia	24,1%	0,68 g/cc	4.850 k kal/kg
Lamtoroagung	26,7%	0,70 g/cc	4.400 k kal/kg
Glirisida	23,6%	0,94 g/cc	4.900 k kal/kg

(Sumber: Nazarudin dan Paimin, 1992:306)

2.7 Komposisi Bahan Bakar

Sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar minyak (BBM) seperti kayu bakar. Bahan bakar yang digunakan adalah bahan bakar kayu yang memiliki komposisi unsur kayu pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi unsur kayu terkandung dalam udara kering

Unsur	Berat Kering (%)
Karbon (C)	49
Hidrogen (H)	6
Oksigen (O)	44
Nitrogen (N)	15
Air (H ₂ O)	14,5
Sulfur (S)	0,1

(Sumber: Taib et al., 1987: 55).

2.8 Tungku Pengeringan

Tungku sudah banyak dikenal dan digunakan oleh masyarakat. Bahan-bahan yang digunakan dan model (bentuk) yang dikembangkan beraneka ragam, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Tungku dikembangkan dalam berbagai aneka bentuk dan peralatan yang canggih. Bahan bakar atau sumber panas yang digunakan bermacam-macam.

Tungku modern merupakan alat pemanas untuk memasak sesuatu yang dibuat dengan teknologi maju. Tungku ini umumnya tidak lagi menggunakan bahan bakar kayu atau arang, tetapi menggunakan bahan bakar minyak, listrik, gas, briket batu bara, dan sebagainya. Sedangkan Tungku tradisional adalah tungku yang umumnya menggunakan bahan bakar kayu atau arang kayu. Tungku tradisional umumnya digunakan oleh masyarakat desa atau pedagang makanan tradisional. Contoh tungku tradisional adalah anglo dan tungku tiga batu (Adan, 1998: 10).

.2.9 Proses Pindah Panas

Pindah panas pada karet dilakukan secara konduksi. Konduksi merupakan perpindahan kalor terjadi bila energi pindah berdasarkan peristiwa molekul (*molekul, atom, neutron*). hal ini energi berpindah secara konduksi dan laju perpindahan kalor itu berbanding dengan suhu normal. Pindah panas terjadi karena suhu bahan lebih rendah daripada suhu yang dialirkan. Suhu yang dialirkan untuk menaikkan suhu bahan hingga terjadi tekanan uap air di dalam bahan lebih tinggi daripada tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan uap air dari bahan ke udara (Taib *et al.*, 1987: 65).

2.10 Laju Pengasapan

Laju pengasapan mencerminkan cepatnya pengeringan berlangsung. Kemampuan suatu bahan menguapkan air akan bertambah cepat dengan adanya kenaikan suhu panas yang diperlukan menguapkan air akan berkurang dengan naiknya suhu pengeringan. Tekanan uap air pada suhu pengeringan maksimum, tekanan luar udara dan uap air, kecepatan pindah panas kepermukaan bahan, tekanan uap keseimbangan dari dalam bahan, dan kadar air bahan yang merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi laju pengeringan.

Proses pengeringan terdapat dua periode yaitu periode pengeringan dengan laju pengasapan konstan dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadarair kritis. Kadar air kritis adalah kadar air terendah saat laju air bebas dari dalam bahan ke

permukaan sama dengan laju pengambilan uap air maksimum bahan. Waktu proses pengeringan lebih cepat dikarenakan proses produksi dilakukan pada musim kemarau, maka kadar air sebenarnya lebih kecil dan proses pengujian pengeringan lebih cepat (Taib *et al.*, 1987: 65).

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Pelaksanaan Penelitian dan pengambilan data dilakukan mulai bulan Mei sampai dengan Juni 2016 di PT. JA WATTIE Perkebunan Durjo, Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

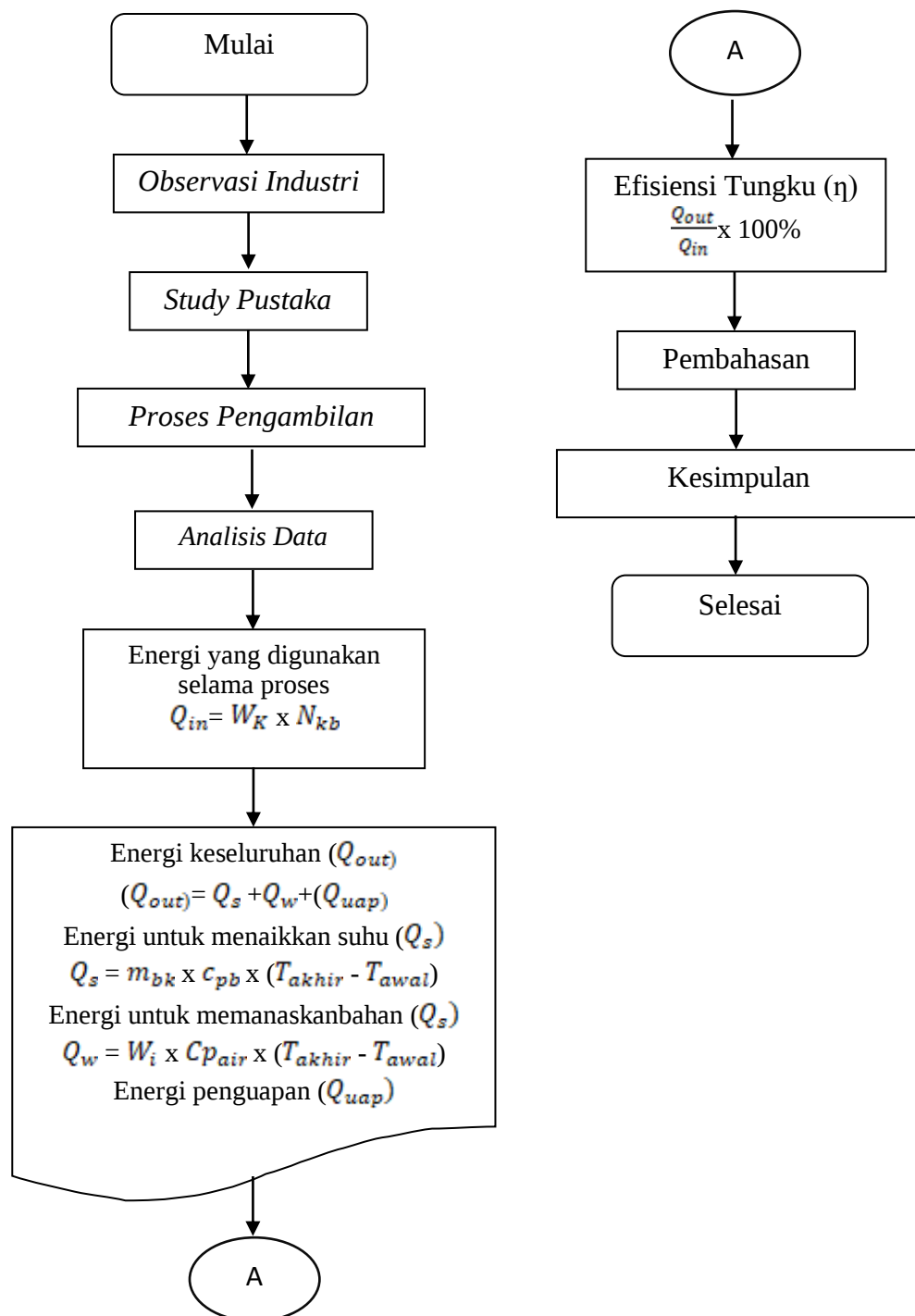
- a. Tungku dan Ruang Pengasapan;
- b. Thermometer, sebagai alat pengukur suhu;
- c. Meteran, sebagai alat mengukur kayu untuk bahan bakar;
- d. Timbangan, sebagai alat untuk menghitung sampel sheet sebelum dan sesudah diasapkan;
- e. Alat tulis, sebagai penulisan data manual;
- f. Perangkat Laptop, sebagai perangkat lunak pengolahan data.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu karet yang memiliki nilai pembakaran yang cukup lama, kayu karet diperoleh dari lahan perkebunan dengan melihat data sensus tanaman yang sudah mati atau tidak produksi, Kemudian diangkut ke pabrik pengolahan karet untuk bahan bakar proses pengasapan karet.

3.3 Tahapan Penelitian

Proses penelitian dilakukan dengan tahapan menyiapkan alat dan bahan di pabrik pengolahan karet. Penelitian di fokuskan pada proses pengeringan atau pengasapan karet sit. Pengukuran data penelitian yaitu bahan bakar yang dibutuhkan selama proses, berat sampel lembaran karet sit (berat awal dan berat akhir), kadar air lembaran karet sit (kadar air awal dan kadar air akhir), suhu (ruangan, lingkungan, dan bahan kelembapan) yang dilakukan setiap 2 jam sekali.

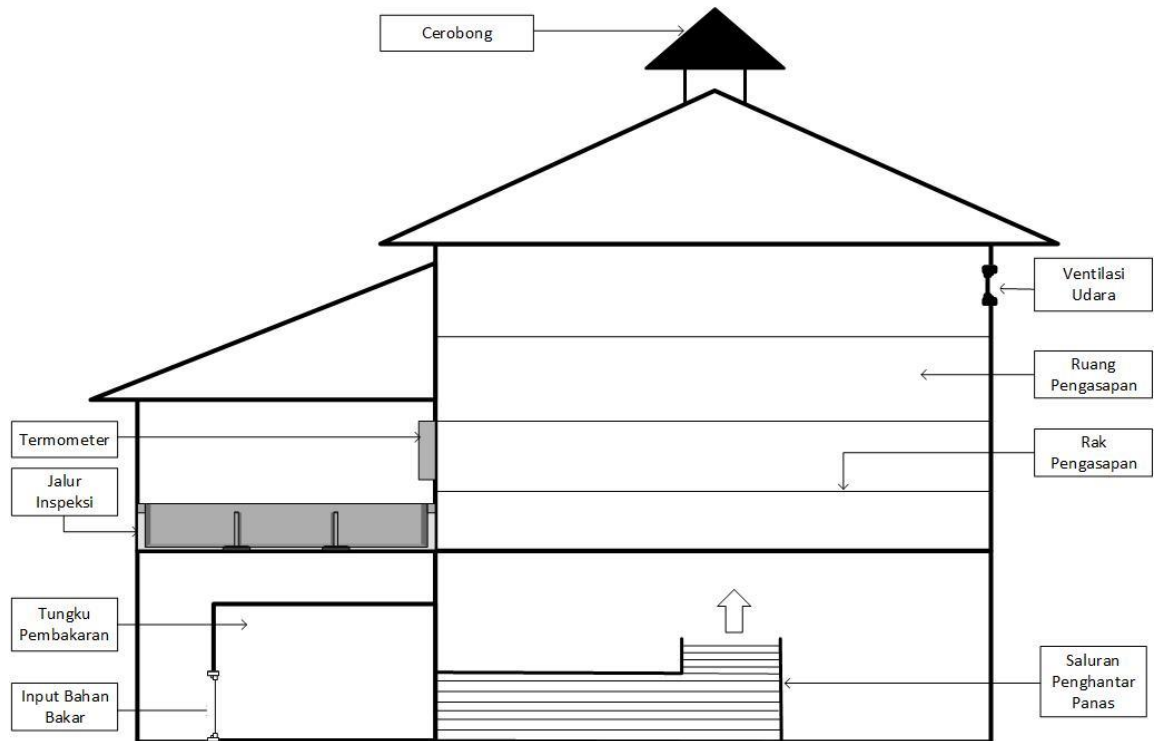
Tahapan penelitian akan dilaksanakan sesuai diagram alir dalam Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Diagram alur penelitian

3.3.1 Proses pengambilan data

Pengambilan data, peneliti melakukan penelitian tiga kali pengamatan dengan dilakukan pengukuran data yang diambil meliputi suhu ruang pengasapan, lama proses pengasapan, berat awal bahan, berat akhir bahan, dan kebutuhan bahan bakar. Pengambilan data dilakukan setiap dua jam sekali selama 75 jam.



Gambar 3.2 Layout tungku pengasapan karet

3.3.2 Variabel yang diamati

Variabel yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Suhu selama pengasapan berlangsung.
 - Suhu awal lembar sit karet
 - Suhu udara pada ruang pengasapan
- b. Waktu lama pengasapan sampai selesai.
 - Energi menaikkan suhu air bahan lembar sit
 - Energi penguapan air bahan lembar sit
- c. Berat lembar sit
- d. Efisiensi pengasapan

3.4 Variabel data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan mengukur parameter yang berkaitan dalam analisis perhitungan teknis pengasapan karet sit yaitu:

3.4.1 Pengumpulan data

Proses pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan mencatat data seperti di bawah ini.

a. Pengukuran suhu

data yang diambil dan suhu yang diukur meliputi suhu mula-mula pengasapan, suhu rata-rata udara pengasapan. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan alat thermometer.

b. Berat sampel 5 lembar sit karet

Berat sampel 5 lembar sit diukur berat bahan awal, berat bahan akhir dan penurunan yang terjadi selama proses pengasapan.

c. Kadar air

Kadar air lembar sit yang diukur adalah kadar air awal, kadar air akhir dan penurunan selama proses pengasapan berlangsung.

d. Energi input (masukan) pembakaran

Energi input pembakaran yang dipakai meliputi jumlah bahan bakar pada proses produksi dan bahan bakar untuk awal penyalaan, data yang diukur dengan mencatat banyaknya bahan bakar yang masuk pada tungku selama proses pengasapan lembar sit.

e. Energi output (keluaran)

Energi yang keluar diukur dengan cara menghitung input pembakaran dikurangi dengan energi yang hilang dengan cara konduksi dan penguapan maka diperoleh energi output yaitu energi memanaskan lembar sit karet (Q_s), Energi pemanasan air bahan lembar sit (Q_w), dan Energi penguapan air bahan lembar sit (Q_{uap})

f. Efisiensi pengasapan

Efisiensi pengasapan yang diukur meliputi energi input, energi output, sehingga nilai efisiensi tungku pengasapan energi input dibagi dengan energi

output.dibawah ini merupakan tabel pengamatan perhitungan dan efisiensi selama proses pengasapan.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Energi Input (Q_{in})

Data yang dibutuhkan untuk menghitung energi input yang masuk keruang pengasapan pada tungku dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

3.5.1.1 Energi Input (Q_{in})

$$Q_{in} = W_K \times N_{kb} \dots \dots \dots (3.1).$$

Keterangan:

Q_{in} = Energi pembakaran (Kj/Kg)

W_K = Massa kayu bakar (Kg)

N_{kb} = Nilai kalor kayu (Kj/Kg)

3.5.2 Energi Output (Q_{out})

Perhitungan energi output pada tungku pengasapan karet dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

3.5.2.1 Energi Output untuk Menaikkan Suhu Karet

Untuk mengetahui efisiensi tungku pengasapan, terlebih dahulu mengetahui besarnya energi untuk memanaskan bahan karet selama proses pengasapan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = m_{bk} \times c_{ps} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \dots \dots \dots (3.2).$$

Menurut Siebel (1982) dalam Wirakartakusumah (1992) nilai panas spesifik bahan didekati dengan persamaan sebagai berikut:

$$c_{ps} = 4,1868 (0,0081 m_o + 0,2) \dots \dots \dots (3.3).$$

Keterangan:

Q_s = Energi panas menaikkan suhu (Kj/Kg)

m_{bk} = Massa bahan yang dipanaskan (Kg)

c_{pb} = Panas jenis karet (KJ/kg°C)

m_o	= Kadar air awal karet (%)
T_{akhir}	= Suhu akhir (°C)
T_{awal}	= Suhu awal (°C)

3.5.2.2 Energi Output untuk Memanaskan Air Karet

Energi pemanasan air sit karet dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_w = W_i \times Cp_{air} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \dots \dots \dots (3.4).$$

Keterangan:

Q_w	= Energi pemanasan air sit karet (Q_w)
W_i	= Massa air sit karet (W_i)
Cp_{air}	= Panas jenis air 4,18 (KJ/Kg°C)
T_{akhir}	= Suhu akhir (°C)
T_{awal}	= Suhu awal (°C)

3.5.2.3 Energi Output untuk Menguapkan Air dari Bahan (Q_{uap})

Energi yang digunakan untuk menguapkan air dari bahan, dapat dituliskan:

$$Q_{uap} = E \times h_{fg} \dots \dots \dots (3.5).$$

Massa air yang diuapkan dari bahan didekati dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{100 (KA_1 - KA_2) Wk}{(100 - KA_1)(100 - KA_2)} \dots \dots \dots (3.6).$$

Keterangan:

E	= Uap air yang dikeluarkan dari bahan (kg_{air})
KA_1	= Kadar air awal (% bb)
KA_2	= Kadar air akhir (% bb)
Wk	= Berat bahan kering mutlak (kg)
Q_{uap}	= Energi yang digunakan menguapkan bahan (Kj/Kg)
h_{fg}	= Panas laten bahan (Kj/Kg)

3.5.2.4 Perhitungan Energi Output Total

Perhitungan energi output total pada tungku pengasapan bahan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{Total} = Q_s + Q_w + Q_{uap} \dots \dots \dots (3.7).$$

Keterangan:

Q_{Total} = Energi total pengasapan karet (Kj/Kg)

Q_s = Energi panas untuk menaikkan suhu sit karet (Kj/Kg)

Q_w = Energi pemanasan air sit karet (Kj/Kg)

Q_{uap} = Panas yang digunakan menguapkan air sit karet (Kj/Kg)

3.5.3 Efisiensi Tungku Pengasapan

Efisiensi tungku pengasapan adalah perbandingan energi yang keluar dari dalam tungku, dibagi dengan energi input yang masuk keruang pengasapan (Q_{in}). perhitungan efisiensi pengasapan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.8).$$

Keterangan:

η = Efisiensi pengasapan (%)

Q_{in} = Energi input (Kj/Kg)

Q_{out} = Energi pengasapan lembar sit karet (Kj/Kg)

3.5.4 Panas yang Hilang

Perkiraan panas yang hilang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_h = 100\% - \eta \dots \dots \dots (3.9).$$

Keterangan:

η = Efisiensi Tungku (%)

3.6 Analisis Data dengan Grafik

Untuk memperoleh grafik pengamatan dapat dilihat dari pengambilan data seperti dibawah ini:

1. Grafik hubungan antara suhu, suhu bahan, dan waktu lama pengasapan.
2. Grafik hubungan antara berat bahan dengan lama pengasapan.
3. Grafik nilai efisiensi tungku dan kehilangan panas.

BAB 4. PEMBAHASAN

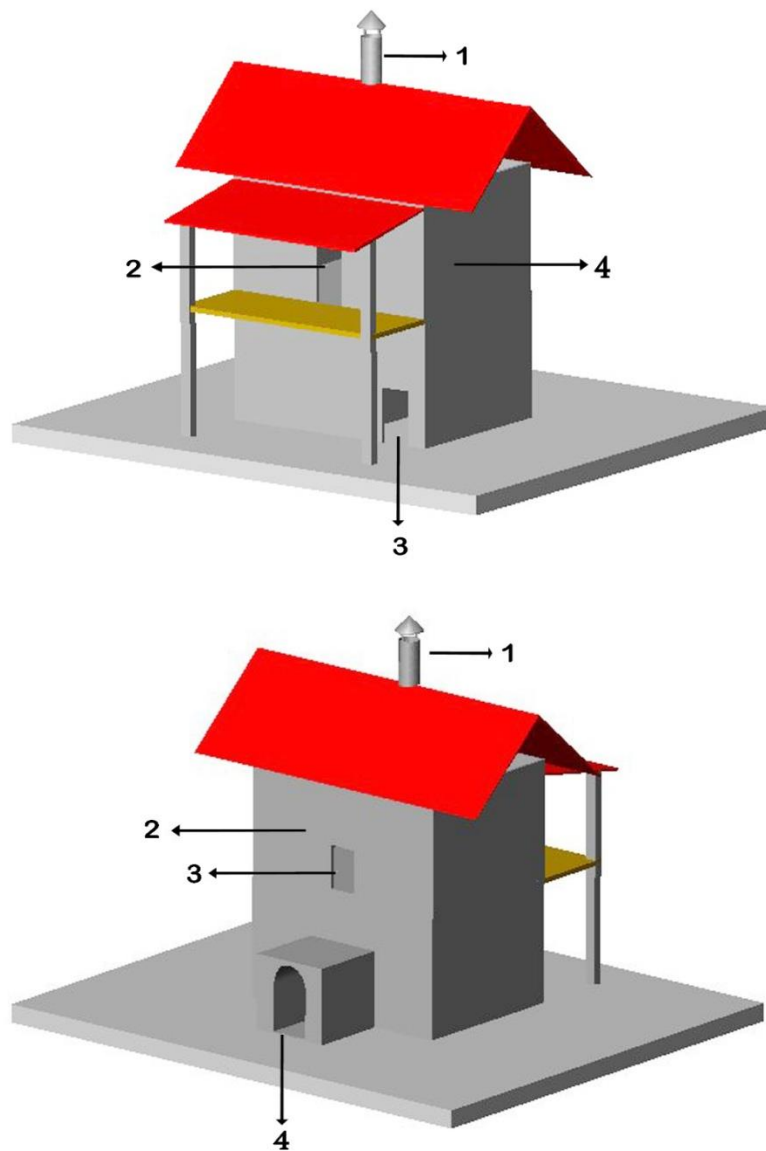
4.1 Gambaran Umum Perusahaan

Pada awalnya Perkebunan Durjo adalah hutan murni mulai dibuka pada tahun 1883 dimiliki oleh NV Jember Rubber Lstates Ltd, dengan kantor pusat di Jakarta. Perkebunan Durjo mulai berganti nama menjadi NV HG Ross Taylor, Ltd dan berganti kepemilikan pada tanggal 19 desember 1985 menjadi PT. Mulyaningsih mempercayakan pengelolaan perkebunan Durjo kepada PT. J.A. Wattie dengan komoditi karet (*Hevea brasiliensis*), kakao dan kopi bertahan hingga sekarang.

Kondisi geografis perkebunan Durjo dengan luas 625,010 ha berada di Desa Karangpring Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember. Batas wilayah sebelah utara Perkebunan Durjo yaitu Perhutani, sebelah timur Kalijompo, sebelah selatan Desa Karangpring, dan sebelah barat Desa Kemiri. Perkebunan Durjo memiliki 3 Afdeling, Afdeling Durjo, Afdeling Sumbertelu, Afdeling Sumber Kembang (SK). Perkebunan Durjo terletak pada 400-700 mdpl, dengan curah hujan rata-rata 3500 mm, suhu lingkungan rata-rata 21°C-31°C.

4.2 Kondisi Pengasapan Karet di PT. JA WATTIE

Ruang pengasapan yang digunakan memiliki 2 ruangan yaitu ruang bawah/plenum sebagai penirisan lembar karet sit. Tempat mengalirnya udara panas dari tungku dan ruang atas menggunakan plat besi berlubang sebagai tempat meletakkan lembar karet sit. Pintu sebagai keluar masuknya bahan dan pengaturan suhu, ventilasi sebagai pengaturan suhu, cerobong sebagai saluran udara keluar dari ruang pengasapan dan tungku yang memanfaatkan kayu karet sebagai sumber energi. Urutan suhu untuk pengasapan karet sit yaitu hari pertama 40°C - 45°C, hari kedua 45°C - 50°C, hari ketiga 50°C - 55°C, dan hari ke empat atau hari terakhir 55°C - 60°C. Ruang pengasapan memiliki beberapa bagian terdiri dari cerobong, ruang pengasapan, cendela, dan tungku. dapat dilihat pada Gambar 4.1 dibawah ini:



Gambar 4.1 Profil ruang pengasapan karet

Keterangan:

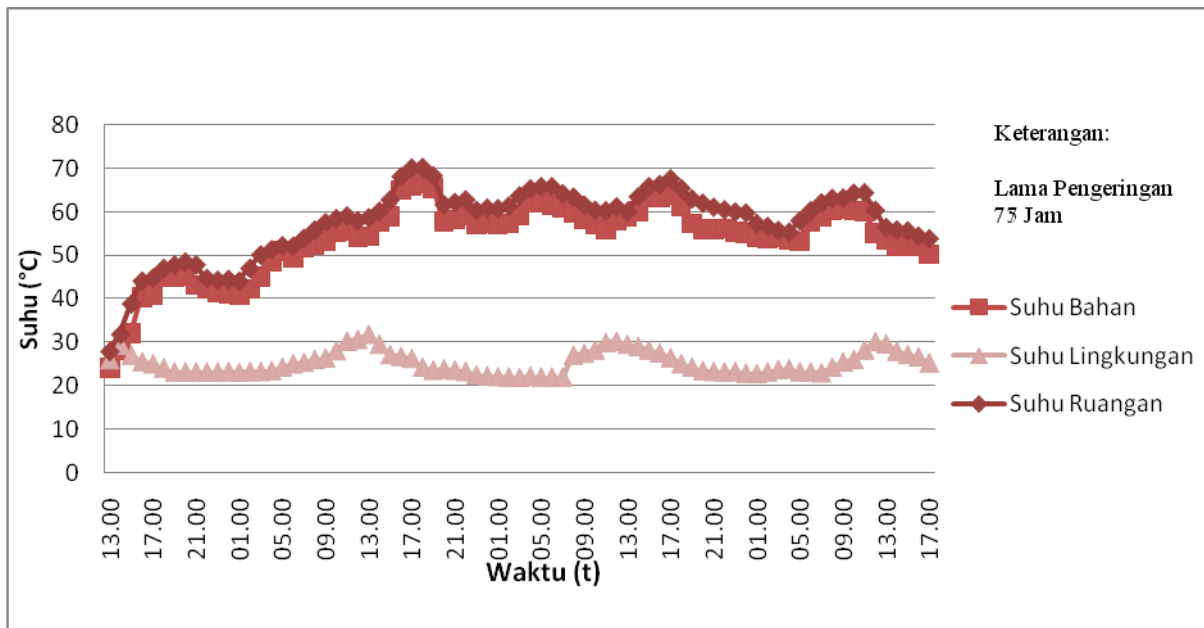
1. Cerobong
2. Ruang Pengasapan
3. Ventilasi
4. Tungku

4.3 Hasil Pengamatan Suhu

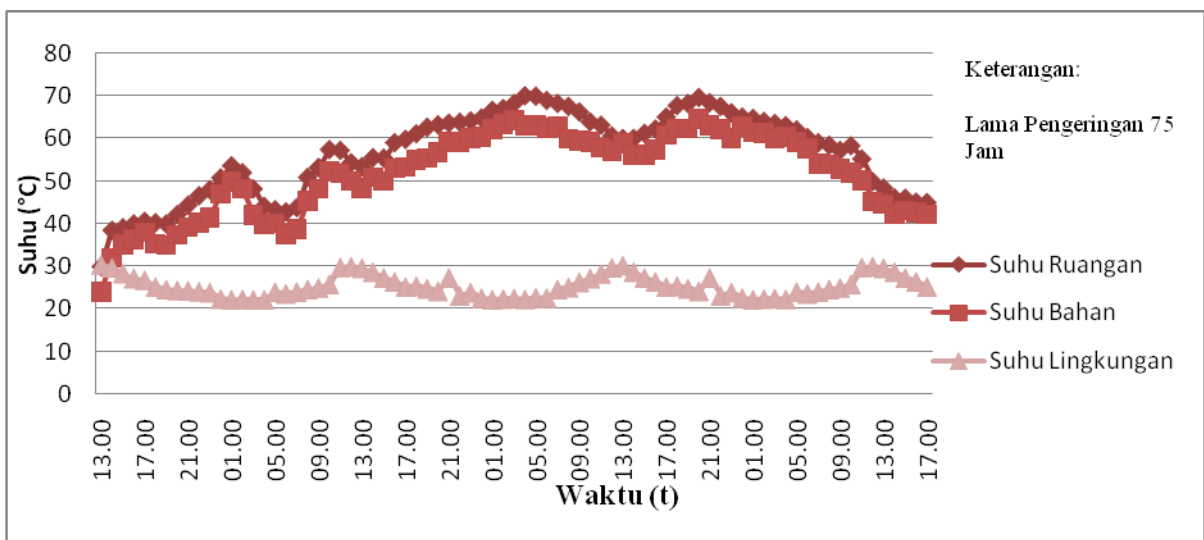
4.3.1 Suhu Ruang Pengasapan dan Suhu Lingkungan

Hasil pengukuran suhu disajikan pada gambar 4.1, 4.2, 4.3. Peningkatan suhu terjadi karena panas yang dihasilkan pembakaran kayu karet telah diserap oleh bahan, dinding dan atap. Sehingga terjadi perubahan suhu diruang pengasapan, dan suhu bahan. Dari data lampiran 1, dapat dibuat grafik hubungan antara suhu terhadap waktu pengasapan. Suhu ruangan lebih besar dari suhu bahan karena udara panas dari tungku digunakan untuk menguapkan air dari bahan. Suhu lingkungan lebih rendah dari suhu bahan karena suhu lingkungan tidak dipengaruhi oleh sumber panas atau tungku. Laju aliran udara pada awal penyalan tungku disekitar ruang pengasapan kisaran 26°C.

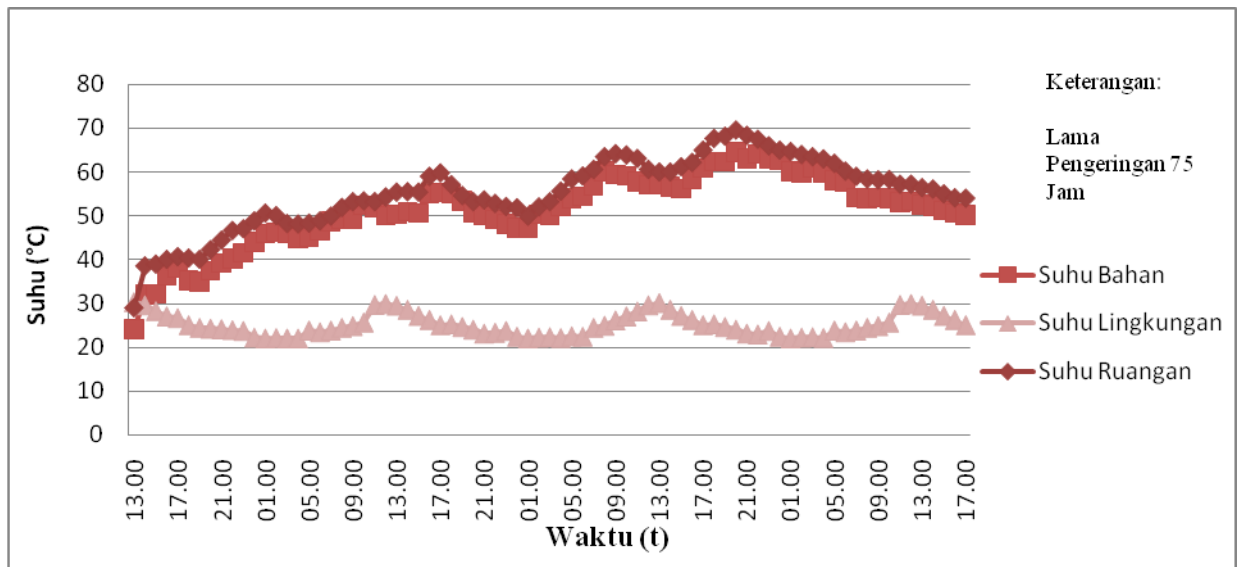
Hasil pembakaran kayu akan mempengaruhi perubahan suhu pada beberapa proses tersebut, semakin banyak penggunaan kayu maka panas yang dihasilkan akan lebih besar. Hari pertama ditetapkan suhu 40°C-45°C bertujuan agar suhu mudah beradaptasi dengan kondisi sit karet yang lentur. Apabila suhu ruangan berlangsung tinggi maka karet yang dikeringkan akan rusak tidak seperti yang diharapkan oleh perusahaan. Kenyataan di lapangan pengamatan pertama suhu ruangan mencapai 67,8°C, pengamatan ke-2 suhu maksimal 70°C, dan pengamatan ke-3 suhu maksimal mencapai 69,7°C, sehingga dapat dibuat grafik hasil pengamatan pertama selama 75 jam, hasil pengamatan ke-2, dan hasil pengamatan ke-3 seperti grafik hubungan suhu dengan waktu pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 berikut ini:



Gambar 4.1 Suhu lingkungan, ruangan, dan suhu bahan pada pengamatan ke-1.



Gambar 4.2 Suhu lingkungan, ruangan, dan suhu bahan pada pengamatan ke-2.



Gambar 4.3 Suhu lingkungan, ruangan, dan suhu bahan pada pengamatan ke-3.

Profil suhu lingkungan ruang pengasapan dan suhu bahan menunjukkan bahwa suhu ruangan selalu lebih tinggi dibandingkan suhu lingkungan. Rata-rata suhu lingkungan 25°C, suhu bahan 54°C dan suhu ruangan 57°C. Terjadinya peningkatan suhu ruangan yang tinggi disebabkan karena operator pengasapan. Setelah menambahkan bahan bakar lebih kemudian meninggalkannya, sehingga terjadinya suhu berlebihan tidak bisa dimitigasi. Demikian sebaliknya terjadi grafik penurunan dikarenakan operator terlambat menambahkan kayu pada tungku pengasapan. Hal tersebut akan mempengaruhi sit karet yang dikeringkan.

Suhu bahan diukur pada setiap sampel, sampel yang digunakan dalam pengukuran yaitu 5 lembar sit karet. Suhu bahan pada akhir pengasapan lebih tinggi dibandingkan suhu bahan awal, karena pada awal kadar air masih tinggi dan akhir pengasapan kadar air bahan rendah. Hasil dari pengamatan suhu menunjukkan suhu ruangan lebih besar dari suhu bahan, sedangkan suhu bahan lebih tinggi dari suhu lingkungan.

Menurut Aji (2013:25), suhu pengasapan lebih besar dari suhu bahan, sedangkan suhu bahan lebih besar dari suhu lingkungan karena terjadi proses pindah panas dari tungku keruang pengasapan yang diserap bahan untuk menguapkan air. Suhu bahan lebih besar dari suhu lingkungan karena suhu di sekitar ruangan terisolasi untuk memanaskan bahan. Proses ini didukung oleh

penambahan bahan bakar, apabila bahan bakar yang diberikan banyak, maka panas yang dihasilkan semakin besar, hal ini akan berpengaruh terhadap panas suhu ruangan dan suhu bahan.

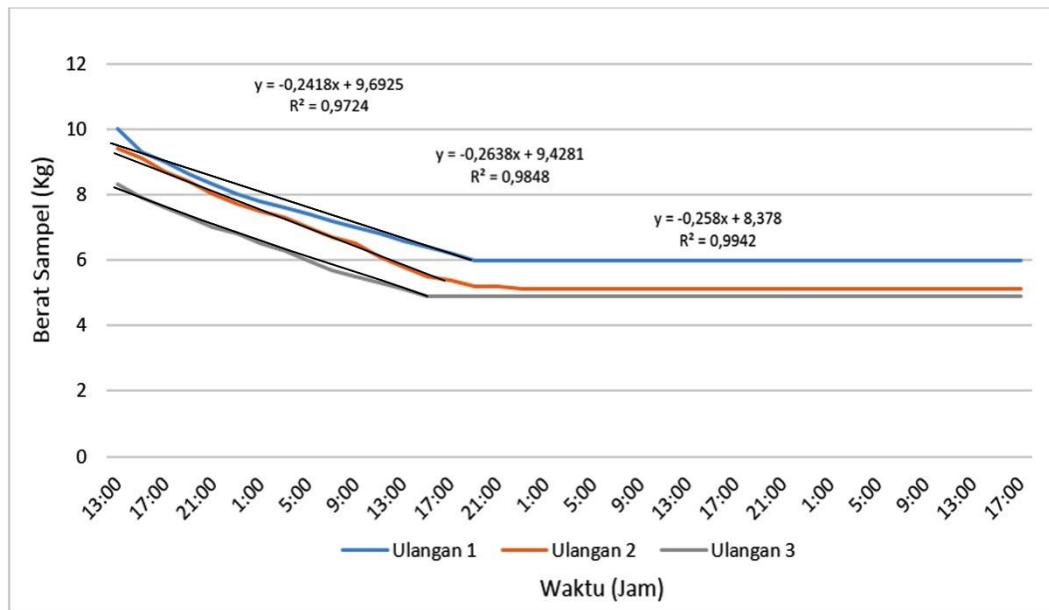
4.4 Konsumsi Bahan Bakar

Pembakaran kayu dilakukan secara teratur untuk menjaga panas yang dihasilkan merata dari awal hingga akhir proses pengeringan. Keterlambatan dalam pengumpanan kayu pada tungku menyebabkan penurunan intensitas pembakaran secara drastis. Sebaliknya pengumpanan kayu yang sering akan mempengaruhi hasil yang akan diperoleh.

Dari hasil pengamatan pertama diambil berat sampel rata-rata 1 lembar sit basah sebesar 2,2 Kg, berat kering lembar sit 1,2 Kg, Pengamatan kedua berat basah 1,6 Kg, berat kering 1 Kg dan pengamatan ketiga 1,7 Kg berat kering 1 Kg. Untuk menjaga pembakaran kayu berlangsung secara kontinyu, pengumpanan kayu dilakukan setiap 4 atau 5 jam. Jumlah konsumsi kayu tiap 1 jam berkisar 13-15 kg/jam. Jumlah bahan bakar dikonversi menjadi nilai kalor dengan mengalikan jumlah bahan bakar dengan nilai kalor bahan bakar kayu karet tiap satuan massa yaitu 16283,540 Kj (Penebar Swadaya,2012).

4.5 Berat Sampel (Lembar Karet Sit)

Secara garis besar parameter yang diukur adalah berat bahan awal, berat bahan akhir dan penurunan yang terjadi selama proses pengasapan. Secara inti teknik pelaksanaan pengukuran besarnya massa bahan tiap 2 jam bermaksud mengetahui besarnya penurunan kadar air tiap masing-masing sampel karet sit, dan memudahkan perhitungan rata-rata penurunan air bahan dalam satu ruangan. Penurunan massa air pada bahan dapat dibuktikan proses pengasapan yang berlangsung. Pada dasarnya proses pengasapan adalah proses pengurangan kadar air dalam bahan yang terjadi akibat adanya energi panas yang sengaja diberikan terhadap bahan. Hasil pengamatan penurunan berat bahan dapat dilihat pada Grafik 4.5 Sebagai berikut:



Gambar 4.5 Hubungan berat sampel terhadap waktu pada pengamatan

Gambar 4.5 menunjukkan penurunan massa bahan selama penelitian. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil sampel 5 lembar sit karet dari ruang pengasapan. Rata-rata penurunan berat kering mutlak pada jam ke-36. Berat kering bahan dipengaruhi oleh suhu udara di dalam ruangan. Semakin tinggi suhu udara didalam ruangan, maka semakin cepat penurunan kadar air bahan. Hal ini terjadi karena sumber panas yang tersebar kurang merata dan setiap lembar sit ketebalannya tidak sama, dikarenakan cacat giling.

4.6 Energi yang dimanfaatkan dalam Proses Pengasapan Karet

4.6.1 Energi untuk Menaikkan Suhu Karet (Q_s)

Besarnya nilai energi menaikkan suhu karet bergantung pada jumlah karet yang dikeringkan. Jumlah karet yang masak dapat dilihat pada tabel 4.2. Nilai energi untuk menaikkan suhu bahan diperoleh dengan persamaan dibawah ini:

$$Q_s = m_{bk} \times c_{ps} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \dots\dots\dots(3.2).$$

Menurut Siebel (1982) dalam Wirakartakusumah (1992) nilai panas spesifik bahan didekati dengan persamaan berikut ini. Tabel 4.1 menunjukkan jumlah sit karet yang dikeringkan.

$$c_{ps} = 4,1868 (0,0081 m_o + 0,2) \dots\dots\dots(3.3).$$

Keterangan:

Q_s = Energi panas menaikkan suhu (Kj/Kg)

m_{bk} = Massa bahan yang dipanaskan (Kg)

c_{pb} = Panas jenis karet (KJ/kg°C)

m_o = Kadar air awal karet (%)

T_{akhir} = Suhu akhir (°C)

T_{awal} = Suhu awal (°C)

Tabel 4.1 Jumlah sit karet yang dikeringkan

Pengamatan	Massa Lembar Sit (kg)
1	2646
2	2106
3	1821

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari data yang diperoleh pada pengamatan pertama nilai kalor 20484693 Kj dengan massa sit karet 2646 Kg, pengamatan kedua 21201169 Kj dengan massa sit karet 2106 Kg, dan pengamatan ketiga 18546952 Kj dengan massa sit karet 1821 Kg. Sit karet yang diasapkan berdasarkan produksi harian perusahaan.

4.6.2 Energi Output Memanaskan Air Karet (Q_w)

Nilai energi untuk memanaskan air karet diperoleh dengan persamaan (3.4) dibawah ini:

$$Q_w = W_i \times Cp_{air} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \dots\dots\dots(3.4).$$

Keterangan:

Q_w = Energi pemanasan air sit karet (Q_w)

W_i = Massa air sit karet (W_i)

Cp_{air} = Panas jenis air 4,18 (KJ/Kg°C)

T_{akhir} = Suhu akhir (°C)

T_{awal} = Suhu awal (°C)

Sehingga diperoleh nilai hasil perhitungan energi pemanasan air sit karet Pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Energi pemanasan air karet

Pengamatan ke-	Energi Memanaskan Air Bahan (KJ)
1	123653,93
2	49638,34
3	69854,07

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari tabel hasil di atas menunjukkan pengamatan pertama sebesar 123653,93 KJ, pengamatan kedua 49638,34 KJ. Pengamatan ke-3 69854,07 KJ dengan rata-rata 16546,112 KJ. Hasil pengamatan yang nilainya tinggi di dapat pada pengamatan pertama, hal ini ditunjukkan dengan jumlah lembar yang diasapkan lebih banyak dari pengamatan ke-dua, dan ke-tiga, sehingga energi untuk memanaskan air bahan karet sit lebih besar dari pengamatan kedua, dan ketiga.

4.6.3 Energi Output Penguapan Air dari Bahan (Q_{uap})

Energi yang digunakan untuk menguapkan air dari bahan, dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{uap} = E \times h_{fg} \dots\dots\dots(3.5).$$

Keterangan:

E = Uap air yang dikeluarkan dari bahan (kg_{air})

Q_{uap} = Energi yang digunakan menguapkan bahan (Kj)

h_{fg} = Panas laten bahan (Kj/Kg)

Perhitungan energi penguapan air bahan dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut ini:

Tabel 4.3 Energi penguapan air bahan

Pengamatan Ke-	Jumlah Air Menguap (Q_{uap})	Energi Menguapkan Air Bahan (Kj/Kg)
1	1146.6	2483817,7
2	791.68	1714975.2
3	668.46	1448050.1

Sumber : Data Hasil Penelitian

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai uap air tertinggi 1146,6 Kg air di dapat pada pengamatan pertama dengan energi yang diberikan 2483817,7 Kj, hal tersebut terjadi karena perlakuan penirisan lembar sit karet dilakukan 1 jam sebelum penyalaan tungku, massa lembar sit karet yang dikeringkan 2646 Kg, proses ini berpengaruh pada energi yang diberikan lebih besar dibandingkan dengan pengamatan kedua 1714975,2 Kj dan ketiga senilai 1448050,1 Kj.

4.6.4 Energi Total Pengasapan Karet (Q_{out})

Energi total yang dimanfaatkan untuk pengasapan karet dinyatakan dengan persamaan (3.7). Tabel 4.4 menunjukkan perhitungan energi total yang dimanfaatkan pada pengasapan karet.

$$Q_{Total} = Q_s + Q_w + Q_{uap} \dots\dots\dots(3.7).$$

Keterangan:

Q_{Total} = Energi total pengasapan karet (Kj)

Q_s = Energi panas untuk menaikkan suhu sit karet (Kj)

Q_w = Energi pemanasan air sit karet (Kj)

Q_{uap} = Panas yang digunakan menguapkan air sit karet (Kj)

Tabel 4.4 Energi total pengasapan karet

Pengamatan	Jumlah Energi Total (Q_{out} (Kj))
1	2760707
2	1825892,7
3	1556655,9

Sumber : Data Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 4.4 jumlah energi total yang dimanfaatkan untuk pengasapan karet (Q_{out}) tertinggi terdapat pada pengamatan pertama dengan jumlah 2760707 Kj, hal ini dipengaruhi oleh jumlah berat basah lembar sit karet sebesar 2646 Kg sehingga memerlukan energi yang besar untuk mengeringkan lembar sit karet. sedangkan jumlah energi total yang dimanfaatkan nilai terendah terdapat pada pengamatan ketiga dengan jumlah 1556655,9 Kj. berdasarkan perhitungan energi memanaskan karet, energi pemanasan air karet dan energi penguapan karet, sehingga diperoleh nilai rata-rata senilai 2048157,567 Kj.

4.7 Efisiensi Tungku

Efisiensi tungku pengasapan merupakan perbandingan antara jumlah panas yang dibutuhkan selama pengasapan dengan jumlah panas yang tersedia dalam ruang pengasapan. Panas yang dibutuhkan adalah panas untuk menaikkan suhu bahan, energi pemanasan air sit karet dan panas untuk menguapkan air dari dalam bahan. Panas yang tersedia diperoleh dari panas pembakaran kayu pada tungku pengasapan. Kayu bakar diperoleh dari kebun. Kayu dipotong 1 meter untuk memudahkan penyimpanan, pemecahan dan pemasokan bahan bakar, menurut (Nazzarudin *et, at*: 1992) nilai kalor kayu karet sebesar 3.890 Kkal/kg dikonversi menjadi satuan KJ/Kg senilai 16283.54 KJ/Kg. Efisiensi tungku dinyatakan dengan persamaan (3.9).

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.8).$$

Keterangan:

η = Efisiensi pengasapan (%)

Q_{in} = Energi input (KJ)

Q_{out} = Energi pengasapan lembar sit karet (KJ)

Tabel 4.5 Hasil perhitungan nilai efisiensi tungku pengasapan karet.

Pengamatan Ke-	Energi Input Q_{in} KJ	Energi Output Q_{out} (Kj)	Efisiensi Tungku η (%)
1	20484693	2760733,7	13,48
2	21201169	1825892,7	8,61
3	18546952	1556655,9	8,40

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Perhitungan secara rinci dapat dilihat pada lampiran 5. Berdasarkan tabel diatas, terlihat jelas bahwa perhitungan efisiensi tungku yang diperoleh pada pengamatan pertama sebesar 13,48%, pengamatan ke-2 diperoleh 8,61% dan pengamatan ke-3 sebesar 8,40%. dalam mengeringkan sit karet membutuhkan waktu yang lama, terbukti dari pengamatan yang telah dilakukan penelitian ini selama 75 jam. Nilai efisiensi yang diperoleh berdasarkan pengamatan selama 15 hari diperusahaan. Proses penelitian ini ada tiga kali pengamatan, pengamatan pertama, kedua, dan ketiga. Setiap pengamatan terdiri dari empat hari, dan bahan

bakar, bahan karet yang dikeringkan sesuai dengan produksi yang diperoleh perusahaan, sehingga variable jumlah bahan karet yang dikeringkan tidak dibuat sama. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi setiap proses pengasapan karet berlangsung.

Pada pengamatan pertama jumlah energi yang diberikan 20484693 Kj. Hasil perhitungan ini diperoleh dari nilai kalor kayu karet dikalikan jumlah bahan bakar yang digunakan selama proses, dengan energi yang termanfaatkan sebesar 2760733,7 Kj. Proses pengamatan kedua diperoleh nilai yang dipasokkan 21201169 Kj, sedangkan nilai energi yang termanfaatkan sebesar 1825892,7 Kj. Proses pengamatan ketiga energi yang dipasokkan 18546952 Kj dan nilai energi yang dimanfaatkan 1556655,9 Kj dari hasil pengamatan tidak seluruh energi yang dipasokkan dimanfaatkan oleh tungku.

Sasmito (1999) menyatakan hubungan efisiensi tungku dengan jumlah bahan bakar yang menyatakan proses pembakaran kayu terdapat energi yang tidak termanfaatkan karena tungku mengalami kebocoran serta adanya sisa abu pembakaran kayu. Efisiensi yang diperoleh dari nilai kehilangan panas pada seluruh komponen tungku tidak diperhitungkan, efisiensi tungku yang dihasilkan merupakan perbandingan panas yang diterima dengan panas yang diberikan oleh bahan bakar (Nugraha, 2014:15).

Panas bahan bakar yang dipakai untuk mengeringkan sit karet tidak sepenuhnya digunakan dengan baik, sebagian besar energi hilang. Hilangnya panas dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konduksi, konveksi, radiasi. Sisa pembakaran dalam tungku dibiarkan hingga menjadi abu, selanjutnya hanya penambahan kayu. Penambahan kayu yang sedikit akan mengurangi nilai efisiensi tungku. Perhitungan efisiensi ini penting untuk menduga atau memperkirakan bentuk pengeringan dalam perencanaan pembuatan atau renovasi alat pengering serta sebagai alternatif dalam proses pengeringan atau pengasapan.

4.8 Kehilangan Panas

Kehilangan panas dinyatakan dengan persamaan (3.9). Tabel 4.6 dibawah ini perhitungan nilai kehilangan panas pada proses pengasapan karet.

$$Q_h = 100\% - \eta \dots\dots\dots(3.9).$$

Keterangan:

$$\eta = \text{Efisiensi Tungku (\%)}$$

Tabel 4.6 Hasil perhitungan nilai kehilangan

Pengamatan	Energi Input	Energi output	Kehilangan Panas
Ke-	Q_{in} (Kj)	Q_{out} (Kj)	(%)
1	20484693	2760707	86,52 %
2	21201169	1825892,7	91,39%
3	18546952	1556655,9	91,40%

(Sumber: Data Hasil Penelitian)

Berdasarkan perhitungan nilai kehilangan panas kurang dari 100% menunjukkan hasil pengamatan pertama diperoleh 86,53% pengamatan kedua 91,39% dan pengamatan ketiga 91,40%. Nilai kehilangan panas diperoleh jumlah nilai panas yang dimasukkan dikurangi dengan nilai efisiensi. Hal tersebut menunjukkan proses pengasapan karet tidak menyerap semua energi dari bahan bakar tetapi masih ada energi yang tidak digunakan atau dimanfaatkan disebut kehilangan panas. Panas yang hilang yang terjadi pada penelitian ini disebabkan oleh konduksi, konveksi, radiasi.

4.8.1 Konduksi

Kehilangan panas secara konduksi terjadi melalui dinding tungku, dinding dan ruang pengasapan. Pada penelitian ini tidak dilengkapi dengan perhitungan kehilangan secara konduksi dikarenakan alat yang kurang memadai. Dari teori konduksi di atas bahwa benar adanya pindah panas terjadi pada dinding tungku, dan dinding ruang pengasapan. Untuk meminimalisir kehilangan panas melalui dinding tungku dilakukan penambahan ketebalan dinding tungku, dan penambahan isolator dengan nilai konduktivitas lebih rendah, agar panas yang diberikan langsung terserap oleh bahan.

Hal tersebut telah dibuktikan dari penelitian Burlian dan khoirullah (2014) dengan menggunakan tungku berukuran 80 cm x 80 cm x 80 cm yang terbuat dari plat baja setebal 2,5 mm. Penggunaan triplek yang berbeda yaitu 3 mm, 6mm dan

9mm yang paling optimal triplek berukuran 9mm, artinya semakin tebal triplek yang digunakan, maka semakin kuat tahanan termalnya dan nilai kalor yang keluar dari permukaan tungku semakin rendah.

4.8.2 Konveksi

Pindah panas secara konveksi suatu mekanisme pindah panas antara permukaan benda padat dan fluida yang bergerak atau berkesinambungan dengan permukaan benda tersebut, makin tinggi kecepatan aliran fluida maka semakin besar konveksi panasnya. Pasokan oksigen diruang bakar merupakan hal penting pada proses pembakaran. Pembakaran tidak maksimal apabila lubang udara yang berlebihan, sehingga dapat mengurangi nilai efisiensi tungku. Kehilangan panas ini terjadi melalui ventilasi dan cerobong. Karena suhu ruang pengasapan ditetapkan hari pertama 40-45°C, hari kedua 45-50°C, hari ketiga 50-55°C dan hari terakhir 55-60°C apabila suhu ruangan berlebihan maka pintu serta ventilasi dibuka. hal tersebut akan mempengaruhi hilangnya panas yang diberikan oleh tungku.

4.8.3 Radiasi

Perpindahan panas yang terjadi karena perpindahan energi melalui gelombang elektromagnetik secara pancaran disebut radiasi, pancaran ini terjdiantara sumber energi dengan penerima panas tidak terjadi gesekan, bagian yang dimaksud yaitu ruang pembakaran. Dalam penelitian ini terjadi sedikit radiasi karena sistem tungku tergolong dalam pembakaran tertutup. Jumlah lubang udara juga mengakibatkan pembakaran yang tidak sempurna. Hal tersebut teratasi dengan penyempurnaan desain tungku seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Suhandi *dkk.* (2013), desain tungku yang telah digunakan berbentuk kerucut terbalik dan menambahkan saluran udara berbentuk sirip dengan jumlah yang bervariasi, yaitu 2 sirip, 4 sirip, 6 sirip, dan 8 sirip. Berdasarkan data hasil uji penggunaan tungku yang telah dimodifikasi dapat disimpulkan bahwa penambahan komponen saluran udara berbentuk sirip dengan jumlah yang tepat pada desain tungku Sekam dapat berpengaruh terhadap nilai efisiensi tungku sekam.

4.9 Proses Pembakaran

Pada penelitian analisis efisiensi tungku pengasapan karet masih terjadi pembakaran tidak sempurna, pembakaran tidak sempurna ini terjadi karena oksigen tidak bereaksi dengan bahan bakar. Artinya bisa disebabkan oksigen dan bahan bakar yang terlalu banyak. Sehingga pembakaran perlu disempurnakan. Apabila pembakaran menggunakan oksigen udara bebas maka perlu adanya penambahan senyawa nitrogen. Pembakaran tidak sempurna dalam penelitian ini dapat terlihat pada karbon yang menempel di dinding tungku dan dinding ruang pengasapan. Pembakaran tidak sempurna melibatkan proses, Dekomposisi, Reaksi Oksidasi, Polimerisasi, Kondensasi. Faktor yang menyebabkan terbentuknya jelaga atau angus pada gas ruang bakar yaitu:

1. Konsentrasi oksigen gas pembakar yang kurang
2. Bahan bakar yang diberikan terlalu banyak
3. Suhu ruangan terlalu tinggi
4. Penguapan dan pencampuran bahan bakar tidak sempurna.

4.10 Penguapan Air dari Bahan Bakar

Pembakaran merupakan reaksi kimia dengan menghasilkan panas yang besar secara langsung melalui reaksi panas. dalam penelitian ini kayu karet digunakan sebagai bahan bakar. Kayu karet diperoleh dari kebun kemudian dibawa ke pabrik, ukuran kayu karet yang besar dibelah dan disimpan dipenimbunan kayu bakar untuk proses pengasapan karet. Penyalaan api menggunakan lembar sit yang jelek, Hal ini juga belum diketahui kadar air kayu, karena alat yang menjadi kendala terhadap penelitian ini.

Proses pembakaran dimulai dengan reaksi fase gas, reaksi permukaan yang diikuti dengan proses lainnya seperti peleburan, penguapan, dan pirolisis. Pembakaran dekomposisi yang diproduksi melalui pemanasan (H_2 , CO , H_2O dan CO) yang bereaksi dengan oksigen dalam fase gas, membentuk api dan terbakar melalui pembakaran permukaan. Pembakaran terjadi apabila komponen hanya terdiri atas karbon yang mengandung sebagian kecil seperti arang dan oksigen, CO_2 atau uap yang terserap kedalam pori-pori yang ada di dalam permukaan

padat dan terbakar melalui reaksi permukaan. Pembakaran membara merupakan reaksi dekomposisi termal terjadi pada suhu yang lebih rendah dari suhu penyalan kayu. Apabila api dipaksa untuk terbakar atau suhu di atas titik api, pembakaran mudah terjadi. Syarat-syarat bahan bakar yang baik yaitu:

1. Memiliki titik nyala (flash point) yang rendah, sehingga mudah terbakar
2. Memiliki nilai kalor yang tinggi
3. Tidak memiliki gas buang yang beracun dan berbahaya
4. Asap yang dihasilkan sedikit, tidak banyak membentuk jelaga
5. Ekonomis, mudah dalam penyimpanan dan pengangkutan
6. Memiliki efisiensi yang tinggi.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Proses pengasapan karet dipengaruhi oleh suhu, semakin besar suhu yang diberikan maka semakin cepat proses pengeringan bahan berlangsung. Rata-rata energi total pengasapan karet sebesar 2048157,567 Kj. pengamatan pertama diperoleh sebesar 2760733,7 Kj, kedua 1825892,7 Kj dan pengamatan ketiga sebesar 1556655,9 Kj.
2. Nilai efisiensi tungku pada pengamatan pertama sebesar 13,48%, kedua 8,61% dan pengamatan ketiga nilai efisiensi yang diperoleh sebesar 8,40%. Semakin kecil nilai efisiensi maka semakin besar kehilangan panasnya sehingga banyak energi yang tidak digunakan dengan baik.

5.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, disarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Untuk meningkatkan nilai efisiensi tungku pengasapan karet, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang kehilangan panas pada cerobong dan kadar air bahan bakar.
2. Jumlah bahan yang dikeringkan minimal 80% dari kapasitas ruang pengasapan, sehingga proses pengasapan menjadi efisien.
3. Perlu pengukuran suhu berbasis mikrokontroler, sehingga suhu ruang pengasapan sesuai dengan pedoman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adan, I.,U. 1998. *Membuat Tungku Bio Arang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Aji, S., O. 2013. *Studi Pengasapan Karet RSS (Ribbed Smoked Sheet)*. Jember. Skripsi : Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.
- Burlian, F. Dan Khoirullah, M.I. 2014. *Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor dan Penurunan Temperatur pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa*. Seminar Nasional Mesin Dan Industri (SNMI9) 2014.
- Harry, S. 1998. *Energi dan Elektrifikasi Pertanian*. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.
- Nazarudin dan Paimin, F. 1992. *Strategi Pemasaran Tahun 2000 Budidaya dan Pengolahan*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- Nugraha, A., 2014. *Analisis Pindah Panas Pada Sistem Pemanas Tambahan Alat Pengering Surya Hibrid-Tipe Rak Berputar Untuk Sawut Ubi Jalar*. Bogor. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Nurhakim, Y.I., dan Hani, A. 2014. *Perkebunan Karet Skala Kecil Cepat Panen*. Depok. Intra Pustaka.
- PTPN XII. 1997. *Pedoman pengolahan budidaya karet(konvensional dan latek pekat)* Kebun Kendeng Lembu Glenmore Banyuwangi.
- Sasmito, W. H. 1999. *Hubungan Efisiensi Tungku dengan Jumlah Bahan Bakar*. Tidak Diterbitkan. Skripsi. Jember: FTP-Universitas Jember.
- Suhandi, A., Rusdiana,D., Irzaman. 2013. Kajian dan Terapan Konsep Fisika dalam Desain Tungku Sekam. [Serial On-line]. https://www.researchgate.net/publication/307805330_KAJIAN_DAN_TERAPAN_KONSEP_FISIKA_DALAM_DESIGN_TUNGKU_SEKAM/1/307805330_KAJIAN_DAN_TERAPAN_KONSEP_FISIKA_DALAM_DESIGN_TUNGKU_SEKAM.pdf?origin=publication_detail. [19 Oktober 2016].
- Taib, G., Sa'id, G., dan Wiraatmadja. 1987. *Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian*. Bogor. PT. Melton Putra.
- Tim Penulis Penebar Swadaya, 2012. *Panduan Lengkap Karet*. PT Penebar Swadaya, Anggota IKAPI. Jakarta.

Lampiran 1. Data Hasil Pengamatan Suhu

Waktu ke-	Temperatur (°C)		
	ruangan	Bahan	Lingkungan
13:00	28	24	26
15:00	38,9	32,1	27,1
17:00	44,8	41	25,1
19:00	47,8	45	23,2
21:00	47,8	43,2	23,2
23:00	44,3	41,5	23,2
1:00	44,1	40,9	23,1
3:00	50,1	45,1	23,3
5:00	52,2	51,1	24,3
7:00	53,9	51,8	25,4
9:00	57,5	53,2	26,4
11:00	59	55,7	30,3
13:00	58,6	54,4	31,9
15:00	62,7	59,1	27,2
17:00	70	66,1	26,3
19:00	68,2	65,5	23,6
21:00	62,1	58,3	23,6
23:00	60,3	57,1	22,5
1:00	60,7	57,2	22,1
3:00	63,6	59,3	21,9
5:00	65,7	62,6	22
7:00	64,1	60,9	22
9:00	61,5	58,5	27,5
11:00	60,2	55,9	30
13:00	60	58,9	29,6
15:00	65,7	63,3	28,3
17:00	67,5	63,9	26,5
19:00	62,9	57,4	24,3
21:00	61	56,1	23,3
23:00	59,9	55,4	23,3
1:00	57,3	54,2	22,8
3:00	55,7	54,1	23,8
5:00	57,9	53,2	23,2
7:00	62	59,1	23
9:00	63,1	60,7	25,5
11:00	64,3	60,1	28,3
13:00	56,4	53,7	29,7
15:00	55,6	52,2	27,2
17:00	53,8	50,3	25,3
Rata-rata	28,9506494	27,1701299	12,7961039
Standart Deviasi	8,67997447	8,93558218	2,682544666

Lampiran 2. Data Penurunan Berat Bahan Sampel

Jam ke-	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Jumlah Total	Rata-rata
1	2.1	2	2.2	2.2	2	10.5	2.1
3	2	2	2	1.9	1.9	9.8	2.0
5	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	9.5	1.9
7	1.8	1.9	1.8	1.8	1.8	9.1	1.8
9	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	9	1.8
11	1.7	1.8	1.7	1.7	1.7	8.6	1.7
13	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	8.5	1.7
15	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	8.4	1.7
17	1.6	1.7	1.6	1.6	1.6	8.1	1.6
19	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	8	1.6
21	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	7.6	1.5
23	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	7.5	1.5
25	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	7	1.4
27	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	7	1.4
29	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	6.5	1.3
31	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	6.4	1.3
33	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
35	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
37	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
39	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
41	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
43	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
45	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
47	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
49	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
51	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
53	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
55	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
57	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
59	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
61	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
63	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
65	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
67	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
69	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
71	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
73	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2
75	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	6	1.2

Lampiran 3. Data penurunan kadar air.

Jam ke-	Massa Rata-rata	Berat Bahan Mutlak	Kadar Air (%bb)	Kadar Air (bk%)
0	2646	899.64	66	1.94
1	2545	899.64	65	1.83
3	2419	899.64	63	1.69
5	2394	899.64	62	1.66
7	2268	899.64	60	1.52
9	2268	899.64	60	1.52
11	2142	899.64	58	1.38
13	2142	899.64	58	1.38
15	2041	899.64	56	1.27
17	2016	899.64	55	1.24
19	1966	899.64	54	1.18
21	1890	899.64	52	1.10
23	1814	899.64	50	1.02
25	1764	899.64	49	0.96
27	1688	899.64	47	0.88
29	1638	899.64	45	0.82
31	1537	899.64	41	0.71
33	1512	899.64	41	0.68
35	1512	899.64	41	0.68
37	1512	899.64	41	0.68
39	1512	899.64	41	0.68
41	1512	899.64	41	0.68
43	1512	899.64	41	0.68
45	1512	899.64	41	0.68
47	1512	899.64	41	0.68
49	1512	899.64	41	0.68
51	1512	899.64	41	0.68
53	1512	899.64	41	0.68
55	1512	899.64	41	0.68
57	1512	899.64	41	0.68
59	1512	899.64	41	0.68
61	1512	899.64	41	0.68
63	1512	899.64	41	0.68
65	1512	899.64	41	0.68
67	1512	899.64	41	0.68
69	1512	899.64	41	0.68
71	1512	899.64	41	0.68
73	1512	899.64	41	0.68
75	1512	899.64	41	0.68

Lampiran 4. Hasil Perhitungan Efisiensi Tungku Pengasapan Pengamatan 1

Berat lembar sit	= 2464 Kg
Kadar air awal (M0)	= 0,66 %bb
Kadar air akhir (Mi)	= 0,40 %bb
Lama pengasapan	= 77 jam
Suhu rata-rata udara pengasapan	= 57 °C
Suhu rata-rata bahan (Tb)	= 54 °C
Bahan bakar kayu karet (Ck)	= 1258 kg/m ³
Bahan bakar kayu karet (Ck)	= 3.890 KJ/Kg x <u>4.186 KJ/Kg</u> 1 KJ/Kg
	= 16283.54 KJ/Kg
Berat bahan kering (bk)	= 2646 - (0.66 x 2646)
	= 2646 – 1746,36
	= 899.64
Panas uap laten (hfg)	= 2166,248 KJ/Kg

1. Energi panas yang di manfaatkan untuk menaikkan suhu bahan Q_{in}

Energi yang diberikan pada bahan

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= W_K \times N_{kb} \\
 &= 1258 \times 16283.54 \\
 &= 20484693 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

2. Panas laten penguapan (Q_{out})

Panas Jenis bahan (Cp bahan)

$$\begin{aligned}
 Cp_b &= 4.186 (0.0081 (66) + 0.2) \\
 &= 4.186 \times (0.53622) \\
 &= 2,244617 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Energi panas menaikkan suhu

$$\begin{aligned}
 Q_s &= m_{bk} \times c_{pb} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \\
 &= 2646 \times 2,244617 \times (53.8 - 28) \\
 &= 153232,8 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

Energi pemanasan air bahan

$$\begin{aligned}
 Q_w &= W_i \times C_{p_{air}} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \\
 &= 1146,6 \times 4,18 \times (53,8 - 28) \\
 &= 123653,9 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

a. Massa air yang diuapkan

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{100 (KA1 - KA2) W_k}{(100 - KA1)(100 - KA2)} \\
 &= \frac{100 (66 - 40) 899,64}{(100 - 66)(100 - 40)} \\
 &= \frac{100 \times 26 \times 899,64}{(34)(60)} \\
 &= \frac{2339064}{2040} \\
 &= 1146,6 \text{ Kgair}
 \end{aligned}$$

b. Energi untuk menguapkan lembaran sheet (panas laten penguapan)

$$\begin{aligned}
 Q_{up} &= h_{fg} \times E \\
 &= 2166,248 \text{ KJ/Kg} \times 1146,6 \\
 &= 2483820 \text{ KJ} \\
 Q_{out} &= Q_s + Q_w + Q_{up} \\
 &= 153232,8 + 123653,9 + 2483820 \\
 &= 2760707 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

4. panas yang hilang

$$\begin{aligned}
 Q_{ph} &= 100\% - \eta \\
 &= 100\% - 13,48\% \\
 &= 86,52\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ Efisiensi Tungku} &= \frac{2760707 \text{ KJ}}{20484693 \text{ KJ}} \times 100\% \\
 &= \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% = 13,48\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 5. Data Hasil Pengamatan Suhu

Waktu	Temperatur (°C)
-------	-----------------

ke-	ruangan	Bahan	Lingkungan
13:00	30,1	24	30,3
15:00	39,2	35,1	28,3
17:00	40,7	38	26,7
19:00	40,1	35	24,5
21:00	44,5	39,2	24,2
23:00	48,1	41,5	23,8
1:00	53,7	49,9	22,1
3:00	48,3	42,1	22,1
5:00	43,4	40,2	23,9
7:00	43,9	38,8	23,9
9:00	53,3	48,2	24,9
11:00	57,3	51,9	29,7
13:00	53,5	48,4	29,5
15:00	55,5	50,1	27,2
17:00	59,9	53,4	25,1
19:00	62,7	55,5	24,7
21:00	63,7	59,3	27,2
23:00	64,2	60,1	23,8
1:00	66,7	62,2	22,1
3:00	68,3	64,3	22,4
5:00	70	63,1	22,6
7:00	68,3	62,9	24,5
9:00	66,3	59,5	26,2
11:00	63,2	57,9	28,2
13:00	60,1	58,9	30,1
15:00	61,3	56,3	27,2
17:00	65,1	60,9	25,1
19:00	68,3	62,4	24,7
21:00	68,5	63,2	27,2
23:00	66,1	60,1	23,8
1:00	64,8	61,5	22,1
3:00	63,6	60,1	22,4
5:00	62,1	59,2	23,9
7:00	59,1	54,2	23,9
9:00	57,3	53	24,9
11:00	55,3	50,2	29,7
13:00	48,5	44,6	29,5
15:00	46,1	43,2	27,2
17:00	45,1	42,2	25,1
Rata-rata	28,5220779	26,1116883	12,91818182
Standart Deviasi	11,0025648	10,7536967	3,188156823

Lampiran 6. Data Penurunan Berat Bahan Sampel

Jam Ke-	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Jumlah Total	Rata-Rata
1	1.8	1.8	1.4	1.4	1.4	7.8	1.6
3	1.7	1.8	1.4	1.4	1.4	7.7	1.5
5	1.7	1.7	1.4	1.4	1.4	7.6	1.5
7	1.6	1.7	1.4	1.4	1.4	7.5	1.5
9	1.6	1.7	1.4	1.4	1.3	7.4	1.5
11	1.6	1.6	1.3	1.3	1.3	7.1	1.4
13	1.6	1.6	1.3	1.3	1.3	7.1	1.4
15	1.5	1.6	1.3	1.3	1.3	7	1.4
17	1.5	1.5	1.2	1.3	1.2	6.7	1.3
19	1.5	1.5	1.2	1.3	1.2	6.7	1.3
21	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	6.6	1.3
23	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	6.4	1.3
25	1.4	1.4	1.1	1.2	1.1	6.2	1.2
27	1.4	1.4	1.1	1.2	1.1	6.2	1.2
29	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1	5.9	1.2
31	1.3	1.3	1.1	1.1	1.1	5.9	1.2
33	1.2	1.3	1	1.1	1	5.6	1.1
35	1.2	1.2	1	1.1	1	5.5	1.1
37	1.2	1.2	1	1	1	5.4	1.1
39	1.2	1.2	1	1	1	5.4	1.1
41	1.2	1.2	0.9	1	0.9	5.2	1.0
43	1.2	1.1	0.9	1	0.9	5.1	1.0
45	1.2	1.1	0.9	1	0.9	5.1	1.0
47	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	5	1.0
49	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	5	1.0
51	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	5	1.0
53	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
55	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
57	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
59	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
61	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
63	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
65	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
67	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
69	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
71	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
73	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
75	1.2	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0

Lampiran 7. Data penurunan kadar air.

Jam ke-	Massa Rata-rata	Berat Bahan Mutlak	Kadar Air (%bb)	Kadar Air (bk%)
0	2106	903.43	57	1.33
1	2079	903.43	56	1.30
3	2052	903.43	56	1.27
5	2052	903.43	56	1.27
7	1998	903.43	55	1.21
9	1944	903.43	53	1.15
11	1917	903.43	53	1.12
13	1917	903.43	53	1.12
15	1863	903.43	51	1.06
17	1809	903.43	50	1.00
19	1782	903.43	49	0.97
21	1782	903.43	49	0.97
23	1674	903.43	46	0.85
25	1674	903.43	46	0.85
27	1620	903.43	44	0.79
29	1593	903.43	43	0.76
31	1539	903.43	41	0.70
33	1512	903.43	40	0.67
35	1485	903.43	39	0.64
37	1458	903.43	38	0.61
39	1404	903.43	36	0.55
41	1377	903.43	34	0.52
43	1377	903.43	34	0.52
45	1377	903.43	34	0.52
47	1350	903.43	33	0.49
49	1350	903.43	33	0.49
51	1323	903.43	32	0.46
53	1323	903.43	32	0.46
55	1323	903.43	32	0.46
57	1323	903.43	32	0.46
59	1323	903.43	32	0.46
61	1323	903.43	32	0.46
63	1323	903.43	32	0.46
65	1323	903.43	32	0.46
67	1323	903.43	32	0.46
69	1323	903.43	32	0.46
71	1323	903.43	32	0.46
73	1323	903.43	32	0.46
75	1323	903.43	32	0.46

Lampiran 8. Hasil Perhitungan Efisiensi Tungku Pengasapan Pengamatan 2

Berat lembar sit	= 2106 Kg
Kadar air awal (M0)	= 57 %bb
Kadar air akhir (Mi)	= 31 %bb
Lama pengasapan	= 77 jam
Suhu udara pengasapan	= 57 °C
Suhu bahan (Tb)	= 52 °C
Bahan bakar kayu karet (Ck)	= 1302 kg/m ³
Bahan bakar kayu karet (Ck)	= 3.890 KJ/Kg x <u>4.186 KJ/Kg</u> 1 KJ/Kg
	= 16283.54
Berat bahan kering (bk)	= 2101 - (0,57x 2101)
	= 2101 – 1197.57
	= 903.43
Panas uap laten (hfg)	= 2166,248 KJ/Kg

3. Energi panas yang di manfaatkan untuk menaikkan suhu bahan Q_{in}

Energi yang diberikan pada bahan

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= W_K \times N_{kb} \\
 &= 1302 \times 16283.54 \\
 &= 21201169 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

a. Panas Jenis bahan (Cp bahan)

$$\begin{aligned}
 Cp_b &= 4.1868 (0.0081 (57) + 0.2) \\
 &= 4.1868 \times (0.46332) \\
 &= 1.9398282 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

b. Energi panas menaikkan suhu

$$\begin{aligned}
 Q_s &= m_{bk} \times c_{pb} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \\
 &= 2106 \times 1.9398282 \times (45 - 30) \\
 &= 61279,175 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

c. Energi pemanasan air bahan

$$\begin{aligned}
 Q_w &= W_i \times Cp_{air} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \\
 &= 791.68 \times 4,18 \times (45 - 30) \\
 &= 49638,336 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

4. Panas laten penguapan (Q_{out})

a. Massa air yang diuapkan

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{100 (KA1 - KA2) Wk}{(100 - KA1)(100 - KA2)} \\
 &= \frac{100 (57 - 31) 903.43}{(100 - 57)(100 - 31)} \\
 &= \frac{100 \times 26 \times 903.43}{(43)(69)} \\
 &= \frac{2348918}{2967} \\
 &= 791.68 \text{ Kgair}
 \end{aligned}$$

b. Energi untuk menguapkan lembaran sheet (panas laten penguapan)

$$\begin{aligned}
 Quap &= hfg \times E \\
 &= 2166,248 \text{ KJ/Kg} \times 791.68 \\
 &= 1714975.2 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{out} &= Q_s + Q_w + Quap \\
 &= 61279,175 + 49638,336 + 1714975.2 \\
 &= 1825892,7 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

4. panas yang hilang

$$\begin{aligned}
 Q_{ph} &= 100\% - \eta \\
 &= 100\% - 8,61\% \\
 &= 91,39\%
 \end{aligned}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\begin{aligned}
 &\frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\
 &= \frac{1825892,7 \text{ KJ}}{21201169 \text{ KJ}} \times 100\% \\
 &= 8,61\%
 \end{aligned}$$

Lampiran 9. Data Hasil Pengamatan Suhu

Waktu ke-	Temperatur (°C)		
	ruangan	Bahan	Lingkungan
13:00	29	24	30,3
15:00	39	32,1	28,3
17:00	40,7	38	26,7
19:00	40,1	35	24,5
21:00	44,5	39,2	24,2
23:00	47,1	41,5	23,8
1:00	50,7	45,9	22,1
3:00	48,3	46,1	22,1
5:00	48,4	45,2	23,9
7:00	50	48,8	23,9
9:00	53,3	49,2	24,9
11:00	53,3	51,9	29,7
13:00	55,5	50,4	29,5
15:00	55,5	50,7	27,2
17:00	59,9	55,4	25,1
19:00	54,7	53,5	24,7
21:00	53,7	50,3	23,2
23:00	52,2	48,1	23,8
1:00	50	47,2	22,1
3:00	53,3	50,3	22,4
5:00	58,5	54,1	22,6
7:00	60,7	56,9	24,5
9:00	64,3	59,5	26,2
11:00	63,2	57,9	28,2
13:00	60,1	57,2	30,1
15:00	61,3	56,3	27,2
17:00	65,1	60,9	25,1
19:00	68,3	62,4	24,7
21:00	68,5	63,2	23,2
23:00	66,1	63,1	23,8
1:00	64,8	60,2	22,1
3:00	63,6	61,1	22,4
5:00	62,1	58,2	23,9
7:00	59,1	54,2	23,9
9:00	58,3	54,2	24,9
11:00	57,3	53,2	29,7
13:00	56,5	52,6	29,5
15:00	55,1	51,2	27,2
17:00	54,1	50,2	25,1
Rata-rata	27,8727273	25,8363636	12,81428571
Standart Deviasi	9,54742997	9,50316769	3,191236938

Lampiran 10. Data Penurunan Berat Bahan Sampel

Jam ke-	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	Sampel 5	Jumlah Total	Rata-Rata
1	1.8	1.4	1.4	1.4	7.8	1.6
3	1.8	1.4	1.4	1.4	7.7	1.5
5	1.7	1.4	1.4	1.4	7.6	1.5
7	1.7	1.4	1.4	1.4	7.5	1.5
9	1.7	1.4	1.4	1.3	7.4	1.5
11	1.6	1.3	1.3	1.3	7.1	1.4
13	1.6	1.3	1.3	1.3	7.1	1.4
15	1.6	1.3	1.3	1.3	7	1.4
17	1.5	1.2	1.3	1.2	6.7	1.3
19	1.5	1.2	1.3	1.2	6.7	1.3
21	1.5	1.2	1.2	1.2	6.6	1.3
23	1.4	1.2	1.2	1.2	6.4	1.3
25	1.4	1.1	1.2	1.1	6.2	1.2
27	1.4	1.1	1.2	1.1	6.2	1.2
29	1.3	1.1	1.1	1.1	5.9	1.2
31	1.3	1.1	1.1	1.1	5.9	1.2
33	1.3	1	1.1	1	5.6	1.1
35	1.2	1	1.1	1	5.5	1.1
37	1.2	1	1	1	5.4	1.1
39	1.2	1	1	1	5.4	1.1
41	1.2	0.9	1	0.9	5.2	1.0
43	1.1	0.9	1	0.9	5.1	1.0
45	1.1	0.9	1	0.9	5.1	1.0
47	1.1	0.9	0.9	0.9	5	1.0
49	1.1	0.9	0.9	0.9	5	1.0
51	1.1	0.9	0.9	0.9	5	1.0
53	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
55	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
57	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
59	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
61	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
63	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
65	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
67	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
69	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
71	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
73	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0
75	1.1	0.8	0.9	0.9	4.9	1.0

Lampiran 11. Data penurunan kadar air.

Jam ke-	Massa Rata-rata	Berat Bahan Mutlak	Kadar Air (%bb)	Kadar Air (bk%)
0	1821	910.5	50	1.00
1	1797	910.5	49	0.97
3	1774	910.5	49	0.95
5	1774	910.5	49	0.95
7	1727	910.5	47	0.90
9	1680	910.5	46	0.85
11	1657	910.5	45	0.82
13	1657	910.5	45	0.82
15	1610	910.5	43	0.77
17	1564	910.5	42	0.72
19	1540	910.5	41	0.69
21	1540	910.5	41	0.69
23	1447	910.5	37	0.59
25	1447	910.5	37	0.59
27	1400	910.5	35	0.54
29	1377	910.5	34	0.51
31	1330	910.5	32	0.46
33	1307	910.5	30	0.44
35	1284	910.5	29	0.41
37	1260	910.5	28	0.38
39	1214	910.5	25	0.33
41	1190	910.5	24	0.31
43	1190	910.5	24	0.31
45	1190	910.5	24	0.31
47	1167	910.5	22	0.28
49	1167	910.5	22	0.28
51	1144	910.5	20	0.26
53	1144	910.5	20	0.26
55	1144	910.5	20	0.26
57	1144	910.5	20	0.26
59	1144	910.5	20	0.26
61	1144	910.5	20	0.26
63	1144	910.5	20	0.26
65	1144	910.5	20	0.26
67	1144	910.5	20	0.26
69	1144	910.5	20	0.26
71	1144	910.5	20	0.26
73	1144	910.5	20	0.26
75	1144	910.5	20	0.26

Lampiran 12. Hasil Perhitungan Efisiensi Tungku Pengasapan Pengamatan

Berat lembar sit	= 1821 Kg
Kadar air awal (M0)	= 50 %bb
Kadar air akhir (Mi)	= 21 %bb
Lama pengasapan	= 77 jam
Suhu rata-raata udara pengasapan	= 55 °C
Suhu rata-rata bahan (Tb)	= 51 °C
Bahan bakar kayu karet (Ck)	= 1139 kg/m ³
Bahan bakar kayu karet (Ck)	= 3.890 KJ/Kg x <u>4.186 KJ/Kg</u> 1 KJ/Kg
	= 16283.54 KJ/Kg
Berat bahan kering (bk)	= 1821 - (0.50 x 1821)
	= 1821 – 910.5
	= 910.5 kg
Panas uap laten (hfg)	= 2166,248 KJ/Kg

5. Energi panas yang di dimanfaatkan untuk menaikkan suhu bahan Q_{in}

Energi yang diberikan pada bahan

$$\begin{aligned}
 Q_{in} &= W_K \times N_{kb} \\
 &= 1139 \times 16283.54 \\
 &= 18546952 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

Panas Jenis bahan (Cp bahan)

$$\begin{aligned}
 Cp_b &= 4.1868 (0.0081 (50) + 0.2) \\
 &= 4.1868 \times (0.40662) \\
 &= 1.7024366 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Energi panas menaikkan suhu

$$\begin{aligned}
 Q_s &= m_{bk} \times c_{pb} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \\
 &= 1821 \times 1.7024366 \times (54 - 29) \\
 &= 77503.425 \text{ KJ}
 \end{aligned}$$

Energi pemanasan air bahan

$$\begin{aligned}
 Q_w &= W_i \times Cp_{air} \times (T_{akhir} - T_{awal}) \\
 &= 668,46 \times 4,18 \times (54 - 29)
 \end{aligned}$$

$$= 69854,07 \text{ KJ}$$

6. Panas laten penguapan (Q_{out})

a. Massa air yang diuapkan

$$\begin{aligned} E &= \frac{100 (KA1 - KA2) Wk}{(100 - KA1)(100 - KA2)} \\ &= \frac{100 (50 - 21) 910.5}{(100 - 50)(100 - 21)} \\ &= \frac{100 \times 29 \times 910.5}{(50)(79)} \\ &= \frac{2640450}{3950} \\ &= 668,46 \text{ Kgair} \end{aligned}$$

b. Energi untuk menguapkan lembaran sheet (panas laten penguapan)

$$\begin{aligned} \text{Quap} &= h_{fg} \times E \\ &= 2166,248 \text{ KJ/Kg} \times 668,46 \\ &= 1448050.1 \text{ KJ} \\ Q_{out} &= Q_s + Q_w + \text{Quap} \\ &= 77503.425 + 69854,07 + 1448050.1 \\ &= 1595407.6 \text{ KJ} \end{aligned}$$

4. panas yang hilang

$$\begin{aligned} Q_{ph} &= 100\% - \eta \\ &= 100\% - 8,60\% \\ &= 91,40\% \end{aligned}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\begin{aligned} &\frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{1595407.6 \text{ KJ}}{18546952 \text{ KJ}} \times 100\% \\ &= 8,60\% \end{aligned}$$

LAMPIRAN GAMBAR



Kondisi tungku pengasapan karet



Pengukuran berat sampel lembar sit karet



Lembar sit karet sebelum proses pengasapan



Pengukuran bahan bakar kayu



Pengukuran suhu ruang pengasapan



Pengukuran berat sampel lembar sit karet



Kondisi lembar sit diruang pengasapan



Lembar sit karet hasil proses pengasapan