



**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PROSES PEMBUATAN TAHU
BERBAHAN BAKAR SEKAM PADI
(Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan,
Kabupaten Bondowoso)**

SKRIPSI

Oleh

Shandy Firman Hadi

NIM 121710201102

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

2017



**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PROSES PEMBUATAN TAHU
BERBAHAN BAKAR SEKAM PADI
(Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan,
Kabupaten Bondowoso)**

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

Shandy Firman Hadi

NIM 121710201102

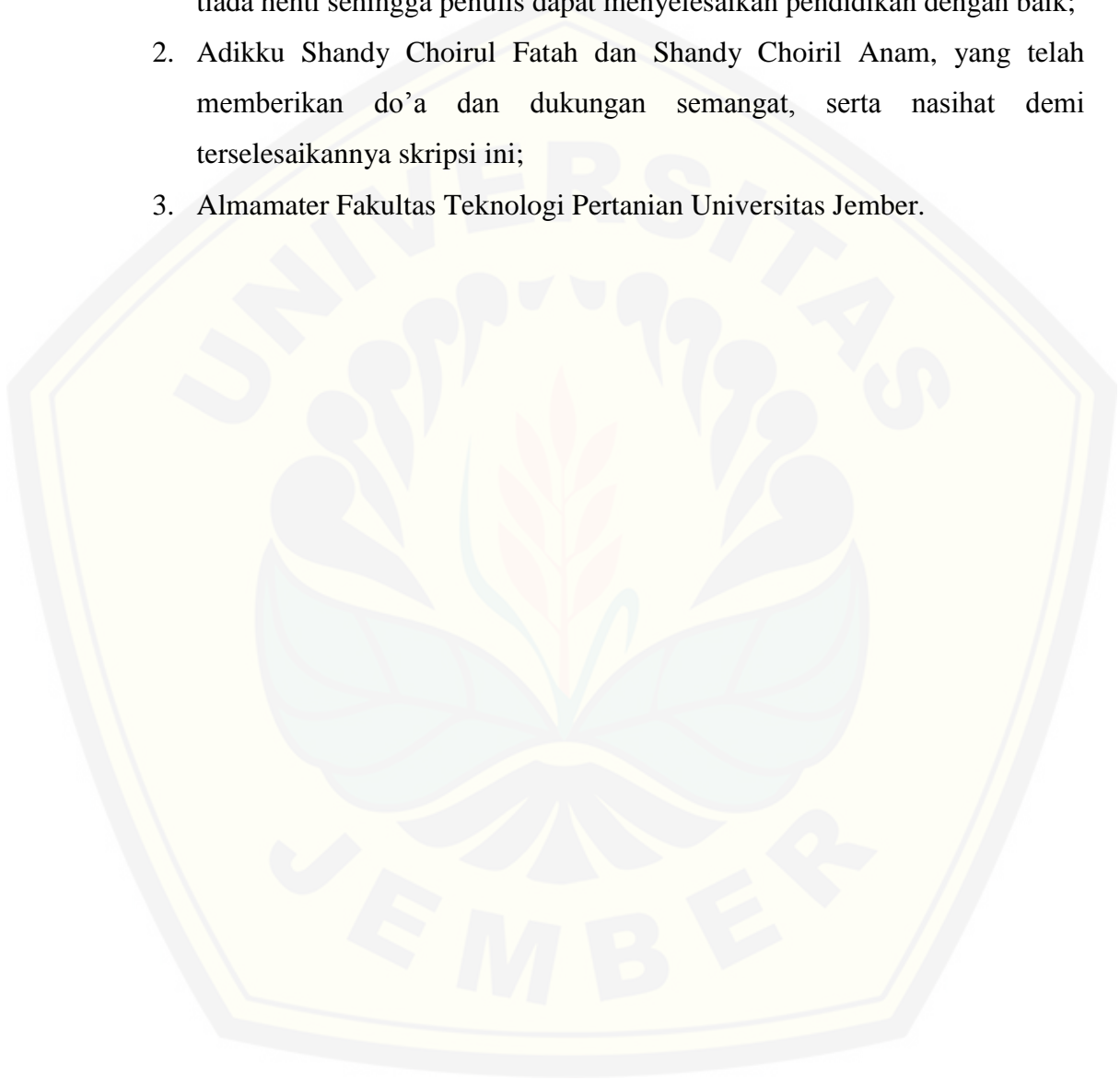
**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Siti Suharsih dan Ayahanda Mulyadi tercinta yang senantiasa memberikan dukungan berupa semangat, material, dan do'a terbaik yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik;
2. Adikku Shandy Choirul Fatah dan Shandy Choiril Anam, yang telah memberikan do'a dan dukungan semangat, serta nasihat demi terselesaikannya skripsi ini;
3. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.



MOTTO

“Barangsiapa bertakwa pada Allah, maka Allah memberikan jalan keluar kepadanya dan memberi rezeki dari arah yang tidak disangka-sangka. Barang siapa yang bertaqwa pada Allah, maka Allah jadikan urusannya menjadi mudah. barang siapa yang bertaqwa pada Allah akan dihapuskan dosa-dosanya dan mendapatkan pahala yang agung”

(QS. Ath-Thalaq: 2, 3, 4)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shandy Firman Hadi

NIM : 121710201102

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Analisis Efisiensi Energi Proses Pembuatan Tahu Berbahan Bakar Sekam Padi” (Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan, Kabupaten Bondowoso)” 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,
Yang menyatakan,

Shandy Firman Hadi
NIM 121710201102

SKRIPSI

**ANALISIS EFISIENSI ENERGI PROSES PEMBUATAN TAHU
BERBAHAN BAKAR SEKAM PADI**

**(Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan,
Kabupaten Bondowoso)**

Oleh:

Shandy Firman Hadi

NIM 121710201102

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Setiyo Harri, M.S.

Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Analisis Efisiensi Energi Proses Pembuatan Tahu Berbahan Bakar Sekam Padi” (Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan, Kabupaten Bondowoso)” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : 09 Mei 2017

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Ir. Setiyo Harri, M.S.

Dr. Dedy Wirawan Soediby, S.TP., M.Si.

NIP 195309241983031001

NIP 197407071999031001

Tim Penguji

Ketua,

Anggota,

Dr. Soni Sisbudi Harsono., M.Eng. M.Phil.

Dr. Nasrul Ilminnafik S.T., M.T.

NIP 196412311989021040

197111141999031002

Mengesahkan

Dekan,

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

NIP. 196809231994031009

RINGKASAN

Analisis Efisiensi Energi Bahan Bakar Sekam Padi pada Proses Pembuatan Tahu Berbahan Bakar Sekam Padi” (Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan, Kabupaten Bondowoso); Shandy Firman Hadi; 121710201102; 2016; 31 halaman; Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Home industri tahu sebagai tempat penelitian merupakan sumber penghasilan utama untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari pemilik dan beberapa karyawannya. Home industri tersebut masih menggunakan tungku tradisional dengan bahan bakar limbah pertanian berupa sekam padi. Selama ini masih belum ada yang menganalisis tentang keefisienan energi yang dihasilkan bahan bakar tersebut dalam proses pemasakan bubur kedelai yang akan diolah menjadi tahu. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian tentang analisis efisiensi energi berbahan bakar sekam padi untuk mengetahui jumlah bahan bakar yang digunakan maupun yang terbuang dalam proses pemasakan bubur kedelai dan mengetahui faktor-faktor yang mengurangi efisiensi energi bahan bakar. Penelitian ini dilaksanakan di Desa Tamanan Kecamatan Tamanan Kabupaten Bondowoso pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2016. Untuk dapat mengetahui analisis efisiensi energi bahan bakar Home Industri tahu maka dilakukan analisis dengan tolak ukur yaitu kebutuhan bahan bakar sekam padi, pengukuran suhu bahan olahan dan kebutuhan bubur kedelai. Hasil penelitian ini yang diperoleh meliputi hasil pengukuran suhu tiap 2 menit yang menunjukkan peningkatan nilai suhu seiring bertambahnya waktu pemasakan. Sehingga hubungan antara suhu bubur kedelai dan waktu pemanasan dapat didekati dengan kurva pertumbuhan dengan tiga persamaan yaitu, persamaan Hari Sabtu $W_t = 100 - e(4,6412 - 0,1668 x)$, Hari Minggu $W_t = 100 - e(4,5013 - 0,128 x)$, dan Hari Senin $W_t = 100 - e(4,6051 - 0,1492 x)$. Kebutuhan bahan bakar sekam padi untuk pemasakan bubur kedelai yaitu pada Hari Sabtu 23,5 kg, Hari Minggu 25,7 kg, dan Hari Senin 24,3

kg. Berdasarkan nilai kebutuhan bahan bakar sekam padi dapat diketahui energi bahan bakar sekam padi yang dibutuhkan untuk memasak bubur kedelai yaitu pada Hari Sabtu 316,36 MJ, Hari Minggu 345,53 MJ dan Hari Senin 327,58 MJ. Sedangkan energi yang dimanfaatkan untuk memasak bubur kedelai diperoleh dari penjumlahan energi untuk menaikkan suhu bubur kedelai dan energi untuk menguapkan air saat proses pemasakan bubur kedelai. Nilai energi yang dimanfaatkan yaitu, pada Hari Sabtu, 91,17 MJ, Hari Minggu 77,08 MJ, dan Hari Senin 69,98 MJ. Sehingga dari data energi bahan bakar dan energi yang dimanfaatkan diperoleh nilai efisiensi pada Hari Sabtu nilai efisiensi sebesar 29,3 %, Hari Minggu sebesar 22,3% dan Hari Senin sebesar 21,3%. Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata efisiensi tungku tradisional berbahan bakar sekam padi pada home industri tahu tersebut adalah 24,32 % . Nilai tersebut menunjukkan bahwa 24,32 % dari keseluruhan energi bahan bakar sekam yang dimanfaatkan untuk memasak bubur kedelai dan sebanyak 75,68% dari keseluruhan energi bahan bakar hilang atau terbuang ke lingkungan.

SUMMARY

Analysis of Energy Efficiency with Rice Husk Fuel in the Tofu Industry (A Case Study in the Tamanan Village, Tamanan Subdistrict, Bondowoso Regency); Shandy Firman Hadi; 121710201102; 2016; 32 pages; Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember.

Tofu Home Industry is the main income to defraying the daily needs of the owner and employees. Home industry is still using traditional furnace with rice husk as fuel. So far no one analyzes the efficiency of rice husk fuel energy. Therefore, it is necessary to do research to analyzes of rice husk fuel's energy efficiency. The purpose of this research were to determine the amount of rice husk fuel used and thrown during the soy porridge cooking process, also to determine some factors that cause energy efficiency decreasing. This research was conducted in the Tamanan Village, Tamanan District, Bondowoso Regency at June to

August 2016. The variables needed to analyze the furnace were the amount of rice husk fuel, the amount of soy porridge, and the temperature of soy porridge. In this research the temperature was measured every 2 minutes. The data showed an increase in the value of temperature with the increasing time of cooking so, The relationship between soy porridge temperature and heating time can be approximated with a growth curve divide in three equations, namely, Saturday equations can be written by , Sunday equations can be written by , and Monday equations can be written by . Rice husk fuel requirements for cooked soy porridge on Saturday were, 23.5 kg, 25.7 kg Sunday and Monday was 24.3 kg. Based on the value of rice husk fuel used rice husk fuel energy required to cook porridge soy was on Saturday 316,36 MJ, Sunday was 345,53 MJ and Monday was 327,58 MJ. While energy utilized for cooking soy porridge derived from the sum of the energy to raise the temperature of the soy porridge and energy to evaporate water during the cooking process. The utilized energy value, on Saturday was 91,17 MJ , on Sunday was 77,08 MJ and Monday was 69,98 MJ. Based on the data from rice husk fuel energy and the utilized energy , the efficiency values obtained on Saturday was 29.3%, on Sunday was 22.3% and on Monday was 21.3%. Based on the results, the average value of the traditional furnace fueled with rice husk produced 24.32% efficiency. That value indicated that 24.32% of the total fuel energy husks used for cooking soy porridge and 75.68% of it was lost or wasted into the environment.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT., atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Efisiensi Energi Berbahan Bakar Sekam Padi pada Industri Tahu” (Studi Kasus di Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan, Kabupaten Bondowoso). 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. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ir. Setiyo Harri, M.S., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan tenaga, waktu, dan pikiran, serta penuh kesabaran dalam membimbing penulis, sehingga terselesaikannya karya ilmiah ini;
2. Dr. Dedy Wirawan Suedibyo, S.TP., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini;
3. Dr. Soni Sisbudi H., M.Eng. M.Phil, selaku Dosen Penguji Ketua yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Dr. Nasrul Ilimafik S.T., M.T, Selaku Dosen Penguji Anggota yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Prof. Dr. Indarto S.TP., DEA, selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
6. Seluruh dosen pengampu Matakuliah, terima kasih atas ilmu dan pengalaman yang diberikan serta bimbingan selama studi di Fakultas Teknologi Pertanian;
7. Seluruh staf dan karyawan di lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian, terima kasih atas bantuan dalam mengurus administrasi dan lainnya;
8. Junaida, S.Pd. yang sangat membantu penulis mulai dari pengambilan data hingga analisis data serta do'a, nasihat dan dukungan dengan penuh kesabaran;

9. Keluarga Ibu Misjati, yang telah memberikan izin dan kesempatan dalam penelitian;
10. Adikku Febby Yulian Sudaryono yang telah membantu dalam pengambilan data dan memberikan dukungan semangat;
11. Teman-teman kontrakan Anggi, Niko, Dika yang telah memberikan keceriaan, kebersamaan dan kebahagiaan selama ini;
12. Teman tep c, Fikih, Findi, Bagus, Megi, Tumin, Yono, Yasin, Anggi, Fifah, Aisah, Ayuk, Izza, Sofa, Dini, Rian, Yuski, Teguh yang telah menemani selama ini dalam suka dan duka bersama;
13. Teman-teman KKN, Hammam, Iyakka, Zulfi, Intan, Qonita, Raisa, Viga, Erika, Apung yang telah memberikan pentingnya kebersamaan;
14. Teman-teman Magang, Rendi, Mastuki, Teguh, Widad yang telah memberikan keceriaan, keseruan bersama;
15. Teman-teman seperjuangan Teknologi Pertanian Angkatan 2012 tercinta;
16. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT. melimpahkan rahmat dan hidayah Nya kepada mereka semua. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua.

Jember, 16 Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	vi
HALAMAN PEMBIMBING	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Kedelai	3
2.2 Bahan Yang Digunakan Dalam Pembuatan Tahu	5
2.2.1 Kedelai	5
2.2.2 Bahan Penggumpal	5
2.2.3 Air	5
2.3 Proses Pembuatan Tahu	6
2.4 Sekam Padi.....	7
2.5 Tungku	7
2.5.1 Macam-macam Tungku	8

	Halaman
2.5.1 Tungku Berbahan Bakar Sekam Padi	9
2.6 Dasar-dasar Pindah Panas	9
2.6 Konduksi	9
2.6 Konveksi	10
2.6 Radiasi	10
2.7 Review Tentang Penelitian Efisiensi Energi.....	10
2.7 Prinsip-prinsip Pembakaran.....	12
2.8.1 Bahan Bakar	12
2.8.2 Proses Pembakaran	12
2.8.3 Pembakaran Tiga T.....	14
BAB 3. METODOLOGI	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Bahan	15
3.3 Tahapan Penelitian	16
3.3.1 Diagram Alur Penelitian	16
3.3.2 Pengambilan Data	17
3.4 Karakteristik Data yang Diraih	18
3.5 Analisis Data	18
3.5.1 Energi Bahan Bakar Sekam Padi	18
3.5.2 Energi yang Dimanfaatkan atau Energi Pakai Keseluruhan	18
3.5.3 Efisiensi Tungku	20
3.5.4 Panas yang Hilang	20
3.6 Analisis Grafik	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Pelaksanaan Penelitian	22
4.2 Energi Bahan Bakar	23
4.3 Energi yang Dimanfaatkan dalam Proses Pemasakan Bubur	23

Kedelai	24
4.3.1 Energi Untuk Meningkatkan Suhu Bubur Kedelai (Q_p).....	24
4.3.2 Energi Untuk Menguapkan Air (Q_{puap})	24
4.3.3 Energi Total Untuk Memasak Bubur Kedelai (Q_{out})	25
4.4 Efisiensi Tungku	26
4.5 Kehilangan Panas.....	28
4.5.1 Konduksi	29
4.5.2 Konveksi dan Radiasi	30
4.6 Hasil Analisis Grafik.....	30
BAB 5. PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN	36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Pengamatan.....	14
Tabel 4.1 Jumlah Bahan Bakar Sekam Padi (kg) yang Dibutuhkan Untuk Memasak Bubur Kedelai.....	20
Tabel 4.2 Jumlah Kalor (Joule) Yang yang Dibutuhkan Untuk Memasak Bubur Kedelai.	20
Tabel 4.3 Jumlah Bubur Kedelai yang Dimasak.....	21
Tabel 4.4 Jumlah Nilai Kalor Untuk Menaikkan Suhu.....	21
Tabel 4.5 Jumlah Air yang Menguap	21
Tabel 4.6 Energi Untuk Menguapkan Air.....	22
Tabel 4.7 JumlahEnergi Total Untuk Memasak Bubur Kedelai	22
Tabel 4.8 Perhitungan Efisiensi Perhar.....	23
Tabel 4.9 Kehilangan Panas	25

DAFTAR GAMBAR

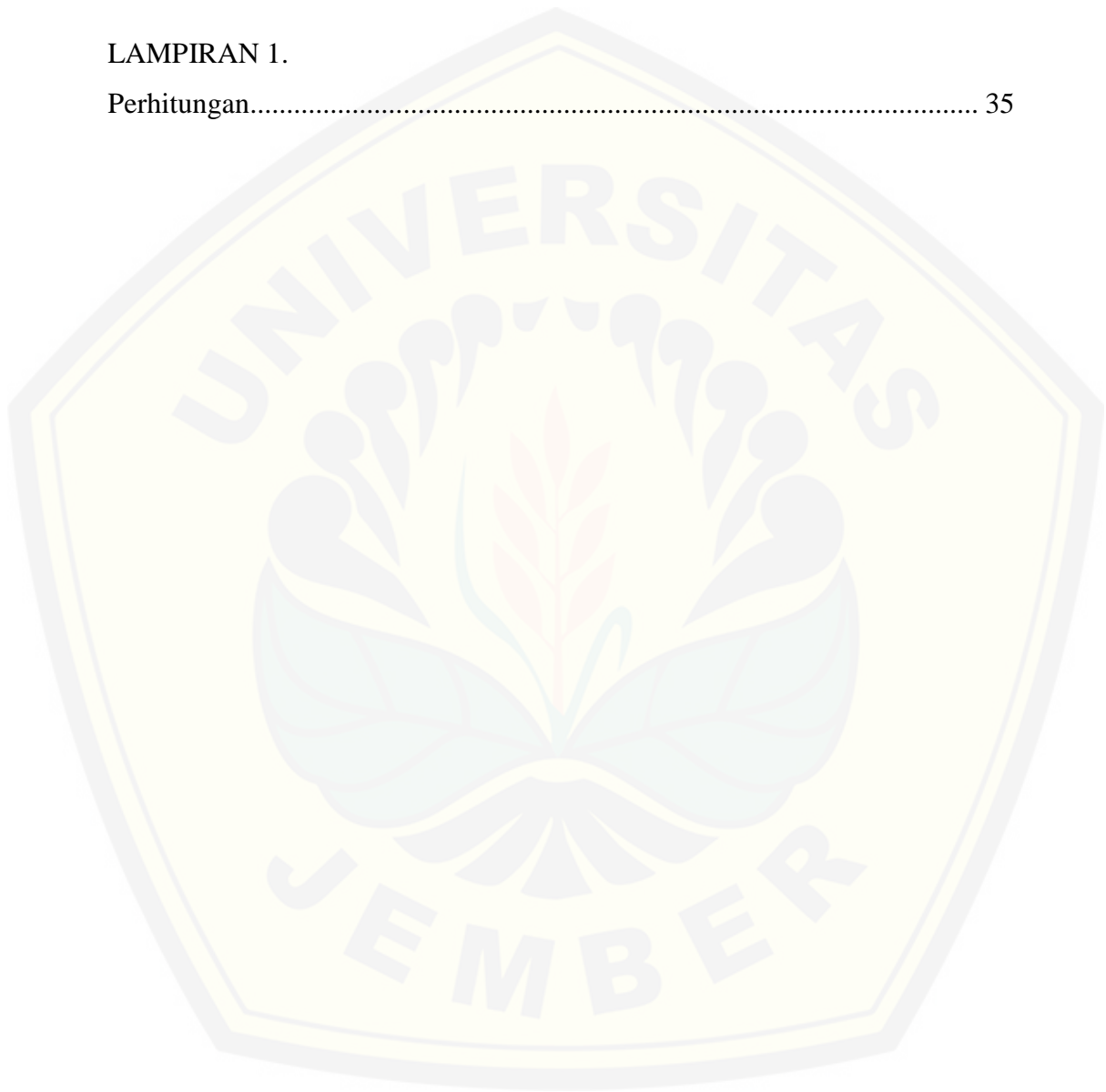
	Halaman
Gambar 2.1 Tungku Sekam Padi	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 4.1 Hubungan Hari Proses Dengan Efisiensi Tungku	25
Gambar 4.2 Grafk Hubungan Waktu dan Kenaikan Suhu	28
Gambar 4.3 Grafk Hubungan Waktu dan Kenaikan Suhu	29
Gambar 4.4 Grafk Hubungan Waktu dan Kenaikan Suhu	29

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

LAMPIRAN 1.

Perhitungan..... 35



BAB 1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Jumlah *home industri* tahu di Kecamatan Tamanan tergolong cukup banyak. Menurut data yang diperoleh dari Pembangunan Masyarakat Daerah Kecamatan Tamanan, jumlah *home industri* tahu berjumlah 33. Industri tersebut memproduksi tahu melalui tahapan-tahapan pembuatan tahu seperti pada umumnya yaitu: perendaman, pencucian kedelai, penggilingan, pemasakan, penyaringan, pengendapan dan penambahan asam cuka, pencetakan dan pengepresan (Dahana dan Warisno, 2010).

Industri tersebut merupakan sumber penghasilan utama untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari pemilik dan beberapa karyawannya. Hal ini terbukti dari hasil observasi dengan pemilik dan karyawan dari beberapa industri yang mengatakan bahwa mereka tidak memiliki pekerjaan lain selain mengurus dan menjadi buruh industri tersebut.

Berdasarkan hasil observasi, keuntungan yang maksimal sangat diharapkan agar dapat meningkatkan pendapatan. Salah satu cara meraih keuntungan maksimal adalah dengan mengurangi biaya produksi tetapi tanpa mengurangi kualitas produk yang dihasilkan. Terdapat beberapa macam biaya dalam produksi tahu, diantaranya biaya bahan baku, bahan bakar, dan biaya transportasi. Salah satu caranya adalah mengurangi biaya produksi dengan menghemat bahan bakar. dengan memaksimalkan penggunaan energi panas dari bahan bakar saat proses pemasakan bubur kedelai

Tungku yang digunakan dalam proses pembuatan tahu merupakan tungku tradisional dan belum banyak dilakukan penelitian. Bahan bakar yang digunakan pada proses pemasakan dalam produksi tahu di Desa Tamanan adalah sekam padi limbah pertanian. Sedangkan alat untuk proses pembakaran adalah tungku.

Dari uraian masalah maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis efisiensi energi bahan bakar dan menemukan faktor-faktor negatif saat proses pemasakan bubur kedelai penyebab pembakaran tidak sempurna.

1.2 Rumusan Masalah

Analisis efisiensi energi bahan bakar pada produksi tahu mempunyai peranan penting dalam mengetahui seberapa banyak kalor dari bahan bakar yang terbuang dan dibutuhkan untuk memasak bubur kedelai. Sehingga dapat mengurangi faktor-faktor negatif saat proses pemasakan bubur kedelai.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

1. Bahan bakar yang digunakan adalah limbah pertanian berupa sekam padi
2. Tungku yang digunakan adalah tungku tradisional
3. Karakteristik data yang diraih yaitu kalor bahan bakar, kalor menaikkan suhu bubur kedelai, kalor menguapkan suhu bubur kedelai

1.4 Tujuan

Penelitian studi efisiensi energi ini mempunyai tujuan yaitu sebagai berikut:

1. Mengetahui banyaknya bahan bakar sekam padi yang digunakan selama proses pemasakan bubur kedelai.
2. Mengetahui jumlah energi yang dipakai untuk memasak bubur.
3. Mengetahui faktor-faktor negatif penyebab pembakaran tidak sempurna

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan banyak manfaat yaitu, bagi peneliti menambah wawasan mengenai efisiensi energi bahan bakar, panas yang hilang dan nilai kalor bahan bakar. Sedangkan bagi perusahaan sebagai masukan untuk melakukan perbaikan terhadap tungku agar dapat meningkatkan pendapatan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kedelai

Kebutuhan kedelai di Indonesia setiap tahun selalu meningkat seiring dengan pertambahan penduduk dan perbaikan pendapatan perkapita. Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia (2015), data produksi tanaman kedelai nasional yaitu mencapai 982.967 ton, oleh karena itu diperlukan suplai kedelai tambahan yang harus diimpor karena produksi dalam negeri belum dapat mencukupi kebutuhan tersebut. Lahan budidaya kedelai pun diperluas dan produktivitasnya ditingkatkan.

Menurut Cahyadi (2007:6), biji tanaman kedelai yang berbentuk polong seperti kacang-kacangan ini, memiliki kandungan berbagai zat seperti lemak tak jenuh linoleat, oleat, arkhidat serta zat lain. Kedelai memiliki kandungan protein yang tinggi kedelai mengandung protein 35%, bahkan pada varietas unggul kadar proteinnya dapat mencapai 40-43% dibandingkan dengan beras, jagung, tepung singkong, kacang hijau, daging, ikan segar, dan telur ayam. Komposisi lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel. 2.1 Komposisi Kimia Biji Kedelai Kering Per 100 gram

Komponen	Jumlah
Kalori (kkal)	331,0
Protein (gram)	34,9
Lemak (gram)	18,1
Karbohidrat (gram)	34,8
Kalsium (mg)	227,0
Fosfor (mg)	585,0
Besi (mg)	8,0
Vitamin A (SI)	110,0
Vitamin B1 (mg)	1,1
Air (gram)	7,5

Sumber: Cahyadi (2007:6)

Kedelai banyak dikonsumsi oleh orang sebagai salah satu alternatif untuk menggantikan protein hewani yang relatif lebih mahal. Kedelai termasuk famili *leguminosae* (kacang-kacangan).

Menurut Cahyadi (2007:7), klasifikasi lengkapnya sebagai berikut:

Devisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Polypetales

Famili : Leguminosae

Genus : *Glycine*

Spesies : *Glycine max L.*

Tanaman kedelai sangat peka terhadap perubahan faktor lingkungan tumbuh, khususnya tanah dan iklim. Tanaman kedelai dapat tumbuh dengan baik pada tanah subur dengan suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu 30°C dengan curah hujan sekitar 400 mm selama 3-4 bulan pertanamannya dan ketinggian dibawah 1.000 m diatas permukaan laut (Cahyadi, 2007:8).

Disamping suhu tanah, suhu lingkungan juga berpengaruh terhadap perkembangan tanaman kedelai. Bila suhu lingkungan sekitar 40°C pada masa tanaman berbunga, bunga tersebut akan rontok sehingga jumlah polong dan biji kedelai yang terbentuk juga menjadi berkurang. Suhu yang terlalu rendah 10°C, seperti pada daerah subtropis, dapat menghambat proses pembungaan dan pembentukan polong kedelai. Suhu lingkungan optimal untuk pembungaan bunga yaitu 24 -25°C.

Panen kedelai dilakukan apabila sebagian besar daun sudah menguning, tetapi bukan karena serangan hama atau penyakit lalu gugur, buah mulai berubah warna dari hijau menjadi kuning kecoklatan dan retak, atau polong sudah kelihatan tua, batang berwarna kuning agak coklat dan gundul (rontok). Panen yang terlambat akan merugikan, karena banyak buah yang sudah tua dan kering, sehingga kulit polong pecah dan biji lepas berhamburan. Disamping itu buah akan

gugur akibat tangkai buah mengering dan lepas dari cabangnya. Perlu diperhatikan umur kedelai yang akan dipanen yaitu sekitar 75-110 hari, tergantung pada varietas dan ketinggian tempat. Perlu diperhatikan, kedelai yang akan digunakan sebagai bahan konsumsi dipetik pada usia 75-100 hari, sedangkan untuk dijadikan benih dipetik pada umur 100-110 hari, agar kemasakan biji sempurna dan merata (Cahyadi, 2007:8-9).

2.2 Bahan yang Digunakan dalam Pembuatan Tahu

Bahan-bahan yang digunakan untuk membuat tahu tidak terlalu banyak di antaranya kedelai, bahan penggumpal (asam cuka) dan air.

2.2.1 Kedelai

Kedelai merupakan bahan utama pembuatan tahu. Dalam pembuatan tahu ini, kedelai akan diekstraksi sarinya, kemudian digumpalkan proteinnya. Sebagian besar pengrajin tahu lebih menyukai kedelai kuning daripada kedelai hitam karena mudah diperoleh dan ukuran biji lebih besar sehingga lebih mudah diolah (Dahana dan Warisno, 2010:39).

2.2.2 Bahan Penggumpal

Bahan penggumpal digunakan untuk mengendapkan atau menggumpalkan protein sari kedelai. Bahan penggumpal yang digunakan yaitu asam cuka. Pada beberapa pengrajin tahu, bahan yang digunakan dalam penggumpalan yaitu air biang yang diperoleh dari pengendapan tahu sebelumnya. Biasanya air biang ini dipisahkan dari endapan tahu sebelum tahu tersebut dicetak (Dahana dan Warisno, 2010:39).

2.2.3 Air

Air berperan sangat penting dalam pembuatan tahu. Air digunakan untuk mencuci, merendam, dan merebus kedelai sehingga untuk membuat sari kedelai air yang digunakan sebaiknya berupa air bersih yang berasal dari sumur atau

sumber air yang belum tercemar. Air yang mengandung kaporit kurang baik untuk menghasilkan tahu yang berkualitas baik (Dahana dan Warisno, 2010:40).

2.3 Proses Pembuatan Tahu

Pembuatan tahu cukup mudah, tetapi harus memperhatikan kebersihan bahan baku dan proses. Bahan baku dan proses yang kurang bersih akan menyebabkan tahu tidak tahan lama dan cepat masam. Menurut Dahana dan Warisno (2010:41-45), langkah-langkah pembuatan tahusebagai berikut.

1. Siapkan bahan baku pembuatan tahu dengan perbandingan 5 kg biji kedelai, asam cuka sebanyak 3 ml/liter sari kedelai, dan air secukupnya.
2. Lakukan penyortiran biji kedelai agar yang digunakan merupakan kualitas biji terbaik.
3. Cuci biji kedelai hingga bersih lalu rendam menggunakan air bersih selama 8 jam, air yang digunakan untuk merendam harus cukup banyak minimum 3 liter air bersih untuk 1 kg biji kedelai.
4. Cuci kembali biji kedelai berkali-kali hingga bersih dan lendirnya hilang. Pencucian yang kurang bersih akan menyebabkan tahu menjadi masam. Pencucian sebaiknya menggunakan air yang mengalir.
5. Giling biji kedelai menggunakan alat penggiling. Tambahkan air panas sedikit demi sedikit pada saat menggiling. Perbandingan biji kedelai dan air panas sekitar 1 : 8-10. Artinya 1 kg kedelai digiling dengan 8-19 liter air panas. Penggilingan dengan air panas akan menghasilkan bubur kedelai.
6. Panaskan/masak bubur kedelai hingga muncul gelembung-gelembung kecil (tidak sampai mendidih), kemudian angkat dan biarkan agak dingin (suamsuam kuku).
7. Saring bubur kedelai yang sudah agak dingin menggunakan kain saring hingga diperoleh sari kedelai dan ampas. Sementara itu, ampasnya dapat diolah kembali menjadi tepung kedelai, tempe gajes atau pakan ternak.

8. Tambahkan asam cuka sebanyak 3 ml/liter ke dalam sari kedelai yang dihasilkan. Untuk 1 kg kedelai diperoleh 8 liter sari kedelai, sehingga asam cuka yang diperlukan sebanyak 24 ml. Aduk menggunakan pengaduk kayu hingga tercampur rata. Kemudian diamkan airnya akan mengendap, sedangkan protein kedelai akan menggumpal di atas. Umumnya penggumpalan terjadi tidak begitu lama, sekitar 10-15 menit. Ambil gumpalan ini sedikit demi sedikit untuk dicetak dengan alat pencetak.
9. Lakukan pengepresan menggunakan batu atau pemberat lainnya hingga tahu menjadi padat. Tempatkan tahu yang telah terbentuk di rak bambu untuk mengentaskan airnya.
10. Potong tahu sesuai keinginan, agar tahu lebih awet dapat direbus atau digoreng terlebih dahulu sebelum dipasarkan.

2.4 Sekam Padi

Sekam padi dihasilkan dari proses penggilingan padi. Sebagai limbah, sekam seringkali menimbulkan permasalahan. Padahal sekam sangat berpotensi sebagai sumber bahan baku energi alternative yang murah bagi masyarakat. Sekam adalah bagian terluar dari butiran padi yang merupakan hasil samping saat proses penggilingan padi. Sekitar 20-30 % dari bobot padi adalah sekam. Produksi sekam padi dalam negeri sangat besar karena sebagian besar masyarakat Indonesia menjadikan beras sebagai makanan pokok. Komposisi kimiawi sekam padi yaitu: kadar air 9.02 %, protein kasar 3.03 %, lemak 1.18 %, serat kasar 35.68 %, abu 17.71 %, karbohidrat kasar 33.71 %, karbon (zat arang) 1.33%, hydrogen 1.54 %, oksigen 33.64 %, silica 16.98 % (Hambali *et al.*, 2007:79).

2.5 Tungku

Sebagian besar masyarakat pedesaan di Indonesia saat ini masih menggunakan tungku untuk memenuhi kebutuhan energi untuk memasak di rumahnya masing-masing. Tungku merupakan sebuah peralatan memasak yang

digunakan untuk mengkonversi energi potensial biomassa menjadi energi panas untuk digunakan untuk keperluan memasak.

2.5.1 Macam-macam Tungku

Tungku sudah lama dikenal dan digunakan oleh masyarakat. Bahan-bahan yang digunakan dan model-mode (bentuk) yang dikembangkan beraneka macam, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Tungku dikembangkan dalam berbagai aneka bentuk dan peralatan yang canggih. Bahan bakar atau sumber panas yang dipergunakan pun bermacam-macam (Adan, 1998:9).

a. Tungku Modern

Tungku modern adalah 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 batubara, dan sebagainya. Contoh yang termasuk dalam tungku modern adalah kompor minyak, kompor listrik, kompor gas, tungku briket batu bara, dan sebagainya. Semua jenis pemanas atau tungku modern harganya relatif mahal dan bahan bakar yang dipakai pun mahal (Adan, 1998:10).

b. Tungku Tradisional

Tungku tradisional adalah tungku yang umumnya menggunakan bahan bakar kayu atau arang kayu. Tungku tradisional umumnya digunakan oleh masyarakat desa atau pedagang-pedagang makanan tradisional. Contoh tungku tradisional adalah anglo dan tungku tiga batu. Biaya pembuatan dan pengoprasian jenis-jenis tungku tradisional ini relatif murah karena bahan bakarnya (kayu dan arang kayu) banyak tersedia. Tetapi jika kayu dan arang kayu tidak cukup tersedia, maka biaya operasional tungku ini menjadi mahal, terutama jika diperhitungkan banyaknya energi panas yang terbuang sia-sia (Adan, 1998:10-11).

2.5.2 Tungku Berbahan Bakar Sekam Padi

Tungku sekam padi biasanya digunakan dalam proses produksi industri. Bahan bakar utama yang digunakan yaitu sekam padi yang sudah dikeringkan terlebih dahulu sebelum digunakan. Bahan atau material yang digunakan dalam membuat tungku ini berupa tanah liat dan batu bata. Tungku ini biasanya digunakan dalam industri menengah kebawah dikarenakan bahan pembuatannya murah dan bahan bakar yang digunakan mudah didapatkan.



Gambar 2.1 Tungku Berbahan Bakar Sekam Padi

(Sumber: gambar hasil observasi).

2.6 Dasar-dasar Pindah Panas

2.6.1 Konduksi

Jika pada suatu benda terdapat gradien suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian suhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Dalam hal ini energi berpindah secara konduksi (*conduction*) atau hantaran dan laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradien suhu normal

$$\frac{q}{A} = -\frac{\partial T}{\partial x} \dots \dots \dots (2.1)$$

Maka didapatkan persamaan pindah panas konduksi dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$q = -kA \frac{\partial T}{\partial x} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

q = laju kalor

T = suhu

k = koefisien konduktivitas bahan

x = tebal bahan yang dilalui panas

2.6.2 Konveksi

Perpindahan kalo konveksi bergantung pada viskositas fluida disamping ketergantungannya kepada sifat-sifat termal fluida itu seperti konduktivitas termal, kalor spesifik, densitas. Hal ini karena viskositas mempengaruhi profil kecepatan sehingga mempengaruhi laju kecepatan energi didaerah dinding tungku

Persamaan dasar untuk menghitung pindah panas secara konveksi adalah:

$$q = hA(T_s - T_a) \dots \dots \dots (2.3)$$

2.6.3 Radiasi

Radiasi yaitu mengalirnya panas dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah

Menurut Holman (1991), pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*black body*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan. Jadi,

$$q = \sigma AT^4 \dots \dots \dots (2.4)$$

2.7 Review Tentang Penelitian Efisiensi Energi

Kartikawati (2005) mengadakan penelitian tentang efisiensi energi proses pemasakan gula kelapa menggunakan kompor bertekanan dan tungku tradisional. Penelitian dengan tungku tradisional dilaksanakan di PTPN XII, Kebun Kalitelepak Banyuwangi sedangkan penelitian menggunakan kompor bertekanan dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Alat dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi bahan bakar dari kedua tungku tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kompor bertekanan memiliki nilai efisiensi lebih besar daripada tungku tradisional.

Peneliti lain juga mengadakan penelitian tentang hubungan efisiensi energi tungku dengan jumlah bahan bakar. Penelitian tersebut dilaksanakan di Desa Karanganyar Kecamatan Ambulu Kabupaten Jember dan dilaksanakan di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan antara pemakaian bahan bakar dan efisiensi tungku yang digunakan pada proses pembakaran. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa dalam proses pembakaran bahan bakar terdapat energi yang tidak termanfaatkan akibat adanya abu sisa pembakaran bahan bakar dan kebocoran tungku dalam sistem tungku. Tungku dengan ukuran yang lebih besar mempunyai nilai efisiensi yang lebih besar daripada tungku dengan ukuran yang lebih kecil, dengan bahan bakar yang sama mengakibatkan banyak panas yang terbuang secara konveksi daripada panas yang termanfaatkan. Efisiensi tungku semakin besar seiring dengan perbandingan penambahan jumlah bahan bakar dan oksigen yang kecil mengakibatkan banyak panas yang terbuang daripada panas yang termanfaatkan (Sasmito, 1999).

Suhaeli (2014) juga melakukan penelitian tentang analisis efisiensi energi termal tungku menggunakan bahan bakar *baglog* jamur tiram dan sekam padi. Penelitian tersebut dilaksanakan di Laboratorium Fisika Material Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor dan di Desa Situ, Kecamatan Cibungbulan, Kabupaten Bogor. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengoptimasi efisiensi energi termal pada tungku dengan komposisi bahan isi sekam 100%, sekam 50% + *baglog* 50% dan *baglog* 100% serta variasi 1, 2 dan 4 lubang di badan tungku dan menganalisis efisiensi energi termal dari tungku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi terbaik didapatkan pada variasi tungku satu lubang dengan bahan isi sekam padi. Hal ini dikarenakan udara yang masuk pada tungku terfokus untuk naik ke atas sehingga api yang dihasilkan bagus. Selain itu, dari hasil pembakaran diketahui bahwa kalor jenis bahan isi berbanding terbalik dengan efisiensi yang dihasilkan oleh tungku. Semakin besar kalor jenis bahan isi maka efisiensi tungku semakin kecil. Massa jenis dan kadar air bahan juga mempengaruhi efisiensi tungku, terbukti dengan semakin kecilnya massa jenis, maka efisiensi tungku akan semakin besar, begitu juga dengan kadar air suatu bahan. Nilai efisiensi tungku yang paling tinggi

yaitu pada saat tungku berbahan isi sekam padi dan memiliki satu lubang utama pada badan tungku yaitu pada perebusan 60 kg air sebesar 15.08%. Selain itu juga pengaruh variasi banyaknya lubang mempengaruhi lama waktu dari pembakaran diketahui pembakaran paling cepat terjadi pada tungku dengan variasi empat lubang pada bagian bawah tungku.

2.8 Prinsip-prinsip Pembakaran

2.8.1 Bahan Bakar

Bahan bakar pada umumnya berupa senyawa organik. Senyawa merupakan senyawa yang mengandung unsur-unsur berupa karbon (C) dan oksigen (O). Reaksi oksidasi terhadap senyawa organik merupakan reaksi pemutusan rantai ikatan pada senyawa organik. Pemutusan rantai senyawa organik pada umumnya menghasilkan panas. pembakaran, oksigen yang berperan sebagai oksidator akan bergabung, unsur-unsur C dan H yang putus akibat energi panas dari proses pembakaran. padam jika salah satu dari ketiga elemen dasar tidak lagi segitiga api ini banyak digunakan sebagai prinsip dasar untuk menyalakan memadamkan api. (Wardana. 2015:5).

2.8.1 Proses Pembakaran

Pembakaran merupakan oksidasi cepat bahan bakar disertai dengan produksi panas, atau panas dan cahaya. Pembakaran sempurna bahan bakar terjadi hanya jika ada pasokan oksigen yang cukup. Oksigen (O₂) merupakan salah satu elemen bumi paling umum yang jumlahnya mencapai 20.9% dari udara. Hampir 79% udara (tanpa adanya oksigen) merupakan nitrogen, dan sisanya merupakan elemen lainnya.

Nitrogen dianggap sebagai pengencer yang menurunkan suhu yang harus ada untuk mencapai oksigen yang dibutuhkan untuk pembakaran. Nitrogen mengurangi efisiensi pembakaran dengan cara menyerap panas dari pembakaran bahan bakar dan mengencerkan gas buang. Nitrogen juga mengurangi transfer panas pada permukaan alat penukar panas, juga meningkatkan volum hasil samping pembakaran, yang juga harus dialirkan melalui alat penukar panas

sampai ke cerobong. Nitrogen ini juga dapat bergabung dengan oksigen (terutama pada suhu nyala yang tinggi) untuk menghasilkan oksida nitrogen (NO_x), yang merupakan pencemar beracun. Karbon, hidrogen dan sulfur dalam bahan bakar bercampur dengan oksigen di udara membentuk karbon dioksida, uap air dan sulfur dioksida, melepaskan panas masing-masing 8.084 kkal, 28.922 kkal dan 2.224 kkal. Pada kondisi tertentu, karbon juga dapat bergabung dengan oksigen membentuk karbon monoksida, dengan melepaskan sejumlah kecil panas (2.430 kkal/kg karbon). Karbon terbakar yang membentuk CO₂ akan menghasilkan lebih banyak panas per satuan bahan bakar daripada bila menghasilkan CO atau asap. (Wardana. 2015:7).

Terdapat empat tipe nyala api pada proses pembakaran. Perbedaan nyala api disebabkan oleh semprotan bahan bakar dan suplai oksigen atau udara yang berbeda.



Gambar 2.2 Tipe Nyala Api

Tipe pertama (Gambar 2.2.) menunjukkan kondisi campuran kaya bahan bakar tanpa proses pencampuran awal udara-bahan bakar yang memadai, menghasilkan *yellow sooty diffusion flame*. Tipe kedua (Gambar 2.2) menunjukkan pencampuran udara-bahan bakar lebih baik, menghasilkan campuran miskin bahan bakar yang sudah tercampur sempurna dengan udara (*fully pre-mixed*) menghasilkan pembakaran dan nyala api yang jauh lebih baik dan tanpa *soot* (jelaga, karbon halus sisa pembakaran tidak sempurna). Tipe ketiga (Gambar 2.2.3) disebut *diffusion flame* adalah nyala api yang dihasilkan reaksi

bahan bakar dan oksigen yang tanpa pencampuran *combustion*, ini bisa disebabkan oleh butiran semburan/ semprotan/ injeksi yang terlalu besar, pada sisi luar butiran bahan bakar menuju ke bat. Tipe keempat (Gambar 2.2.4) disebut *pre-mixed flame* adalah nyala api yang dihasilkan oksigen yang telah mengalami pencampuran awal umumnya merupakan campuran antara *diffusion* bagian tertentu nyala api dimana udara dan bahan bagian lain tercampur secara tidak memadai (Wardana. 2015:8).

2.8.2 Pembakaran Tiga T

Tujuan dari pembakaran yang baik adalah melepaskan seluruh panas yang terdapat dalam bahan bakar. Hal ini dilakukan dengan pengontrolan “tiga T” pembakaran yaitu (1) *Temperature*: suhu yang cukup tinggi untuk menyalakan dan menjaga penyalaan bahan bakar, (2) *Turbulence*: Turbulensi atau pencampuran oksigen dan bahan bakar yang baik, dan (3) *Time*: Waktu yang cukup untuk pembakaran yang sempurna.

Terlalu banyak, atau terlalu sedikitnya bahan bakar pada jumlah udara pembakaran tertentu, dapat mengakibatkan tidak terbakarnya bahan bakar dan terbentuknya karbon monoksida. Jumlah O_2 tertentu diperlukan untuk pembakaran yang sempurna dengan tambahan sejumlah udara (udara berlebih) diperlukan untuk menjamin pembakaran yang sempurna. Walau demikian, terlalu banyak udara berlebih akan mengakibatkan kehilangan panas dan efisiensi. Sehingga tantangan utama dalam efisiensi pembakaran adalah mengarah ke karbon yang tidak terbakar (dalam abu atau gas yang tidak terbakar sempurna), yang masih menghasilkan CO selain CO_2 (Anonim. 2014:12).

BAB 3. METODOLOGI

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian tentang analisis efisiensi tungku berbahan bakar sekam padi pada industri tahu telah dilaksanakan pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2016 di Laboratorium Energi, Otomasi dan Informatika (ENOTIN) Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember dan Desa Tamanan, Kecamatan Tamanan, Kabupaten Bondowoso.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Stopwatch
- b. Termometer
- c. Timbangan
- d. Komputer

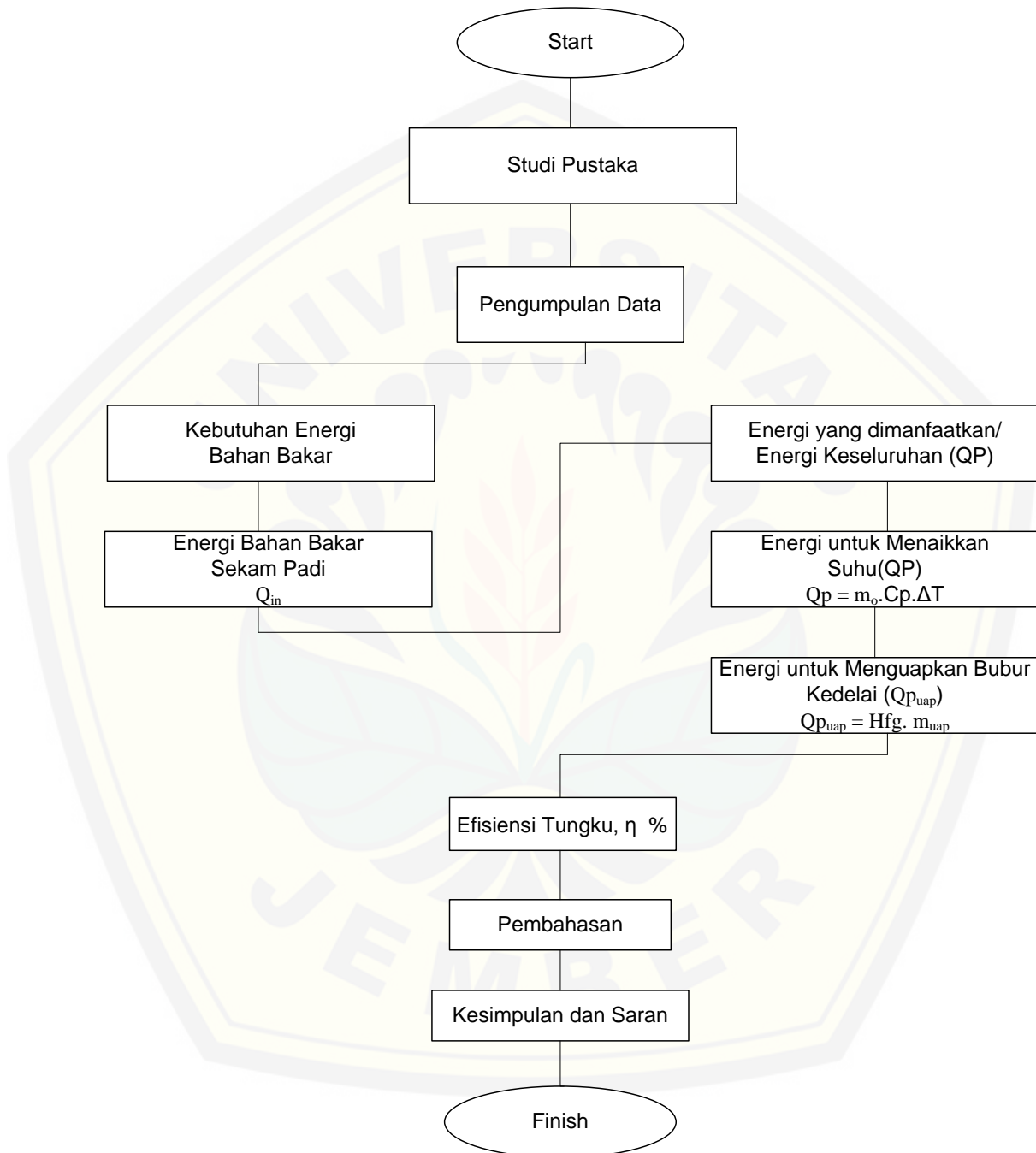
3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian antara lain sebagai berikut:

- a. Bubur kedelai
- b. Sekam padi

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Diagram Alur Penelitian dijabarkan pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.4 Karakteristik Data yang Diraih

Untuk dapat mengetahui analisis pada tungku pabrik tahu maka dilakukan analisis dengan tolak ukur sebagai berikut:

1. Kebutuhan Bahan Bakar Sekam Padi

Kebutuhan bahan bakar dapat diukur dengan mencari berat sekam padi untuk permulaan pembakaran dan proses pemasakan (*preheating*) bubur kedelai

2. Pengukuran Suhu

Selama proses produksi pada pabrik tahu suhu diukur sebagai berikut:

- a. Suhu bahan olahan
- b. Suhu udara luar

3. Efisiensi Energi

Untuk menghitung efisiensi energi bahan bakar diperlukan data:

a. Energi *Input* (Masukan) Pembakaran

Energi input pembakaran yang dipakai meliputi jumlah bahan bakar pada proses produksi dengan mencatat banyaknya bahan bakar yang masuk pada tungku selama proses produksi pabrik tahu.

b. Energi *Output* (Keluaran)

Energi *output* merupakan hasil penjumlahan dari energi untuk menaikkan suhu dan energi untuk menguapkan air saat proses pemasakan bubur kedelai

4. Persentasi Kehilangan Panas

Persentase kehilangan panas diperoleh dari selisih persentase 100% dan persentase efisiensi.

3.5 Analisis Data

3.5.1 Energi Bahan Bakar Sekam Padi

Nilai Q_{in} diperoleh dari energi panas yang dihasilkan bahan bakar sekam padi dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$Q_{in} = K.C \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

Q_{in} = Energi bahan bakar sekam padi, J

K = Berat bahan bakar sekam padi yang dipakai, kg

C = Nilai panas sekam padi, 13.462.176 J/kg

3.5.2 Energi yang Dimanfaatkan atau Energi Pakai Keseluruhan

Energi yang digunakan untuk memanaskan bahan yang dapat diketahui dengan cara mengukur suhu awal bahan tersebut mendidih, sehingga suhu mencapai titik didih atau maksimum, maka suhu titik didih dikurangi suhu awal dikalikan kalor jenis bahan dan massa bahan, ditambah energi untuk penguapan.

Energi yang dipakai:

a. Energi untuk Menaikkan Suhu

$$Q_p = m_o.C_p.\Delta T \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

Q_p = Energi untuk menaikkan suhu J

M_o = Massa yang dipanaskan, kg

C_p = Panas jenis, 3364 J/kg⁰C

ΔT = Perubahan temperatur, ⁰C

b. Energi untuk Menguapkan Air

$$Q_{p_{uap}} = H_{fg}. m_{uap} \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

$Q_{p_{uap}}$ = Energi untuk menguapkan air, J

H_{fg} = Panas laten air, 2240000J/kg

m_{uap} = Massa air yang diuapkan, kg

c. Energi Output Total

$$Q_{out} = Q_p + Q_{p_{uap}} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan:

Q_{out} = Energi total yang dimanfaatkan, J

Q_p = Energi untuk menaikkan suhu tiap tiap pengukuran, J

$Q_{p_{uap}}$ = Energi untuk menguapkan bubuk kedelai, J

3.5.3 Efisiensi Tungku

Efisiensi tungku dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan:

η : Efisiensi tungku, %

Q_{out} : Energi output

Q_{in} : Energi input

3.5.4 Panas yang Hilang

Energi yang hilang disebabkan karena udara yang lebih panas memiliki densitas yang lebih rendah. Oleh karena itu perkiraan panas yang hilang dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_h = 100\% - \eta \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

Q_h = Kehilangan Panas

η = Efisiensi tungku, %

3.6 Analisis grafik

Analisis grafik didekati dengan bentuk kurva pertumbuhan. Kurva pertumbuhan dinyatakan dengan persamaan:

$$W_t = K - Ce^{-kt} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$W_t - K = -Ce^{-kt}$$

$$(K - W_t) = Ce^{-kt}$$

Kemudian mengubah persamaan nonlinier ke dalam bentuk linier seperti berikut.

$$\ln (K - W_t) = \ln Ce^{-kt}$$

$$\ln (K - W_t) = \ln C + \ln e^{-kt}$$

$$\ln (K - W_t) = \ln C + (-kt)$$

Dengan mengambil $\ln (K - W_t) = Y, a = \ln C$ dan $b = -k$, dan $x = t$ maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai

$$Y = a + bx \dots\dots\dots (3.8)$$

$$W_t = K - e^{(a-bx)} \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

W_t = Suhu bubur kedelai pada waktu tertentu

K = Suhu maksimum (100 °C)

C = Konstanta

e = Bilangan logaritma alami ($e = 2,7183$)

x = Waktu perebusan (menit)

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan analisis efisiensi energi proses pembuatan tahu dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Jumlah bahan bakar sekam padi yang digunakan selama proses pemasakan bubur kedelai yaitu pada Hari Sabtu 23,5 kg, Hari Minggu 25,6 kg, Hari Senin 24,3 kg.
2. Dalam proses pemasakan bubur kedelai hanya sebagian kecil energi bahan bakar dimanfaatkan, sisanya merupakan energi yang terbuang ke lingkungan.
3. Nilai rata-rata efisiensi tungku yang digunakan di pabrik tahu pada tempat penelitian adalah sebesar 24,32%.

5.2 Saran

Saran yang bisa diberikan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengingat nilai efisiensi energi yang digunakan dalam pembuatan tahu masih rendah dan sebagian besar energi bahan bakar masih terbuang ke lingkungan. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk meneruskan penelitian ini, yaitu dengan melakukan perbaikan pada sistem tungku yang dapat meningkatkan nilai efisiensi energi,
2. Limbah pembakaran berupa arang sekam yang dihasilkan dalam proses pemasakan bubur kedelai bisa dimanfaatkan sebagai sumber panas kembali dengan cara diubah menjadi briket

DAFTAR PUSTAKA

- Adan, I. U. 1998. *Membuat Tungku Bio Arang*. Yogyakarta: Kanisius.
- Anonim. 2014. *Pedoman Efisiensi Energi untuk Industri di Asia* [Serial On-line]. www.energyefficiencyasia.org. [Diakses pada 24 Mei 2017].
- Badan Pusat Statistik Indonesia. 2015. *Data Produksi Kedelai Nasional dalam Angka*. [Serial On-line]. <https://pesawarankab.Bps.go.id/Bsr/view/id/328>. [Diakses pada 24 Desember 2015].
- Burlian, F., dan M. I. Khoirullah. 2014. *Pengaruh Variasi Ketebalan Isolator Terhadap Laju Kalor dan Penurunan Temperatur pada Permukaan Dinding Tungku Biomassa*. Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI9) 2014. [Serial On-line]. http://eprints.unsri.ac.id/5002/1/TM_33FirmansyahBurlianUNSRI.pdf. [Diakses pada 24 Desember 2015].
- Cahyadi, W. 2007. *Kedelai Kasiat dan Teknologi*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Dahana, K. dan Warisno. 2010. *Meraup Untung dari Tanaman Kedelai*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Hambali, E., S. Mujdalipah, A. H. Tambunan, A. W. Pattiwiri, dan R. Hendroko. 2007. *Teknologi Bioenergi*. Editor M. T. Nixon dan T. Agnes. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Holman, J. P. 1989. *Heat Transfer*. Sixth Edition. New York: Mc Graw-Hill Book Company. Terjemahan oleh E. Jasjfi. 1994. *Perpindahan Panas*. Editor M.Hariandja. Jakarta: Erlangga.
- Kartikawati, F. 2005. "Efisiensi Energi Proses Peumasakan Gula Kelapa Menggunakan Kompor Bertekanan dan Tungku Tradisional". Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Jember: FTP-Universitas Jember.
- Pemerintah Kabupaten Bondowoso, 2015. *Daftar Nama Pemilik Industri Tahu*. Bondowoso. Bagian Pembangunan Masyarakat Daerah.
- Pitts, D. R., dan L. E. Sissom. 1977. *Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill Book Company. Terjemahan oleh E. Jasjfi. 1987. *Seri Buku Schaum Teori dan Soal-soal Perpindahan Kalor*. Jakarta: Erlangga.
- Sasmito, W. H. 1999. "Hubungan Efisiensi Tungku dengan Jumlah Bahan Bakar". Tidak Diterbitkan. *Skripsi*. Jember: FTP-Universitas Jember.

- Suhaeli, K. M. 2014. Analisis Efisiensi Energi Termal Tungku Menggunakan Bahan Bakar Baglog Jamur Tiram dan Sekam Padi. [Serial On-line]. *Skripsi*. <http://repostory.ipb.ac.id/hande/123456789/73143>. [Diakses pada 23 Desember 2015].
- 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. [Diakses pada 19 Oktober 2016].
- Wahyuni, E. 2006.Pola Konsumsi Energi pada Industri Kecil Tahu di Kabupaten Bogor. .[Serial On-line]. <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/3664/F06ewa.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. [Diakses pada 19 September 2016].
- Wardana, A. 2015. *Pengaruh Variasi Sudut Pipa Udara dengan D-nozzel Ratio yang Sama Terhadap Karakteristik Kompor Pembakaran Jenazah*. [Serial On-line]. *Thesis*. www.Erpo.unud.ac.id/9042/. [Diakses pada 24 Mei 2017].



Lampiran 1,

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Sabtu Pertama

Proses ke-	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenaikan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q uap
1	37,125	0	29	5	8617306	33,75	3,375	7705,13
		2	38					
		4	44					
		6	46					
		8	53					
		10	59					
		12	71					
		14	82					
		16	93					
18	98							
2	35,125	0	32	5	7916753	31,5	3,625	8275,88
		2	36					
		4	44					
		6	51					
		8	58					
		10	67					
		12	73					
		14	76					
		16	83					
18	95							
20	99							
3	34,6245	0	31	4	7804059	30,75	3,8745	8845,48
		2	35					
		4	48					
		6	52					
		8	57					
		10	66					
		12	70					
		14	73					
		16	84					
18	92							
20	98							
4	33,625	0	31	5	7578671	31,25	2,375	5422,13
		2	33					
		4	42					
		6	53					
		8	58					
		10	62					
		12	77					
		14	85					
		16	88					
18	98							
5	33,125	0	32	1	7465977	30,75	2,375	5422,13
		2	35					
		4	42					
		6	50					
		8	58					
		10	78					
12	84							

		14	96					
		16	99					
6	34,125	0	33	7,5	723217 9	30,5	3,625	8275,88
		2	41					
		4	47					
		6	55					
		8	60					
		10	72					
		12	80					
		14	90					
		16	96					

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

$$Q_{in} = \text{massa bahan bakar total} \times \text{nilai panas sekam padi}$$

$$Q_{in} = 27,5 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 370209840 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 370,21 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 37,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 29)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 37,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 69^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 8617306 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 35,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (99 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 35,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 67^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 7916753 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta$$

$$Q_{p3} = 34,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 31)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 34,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 67^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 7804059 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 33,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (98 - 31)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 33,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 67^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 7578671 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 5

$$Q_{p5} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p5} = 33,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (99 - 32)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p5} = 33,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 67^\circ\text{C}$$

$$Q_{p5} = 7465977 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 6

$$Q_{p6} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p6} = 34,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (96 - 33)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p6} = 34,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 63^\circ\text{C}$$

$$Q_{p6} = 7232179 \text{ J}$$

- $Q_p \text{ total} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} + Q_{p6}$
 $+ 7232179,5) \quad Q_p \text{ total} = 46614948 \text{ J}$
 $Q_p \text{ total} = 46,61 \text{ MJ}$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 19,25 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 43120000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 43,12 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{\text{out}} = Q_p \text{ total} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{\text{out}} = 46,61 \text{ MJ} + 43,12 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{out}} = 89,73 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{89734948 \text{ J}}{370209840 \text{ J}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,242389419 \times 100\%$$

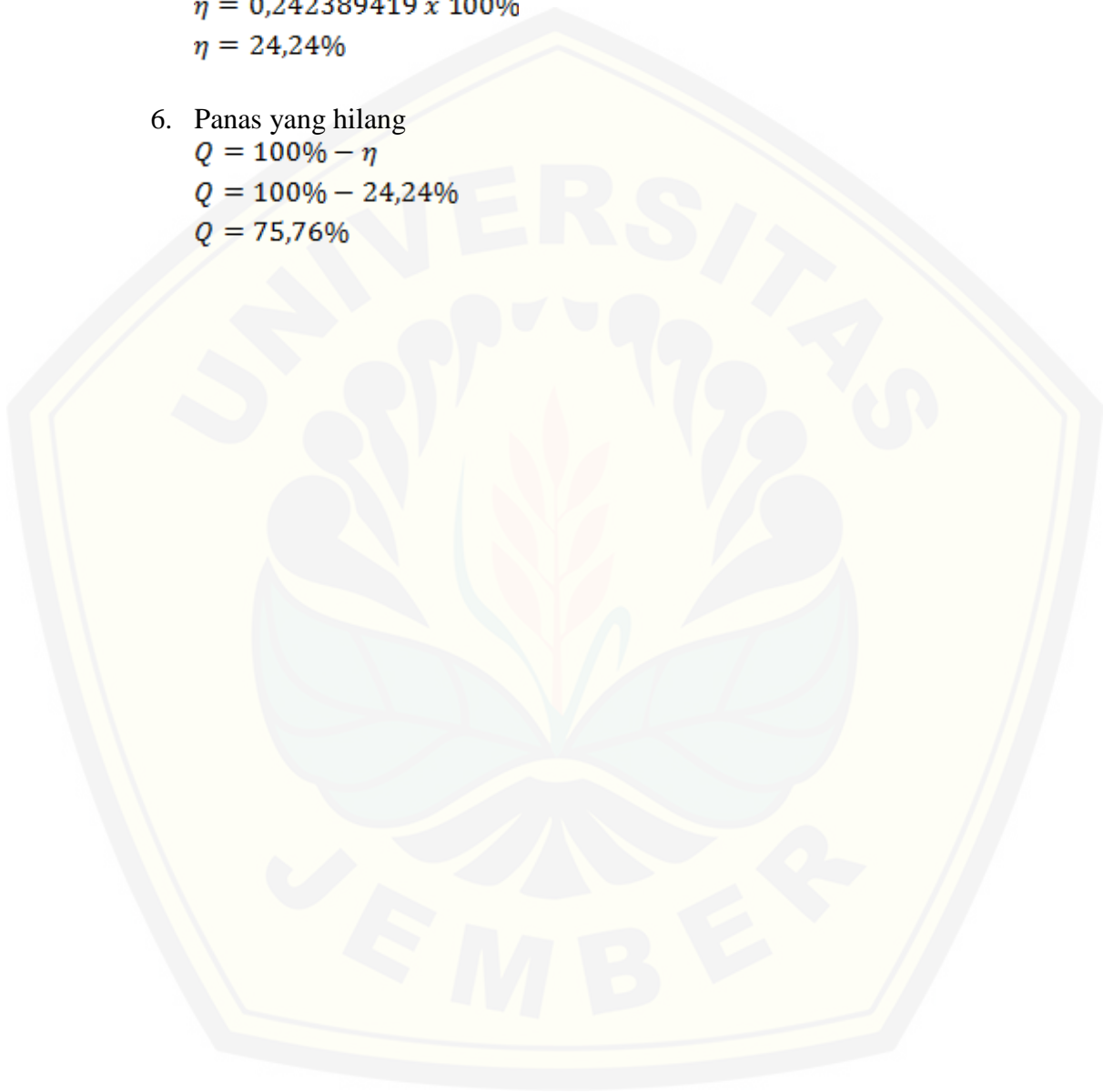
$$\eta = 24,24\%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 24,24\%$$

$$Q = 75,76\%$$



Lampiran 2.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Sabtu Kedua

Proses ke-	Massa nira (kg)	Menit Ke-	Kenai kan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q uap
1	39,5	0	34	5	8371314	36,25	3,25	7419,75
		2	45					
		4	52					
		6	59					
		8	67					
		10	79					
		12	90					
		14	97					
		16	98					
2	39,5	0	32		8769948	36,25	3,25	7419,75
		2	37					
		4	44					
		6	49					
		8	56	6,5				
		10	76					
		12	82					
		14	93					
		16	98					
3	39,5	0	35		8371314	36,75	2,75	6278,25
		2	50					
		4	60					
		6	69					
		8	74					
		10	86					
		12	92					
		14	98					
		4	37,125	0				
2	41							
4	48							
6	58							
8	66							
10	73							
12	84							
14	95							

		16	98					
5	38,625	0	30	4,5	8835546	36,25	2,375	5422,125
		2	34					
		4	47					
		6	59					
		8	73					
		10	83					
		12	96					
		14	98					
6	39,5	0	33		8238436	35,5	4,341	9132
		2	43					
		4	49					
		6	58					
		8	68					
		10	81					
		12	88					
		14	95					
		16						

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

$$Q_{in} = \text{massa bahan bakar total} \times \text{nilai panas sekam padi}$$

$$Q_{in} = 23 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 309630048 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 309,63 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 39,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (97 - 34)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 39,5 \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 63^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 8371314 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 39,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 39,5g \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 66^{\circ}C$$

$$Q_{p2} = 8769948 J$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 39,5kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (98 - 35)^{\circ}C$$

$$Q_{p3} = 39,5kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 63^{\circ}C$$

$$Q_{p3} = 8371314 J$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 37,125kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (98 - 33)^{\circ}C$$

$$Q_{p4} = 37,125kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 65^{\circ}C$$

$$Q_{p4} = 8117752 J$$

- Q_p proses ke - 5

$$Q_{p5} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p5} = 38,625kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (98 - 30)^{\circ}C$$

$$Q_{p5} = 38,625kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 68^{\circ}C$$

$$Q_{p5} = 8835546 J$$

- Q_p proses ke - 6

$$Q_{p6} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p6} = 39,5kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (95 - 33)^{\circ}C$$

$$Q_{p6} = 39,5kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 62^{\circ}C$$

$$Q_{p6} = 8238436 J$$

- Q_p total = $Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} + Q_{p6}$

$$Q_p \text{ total} = (8371314 + 8769948 + 8371314 + 8117752,5 + 8835546 + 8238436) J$$

$$Q_p \text{ total} = 50704310 J$$

$$Q_p \text{ total} = 50,70 MJ$$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 19 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 42560000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 42,56 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{out} = Q_{p \text{ total}} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{out} = 50,70 \text{ J} + 42,56 \text{ MJ}$$

$$Q_{out} = 93,26 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{93,26}{309,63 \text{ J}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,301212079 \times 100\%$$

$$\eta = 30,12 \%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 30,12\%$$

$$Q = 69,88 \%$$

Lampiran 3.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Sabtu Ketiga

Proses Ke-	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenai kan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q Uap
1	37,125	0	32	5	81177525	34,25	2,875	6563,625
		2	41					
		4	48					
		6	60					
		8	68					
		10	78					
		12	80					
		14	85					
		16	88					
		18	97					
2	35,125	0	32		76804325	31,25	3,875	8846,625
		2	37					
		4	45					
		6	48					
		8	58					
		10	60					
		12	63					
		14	71					
		16	80					
		18	89					
20	97							
3	37,5	0	33	5	8199750	34,75	2,75	6278,25
		2	45					
		4	55					
		6	67					
		8	77					
		10	85					
		12	95					
		14	98					
4	35,625	0	27	6,5	85088175	32,5	3,125	7134,375
		2	28					
		4	29					
		6	32					
		8	48					
		10	63					

		12	79					
		14	83					
		16	94					
		18	98					
5	35,625	0	33		7909605	32,5	3,125	7134,375
		2	34	2				
		4	46					
		6	59					
		8	61					
		10	72					
		12	80					
		14	87					
		16	99					
6	37,125	0	32		83675295	34,25	2,875	6563,625
		2	42					
		4	53	5				
		6	56					
		8	64					
		10	71					
		12	83					
		14	93					
		16	99					

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

Q_{in} = massa bahan bakar total x nilai panas sekam padi

$$Q_{in} = 20 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 269243520 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 269,24 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 37,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (97 - 32)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 37,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 65^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 81177525 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 35,125kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (97 - 32)^{\circ}C$$

$$Q_{p2} = 35,125kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 65^{\circ}C$$

$$Q_{p2} = 76804325 J$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 37,5kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (98 - 33)^{\circ}C$$

$$Q_{p3} = 37,5kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 65^{\circ}C$$

$$Q_{p3} = 8199750 J$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 35,625kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (98 - 27)^{\circ}C$$

$$Q_{p4} = 35,625kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 71^{\circ}C$$

$$Q_{p4} = 85088175 J$$

- Q_p proses ke - 5

$$Q_{p5} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p5} = 35,625kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (99 - 33)^{\circ}C$$

$$Q_{p5} = 35,625kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 66^{\circ}C$$

$$Q_{p5} = 7909605 J$$

- Q_p proses ke - 6

$$Q_{p6} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p6} = 37,125kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times (99 - 32)^{\circ}C$$

$$Q_{p6} = 37,125kg \times 3364 \frac{J}{kg^{\circ}C} \times 67^{\circ}C$$

$$Q_{p6} = 83675295 J$$

- $Q_p \text{ total} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} + Q_{p6}$
 $Q_p \text{ total} = (8117752,5 + 7680432,5 + 8199750 + 8508817,5 + 7909605 + 8367529,5)$
 $Q_p \text{ total} = 48783887 \text{ J}$
 $Q_p \text{ total} = 48,78 \text{ MJ}$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_p \text{ uap} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_p \text{ uap} = 18,625 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_p \text{ uap} = 41720000 \text{ J}$$

$$Q_p \text{ uap} = 41,72 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{out} = Q_p \text{ total} + Q_p \text{ uap}$$

$$Q_{out} = 48,78 \text{ MJ} + 41,72 \text{ MJ}$$

$$Q_{out} = 90,50 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{90,50}{269,24} \times 100\%$$

$$\eta = 0,3361413749 \times 100\%$$

$$\eta = 33,61 \%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 33,61 \%$$

$$Q = 66,38 \%$$

Lampiran 4.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Minggu Pertama

No	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenai kan Suhu ($^{\circ}$ c)	Penamba han Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q Uap
1	37	0	30	5	8588292	33,75	3,25	7419,75
		2	38					
		4	43					
		6	54					
		8	60					
		10	68					
		12	71					
		14	82					
2	35,625	0	33	5	7789762 5	32,25	3,375	7705,125
		2	40					
		4	51					
		6	60					
		8	65					
		10	71					
		12	82					
		14	99					
3	37	0	33	5	8090426	34,25	2,75	6278,25
		2	40					
		4	51					
		6	61					
		8	71					
		10	86					
		12	95					
		14	98					
4	34,125	0	32	5	7576569	30,75	3,375	7705,125
		2	47					
		4	62					
		6	67					
		8	75					
		10	83					
		12	90					
		14	98					
5	35,5	0	32	5	7881852	31,25	4,25	9702,75
		2	40					
		4	46					

	6	52				
	8	59				
	10	62				
	12	64				
	14	71				
	16	80				
	18	98				

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

$$Q_{in} = \text{massa bahan bakar total} \times \text{nilai panas sekam padi}$$

$$Q_{in} = 25 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 33654 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 336,55 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (99 - 30)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 69^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 8588292 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 35,625 \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 33)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 35,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 65^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 77897625 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 33)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 65^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 8090420 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 34,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (98 - 32)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 34,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 66^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 7576569 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 5

$$Q_{p5} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p5} = 35,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (98 - 32)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p5} = 35,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 66^\circ\text{C}$$

$$Q_{p5} = 7881852 \text{ J}$$

- Q_p total = $Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$

$$Q_p \text{ total} = (8588292 + 7789762,5 + 8090420 + 7576569 + 7881852) \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 39926895 \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 39,93 \text{ MJ}$$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 34,893 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 38080000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 38,08 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{out} = Q_p \text{ total} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{out} = 39,93 \text{ MJ} + 38,08 \text{ MJ}$$

$$Q_{out} = 78,01 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{78006895,5 \text{ MJ}}{336,55 \text{ MJ}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,231780941 \times 100\%$$

$$\eta = 23,18\%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 23,18\%$$

$$Q = 76,82\%$$

Lampiran 5.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Minggu Kedua

Proses Ke-	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenaikan Suhu (°c)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (Kg)	Massa Uap (Kg)	Q Uap
1	37	0	30	7	7717016	33,75	3,25	7419,75
		2	38					
		4	44					
		6	53					
		8	59					
		10	68					
		12	71					
		14	80					
		16	92					
2	34,625	0	34	5	6755753	31,25	3,375	7705,125
		2	37					
		4	47					
		6	55					
		8	69					
		10	82					
		12	87					
		14	92					
3	34,625	0	34	7	7454624	32	2,625	5992,875
		2	41					
		4	54					
		6	66					
		8	81					
		10	93					
		12	98					
4	33,625	0	32	5	71262135	31,25	2,375	5422,125
		2	33					
		4	40					
		6	45					
		8	52					
		10	64					
		12	75					
		14	82					
		16	90					
		18	95					
5	32,12	0	35		65921785	28,75	3,375	7705,12

	5	2	42					5
		4	48					
		6	52					
		8	64					
		10	74					
		12	82					
		14	87					
		16	96					
	172		24	32139,235 5		15	34245	

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

$$Q_{in} = \text{massa bahan bakar total} \times \text{nilai panas sekam padi}$$

$$Q_{in} = 24 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 323092224 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 323,09 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (92 - 30)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 62^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 7717016 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 34,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (92 - 34)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p2} = 34,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 58^\circ\text{C}$$

$$Q_{p2} = 6755753 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 34,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (98 - 34)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p3} = 34,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 64^\circ\text{C}$$

$$Q_{p3} = 7454624 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 33,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (95 - 32)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 33,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 63^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 71262135 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 5

$$Q_{p5} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p5} = 33,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (96 - 35)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p5} = 33,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 61^\circ\text{C}$$

$$Q_{p5} = 65921785 \text{ J}$$

- Q_p total = $Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$

$$Q_p \text{ total} = (7717016 + 6755753 + 7454624 + 7126213,5 + 6592178,5) \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 35645785 \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 35,64 \text{ MJ}$$

3. Energi untuk menguapkan bubur kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{uap} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 15,125 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 33600000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 33,60 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{out} = Q_p \text{ total} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{out} = 35,64 \text{ MJ} + 33,60 \text{ MJ}$$

$$Q_{out} = 69,24 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{69245785 \text{ J}}{323092,224 \text{ J}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,214322041 \times 100\%$$

$$\eta = 21,43\%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 21,43 \%$$

$$Q = 78,56 \%$$



Lampiran 6.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Minggu Ketiga

Proses Ke-	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenaikan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q Uap
1	38,5	0	30	10	8677438	34		
		2	39					
		4	42					
		6	59					
		8	63					
		10	64					
		12	68					
		14	74					
		16	76					
		18	77					
		20	84					
		22	92					
		24	98					
							4,5	10273,5
2	37,5	0	30		7947450	33		
		2	40					
		4	46					
		6	55					
		8	63					
		10	71					
		12	79					
		14	88	7,5				
		16	93					
							4,5	10273,5
3	37	0	30		8090420	33,25		
		2	32					
		4	34					
		6	38					
		8	42					
		10	73					
		12	79					
		14	82					
		16	89					
		18	98					
							3,75	8561,25
4	34,125	0	32	3	74617725	30,25		
		2	34					
		4	37					
							3,875	8846,625

		6	40					
		8	41					
		10	48					
		12	52					
		14	57					
		16	61					
		18	69					
		20	79					
		22	87					
		24	97					
5	36,625	0	32	4	8131629	33,75		
		2	40					
		4	48					
		6	57					
		8	63					
		10	68					
		12	78					
		14	83					
		16	93					
		18	98				2,875	6563,62 5

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

$$Q_{in} = \text{massa bahan bakar total} \times \text{nilai panas sekam padi}$$

$$Q_{in} = 24 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 323092,224 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 323,09 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 38,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (97 - 30)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 38,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 67^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 8677438 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 37,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (93 - 30)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p2} = 37,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 63^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 7947450 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 30)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 68^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 8090420 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 34,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (97 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p4} = 34,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 65^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p4} = 7461772,5 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 5

$$Q_{p5} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p5} = 36,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p5} = 36,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 66^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p5} = 8131629 \text{ J}$$

- $Q_p \text{ total} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5}$

$$Q_p \text{ total} = (8677438 + 7947450 + 8090420 + 7461772,5 + 8131629) \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 40,31 \text{ MJ}$$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{uap} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 9,875 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 43680000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 43,68 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{out} = Q_{p, total} + Q_{p, uap}$$

$$Q_{out} = 40,31 \text{ MJ} + 43,68 \text{ MJ}$$

$$Q_{out} = 83,99 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{83,99 \text{ MJ}}{323,09 \text{ MJ}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,22,2816635 \times 100\%$$

$$\eta = 22,28 \%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 22,28\%$$

$$Q = 77,71 \%$$

Lampiran 7.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Senin Pertama

Proses Ke-	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenaikan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q Uap
1	36,125	0	29	6	83851905	32	4,125	9417,375
		2	33					
		4	36					
		6	38					
		8	40					
		10	52					
		12	67					
		14	78					
		16	84					
		18	93					
		20	98					
		22						
24								
2	37,625	0	32		8353653	24,25	13,375	30535,13
		2	47					
		4	57					
		6	68					
		8	75					
		10	77					
		12	83					
		14	95	7				
		16	98					
		18						
		20						
		3	36,625	0				
2	43							
4	49							
6	56							
8	64							
10	70							
12	79							
14	88							
16	98							
18								
20								
4	36,625			0	32	5	82548355	32,75
		2	39					
		4	46					
		6	50					

		8	52				
		10	68				
		12	73				
		14	76	4			
		16	81				
		18	86				
		20	88				
		22	94				
		24	99				

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

Q_{in} = massa bahan bakar total x nilai panas sekam padi

$$Q_{in} = 22 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 296167872 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 296,17 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 36,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 29)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 36,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 69^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 83851905 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 3762,5 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 37,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 66^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 8353653 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 36,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (98 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 36,625 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 66^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 8131629 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 36,625 \text{ kg} \times 3364 \times \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} (99 - 32)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p4} = 36,625 \text{ kg} \times 3364 \times \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 67^\circ$$

$$Q_{p4} = 82548355 \text{ J}$$

- $Q_p \text{ total} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4}$

$$Q_p \text{ total} = (8385190,5 + 8353653 + 8131629 + 8254835,5) \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 33125308 \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 33,12 \text{ MJ}$$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 9,75 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 41440000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 41,44 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{out} = Q_p \text{ total} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{out} = 33,12 \text{ MJ} + 41,44 \text{ MJ}$$

$$Q_{out} = 74,56 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{74,56 \text{ MJ}}{296,17 \text{ MJ}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,23,0786451 \times 100\%$$

$$\eta = 23,08 \%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 23,08 \%$$

$$Q = 76,92 \%$$

Lampiran 8.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Senin Kedua

Proses Ke-	Massa Nira (kg)	Menit Ke-	Kenaikan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (kg)	Massa Uap (kg)	Q Uap
1	32,25	0	45	6	5641428	28,5	3,75	8561,25
		2	44					
		4	47					
		6	51					
		8	56					
		10	62					
		12	66					
		14	72					
		16	81					
		18	90					
		20	97					
2	32,25	0	35	5	2495247	28,5	3,75	8561,25
		2	51					
		4	42					
		6	55					
		8	60					
		10	70					
		12	77					
		14	85					
		16	92					
		18	98					
		20						
3	31,25	0	36	5	6517750	28,5	2,75	6278,25
		2	48					
		4	44					
		6	50					
		8	57					
		10	69					
		12	77					
		14	86					
		16	92					
		18	98					
		20						
4	37	0	38	6	5974464	33,75	3,25	7419,75
		2	42					
		4	48					
		6	51					

		8	57				
		10	67				
		12	76				
		14	82	5			
		16	86				
		18					

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

Q_{in} = massa bahan bakar total x nilai panas sekam padi

$$Q_{in} = 27 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 363478,752 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 363,48 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 32,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (97 - 45)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 32,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 52^\circ\text{C}$$

$$Q_{p1} = 5641428 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 32,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (98 - 35)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p2} = 32,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 63^\circ\text{C}$$

$$Q_{p2} = 2495247 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 31,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (98 - 36)^\circ\text{C}$$

$$Q_{p3} = 31,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times 62^\circ\text{C}$$

$$Q_{p3} = 6517750 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (86 - 38)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p4} = 37 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 48^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p4} = 5974464 \text{ J}$$

$$\bullet Q_p \text{ total} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4}$$

$$Q_p \text{ total} = (5641428 + 2495247 + 6517750 + 5974464) \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 20628889 \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 20,63 \text{ MJ}$$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 4,75 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 30240000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 30,24 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{\text{out}} = Q_p \text{ total} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{\text{out}} = 20,63 \text{ MJ} + 30,24 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{out}} = 81,11 \text{ MJ}$$

5. Efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{81,11 \text{ MJ}}{363,48 \text{ MJ}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,20,78 \times 100\%$$

$$\eta = 20,78 \%$$

6. Panas yang hilang

$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 20,78 \%$$

$$Q = 79,22 \%$$

Lampiran 9.

Data Pengamatan dan Perhitungan Efisiensi Tungku Senin Ketiga

Proses Ke-	Massa Nira (Kg)	Menit Ke-	Kenaikan Suhu (C)	Penambahan Bahan Bakar (Kg)	Qp	Massa Nira Setelah Dipanaskan (Kg)	Massa Uap (Kg)	Q Uap
1	35,125	0	33	9	7562272	32,5	2,625	5992,875
		2	45					
		4	48					
		6	61					
		8	73					
		10	84					
		12	94					
		12	97					
2	38,125	0	33		6412625	35,25	2,875	6563,625
		2	43					
		4	49	6				
		6	63					
		8	74					
		10	76					
		12	83					
		12	83					
3	36,125	0	39		6076225	32,75	3,375	7705,125
		2	54					
		4	66					
		6	72					
		8	78					
		10	79					
		12	84					
		14	87					
		16	89					
4	32,25	0	32	5	6509340	28,75	3,5	7990,5
		2	33					
		4	37					
		6	42					
		8	51					
		10	70					
		12	79					
		14	92					

1. Energi Bahan Bakar Sekam Padi

$$Q_{in} = K, C$$

$$Q_{in} = \text{massa bahan bakar total} \times \text{nilai panas sekam padi}$$

$$Q_{in} = 20 \text{ kg} \times 13462,176 \text{ J/kg}$$

$$Q_{in} = 269243520 \text{ J}$$

$$Q_{in} = 269,24 \text{ MJ}$$

2. Energi untuk menaikkan suhu tiap-tiap pengukuran

- Q_p proses ke - 1

$$Q_{p1} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p1} = 35,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (97 - 33)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 35,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 64^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p1} = 7562272 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 2

$$Q_{p2} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p2} = 38,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (83 - 33)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 38,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 50^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p2} = 6412625 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 3

$$Q_{p3} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p3} = 36,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (89 - 39)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 36,125 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 50^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p3} = 6076225 \text{ J}$$

- Q_p proses ke - 4

$$Q_{p4} = m_{nira} \times c_p \times \Delta T$$

$$Q_{p4} = 32,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times (92 - 32)^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p4} = 32,25 \text{ kg} \times 3364 \frac{\text{J}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}} \times 60^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{p4} = 6509340 \text{ J}$$

- $Q_p \text{ total} = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4}$

$$Q_p \text{ total} = (7562272+6412625+6076225+6509340) \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 26560462 \text{ J}$$

$$Q_p \text{ total} = 26,56 \text{ MJ}$$

3. Energi untuk menguapkan bubuk kedelai

$$Q_{p \text{ uap}} = m_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 21,125 \text{ kg} \times 2240000 \text{ J/kg}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 27720000 \text{ J}$$

$$Q_{p \text{ uap}} = 27,72 \text{ MJ}$$

4. Energi Output total

$$Q_{\text{out}} = Q_p \text{ total} + Q_{p \text{ uap}}$$

$$Q_{\text{out}} = 26,56 \text{ MJ} + 27,72 \text{ MJ}$$

$$Q_{\text{out}} = 54,28 \text{ MJ}$$

5. efisiensi Tungku

$$\eta = \frac{Q_{\text{out}}}{Q_{\text{in}}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{54,28 \text{ MJ}}{269,24 \text{ MJ}} \times 100\%$$

$$\eta = 0,201603596 \times 100\%$$

$$\eta = 20,16 \%$$

6. Panas yang hilang

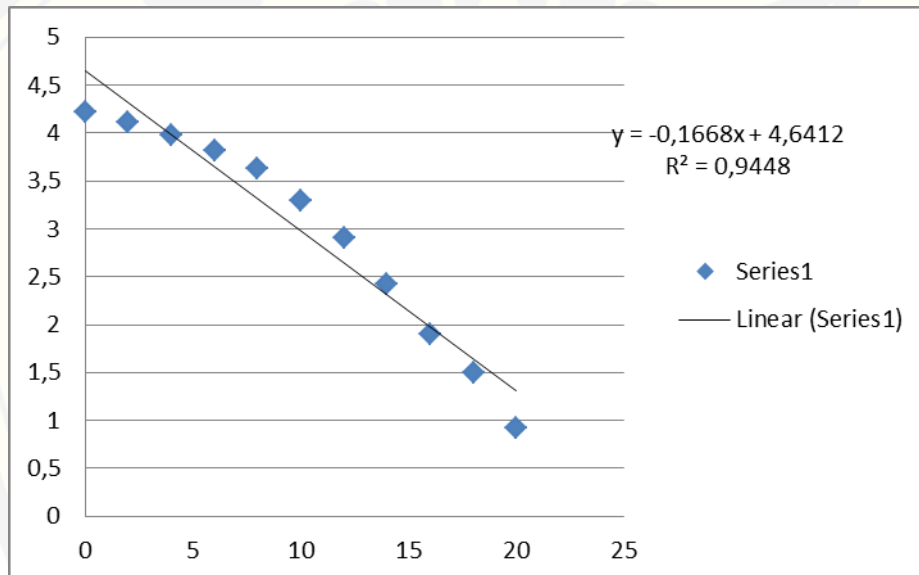
$$Q = 100\% - \eta$$

$$Q = 100\% - 20,16 \%$$

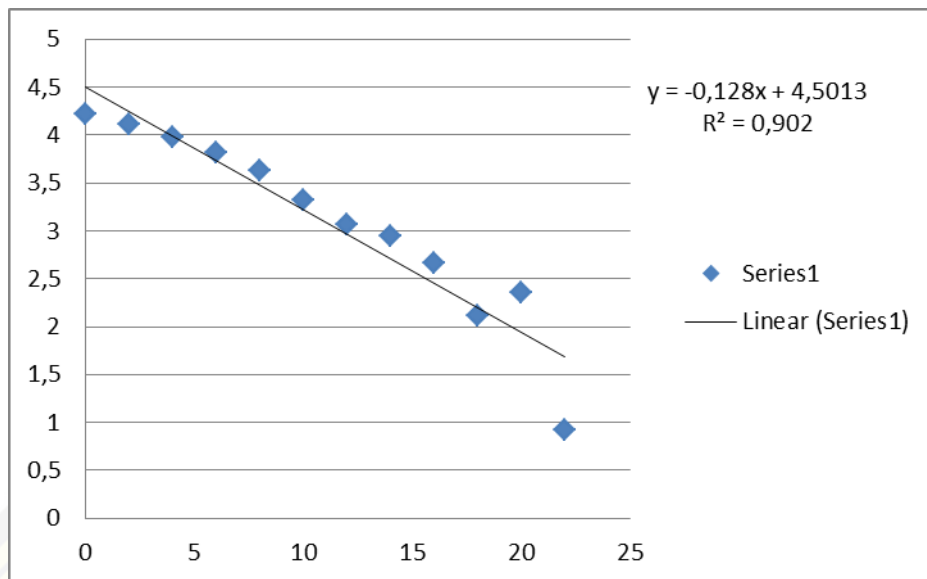
$$Q = 79,84 \%$$

Lampiran 10.**Kurva Pertumbuhan Suhu Air Perebusan Bubur Kedelai**

Data suhu yang diperoleh ditransformasi dengan logaritma alami (ln), dan untuk mencari pola hubungan antara suhu dan waktu perebusan dilakukan plot data. Setelah dilakukan plot data, pola hubungan yang digunakan adalah pola pertumbuhan dengan persamaan $N_t = K - e^{(a-bx)}$, dengan ketentuan K adalah suhu maksimum pada air pemasakan bubur kedelai, a adalah konstanta, b adalah kecepatan pertumbuhan suhu air, dan x adalah waktu perebusan. Dengan demikian diperoleh persamaan linier seperti ditunjukkan pada Grafik Hari Sabtu



Hari Minggu



Hari Senin

