

PERANCANGAN PENERING KERUPUK RAMBAK DENGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI ENERGI SURYA DAN ENERGI BIOMASSA KAYU BAKAR

Okka Adiyanto¹⁾, Bandul Suratmo²⁾, Devi Yuni Susanti²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan

²⁾Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada
okka.adiyanto@ie.uad.ac.id

Abstrak

Kerupuk merupakan salah satu makanan ringan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia dan sering dijadikan sebagai pelengkap berbagai sajian makanan atau sebagai lauk pauk. Permasalahan mendasar dalam pengelolaan industri kerupuk terdapat pada proses pengeringan. Salah satu bentuk pengering yang cocok untuk diterapkan dalam proses pengeringan pada kerupuk yaitu bentuk rak pengeringan yang mengkombinasikan kombinasi energi matahari dan tungku biomassa sebagai sumber energi untuk proses pengeringan. Penelitian ini dilakukan untuk membuat rancangan bangunan pengering yang *hygienis* dan juga untuk memanfaatkan energi matahari dan energi biomassa kayu bakar. Dalam penelitian ini panas dari proses pengorengan dan pengukusan disalurkan pada pipa pemindah panas yang terbuat dari tanah liat dan bermuara pada sebuah cerobong asap. Bangunan pengeringan terbuat dari tembok yang dilengkapi dengan ventilator. Atap bangunan pengering menggunakan bahan polikarbonat yang dimaksudkan agar dapat menangkap gelombang panjang dari sinar matahari sehingga dapat memanfaatkan efek rumah kaca. Tahapan dalam penelitian ini yaitu menentukan kapasitas bangunan, merencanakan ketinggian cerobong, ukuran tungku, jumlah pipa pemindah panas, ketebalan dinding, dan jumlah ventilator. Bangunan pengering ini memiliki ukuran 450 cm x 350 cm x 300 cm. Pipa pemindah panas yang dibutuhkan sebanyak 34 buah dan ketebalan plaster pada dinding yaitu 27,735 cm tiap sisi-sisinya. Ketebalan pintu yaitu 6 cm yang terbuat dari anyaman bambu. Jumlah ventilator yang dibutuhkan sebanyak 2 buah dengan ukuran 12 inch.

Kata Kunci : *Kerupuk, pengeringan, hybrid, rancangbangun, efek rumah kaca*

1. PENDAHULUAN

Kondisi perekonomian Indonesia mulai menunjukkan perkembangan yang baik, hal ini akan memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) yang ada di Indonesia. Perkembangan perekonomian di Indonesia ini berdampak pada tumbuhnya industri-industri kecil di Indonesia. UMKM di Indonesia mempunyai peran yang sangat strategis dalam mendukung perekonomian negara, karena mampu menciptakan banyak lapangan kerja.

Salah satu daerah yang menjadi sentra UMKM sektor pertanian adalah Kabupaten Klaten. Satu diantara beberapa sentra UMKM yang terdapat di Kabupaten Klaten adalah sentra industri kerupuk rambak yang terdapat di Desa Gesikan Kecamatan Gantiwarno. Sentra Industri kerupuk rambak didesa ini telah mampu tumbuh

dan berkembang serta memiliki potensi yang besar untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Kerupuk merupakan salah satu makanan ringan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia dan sering dijadikan sebagai pelengkap berbagai sajian makanan atau sebagai lauk pauk. Sehingga dapat dikatakan kerupuk merupakan makanan ringan yang tidak bisa lepas dari kehidupan masyarakat, oleh karena itu produksi kerupuk harus tetap berjalan agar kebutuhan tetap terpenuhi. Kerupuk rambak di Desa Gesikan Kecamatan Gantiwarno ini mempunyai prospek yang baik untuk tetap dipertahankan keberadaanya, antara lain karena keberadaan industri tersebut bermanfaat untuk meningkatkan pendapatan masyarakat didesa tersebut serta mampu mendatangkan keuntungan bagi produsen sekaligus menyerap tenaga kerja lokal. Kegiatan

pembuatan kerupuk rambak ini bukan sekedar dijadikan usaha sampingan tetapi telah dapat dijadikan usaha pokok untuk mencukupi kebutuhan hidup produsennya (Yunita, 2009).

Permasalahan mendasar dalam pengelolaan industri kerupuk terdapat pada proses pengeringan pasca pengukusan kerupuk. Proses pengeringan yang dilakukan industri kecil masih secara konvensional, yaitu pengeringan dilakukan di tempat terbuka yang bergantung dari sinar matahari. Dalam pengeringan konvensional terdapat beberapa permasalahan yaitu panas yang tidak seragam, kebersihan yang tidak terjaga dan memerlukan tempat yang cukup luas. Ketika musim penghujan berlangsung ternyata membawa dampak yang kurang menguntungkan bagi industri kerupuk yang menggunakan pengeringan dengan cara konvensional. Produksi mereka terhambat oleh proses pengeringan yang hanya bergantung pada sinar matahari. Sepanjang musim penghujan seluruh UMKM kerupuk rambak dapat dipastikan mengalami hambatan dalam proses pengeringan, sebab mereka rata-rata memanfaatkan sinar matahari sepenuhnya, sehingga mengakibatkan menurunnya angka produksi dan mengurangi penghasilannya.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka dibutuhkan alat pengering yang dapat digunakan untuk menjaga kestabilan proses produksi baik dimusim panas maupun musim penghujan. Salah satu bentuk pengering yang cocok untuk diterapkan dalam proses pengeringan pada kerupuk rambak ini yaitu dengan memanfaatkan kombinasi energi matahari dan tungku biomassa untuk pengeringan kerupuk rambak ini. Oleh karena itu, diperlukan suatu perancangan agar mendapatkan bangunan yang optimal sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal. Perancangan bangunan dapat berupa perancangan kapasitas bangunan, tinggi cerobong, ukuran tungku biomassa, jumlah pipa penukar panas, ketebalan dinding dan merencanakan bentuk atap yang disertai jumlah ventilator.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENGERINGAN

Proses pengeringan hasil pertanian adalah suatu proses pengeluaran atau menghilangkan

sebagian dari suatu bahan sampai kadar air keseimbangan dengan udara lingkungan atau sampai kadar air tertentu dimana jamur, enzim dan serangga yang bersifat merusak tidak dapat lagi aktif (Hall, 1957). Sedangkan Brooker dkk, (1992) menyatakan bahwa pengeringan merupakan proses perpindahan panas dari udara pengering ke bahan dan penguapan kandungan air bahan ke udara pengering yang berlangsung secara simultan. Jika dihubungkan dengan kondisi udara pengering, pengeringan dapat didefinisikan sebagai metode untuk mengeluarkan sebagian air dari suatu bahan menggunakan energi sehingga tingkat kadar air bahan setara dengan kondisi udara normal atau nilai Aw (aktivitas air) yang aman dari kerusakan, mikrobiologis, enzimatik dan kimiawi (Adnan, 1982).

2.2. ENERGI MATAHARI

Energi matahari merupakan radiasi elektromagnetis yang memancar dari matahari secara terus menerus. Bumi dengan jarak rata-rata $1,5 \times 10^{11}$ m dari matahari hanya menerima sebagian kecil dari radiasi tersebut. Energi yang diserap bumi intensitasnya semakin berkurang karena terjadi absorpsi, pemancaran kembali ke angkasa. Secara total hanya 51 % dari radiasi matahari yang sampai pada permukaan bumi. Dari jumlah yang sampai ke permukaan bumi, sebagian akan dipantulkan ke atmosfer dan selebihnya diserap oleh permukaan bumi. Intensitas matahari tidak sama disemua tempat, tergantung pada letak, cuaca, dan musim (Duffie, 1980).

Energi radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi tersebut dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam kegiatan pada berbagai bidang, termasuk didalamnya bidang pertanian. Salah satu diantaranya yaitu sebagai pengeringan produk makanan. Dalam memanfaatkan energi matahari untuk pengeringan bisa dilakukan penjemuran langsung, menggunakan pengumpul panas (*heat collector*) atau dengan menggunakan efek rumah kaca (*green house effect*) atau gabungan dari *heat collector* dan *green house effect*. Upaya pengembangan radiasi matahari sebagai sumber energi alternatif masih dijumpai berbagai kendala. Kendala utama adalah kehadiran matahari yang tidak kontinyu sepanjang hari

sehingga masa operasi alat terbatas dan efisiensinya menjadi rendah (Brenndorfer, 1985).

2.3. ENERGI BIOMASSA

Penggunaan bahan bakar minyak atau listrik untuk pengeringan hasil pertanian jarang diadopsi oleh petani skala kecil karena biaya operasi yang mahal. Optimasi pengering memerlukan pengetahuan lengkap tentang pengeringan seluruh proses sehingga mengarah ke penghematan energi dan menghindari pencemaran lingkungan dengan menggunakan sumber energi terbarukan (Rajkumar dan Kulanthaisami, 2006).

Penggunaan energi terbarukan saat ini lebih diutamakan karena kebanyakan sumber energi tak terbarukan berpengaruh buruk pada lingkungan. Pada beberapa kasus, penggunaan energi tak terbarukan lebih mahal, oleh karena itu perlu dikembangkan pengering *hybrid* dengan input kombinasi energi matahari dan biomassa (Basunia dan Abe, 2001). Energi matahari merupakan salah satu energi alternatif dengan pemanfaatan yang tinggi disebabkan ketersediaannya di daerah tropis tak terbatas (Prasad dkk., 2006). Sementara penggunaan energi biomassa (kayu, briket, dan lain-lain) merupakan sumber energi yang cocok untuk pengeringan karena mudah didapatkan dan relative lebih murah (Mukaminega, 2008).

Selain energi matahari salah satu biomassa yang dapat dimanfaatkan yaitu kayu. Kayu merupakan sumber energi yang pertama kali dikenal dan digunakan manusia secara universal. Di samping untuk memasak kayu juga digunakan untuk pemanasan di daerah beriklim dingin. Sampai saat ini di banyak negara yang sedang berkembang kayu bakar masih merupakan bahan energi untuk memasak bagi penduduk pedesaan. Di Indonesia diperkirakan peranan kayu bakar yang dibantu oleh limbah pertanian sebagai energi untuk memasak sangat besar, terutama untuk daerah pedesaan (Coto, 1979). Kayu bakar di daerah pedesaan merupakan istilah yang umum untuk seluruh bentuk bahan non komersial, seperti potongan-potongan dahan, ranting dan semak-semak kayu. Kecuali itu sulit pula untuk membedakan antara kayu bakar yang sebenarnya dengan limbah pertanian, seperti batang ketela pohon, sabut dan tempurung kelapa, atau bahkan

pelepeh daun yang kering (Soemarwoto dkk. 1979).

3. METODE PENELITIAN

Dalam perancangan alat pengering dengan kombinasi antara energi matahari dan tungku biomassa ini dapat dibagi dalam dua bagian utama yaitu tungku biomassa, dan ruang pengering. Rancangan ini dirancang memiliki kapasitas 1 kwintal kerupuk basah. Perancangan ini disesuaikan dengan kapasitas produksi produsen kerupuk rambak yang ada di Desa Bayanan Kecamatan Gantiwarno. Alur penentuan perancangan dapat dilihat pada diagram Diagram 1

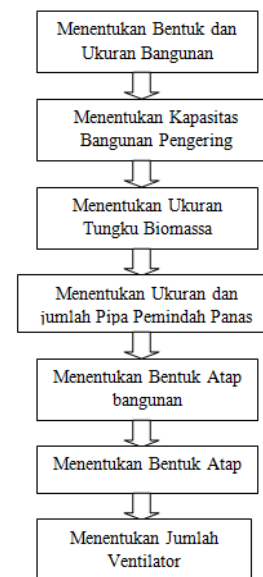


Diagram 1 Alur perancangan

3.1 PERSYARTAN PERANCANGAN

3.1.1 Tungku Biomassa

Tungku Biomassa yang dirancang disesuaikan dengan pemilihan konsep yang dipilih, yaitu pengeringan dengan cara panas tidak langsung. Dari hal tersebut maka dibutuhkan pipa pemindah panas (*heatexchanger*). Pada perancangan tungku biomassa ini terdapat ruang pembakaran. Pada ruang pembakaran ini terjadi nyala api

sebagai hasil pembakaran dari kayu bakar. Ruang bakar ini dibuat dari batubata.

Energi yang tersedia untuk pengeringan

Energi panas dari iradiasi surya

$$Q_{ir} = \frac{3600 I_{ir.A}}{t}$$

Energi panas bahan bakar

$$Q_{bhn \text{ bakar}} = \frac{m \text{ bhn bkr} \cdot N_{kbhn \text{ bkr}}}{t}$$

Energi *hybrid* atau gabungan

$$Q_h = Q_{ir} + Q_{bhn \text{ bkr}}$$

Kebutuhan energi untuk pengeringan

Panas yang digunakan untuk menaikkan suhu bahan

$$C_{p \text{ krupuk}} = 4,1868(0,008 \cdot M_o + 0,2)$$

(Sumarno, 2011)

$$Q_{\text{sensibel}} = m_{\text{awal}} \times C_{p \text{ krupuk}} \times (T_{\text{akhir}} - T_{\text{awal}})$$

Panas yang digunakan untuk menguapkan air pada bahan

$$Q_{\text{laten}} = M_{\text{uap}} \times H_{fg}$$

Energi total

$$Q_{\text{tot}} = Q_{\text{sensibel}} + Q_{\text{laten}}$$

3.1.2 Pipa pemindah panas (*heat exchanger*)

Pipa pemindah panas yang dirancang terbuat dari tanah liat yang berbentuk silinder memanjang. Penyusunan pemindah panas dibuat membentuk huruf U dan terdiri dari 2 tingkat dan bermuara pada cerobong asap. Bentuk yang dipilih untuk pemindah panas (*heat exchanger*) adalah berbentuk tabung yang terbuat dari tanah (plumpung). Untuk bentuk tampang melintang dari pipa pemindah panas dengan diameter 15 cm dan diameter luar tabung 17 cm. Oleh karena itu digunakan persamaan “Sieder-Tate” didalam perhitungan perpindahan panasnya (Priyono, 1990).

Menentukan nilai h_1 (koefisien perpindahan panas) yang terletak di dalam plumpung

$$Re_D = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$Nu_D = 0,027 Re_D^{4/5} Pr^{1/3} \left[\frac{\mu}{\mu_s} \right]^{0,14}$$

$$h_1 = \frac{Nu_D k}{D}$$

Menentukan nilai h_2 (koefisien perpindahan panas) yang terletak di luar plumpung

$$Ra_D = \frac{g \beta (T_s - T_\infty) L^3}{\nu \alpha}$$

$$Nu_D = C Ra_D^n$$

$$h_2 = \frac{Nu_D k}{D}$$

sehingga

$$R_{\text{tot}} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{\ln r_2 / r_1}{2\pi L k} + \frac{1}{h_2 A_2}$$

$$Q = U A \Delta T_{lm}$$

3.1.3 Cerobong asap

Cerobong asap ini terbuat dari bahan tanah liat yang berbentuk silinder panjang dan menyerupai pipa pemindah panas. Diharapkan asap panas yang melewati pipa pemindah panas akan dapat dikeluarkan melalui cerobong asap. Sehingga pembakaran kayu bakar dapat berjalan sempurna dan energi panasnya dapat dimanfaatkan untuk proses pengeringan. Agar asap dapat keluar melewati cerobong, maka penurunan tekanan masuk cerobong dan keluar cerobong haruslah $\geq 1 \text{ mm H}_2\text{O}$. Penurunan tekanan dapat dihitung dengan rumus (Robinson, 1976) :

$$\Delta p = 0,256 \times H \times P \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_c} \right)$$

3.1.4 Ruang pengering

Ruang ini merupakan bagian utama dari bangunan pengering kerupuk rambak ini. Sebagai ruang pengering ini dilengkapi rak-

rak yang terbuat dari bambu. Rak-rak ini berguna untuk menyangga *rigen-rigen* yang terdapat kerupuk rambak basah di atasnya.

$$\text{Kapabilitas}_{\text{bgnan}} = \frac{\text{luas hamparan pengering}}{\text{luas rak}} \times$$

$$\frac{\text{ukuran rak}}{\text{luas kerupuk}} \times$$

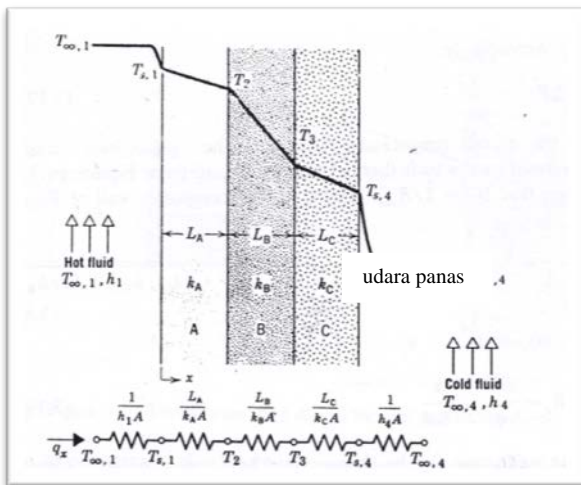
berat kerupuk

3.1.5 Atap

Atap bangunan pengering tersebut dirancang menggunakan fiber transparan yang terbuat dari polikarbonat. Selain itu atap bangunan juga dilengkapi dengan adanya 2 buah ventilator yang berfungsi untuk sirkulasi udara sehingga di dalam bangunan pengering tersebut tidak lembab. Ventilator ini memiliki prinsip kerja apabila ada udara yang terperangkap didalam bangunan maka ventilator akan memutar, hal ini diakibatkan adanya perbedaan tekanan antara udara di dalam dengan udara di luar bangunan. Adanya perbedaan tekanan ini dapat memicu pergerakan udara dari tekanan tinggi ke rendah.

3.1.6 Perancangan dinding pengering

Dinding pengering didekati menggunakan persamaan Hince seperti pada Gambar 1



Gambar 1 Ilustrasi perpindahan panas lewat dinding

Dimana A dan C merupakan lapisan semen, dan B merupakan batu bata. Sehingga panas yang diterima oleh dinding yaitu (Incropera, 1990)

$$q_x = \frac{T_{\infty,1} - T_{\infty,4}}{\left[\frac{1}{h_1 A} \right] + \left[\frac{L_A}{k_A A} \right] + \left[\frac{L_B}{k_B A} \right] + \left[\frac{L_C}{k_C A} \right] + \left[\frac{1}{h_2 A} \right]}$$

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Prinsip kerja bangunan pengering

Prinsip kerja mesin pengering hybrid adalah memanfaatkan dua sumber energi yaitu sinar matahari dan energi pembakaran biomassa. Gelombang pendek energi dari pancaran sinar matahari memenuhi ruang pengering melalui struktur transparan polikarbonat. Gelombang ini diteruskan ke seluruh bagian ruang pengering. Seluruh komponen di dalam ruang pengering juga meradiasikan energi akan tetapi dengan gelombang panjang sehingga tidak bisa menembus plastik polikarbonat. Dengan demikian terjadi akumulasi energi didalam ruang pengering dan menyebabkan suhu meningkat. Kenaikan suhu ruang akan menguapkan air yang terkandung dalam bahan. Biomassa sebagai sumber energi kedua, berasal dari pembakaran kayu bakar dalam tungku yang berada di luar ruang pengering. Energi pembakaran yang dihasilkan disalurkan melalui pipa-pipa yang ada di dalam ruang pengering dan akan memanaskan ruangan untuk mengeringkan bahan.

4.2 Tungku Biomassa

Tungku biomassa merupakan tungku pemanas yang digunakan pada saat proses pengeringan bahan pangan. Tungku Biomassa yang dirangsang berasal dari 2 buah tungku yang berbeda. Tungku pertama berguna untuk pengukusan dan tungku kedua berfungsi untuk

penggorengan. Bahan bakar yang digunakan adalah berasal dari kayu bakar. Tungku biomassa yang dirancang berbentuk balok dan kubus. Tungku pertama berukuran 145 cm x 80 cm x 40 cm, tungku pertama ini memiliki 2 lubang yang digunakan untuk penggorengan kerupuk yang sudah siap digoreng. Pada tungku kedua berukuran 94 cm x 94 cm x 94 cm. Pada tungku kedua ini terdapat 1 lubang yang digunakan untuk tempat pengukusan. Kedua tungku ini terbuat dari batu bata yang disusun dan direkatkan dengan semen.

Table 1 Hasil penentuan lubang kayu bakar

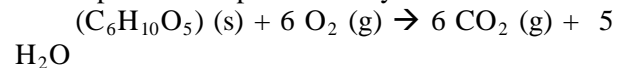
Bentuk	Ukuran	
	Sisi (m)	Jari-jari (m)
Persegi	0,40	-
Lingkaran	-	0,23

Tungku tersebut juga dilengkapi dengan lubang yang berfungsi untuk memasok kayu bakar. Oleh karena itu diperlukan lubang yang memiliki ukuran yang tepat agar kayu bakar dapat masuk dan mengalami pembakaran yang sempurna. Berdasarkan Table 1 maka dapat dilihat apabila lubang yang diinginkan berbentuk persegi maka ukuran yang optimal yaitu dengan panjang sisi 0,38 m atau 38 cm. Sedangkan apabila yang dikehendaki berbentuk lingkaran maka jari-jari yang optimal yaitu 0,216 m atau 21,6 cm.

4.3 Pipa pemindah panas

Pipa pemindah panas yang dipilih berupa tabung yang terbuat dari bahan tanah liat yang kebanyakan orang menyebutnya sebagai *plumpung*. *Plumpung* ini memiliki ukuran diameter dalam sebesar 15 cm sedangkan diameter luarnya 17 cm dan memiliki ketebalan 2 cm. *Plumpung* ini memiliki panjang 70 cm. Pemilihan *plumpung* berbahan dasar tanah liat ini dikarenakan harganya yang relatif murah sehingga mudah dijangkau oleh masyarakat. Selain murah dan harga yang

terjangkau penggunaan bahan berbahan dasar tanah liat ini tidak akan mengakibatkan korosi pada bahan tersebut. Seperti diketahui bahwa pada pembakaran pada kayu bahan yang mudah terbakar adalah selulose, suatu zat serat yang merupakan kekuatan pada struktur tanaman. Selulose terdiri dari karbon, hidrogen, dan oksigen. Sehingga apabila dilihat pada reaksi pembakarannya adalah



Dari reaksi pembakaran tersebut hasil pembakaran menghasilkan uap air, oleh karena itu apabila pipa pemindah panas menggunakan bahan logam maka akan mengakibatkan logam tersebut korosi. Jumlah plumpung yang diperlukan untuk pengeringan tersebut berjumlah 34. Pipa ini dibentuk menyerupai huruf "U" dan saling menyatu antara tungku pertama dengan tungku kedua.

4.4 Cerobong asap

Agar asap dapat keluar melewati cerobong, maka penurunan tekanan masuk cerobong dan keluar cerobong haruslah $\geq 1 \text{ mm H}_2\text{O}$ (A.P. Robinson, 1976).

Table 2 Hasil penentuan ketinggian cerobong

H (m)	ΔP (mmH ₂ O)
3	0,499
4	0,669
5	0,832
6	0,994
7	1,146

Dari hasil perhitungan pada Table 3 maka ketinggian cerobong yang optimal yaitu 6 m, hal ini dikarenakan nilai beda tekanannya mendekati 1 mmH₂O. Cerobong asap yang digunakan yaitu berbahan dasar tanah liat yang memiliki nilai konduktivitas yang rendah yaitu $k = 0,030 \text{ W/m}^0\text{C}$, sehingga tanah liat termasuk salah satu bahan yang tahan terhadap panas dan suhu tinggi hingga mencapai 1500⁰C (Anonim, 2006).

4.5 Ruang Pengering

Ruang pengeringan yang dirancang memiliki dimensi ukuran yaitu panjang 350 cm, lebar 450 cm, dan ketinggian 300 cm. Ruang pengering ini berbentuk balok, serta berbahan dasar batu bata. Pintu dan jendela terbuat dari anyaman bambu. Penggunaan anyaman bambu ini dimaksudkan agar sirkulasi udara akan tetap lancar sehingga bangunan tersebut tidak lembab yang akan mengakibatkan kerupuk berjamur. Didalam ruang pengering ini disusun rak-rak dari bambu yang berguna untuk meletakkan *rigen* yang telah ditata kerupuk basah.

Berdasarkan perhitungan dimensi bangunan pengering, maka kapasitas ruang pengering ini dirancang dapat memuat sekitar 110 kg bahan kerupuk basah yang disusun pada 12 rak dan berat potongan 1 kerupuk basah 7 gram. Bangunan pengering tersebut dirancang agar memiliki efisiensi sekitar 20%. Efisiensi bangunan yang dirancang 20% merupakan efisiensi yang cukup dapat dicapai. Mengingat bahwa bangunan ini menerapkan sistem yang manual tidak seperti mesin yang dapat dikontrol secara otomatis. Oleh karena itu agar mencapai efisiensi 20% maka dari hasil perhitungan diperlukan bahan bakar sebanyak 269,787 Kg kayu bakar untuk mensuplai satu buah tungku pembakaran selama 35 jam proses pengeringan dari kadar air 60% hingga menjadi 13%. Kayu yang digunakan untuk mensuplai pembakaran yaitu dipilih berupa kayu mahoni. Pemilihan kayu mahoni dikarenakan bahwa kayu mahoni banyak ditemukan di daerah Gantiwarno dan digunakan oleh masyarakat sebagai kayu bakar.

Table 4 Hasil perhitungan penentuan tebal dinding

	q total (kj/jam)	T _p (°C)		T ₁ (°C)		T _f (°C)	$\frac{\alpha x}{10^{-6}}$ (m ² /s)	$\frac{v x}{10^{-6}}$ (m ² /s)	k x 10 ⁻³ (W/mK)	Pr	h (W/m ² K)		L (m)
		D	L	D	L						h ₁	h ₂	
Dinding Luar	9385,625	35	30	32,5	24	16,69	26,89	0,706	2,39	0,5407			
Dinding Dalam		45	40	315	24,664	17,7	27,632	0,704	2,365				

Ket : T_p = Suhu Permukaan
T₁ = Suhu Lingkungan
T_f = Suhu film

Agar bangunan pengering tersebut tidak terlalu banyak energi yang terbuang atau keluar maka berdasarkan tabel hasil perhitungan pada 5.1 maka diperlukan lapisan plaster pada dinding

minimal 0,5407 m untuk kedua sisinya atau 27,03 cm untuk masing-masing lapisan dinding. Panas yang hilang akibat adanya buka tutup pintu dan panas yang hilang melewati celah-celah pintu maupun jendela diasumsikan sebesar yaitu 50% sehingga q total = 9385,625 kJ/jam. Pintu dirancang menggunakan bahan bambu dengan ketebalan 0,055 m, sedangkan plater tanah berbahan plaster semen dengan ketebalan 0,274 m. Hasil Perhitungan penentuan ketebalan lapisan pintu dan lapisan plaster pada tanah disajikan pada Table 5.

Table 5 Hasil Perhitungan Penentuan Ketebalan Pintu dan Plaster

	q total (kj/jam)	T _p (°C)		T ₁ (°C)		T _f (°C)	$\frac{\alpha x}{10^{-6}}$ (m ² /s)	$\frac{v x}{10^{-6}}$ (m ² /s)	k x 10 ⁻³ (W/mK)	Pr	h (W/m ² K)		L (m)
		D	L	D	L						h ₁	h ₂	
Pintu	9385,63	45	35	40	30	35	23,68	16,69	26,89	0,706	2,39	0,055	
Plaster Tanah		45	30	40	30	45	24,664	17,7	27,632	0,704	2,365		
						30	22,94	16,19	26,52	0,706	-	2,28	

Ket : T_p = Suhu Permukaan
T₁ = Suhu Lingkungan
T_f = Suhu film
D = dalam
L = luar

Berdasarkan perhitungan energi yang tersedia untuk pengeringan maka besarnya energi panas dari radiasi matahari diperkirakan sebesar 64,152 kJ/jam dengan waktu pengeringan selama 35 jam.

Table 6 Hasil perhitungan kebutuhan energi untuk pengeringan

Q _{sensibel}	4697,55 kJ
Q _{laten}	126701,209 kJ
Q _{total}	131398,759 kJ
	3754,250 kJ/jam

Berdasarkan hasil perhitungan Table 6 maka bangunan tersebut dirancang dapat memiliki kebutuhan energi untuk menaikkan suhu bahan yaitu sebesar 4697,55 kJ, sedangkan kebutuhan energi untuk menguapkan air pada bahan dirancang dapat mencapai 126701,209 kJ, sehingga kebutuhan energi total untuk pengeringan yaitu sebesar 131398,759 kJ atau sebesar 3754,250 kJ/jam.

4.6 Atap

Atap yang digunakan berupa fiber transparan

yang terbuat dari bahan jenis polikarbonat. Atap yang terbuat dari fiber ini dapat menyerap sinar matahari sehingga sinar matahari tersebut akan terperangkap sebagai energi panas dalam ruangan. Menurut Susilo (2012) matahari yang memancarkan gelombang pendek akan memenuhi ruang pengering melalui struktur transparan polikarbonat. Gelombang ini diteruskan ke seluruh bagian ruang pengering. Seluruh komponen di dalam ruang pengering juga meradiasikan energi akan tetapi dengan gelombang panjang sehingga tidak bisa menembus plastik polikarbonat. Dengan demikian terjadi akumulasi energi didalam ruang pengering dan menyebabkan suhu meningkat. Kenaikan suhu ruang akan menguapkan air yang terkandung dalam bahan.

Intensitas radiasi matahari yang mencapai permukaan bahan akan berbeda-beda. Hal ini dikarenakan pergerakan bumi pada sebuah orbit elips dan dari sumbu putarnya. Selain itu juga disebabkan adanya perubahan sudut tampa (deklinasi) sinar matahari. Gumpalan awan akan berpengaruh terhadap besarnya jumlah intensitas matahari yang akan menembus polikarbonat tersebut. Apabila kondisi awan menutupi pancaran sinar matahari maka intensitas matahari yang terserap akan semakin kecil. Begitu juga pada saat kondisi hujan maka besarnya nilai intensitas matahari yang berhasil terserap oleh polikarbonat juga akan mengalami penurunan.

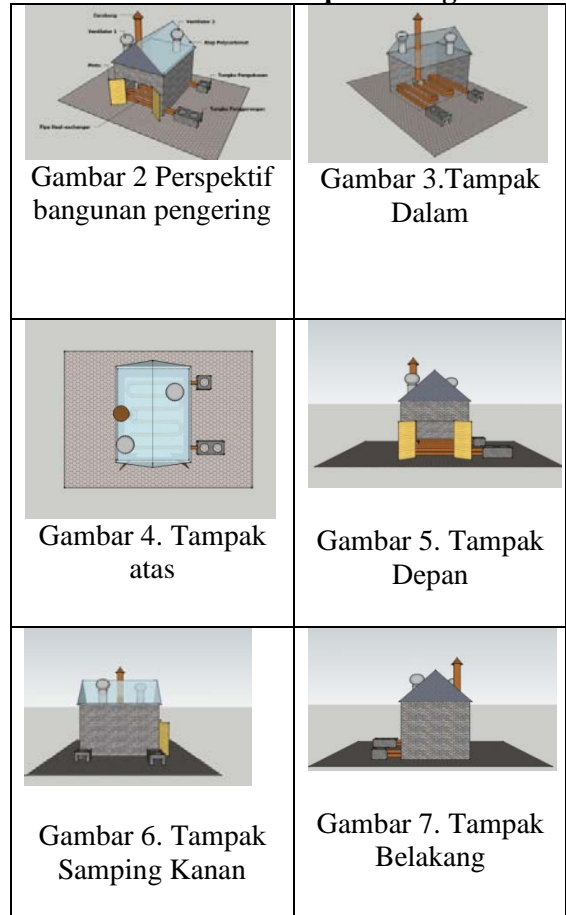
Table 7. Hasil perhitungan kebutuhan Ventilator

Ukuran	Kapasitas hisap (m ³ /menit)	Volume total (m ³)	Waktu sirkulasi normal (menit)	Jumlah (buah)
12 inch	9,45	60,6375	3,5	2
20 inch	53,37	60,6375	3,5	0,324

Pada atap bangunan pengering juga dilengkapi ventilator yang berguna sebagai ventilasi paksa. Fungsi utama ventilator ini yaitu untuk menggerakkan udara yang terperangkap didalam bangunan agar keluar sehingga terjadi perbedaan tekanan antara udara di dalam dan di luar ruangan. Adanya perbedaan tekanan tersebut dapat memicu pergerakan udara dari tekanan tinggi ke rendah, sehingga udara terdistribusi dengan sendirinya dan ruangan akan mendapat supali udara dari luar. Selain itu guna ventilator bagi bahan yaitu, ventilator tersebut dapat

mensirkulasikan udara lembab yang disebabkan oleh proses pengeringan dari bahan tersebut. Udara yang lembab tersebut akan menyebabkan bahan (kerupuk) tersebut ditumbuhi jamur. Oleh karena itu berdasarkan Table 7 maka diperlukan 2 buah ventilator yang memiliki ukuran 12 inch atau yang memiliki diameter 30,48 cm dan memiliki kapasitas hisap 9,45 m³/menit.

4.7 Gambar hasil perancangan



4. KESIMPULAN

1. Penggunaan bangunan pengering tipe rak yang tertutup ini dapat membuat bahan baku lebih *hygienis* dibandingkan dengan pengeringan secara langsung.

2. Bangunan pengering kerupuk rambak kombinasi energi matahari dan energi

biomassa kayu bakar memiliki ukuran panjang 450 cm, lebar 350 cm dan tinggi 300 cm, tebal plaster pada dinding yang optimal agar panas tidak banyak yang hilang yaitu 0,5407 m, tebal pintu yang optimal yaitu 0,055 m, dan ketebalan lapisan plaster pada lantai yang optimal adalah 0,274 m.

3. Ukuran cerobong asap yang optimal yaitu memiliki tinggi 6 m dan pipa pemindah panas yang dibutuhkan sebanyak 34 buah.

4. Ventilator yang dibutuhkan sebanyak 2 buah dengan ukuran 12 inch dan memiliki kapasitas hisap 9,45 m³/menit.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. 1982. *Handbook of Industrial Drying*. Marcel Dekker, Inc : New York.
- Basunia, MA dan Abe, T.2001. Thin Layer Solar Drying Characteristic Of Rough Rice Under Natural Convection. *Journal of Food Science* 47(4) : 295-301.
- Brenndorfer, B.1985. *Solar Dryers-their role in postharvest processing*. London : Commonwealth Science council..
- Brooker,D.B,F,w. Bakker-arkema, dan C.W. Hall.1992. *Drying and storage of grains and oilseeds*. AVI, New York.
- Coto, Z. 1979. Teknik Efisiensi Penggunaan Energi Kayu Bakar. Prosiding Seminar Peningkatan Penyediaan dan Pemanfaatan Kayu Sebagai Sumber Energi. Bogor 9 September. Bogor : Fakultas Kehutanan IPB. Hlm 89-90.
- Duffie, J.A and W.A. Beckman, 1980. *Solar Engineering of Thermal Process*. Jhon Wiley & Sons. New York.
- Hall, C.W.1957. *Drying of Farm Crops*. Eduart Brothers Co. Michigan.
- Mukaminega D, 2008. Hybrid Dryer (Solar and Biomass Furnance) To Addres The Problem of Post Harvest Losses of Tomatoes in Rwanda. Van Hall Larenstein. Wageningen. Netherland.
- Parasad, Vijay VK, Tiwari, Sorayana VPS.2006. Study on performance evaluation of hybrid drier for tumeric drying at village scale. *Journal of Food Engineering*. 75(4) : 497-502
- Priyono. Tayip. Evaluasi Rancangan dan Uji Kinerja Alat Pengering Kombinasi Energi Matahari dan Tungku Biomassa Untuk Pengeringan Kelapa. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian. FTP UGM. Yogyakarta.
- Rajkumar, P dan Kulanthaisami S. 2006. Vacum Assited Solar Drying Of Tomatoes Slices. ASABE Annual International Meeting, Portland, Oregon.
- Robinson, A.P. 1976. The Design Construction and Operation of a Unit for the Carbonisation of Coconut Shell With Recovery of Waste Heat. Tropical Devolepment and Research Institute. England.
- Soemarwoto *et al.* 1979. Sistem "Agroforestry" Taradisional Sebagai Sumber Kayu Bakar. Prosiding Seminar Peningkatan Penyediaan dan Pemanfaatan Kayu Sebagai Sumber Energi. Bogor, 9 September. Bogor : Fakultas Kehutanan IPB. Hlm 27-33.
- Sumarno, Gatot. 2011. Studi Experimental Alat Pengering Krupuk Udang Bentuk Limas Kapasitas 25 Kg Per Proses Dengan Menggunakan Energi Surya dan Energi Biomassa Arang Kayu. *Jurnal Teknik Mesin*. Poltek Negeri Semarang. Semarang.
- Yunita, T, 2009, Analisa Kelayakan Finansial Industri Kerupuk Rambak yang aman dikonsumsi. Skripsi FTP UGM. Yogyakarta.

