

TEKNOLOGI BERBASIS SUMBER ENERGI TERBARUKAN UNTUK PERTANIAN

Editor
Kamaruddin Abdullah



**Pusat Pengembangan Ilmu Teknik Untuk
Pertanian Tropika (CREATA)
Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat
Institut Pertanian Bogor**

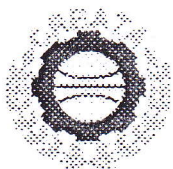


TEKNOLOGI BERBASIS SUMBER ENERGI TERBARUKAN UNTUK PERTANIAN

Editor

Kamaruddin Abdullah

Guru Besar Institut Pertanian Bogor
Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian
Departemen Teknik Pertanian FATETA-IPB



Pusat Pengembangan Ilmu Teknik Untuk
Pertanian Tropika (CREATA)
Lembaga Penelitian dan Pemberdayaan Masyarakat
Institut Pertanian Bogor



Judul : TEKNOLOGI BERBASIS SUMBER ENERGI TERBARUKAN
UNTUK PERTANIAN
Editor : Kamaruddin Abdullah
ISBN : 978-979-96105-4-6

Hak cipta dilindungi Undang-undang
Diterbitkan oleh Pusat Pengembangan Ilmu Teknik untuk Pertanian Tropika
(CREATA, LPPM-IPB)

Dicetak oleh IPB PRESS

Hak Cipta dilindungi Undang-undang, Dilarang memperbanyak
sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apa pun, baik secara
elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau
menggunakan system penyimpanan lainnya tanpa seijin penerbit

Eko Arif Rahman, Dyah Wulandani, dan Kamaruddin Abdullah,

ABSTRAK

*Uji kinerja pengering surya ERK yang dibantu kincir Savonius dan tungku biomassa untuk pengeringan ikan teri jengki (*Stolephorus sp*) telah dilakukan pada kondisi iradiasi surya rata-rata 256.8 W/m² – 545.5 W/m², pada suhu udara pengering rata-rata 42,1 °C - 49.34 °C (RH: 44.8%-72.9%) pada kondisi udara cerah dan mendung. Dengan beban ikan 26 kg ikan teri jengki (*Stolephorus sp*) bergaram lama waktu pengeringan adalah 15-15.5 jam. Pada percobaan digunakan dua troli yang terpisah yang memuat masing-masing nampan berisi ikan. Suhu dan RH pada kedua troli yang dipasang berdampingan tidak berbeda nyata dengan uji t. Laju udara pengering selama percobaan berada dinatara 0.01-0.175 m/det. dan konsumsi biomassa untuk pemanas udara 2.04 kg/jam dan untuk tungku pemanas air sebesar 2.5 kg/jam.*

Kata kunci: Ikan teri, kincir Savonius, tungku pemanas tambahan, pengering surya

I. PENDAHULUAN

Produksi ikan laut yang bersifat musiman memerlukan cara-cara pengawetan dan pengolahan yang cepat dan cermat agar surplus ikan dapat diselamatkan pada saat musim puncak tiba. Dengan teknologi pengawetan, diharapkan daya simpan ikan menjadi lebih panjang, sehingga kebutuhan manusia akan ikan dapat dipenuhi tanpa mengenal musim. Kegiatan pengolahan hasil perikanan pada dasarnya dapat dinilai sebagai salah satu usaha pemanfaatan hasil perikanan yang memberikan nilai tambah sehingga dapat meningkatkan pendapatan nelayan serta memperluas kesempatan kerja.

Berdasarkan data statistik Dinas Perikanan DKI Jakarta pada Tabel 1, terlihat nilai ekspor (dalam \$US) produk ikan kering relatif lebih kecil dibandingkan produk ikan segar dan ikan beku. Kenyataannya produk ikan kering berpotensi besar untuk ekspor, meskipun teknologi pengeringan ikan masih rendah sehingga kualitas produk ikan kering belum diterima oleh pasar internasional. Sampai saat ini pengolahan ikan di Indonesia masih banyak yang dilakukan secara tradisional, seperti penggaraman, pengasapan, pemindangan, dan fermentasi. Pengawetan ikan dengan cara

penggaraman terdiri dari dua proses, yaitu proses penggaraman dan proses pengeringan, yang akan menghasilkan produk akhir berupa ikan asin.

Tabel 1 Statistik nilai ekspor hasil perikanan di Indonesia.

Tahun	Nilai (\$ US)			
	Produksi Ikan Segar	Produksi Beku Tiga Komoditi	Produksi Ikan Kering	Produksi Ikan Beku
1999	51.559.635,51	11.556.938,66	4.731.268,02	72.716.034,65
1998	59.965.587,05	36.137.050,59	3.026.223,96	23.161.293,24
1997	54.850.211,31	145.683.177,15	12.273.353,32	49.574.784,22
1996	72.480.733,41	123.011.541,40	6.494.184,36	29.215.734,40
1995	76.795.987,73	148.238.223,70	3.276.860,80	21.859.243,63
1994	67.019.208,31	17.154.414,50	18.448.052,25	179.455.766,37

Sumber : Dinas Perikanan DKI Jakarta, 1999.

Penggunaan garam sebagai bahan pengawet dapat mempercepat pengeringan, menambah cita rasa serta menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk pada ikan. Salah satu produk perikanan pantai yang penting adalah ikan teri (*Stolephorus sp.*), karena terdapat hampir diseluruh pantai Indonesia dari Sabang sampai Merauke. Menurut data statistik Departemen Pertanian (1999), produksi ikan teri tiap tahunnya mengalami kenaikan dari 127 797 ton/bulan pada tahun 1990 menjadi 183 591 ton/bulan pada tahun 1997. Cara pengawetan yang umum dilakukan terhadap ikan ini adalah penggaraman secara tradisional. Hal ini terbukti dengan adanya peningkatan volume ekspor ikan teri asin yang cenderung naik tiap tahunnya seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Volume dan nilai ekspor ikan teri nasi di Indonesia periode tahun 1995-1998

Tahun	Volume	Nilai (US\$)	Perubahan (%)	
			Volume	Nilai
1995	1 824 278	11 266 880		
			170,70	107,60
1996	4 938 300	23 387 592		
			(31,81)	(17,10)
1997	3 367 216	19 389 339		
			13,35	(16,91)
1998	3 816 729	16 155 639		

Sumber: Departemen Pertanian (1999)

Metode pengeringan ikan dapat digolongkan dengan cara tradisional dan mekanis. Cara tradisional yang biasa dilakukan oleh masyarakat maupun industri kecil yaitu dengan penjemuran ikan langsung di bawah terik matahari. Biaya produksi dengan cara ini relatif murah namun memiliki banyak kelemahan.

Disamping tidak menentukannya ketersediaan panas matahari juga cara pengeringan tradisional sering terkena gangguan cuaca seperti angin, hujan mendadak, termakan binatang, terkontaminasi oleh debu dan kotoran. Untuk memperbaiki kelemahan tersebut, diperlukan sistem pengeringan kombinasi yang dapat memadukan penggunaan energi surya, angin, dan biomassa yang dapat beroperasi secara kontinyu dan tidak tergantung pada cuaca. Jenis energi ini termasuk sumber energi terbarukan yang tersedia di alam dengan jumlah yang tak terbatas.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja suatu sistem pengering surya ERK (Kamaruddin, 1993 dan Kamaruddin dkk, 1994) seperti dikemukakan diatas yang dapat beroperasi secara kontinyu, dan dapat beroperasi di daerah/pulau terpencil yang belum terjangkau jaringan listrik PLN. Sebagai bahan percobaan akan digunakan ikan teri jengki (*Stolephorus sp.*)

II. PERCOBAAN

2.1. Mesin Pengering Surya Hibrida

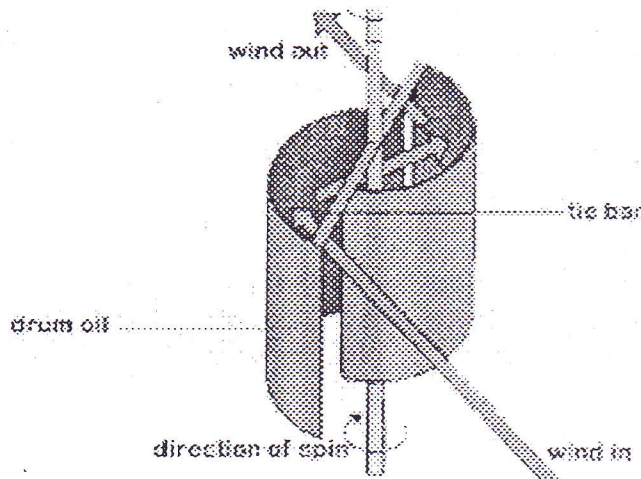
Sistem pengering surya Efek Rumah Kaca (ERK) yang digunakan dalam penelitian menggunakan lembaran mika sebagai dinding transparan. (Kamaruddin, 1993). Gambar sekematisnya dapat dilihat pada Gambar 2.

Tipe alat pengering yang digunakan termasuk ke dalam tipe pengering rak bertingkat. Beberapa inovasi yang dirancang yaitu penggunaan kincir *savonius* pada bagian atas bangunan tembus cahaya, yang berfungsi sebagai penggetar rak dan juga sebagai penggerak kipas. Pemanas tambahan menggunakan sistem sirkulasi air dan udara pembakaran yang disalurkan melalui pipa penukar panas (*heat exchanger*) dalam ruang yang dipanaskan oleh tungku biomassa. Dimensi alat pengering berukuran panjang lantai 3.6 m, lebar 3.6 m dan tinggi 2.3 m dengan rangka bangunan terbuat dari besi siku 4 x 4 cm dan 5 x 5 cm. Bangunan pengering ini mempunyai 2 unit rak bertingkat (troli) yang diletakkan berdampingan ditengah ruang. Troli tersebut terbuat dari besi siku 5 x 5 cm berukuran tinggi 146 cm, panjang 100 cm dan lebar 100 cm, 1 unit troli berisi 14 buah rak dengan nampan berbingkai kayu berukuran panjang 87 cm dan lebar 48 cm. Nampan kayu dilengkapi dengan jaring ikan sebagai alas ikan yang dikeringkan. Pemilihan jaring kasa ini dimaksudkan agar sirkulasi udara bisa maksimal di atas dan di bawah produk dan tidak merusak kulit ikan selama pengeringan. Rak yang digunakan berjumlah 28, dimana jarak antar rak adalah 15 cm agar mempermudah pemasukan dan pengeluaran ikan. Untuk percobaan ini hanya digunakan 26 rak. Masing-masing kaki troli diberi pegas dan pada masing-masing sisi troli yang berhadapan dengan kam

penggetar diberi bantalan untuk sentuhan kam sehingga dapat menimbulkan getaran troli secara keseluruhan.

Kincir *savonius* yang diletakkan pada bagian tengah bangunan dibuat dari setengah irisan drum minyak pada arah vertikal dan poros sebagai transmisi daya. Rancangan sistem penggetaran alat pengering terdiri dari dua bagian yaitu kincir *savonius* dan rak pengering. Energi angin yang ditangkap oleh kincir *savonius* ditransmisikan melalui poros untuk menggetarkan rak pengering seperti terlihat pada Gambar 1.

Kincir *savonius* terdiri atas *rotor* yang merupakan bagian utama kincir *savonius* yang berfungsi sebagai penangkap angin. Angin dari berbagai arah dapat ditangkap oleh *rotor* karena adanya celah antar potongan drum. Drum atau *rotor* dapat dipasang lebih dari satu secara seri untuk meningkatkan efisiensi penangkapan angin. Poros berfungsi sebagai penyalur (transmisi) daya dari *rotor* ke rak pengering.



Gbr. 1 Prinsip kincir Savonius (Turner, 2002)

Penyangga berfungsi sebagai dukungan pada poros kincir Savonius agar kokoh dari terpaan angin kencang serta dapat menahan beban *propeller* dan peralatan ukur. *Cam shaft* berfungsi sebagai penyalur transmisi daya dari poros ke rak pengering dengan gesekan/benturan (Gambar 2). Lantai atau ubin dalam ruang pengering dicat hitam agar dapat menyerap panas. Total luas lantai dalam bangunan pengering ini berukuran 3.59 x 3.59 m dan sebagian tertutup oleh plat kolektor yang terbuat dari dua buah lembaran seng yang dicat hitam. Bahan lantai pengering berupa semen yang dicat hitam.

Penyerap dan Pengumpul Panas (Kolektor Surya) Kolektor terbuat dari seng yang memiliki nilai konduktifitas panas yang tinggi dengan ketebalan 0.03 cm.

Kolektor ini berdimensi dengan panjang 3.5 m dan lebar 1.0 m dengan luasan 35 m². Jumlah kolektor yang digunakan sebanyak dua buah. Kolektor ini berfungsi sebagai penyerap dan pengumpul radiasi surya yang diteruskan oleh plastik transparan selanjutnya dialirkan ke dalam ruang pengering oleh kipas.

2.2. Tungku Biomassa dan Penukar Panas (*heat exchanger*)

Tungku biomassa yang digunakan berjumlah dua buah. Untuk pemanas udara tungku terbuat dari drum bekas minyak tanah berdiameter 35 cm dan tinggi 65 cm. Bagian sisi drum dilubangi dan disambung dengan seng berbentuk silinder yang mengarah ke dalam bangunan pengering. Bagian sisi bawah tungku diberi pintu udara dengan panjang 8 cm dan lebar 15 untuk penyalaan biomassa. Tungku biomassa kedua terbuat dari semen. Panas yang dihasilkan tungku ini digunakan untuk memanaskan air di dalam drum. Air yang telah dipanasi mempunyai suhu sekitar 45~55 °C tersebut dialirkan melalui pipa air 1" yang berfungsi sebagai penukar panas dalam bangunan pengering ERK.

Bahan bakar yang digunakan berupa arang kayu, limbah pertanian atau serbuk gergaji, yang nilai kalornya cukup tinggi juga harganya terjangkau oleh masyarakat luas dan tersedia setempat. Penukar panas (*heat exchanger*) untuk udara panas hasil pembakaran berbentuk pipa zig-zag mempunyai diameter 22 cm, panjang efektif 6.9 m. Bahan penukar panas terbuat dari plat seng dengan tebal 0.03 cm.

2.3. Kipas Aksial

Kipas aksial dengan putaran maksimum 1500 rpm dan daya 100 Watt diletakkan di depan dengan posisi di tengah diantara dua unit rak. Kipas kedua merupakan bagian dari poros kincir savonius yang berputar bila kincir tersebut diputar oleh motor listrik AC yang berdaya 0.19 kW. Letak dari kipas ini berada di atas rak pengering paling atas.

2.4. Pipa Air

Pipa air panas yang berukuran diameter 1" mempunyai panjang 1.80 m dipasang dengan bentuk berliku-liku di dalam bangunan pengering dan diletakkan di lantai bangunan. Pipa air ini berfungsi sebagai penukar panas pada malam hari yang mengalirkan air panas dan tangki air yang dipanaskan dengan tungku biomassa. Tungku biomassa ini dibuat dari batubata, campuran pasir dan semen.

III. BAHAN DAN INSTRUMENTASI

Bahan percobaan yang digunakan berupa ikan teri jengki yang telah melalui proses penggaraman dengan kadar garam 25% yang dicampur selama 24 jam. Ikan

yang diberi dan tanpa garam kemudian direbus sebelum dikeringkan. Instrumentasi yang digunakan terdiri atas Anemometer Kanomax Model 6011, Digital Hand Tachometer DT-205B, Pyranometer model MS-401, Hybrid Recorder Yokogawa HR-2500 E, termokopel CC (Copper-Constantan), dynamometer sepeda 12 V, 5.5 W merk Elephant, Multimeter digital PT-830 B, timbangan Digital Model EK-1200 A, ketelitian 0.1 g, Drying Oven SS-204 D Ikeda Scientific, Eko-Eppley Pyranometer dengan bacaan setiap 1 mV setara dengan 1000/7 Watt/m².

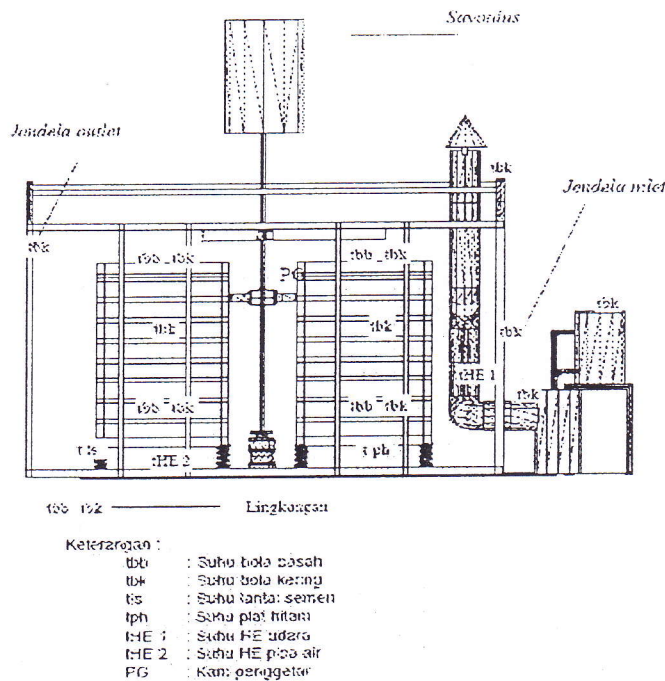
3.1. Prosedur Percobaan

Urutan pelaksanaan percobaan adalah sebagai berikut

- 1) Perlakuan pra pengeringan ikan yaitu pencucian, penggaraman dan perebusan. Perlakuan pada percobaan pertama ikan teri mengalami penggaraman dan perebusan sedangkan perlakuan pada percobaan kedua ikan teri di pres lalu mengalami penggaraman tanpa perebusan.
- 2) Mempersiapkan peralatan dan instrumentasi yang diperlukan yaitu alat pengering, pyranometer, hybrid recorder, termokopel, anemometer, timbangan digital dan peralatan pelengkap lainnya.
- 3) Pengujian sistem pengering meliputi :
 - a. Pemasangan sensor suhu pada lokasi tertentu (Gambar 2).
 - b. Penimbangan berat ikan yang diletakkan dalam wadah sampel pada tiap rak dan penjemuran langsung dengan selang waktu tertentu.
 - c. Pemasangan dan pengisian bahan bakar biomassa ke dalam tungku.
 - d. Pengambilan sampel ikan untuk dihitung kadar air awal dengan menggunakan pengeringan oven selama 24 jam pada suhu 105 oC.
 - e. Pengukuran parameter suhu, radiasi, berat sampel, laju udara pengering dan laju pembakaran biomassa.
 - f. Penimbangan massa ikan secara berkala untuk menentukan perubahan kadar air
 - g. Pengeringan dihentikan jika penurunan berat ikan sangat kecil atau sudah cukup kering dan tidak terjadi penurunan sama sekali.

3.2. Parameter yang Diukur:

Parameter yang diukur meliputi : iradiasi surya, kecepatan angin, suhu dan RH udara (lingkungan dan di dalam bangunan), kecepatan udara, perubahan massa sampel, pemakaian biomassa, frekuensi dan amplitudo rak. Data iradiasi surya diukur dengan Pyranometer buatan yang telah dikalibrasi dengan Pyranometer standar. Pyranometer diletakkan disamping alat pengering yang tidak terhalang sinar matahari. Pengukuran dilakukan saat alat mulai dioperasikan sampai matahari terbenam dan data keluarannya berupa tegangan (mV) yang terlihat pada *multimeter tester*.



Gbr. 2 Titik pengukuran suhu bola kering dan bola basah.

Pengukuran suhu dan RH udara keduanya menggunakan termokopel, tetapi pada RH udara, parameter yang diukur adalah suhu bola basah dan bola kering. Pengukuran suhu dan RH udara ini dilakukan pada 12 titik yaitu rak atas (1) dan rak bawah (1), rak atas (2) dan rak bawah (2), Heat Exchanger bagian tengah, Heat Exchanger bagian bawah, pelat kolektor surya, pipa air, lantai/ubin suhu lingkungan bola basah, dan suhu lingkungan bola kering. Letak masing masing titik pengukuran dilukiskan pada gambar berikut. Pengukuran kecepatan udara dilakukan dengan Anemometer Kanomax pada enam titik pengukuran yaitu pada dua lubang inlet, 2 lubang outlet, troli I (atas, tengah, bawah), troli II (atas, tengah, bawah), kecepatan di dalam ruang pengering, dan kecepatan udara lingkungan.

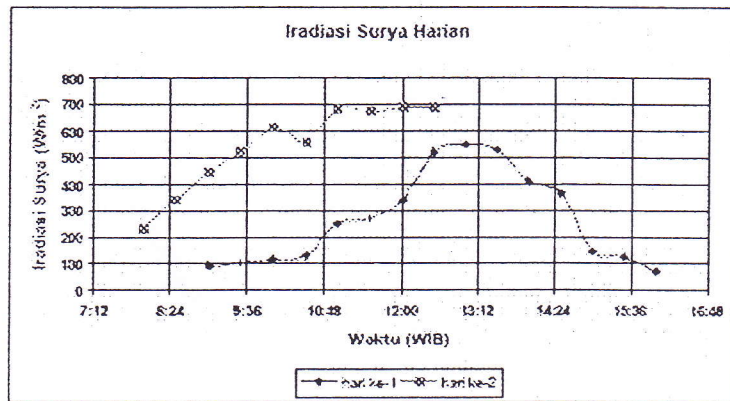
Pengukuran massa sampel yang berjumlah lima buah dilakukan pada kedua troli dan sampel penjemuran. Sampel diletakkan pada wadah dengan berat antara 12 g sampai 21.4 g. Dilakukan dengan menggunakan timbangan digital pada selang/interval waktu tertentu dan dihentikan setelah perubahan beratnya sudah sangat kecil atau konstan.

Pengukuran daya kincir menggunakan Anemometer Kanomax untuk mengukur kecepatan angin di lingkungan, dan Dinamometer sepeda yang arah putarannya mengikuti putaran poros kincir hingga diperoleh nilai daya pada poros kincir tersebut.

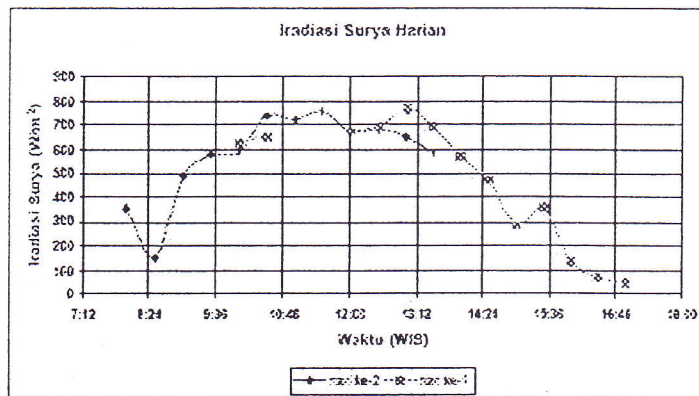
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Iradiasi Surya

Iradiasi surya diukur dengan menggunakan pyranometer, dan keluaran pyranometer ini berupa tegangan (Volt) yang dikonversi menjadi Watt/m². Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh data iradiasi surya seperti terlihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Besarnya nilai iradiasi surya harian rata-rata pada percobaan pertama hari ke-1 di dapat sebesar 256.8 Watt/m² dengan lama penyinaran selama 8 jam sedangkan pada hari ke-2 didapat nilai sebesar 545.5 Watt/m² dengan lama penyinaran selama 4.5 jam. Kondisi cuaca yang berawan dan mendung membuat nilai rata-rata iradiasi surya rata-rata pada hari ke-1 lebih kecil dari hari ke-2. Pada percobaan kedua iradiasi rata-rata hari ke-1 464.2 Watt/m² dan hari ke-2 sebesar 514.2 Watt/m² dengan lama penyinaran masing masing 7 jam dan 3 jam.



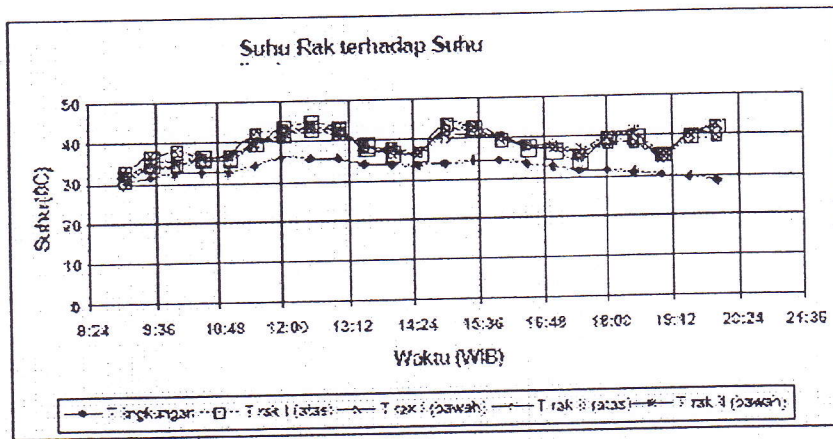
Gbr. 3 Kurva iradiasi surya harian pada percobaan pertama



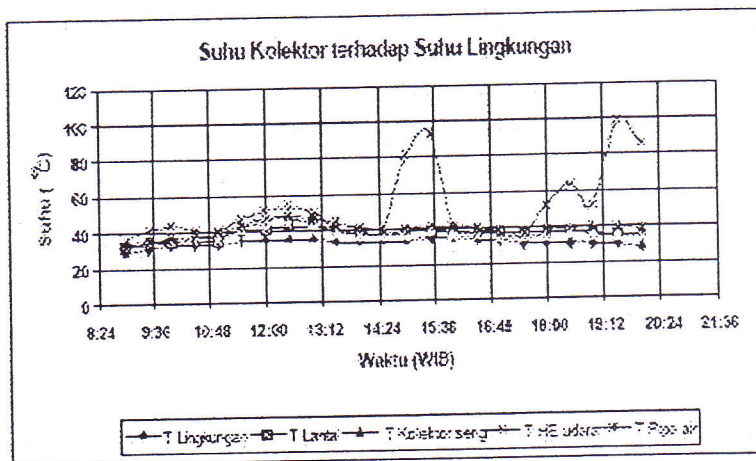
Gbr. 4 Kurva iradiasi surya harian pada percobaan kedua

4.2. Suhu Udara Pengering

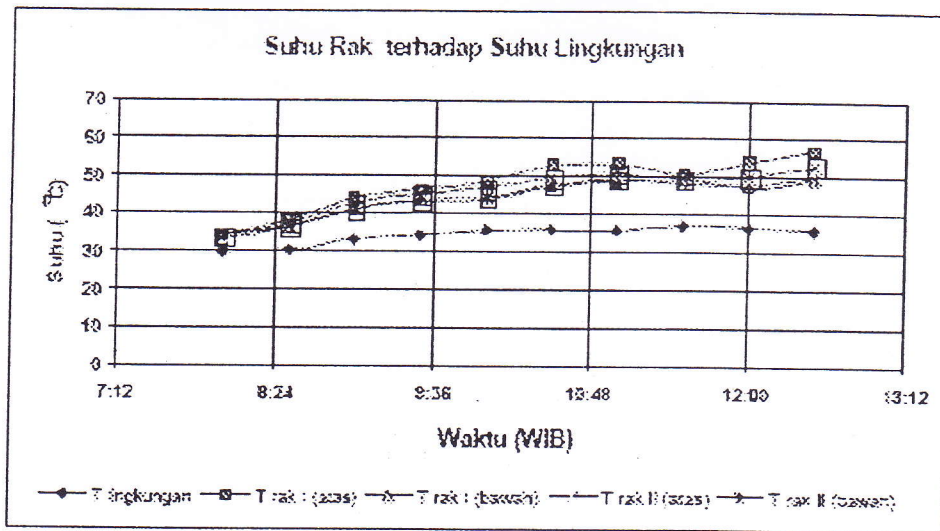
Profil suhu udara pengering selama pengeringan pada percobaan pertama hari ke-1 dapat dilihat pada Gbr. 5, 6 sedangkan profil suhu pada hari ke-2 dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8. Pengukuran suhu dilakukan pada beberapa titik lokasi yaitu troli I (atas dan bawah), troli II (atas dan bawah), troli I (atas dan bawah) bola basah, troli II (atas dan bawah) bola basah, *heat exchanger* udara dan *heat exchanger* air panas, pelat kolektor surya, lantai, dan suhu lingkungan bola kering. Kurva tersebut memperlihatkan bahwa profil suhu udara di ruang pengering mengikuti pola yang sesuai dengan besar kecilnya iradiasi surya sesaat pada masing-masing percobaan. Selain itu fluktuasi suhu udara ini juga dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara di dalam ruang pengering, dimana keduanya memiliki hubungan berbanding terbalik.



Gbr. 5 Kurva Profil suhu udara rak pada percobaan pertama hari ke-1



Gbr. 6 Kurva profil suhu kolektor pada percobaan pertama hari ke-1



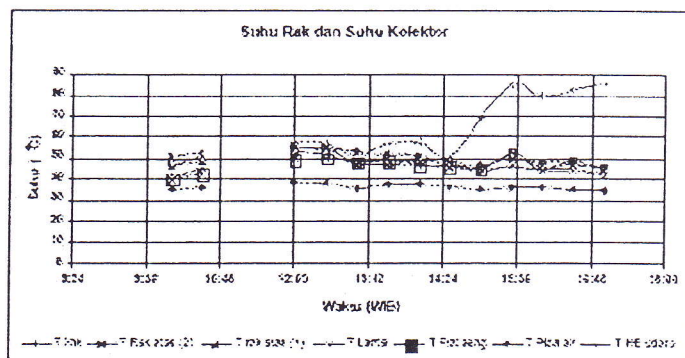
Gbr. 7 Kurva Profil suhu rak pada percobaan pertama hari ke-2



Gbr. 8 Kurva profil suhu kolektor pada percobaan pertama hari ke-2

Percobaan kedua menghasilkan nilai rata-rata suhu seperti terlihat dilihat pada Gambar 9 dan 10. Rata-rata suhu udara pengering tertinggi dihasilkan pada percobaan pertama hari ke-2 dengan kisaran antara 34.3-48.28 °C, sedangkan pada hari ke-1 menghasilkan rata-rata suhu lebih rendah dengan kisaran antara 31.2-38.74 °C hal ini terjadi karena kondisi cuaca pada saat percobaan pertama hari ke-1 tidak cerah melainkan mendung dan berawan. Percobaan kedua menghasilkan kisaran suhu rata-rata yang relatif lebih tinggi yaitu sebesar 35.88 - 48.34 °C pada hari ke-1 dan pada hari ke-2 sebesar 34.1-50.77 °C Perbedaan kisaran suhu pengering pada percobaan ini dipengaruhi oleh intensitas radiasi surya global serta kelembaban rata-rata udara pengering. Suhu udara pengering yang dihasilkan pada satu kali percobaan

tersebut seluruhnya memenuhi kisaran syarat suhu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan ikan antara 35-45 °C. Selama suhu udara pengering masih berada pada kisaran tersebut maka tidak akan terjadi pengeringan yang terlalu cepat, yang dapat mengakibatkan *case hardening* pada produk hasil pengeringan.



Gbr. 9 Kurva profil suhu rak dan suhu kolektor pada percobaan kedua hari ke-1.

Keadaan umum suhu udara lingkungan dan suhu udara pengering pada percobaan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Keadaan umum suhu udara pada percobaan

Percobaan	Suhu °C			
	Lingkungan		Ruang Pengering	
	Kisaran	Rata	Kisaran	Rata
I	29.5~34.6	33.5	34.3~57.7	42.1
II	31.5~34.9	33.2	35.5~56.5	49.3

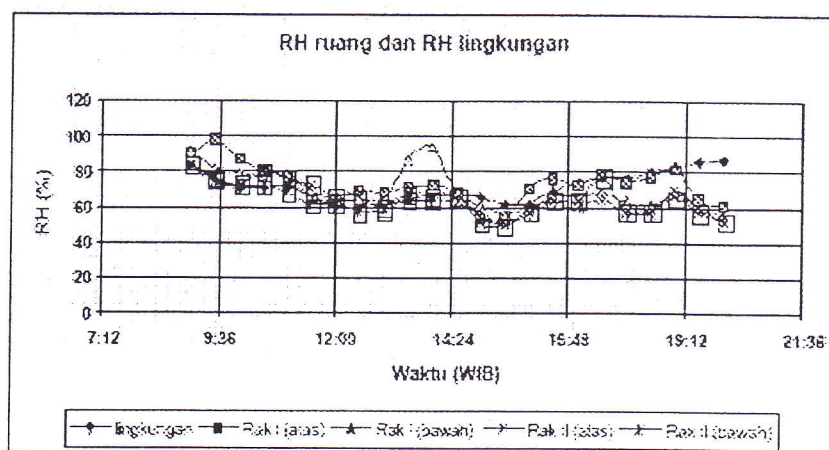
Sebaran suhu dalam ruang dan pada masing-masing rak kecenderungan seragaman. Peningkatan suhu pada hari ke-1 percobaan sore dan malam hari didapat laju pembakaran sebesar 2.04~2.5 kg/jam. Artinya setiap jam pembakaran dibutuhkan minimal 2 kg arang untuk bahan bakar. Penggunaan biomassa pada sore dan malam dibutuhkan untuk meningkatkan kembali suhu udara di dalam ruang pengering dengan mengaktifkan *heat exchanger* untuk udara, dan untuk pemanas air mulai aktif sekitar pukul 18:00 sore maka dari itu digunakan arang kayu sebanyak kurang lebih 18 kg untuk tungku pemanas udara selama 5 jam dan 1.5 jam untuk pemanas air, sehingga pembakaran efektif hanya berlangsung selama 6.5 jam.

Sebaran suhu ruang pada percobaan siang dan malam terdapat perbedaan dimana sebaran suhu ruang pada pengeringan di malam hari mempunyai kecenderungan lebih seragam dibandingkan pada siang hari. Hal ini dimungkinkan karena pada siang hari panas pada iradiasi surya sangat dipengaruhi oleh sudut

datangnya sinar dan kondisi cuaca setiap waktu bisa berubah. Standar deviasi untuk keragaman suhu troli I atas, tengah, bawah pada percobaan pertama hari ke-1 diperoleh nilai berturut-turut 3.2, 3.0, 3.0, dan untuk troli II diperoleh nilai 3.3, 3.2, 3.1. Sedangkan pada hari ke-2 diperoleh nilai berturut-turut untuk troli I atas, bawah, tengah adalah 7.5, 5.5, 5.6, dan untuk troli II sebesar 6.2, 5.6, 5.5.

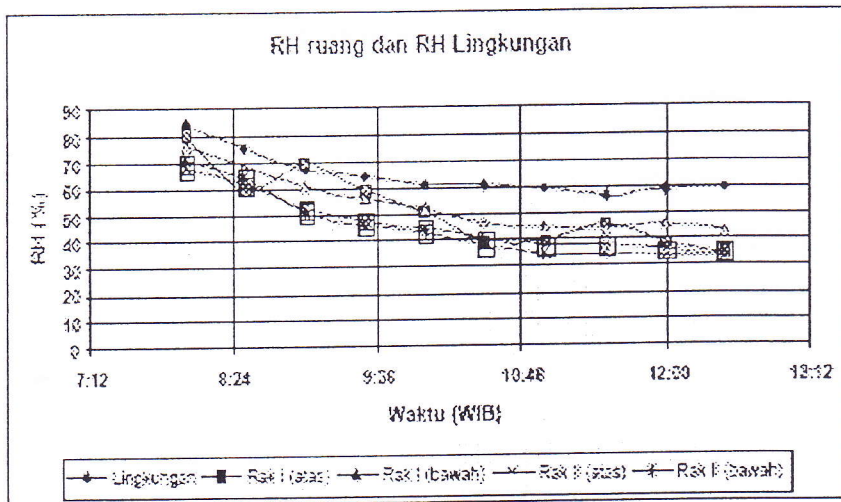
4.3. Kelembaban Udara

Kelembaban udara dijaga dengan menggunakan jendela *outlet* dan *inlet* (buka-tutup) serta adanya kipas yang terpasang pada poros *savonius* dan satu buah kipas listrik tambahan yang dapat mempengaruhi laju aliran udara optimum pada ruang pengering. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada percobaan pertama siang dan malam hari ke-1, diperoleh karakteristik kelembaban udara dalam ruang pengering maupun lingkungan yang relatif agak tinggi, seperti disajikan pada Gambar 10 di bawah ini.

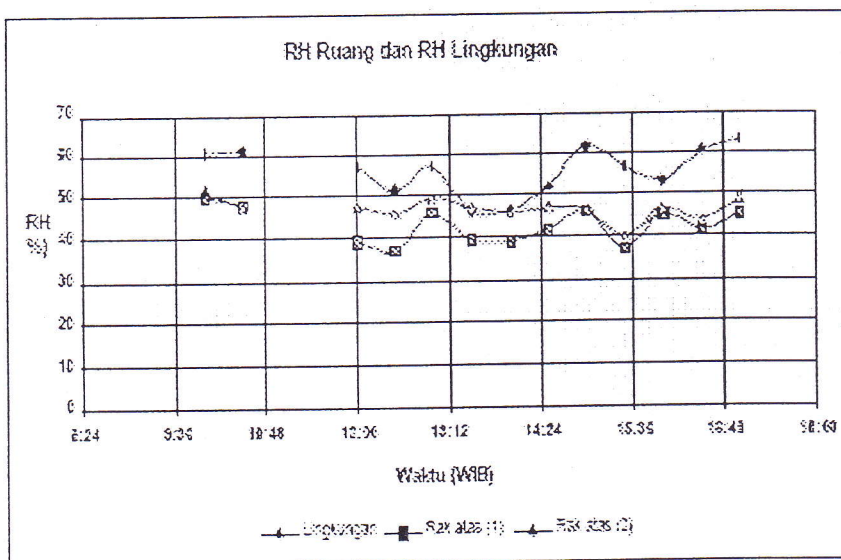


Gbr. 10 Perubahan RH pada percobaan pertama hari ke-1

Perubahan RH ruang pengering terhadap RH lingkungan pada percobaan pertama hari ke-2 bisa dilihat pada Gambar 11, adanya perbedaan nilai RH disebabkan kondisi cuaca yang berbeda pada hari ke-1 dan ke-2 adapun rata-rata suhu dan nilai RH yang bisa dicapai pada hari ke-1 sekitar 38.5 °C dengan RH 67.8 %, pada hari ke-2 sekitar 47.2 °C dengan RH 49.0 %. Pada percobaan kedua rata-rata RH ruang pengering lebih rendah dengan nilai pada hari ke-1 sebesar 42.9 % untuk rak atas (1) dan 46.7 % untuk rak atas (2) dan untuk hari ke-2 sebesar 43.1 % untuk rak atas (1) dan 51.7 % untuk rak atas (2). Profil RH untuk percobaan kedua dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13.

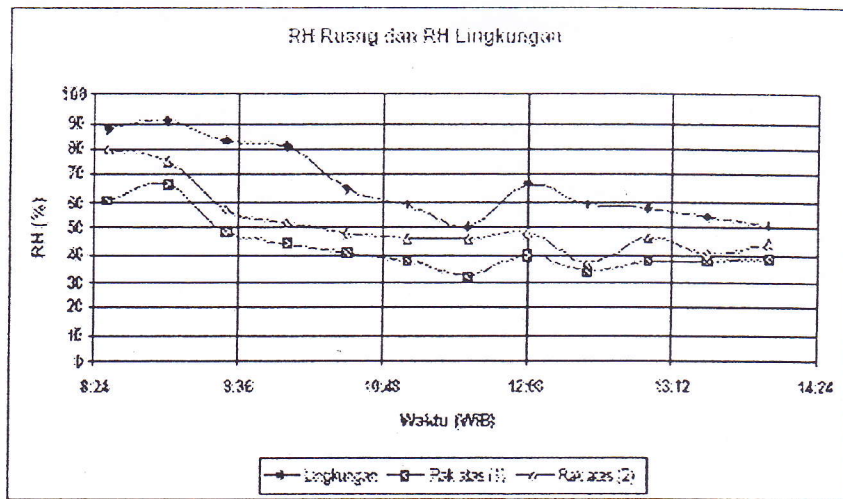


Gbr. 11 Perubahan RH pada percobaan pertama hari ke-2



Gbr. 12 Perubahan RH pada percobaan kedua hari ke-1

Berdasarkan data hasil pengukuran, kelembaban udara ruang pengering yang dihasilkan pada seluruh percobaan sudah memenuhi syarat kelembaban udara yang diperlukan untuk pengeringan ikan yaitu sebesar 45~55 %.



Gbr. 13 Perubahan RH pada percobaan kedua hari ke-2

Debit udara masuk yang kurang optimal menyebabkan kelembaban udara (RH) masih cukup tinggi. Diharapkan terjadi keseimbangan laju aliran udara atau debit antara *inlet* (lubang pemasukan udara) dan *outlet* (lubang keluaran udara). Sistem ini baru tercapai jika kondisi alat sempurna tertutup. Namun dikarenakan alat masih terdapat kebocoran-kebocoran kecil, ataupun adanya udara masuk saat rak dibuka atau ditutup menyebabkan kenaikan kelembaban udara dalam ruang pengering. Nilai simpangan yang diperoleh pada hari ke-1 melalui standar deviasi untuk troli I berturut-turut atas, bawah sebesar 10.8%, 11.0%, dan untuk troli II sebesar 8.0% dan 9.3%. Pada hari ke-2 nilai simpangan yang diperoleh pada troli I berturut-turut atas, bawah adalah 15.1%, 11.6%, dan untuk troli II adalah 11.4%, 13.3%. Ini berarti keragaman RH pada troli II lebih seragam atau penyimpangan RH yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan troli I.

4.4. Laju Aliran Udara

Pada percobaan ini laju aliran udara dalam ruang pengering bervariasi antara 0.01-0.175 m/det. Dari data yang tercatat kelihatannya masih diperlukan perbaikan mengenai metoda untuk memperkecil variasi laju udara pada tiap rak.

4.5. Kadar Air Bahan

Kadar air awal ikan setelah melalui proses perebusan pada pengeringan ini sebesar 77~78 % bb. Kadar air tersebut akan diturunkan sampai mencapai sekitar 18~20 % bb. Ikan teri yang digunakan sebanyak + 26 kg setelah dikeringkan berat teri hanya 0.9 kg.

Terdapat perbedaan penurunan kadar air selama dilakukan pengeringan pada percobaan pertama di setiap rak. Penurunan kadar air awal sampai kadar air akhir pada proses pengeringan pada percobaan pertama disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4 Penurunan kadar air selama proses pengeringan percobaan pertama

Rak ke-	Kadar air (% bk)		Lama Pengeringan (jam)
	awal	akhir	
Troli I (atas)	337.18	22.97	15.5
Troli I (bawah)	342.62	22.13	15.0
Troli II (atas)	354.22	22.53	15.5
Troli II (bawah)	354.50	29.00	17.0
Penjemuran	351.11	22.22	15.0

Kadar air bahan pada troli I (atas) yang posisinya berada paling atas mengalami penurunan yang paling besar kemudian berturut turut diikuti troli I (bawah), rak penjemuran, troli II (atas), dan troli II (bawah). Penurunan kadar air yang tidak sama walaupun mendekati disebabkan adanya kondisi rak yang paling atas menghalangi datangnya sinar untuk rak yang ada di bawahnya. Dalam kondisi ini tentu rak yang paling atas menerima porsi sinar matahari yang paling besar. Pada percobaan kedua dengan perlakuan pada teri tanpa perebusan hanya penggaraman saja. Tujuan percobaan kedua dengan beban sedikit ini dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana keseragaman dalam hal suhu dan RH udara serta laju udara pengeringan terhadap keragaman dan lama pengeringan. Banyaknya ikan teri yang digunakan pada percobaan kedua hanya 3 kg teri basah dan setelah kering menjadi + 900 g teri kering. Penurunan kadar air pada percobaan kedua dengan perlakuan dipres dan tidak pres disajikan pada Tabel 5.

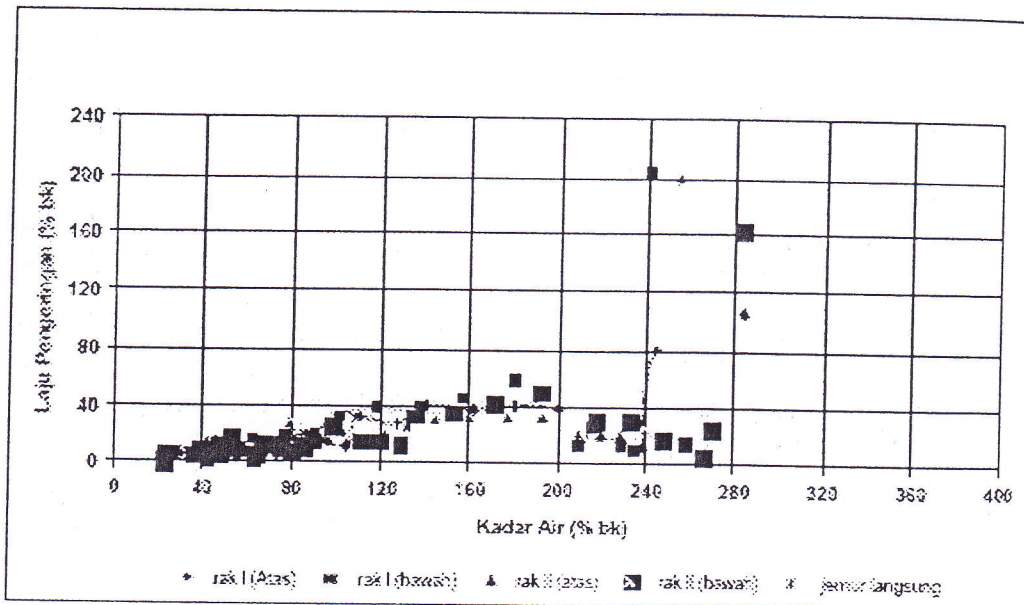
Tabel 5 Penurunan kadar air selama proses pengeringan percobaan kedua

Rak ke-	Perlakuan	Kadar air (% bk)		Lama Pengeringan (jam)
		Awal	Akhir	
Troli I (atas)	Dipres	160.16	21.95	8.0
Troli I (atas)	Tanpa dipres	190.81	23.47	10.0
Penjemuran	Dipres	147.09	22.67	10.5
Penjemuran	Tanpa dipres	185.61	23.74	11.0

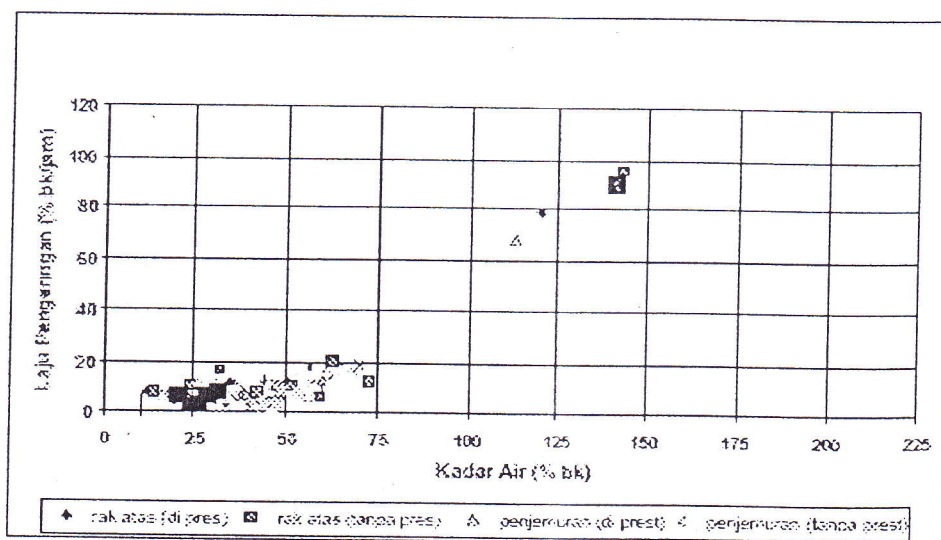
Lebih cepatnya pengeringan pada percobaan kedua disebabkan dengan jumlah beban yang lebih sedikit dari percobaan pertama.

4.6. Laju Pengeringan Bahan

Grafik laju pengeringan yang didasarkan atas waktu memiliki bentuk yang berkebalikan dibanding grafik laju pengeringan yang didasarkan atas kadar air. Perbedaan tersebut seperti terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15 dibawah ini.



Gbr. 14 Kurva Laju Pengeringan produk pada percobaan pertama



Gbr. 15 Kurva Laju Pengeringan produk pada percobaan kedua

Laju pengeringan untuk kedua percobaan disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6 Laju pengeringan rata-rata pada percobaan pertama

Rak ke-	Laju Pengeringan rata-rata (% bk/jam)	
	Hari ke-1	Hari ke-2
Rak I (atas)	29.83	8.10
Rak I (bawah)	28.49	9.83
Rak II (atas)	28.84	7.35
Rak II (bawah)	28.52	7.88
Penjemuran	28.98	8.37

Tabel 7 Laju pengeringan rata-rata pada percobaan kedua

Rak ke-	Laju Pengeringan rata-rata (% bk/jam)	
	Hari ke-1	Hari ke-2
Rak atas (dipres)	14.92	4.87
Rak atas (tidak dipres)	15.14	8.84
Penjemuran (dipres)	13.53	6.58
Penjemuran (tidak dipres)	15.04	5.99

Garis pada kurva diatas ada yang terputus sehingga tidak ada data pengukuran karena terjadi pemadaman listrik. Percobaan kedua pada proses pengeringan dengan ERK berlangsung selama 8-8.5 jam sedangkan langsung atau penjemuran dengan perlakuan tanpa perebusan, ikan teri dapat kering antara 10.5-1 jam. Pengepresan pada ikan teri sebelum dikeringkan membuat waktu pengeringan lebih cepat dibandingkan tanpa pengepresan. Hal ini menjadi kelebihan perlakuan pres pada teri, sedangkan kekurangannya ikan teri menjadi agak rusak pada permukaan tubuhnya, dan banyak kandungan gizi pada ikan teri ikut keluar melalui cairan saat di pres.

4.7. Pemanas Tambahan

anas yang dihasilkan oleh pipa air di dalam ruang pengering pada malam hari berkisar 35-41 °C. Pada malam hari dimana suhu relatif lebih dingin, panas tungku yang memanaskan seng akan cenderung menyebar ke lingkungan. Pada pemanas air masalah yang timbul adalah sirkulasi air yaitu debit air yang tidak kontinyu menurut waktu sehingga panas yang dihasilkan akan fluktuatif.

4.8. Kincir Savonius

Kincir *savonius* yang terbuat dari drum minyak yang dibelah menjadi dua berfungsi untuk menangkap angin sehingga putaran yang dihasilkan diteruskan ke poros kincir tersebut. Kincir ini seharusnya digerakkan oleh angin yang berhembus tetapi pada kenyataan angin yang ada di daerah lokasi pengujian tidak memungkinkan untuk memutar kincir *savonius* ini. Sebagai pengganti angin digunakan motor listrik AC yang mempunyai daya sebesar 0.25 HP atau setara 0.19

kW dengan putaran sebesar 1400 rpm. Hal ini diperlukan agar putaran poros yang terjadi harus menggetarkan 2 unit rak pengering. Terjadinya getaran antara poros dan rak pengering melalui gesekan yang terjadi antara nok pada poros dengan nok pada rak. Putaran motor listrik akan direduksi karena perbedaan diameter puli pada kincir dengan diameter puli pada motor sehingga putaran poros yang dihasilkan sekitar 38~40 rpm. Putaran kincir yang hampir sama tidak banyak mengalami perubahan disebabkan putaran motor listrik yang selalu konstan.

Kecepatan awal angin minimal yang diperlukan untuk memutar kincir *savonius* ini adalah 1.14 m/det. dan tertinggi 1.72 m/det. Perhitungan daya angin teoritis yang dihasilkan kincir diperoleh kisaran antara 0.48-1.66 Watt. Daya rata-rata terukur pada poros *savonius* ini sebesar 0.00303 Watt.

V. KESIMPULAN

1. Iradiasi surya rata-rata pada percobaan pertama hari ke-1 sebesar 256.8 Watt/m² dan pada hari ke-2 sebesar 545.5 Watt/m². Alat pengering ERK ini mampu mengeringkan produk sebanyak + 26 kg ikan teri bergaram 25% dalam jangka waktu selama 15-15.5 jam. percobaan kedua produk yang dikeringkan sebanyak + 3 kg dalam jangka waktu 10-11.5 jam dengan iradiasi surya rata-rata pada hari ke-1 sebesar 464.18 Watt/m² dan pada hari ke-2 sebesar 514.5 Watt/m².
2. Suhu rata-rata pada percobaan pertama adalah 42.05 °C, dan pada percobaan kedua sebesar 49.34 °C. Sebaran suhu pada pengeringan malam hari dengan tungku biomassa lebih seragam daripada pengeringan siang hari dengan iradiasi surya. Dari hasil uji t diperoleh bahwa keragaman suhu antara troli I dan troli II tidak berbeda nyata.
3. Rata-rata RH ruang pengering pada kondisi mendung dicapai troli I (atas) 72.9 %, troli I (bawah) 69.7 %, troli II (atas) 65.6 %, troli II (bawah) 62.97 %. Pada kondisi cerah rata-rata RH pada troli I, rak atas 51.71 %, dan rak bawah 53.42 %, troli II, pada rak atas, 45.98 %, rak bawah, 44.78 %. RH pada kedua percobaan sudah seragam. Hasil uji t menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata dari nilai rata-rata RH baik pada troli I, rak atas dan rak bawah, dan troli II antara rak atas dan rak bawah
4. Kecepatan aliran udara minimal untuk memutar kincir *savonius* adalah 1.14 m/detik dan daya pada poros kincir sebesar 0.482 Watt. Kecepatan aliran udara di dalam ruang pengering berkisar 0.01-0.175 m/detik. Pengaturan aliran ini dengan sistem buka tutup pada jendela inlet dan outlet dengan kecepatan rata-rata udara masuk 0.02-0.07 m/detik. Dari hasil uji t diperoleh keseragaman kecepatan aliran udara pada kedua unit troli.

5. Tingkat keseragaman suhu yang terjadi pada dua unit troli yang ada dan juga di setiap troli sudah merata, dan untuk RH tingkat keseragaman sudah merata dan memenuhi kisaran syarat suhu dan RH yang diinginkan.
6. Laju pembakaran biomassa pada tungku pemanas udara sebesar 2.04 kg/jam dan untuk tungku pemanas air sebesar 2.5 kg/jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Hall, C. W., 1980. Drying farm crops, Michigan, USA, Edward Brothers, Inc.
- Henderson, S.M and R.L. Perry. 1976. Agricultural Process Engineering. 3rd edition, The AVI publishing Co.Inc., Westport Connecticut.
- Kamaruddin A., Hadi K. Purwadaria, Thahir, R., and Tuty Priyanto, 1981. Comparative testing of conventional sundrying and artificial flat bed dryer of rough rice in West Java. Proc. Regional Seminar on Appropriate Mechnization for Rural Development with Special Refernce to Small Farming in the ASEAN Countries, Bogor, pp144-154.
- Kamaruddin A. 1993. System Optimization in Solar Drying. Paper No.30-1. Proceedings of the 5th International Energy Conference, Energex'93. Seoul, Korea. Vol.III. pp.86-102
- Kamaruddin A., Armansyah H.T. Tamrin, F. Wenur and W. Dyah. 1994. Heat and Mass Transfer Within a Fiber-glass House Solar Dryer. Proceedings of International Conference on Fluid and Thermal Energy Conversion, FTEC'94. Vol.II. pp.179-191.