

EFISIENSI *SOLAR DRYER* UNTUK PENGAWETAN IKAN DAN PISANG

Eka Adhitya Dharmawan¹⁾, Eka R M A P Lilipaly²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon, ²⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ambon
¹⁾eadpolnam@gmail.com, ²⁾lilipalyerman@gmail.com

ABSTRACT

Fish and bananas are foods that are widely consumed by the people of Indonesia. The high production capacity of these foodstuffs and fruit often causes a lot of wasted. This food wastage can be overcome by preservation methods. One method of preservation that can be done is by drying. One of the effective drying methods is to use a Solar Dryer. The use of Solar Dryer works better than direct drying in the sun. This research began with the manufacture of a dryer, and continued with trials of the drying process for bananas and fish. The trial was carried out for (1) one day for each material, and data were taken every 30 minutes. The results showed the efficiency for drying bananas was 12.2%, while for drying fish was 8.98%.

ABSTRAK

Ikan dan pisang merupakan makanan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Kapasitas produksi yang tinggi pada bahan makanan dan buah tersebut sering menyebabkan banyak yang terbuang. Terbuangnya bahan makanan ini dapat diatasi dengan metode pengawetan. Salah satu metode pengawetan yang dapat dilakukan adalah dengan cara pengeringan. Salah satu metode pengeringan yang efektif yaitu dengan menggunakan alat *Solar Dryer*. Penggunaan *Solar Dryer* berfungsi lebih baik dibandingkan dengan pengeringan langsung di bawah sinar matahari. Penelitian ini dimulai dengan pembuatan alat pengering, dan dilanjutkan dengan uji coba proses pengeringan bagi pisang dan ikan. Uji coba dilaksanakan selama (1) satu hari bagi masing-masing bahan, dan data diambil tiap 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi untuk pengeringan pisang adalah sebesar 12.2%, sementara untuk pengeringan ikan adalah sebesar 8.98%.

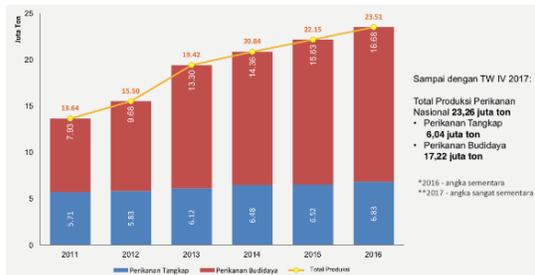
Kata kunci: *Fish; Banana; Preservation; Solar Dryer*

1. PENDAHULUAN

Ikan adalah jenis makanan dengan protein tinggi yang membutuhkan penanganan ekstra (Ugochukwu, 2017), ini disebabkan oleh karakter ikan yang cepat rusak setelah ditangkap dikarenakan temperatur yang tinggi khususnya di daerah tropis. Protein yang terkandung di dalam ikan dibutuhkan oleh tubuh manusia untuk pertumbuhan dan mengganti sel-sel tubuh yang telah rusak, serta sangat berpengaruh pada daya pikir. Kadar protein di dalam ikan yang kurang lebih 20% memiliki sedikit kolesterol sehingga tidak menyebabkan penyakit tekanan darah tinggi, yang biasanya diderita orang yang sering mengkonsumsi daging. Ikan baik untuk dikonsumsi adalah ikan yang masih segar. Kondisi ini dapat dilihat dengan tanda, ikan bercahaya seperti masih hidup, sisik yang masih tertanam kuat pada daging, insang berwarna merah cerah, badan ikan masih kaku atau liat, bau seperti ikan hidup, dan mata ikan yang jernih atau terang. Ikan yang masih segar jika tidak diawetkan maka akan mengalami proses pembusukan. Proses pembusukan akan mulai terjadi hanya dalam selang waktu beberapa jam setelah ikan ditangkap, dan menyebabkan kualitas ikan menurun. Proses pengawetan diharapkan dapat mengurangi kecepatan pembusukan.

Pengurangan kecepatan pembusukan sangat penting untuk daerah Indonesia yang memiliki luas laut yang sangat besar, kurang lebih 3,2 juta km², yang berarti potensi ikan juga sangat besar. Pada tahun 2017, produksi ikan di Indonesia sebanyak 23,26 juta ton (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2018), ini menandakan produksi ikan di Indonesia sangat besar. Sementara untuk daerah Maluku, konsumsi ikan juga cukup tinggi (>31,4 kg/kapita/orang), dan produksi ikan mencapai 712 ribu ton pada tahun 2015 (Dinas Perikanan Provinsi Maluku, 2015). Produksi ikan di provinsi Maluku ini memiliki nilai ekspor sebesar 2 Triliun Rupiah pada tahun 2015.

Dengan potensi perikanan sebesar ini, Maluku membutuhkan suatu sistem pengolahan ikan, terutama sistem pengawetan ikan yang baik. Pada penelitian-penelitian sebelumnya, dijelaskan bahwa salah satu proses pengawetan ikan adalah dengan cara dikeringkan (Handoyo, Kristanto, & Alwi, 2016). Handoyo, dkk (2016) berhasil mengeringkan 15 kg ikan dari kandungan air 60% menjadi 38% hanya dalam waktu 6 jam pada musim penghujan dengan temperatur kolektor matahari mencapai 54°C.



Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2018

Gambar 1. Total Produksi Perikanan Indonesia

Jenis Ikan	Produksi (Ton)					Nilai (Rp. Juta)				
	2011	2012	2013	2014	2015*	2011	2012	2013	2014	2015*
I. Tambak	338,8	380,16	4.264,54	5.322,49	12.485,37	15.355	384,76	223.256	516.135	545.989
- Bandeng	0,3	1,40	0,06	12,11	4,58	1	6,40	14.500	404,4	139.300
- Mujair	-	-	0,03	1,86	-	-	-	33.680	54	-
- Lươn/lain	338,5	2.378,76	4.262,55	5.289,31	12.480,79	15.354	378,36	179.196	515,587	545.849
II. Kolam	27,5	73,37	1.630,45	76,40	187,54	1.320	563,37	44.967	3.774	5.965
- Mas	15,9	24,78	26,22	25,73	41,72	779	27,01	806,3	1.286	1.614
- Mujair	5,9	-	1.349,83	5,81	22,25	88	-	33.631	145	525
- Lươn/lain	5,7	52,28	307,4	47,86	123,57	456	51,26	10.530	2.343	3.727
III. Laut	620.109,4	475.000,45	586.008,38	507.889,09	712.893,19	1.100.707	475,90	2.938.236	806.139	1.616.234
Jumlah	620.476,7	475.453,98	592.007,37	512.460,98	725.388,16	1.117,4	560,03	3.194.500	1.328.047	2.168.989

Dinas Perikanan Provinsi Maluku, 2015

Gambar 2. Produksi Ikan di Maluku

Pisang merupakan salah satu jenis produk pangan yang mempunyai nilai gizi tinggi dan sangat penting artinya bagi manusia sebagai sumber vitamin (Suryaningsih, et al., 2012). Tetapi disamping itu pisang tergolong dalam produk pangan yang cepat membusuk, karena terjadi perubahan sifat fisik akibat berubahnya temperatur dan kelembaban maupun sifat biologis karena adanya aktifitas enzim maupun mikroorganisme. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka dilakukan upaya-upaya pengawetan pisang, antara lain dengan melakukan proses pengeringan, dan proses penjemuran .

Salah satu upaya pengawetan pisang yang sudah lazim diterapkan di Maluku adalah dengan menggunakan proses pengeringan pada matahari langsung. Penjemuran merupakan cara atau metode pengawetan pisang dengan menggunakan sinar matahari langsung. Pengeringan pisang dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kadar air pada pisang tersebut sehingga tidak mudah rusak. Metode pengeringan pisang yang dilakukan oleh masyarakat Maluku khususnya di kota Ambon masih bersifat tradisional.

Pertimbangan mengenai beberapa hal di atas yang mendasari pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui seberapa besar efisiensi solar dryer dalam proses pengeringan pisang dan ikan. Kedua bahan makanan yang sangat banyak dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia. Selain itu biaya fabrikasi solar dryer juga dihitung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

a. Pisang

Pisang adalah nama umum yang diberikan pada tumbuhan terna raksasa berdaun besar memanjang dari suku Musaceae. Beberapa jenisnya (Musa acuminata, M. balbisiana, dan M. paradisiaca) menghasilkan buah konsumsi yang dinamakan sama. Buah ini tersusun

dalam tandan dengan kelompok-kelompok tersusun menjari yang disebut sisir (Suryaningsih & Pasaribu, 2015). Hampir semua buah pisang memiliki kulit berwarna kuning ketika matang, meskipun ada beberapa yang berwarna jingga, merah, ungu, atau bahkan hampir hitam. Buah pisang sebagai bahan pangan merupakan sumber energi (karbohidrat) dan mineral, terutama kalium.

Pisang adalah buah yang sangat bergizi yang merupakan sumber vitamin, mineral dan juga karbohidrat. Pisang dijadikan buah meja, sale pisang, pure pisang dan tepung pisang. Kulit pisang dapat dimanfaatkan untuk membuat cuka melalui proses fermentasi alkohol dan asam cuka. Daun pisang dipakai sebagai pembungkus berbagai macam makanan tradisional Indonesia (Suryaningsih & Pasaribu, 2015). Batang pisang diolah menjadi serat untuk pakaian, kertas dsb. Batang pisang yang telah dipotong kecil dan daun pisang dapat dijadikan makanan ternak ruminansia (domba, kambing) pada saat musim kemarau dimana rumput tidak/kurang tersedia. Secara tradisional, air umbi batang pisang kepok dimanfaatkan sebagai obat disentri dan pendarahan usus besar sedangkan air batang pisang digunakan sebagai obat sakit kencing dan penawar racun.

Perkebunan pisang yang permanen (diusahakan terus menerus) dengan mudah dapat ditemukan di Meksiko, Jamaika, Amerika Tengah, Panama, Kolombia, Ekuador dan Filipina. Di negara tersebut, budidaya pisang sudah merupakan suatu industri yang didukung oleh kultur teknis yang prima dan stasiun pengepakan yang modern dan pengepakan yang memenuhi standard internasional (atlasbig, 2021). Hal tersebut menunjukkan bahwa pisang memang komoditas perdagangan yang sangat tidak mungkin diabaikan.

Pemintaan pisang dunia memang sangat besar terutama jenis pisang Cavendish yang meliputi 80% dari permintaan total dunia. Selain berpeluang dalam ekspor pisang utuh, saat ini ekspor pure pisang juga memberikan peluang yang baik. Pure pisang biasanya dibuat dari pisang cavendish dengan kadar gula 21-26 % atau dari pisang lainnya dengan kadar gula 30 ha), produksi yang ekonomis harus mencapai sedikitnya 46 ton/ha/tahun (Masela, dkk., 2019).

Di Indonesia terdapat kurang lebih 230 jenis pisang, namun tidak semua jenis pisang yang ada dapat diperoleh di pasaran. Dari berbagai jenis pisang, terdapat dua jenis pisang yang dapat dimakan dan dikelompokkan berdasarkan penggunaannya (Masela, dkk., 2019). Pertama, pisang meja (banana) yang umum disajikan sebagai buah segar, dan kedua, pisang untuk olahan (plantain) yang hanya enak dimakan setelah terlebih dahulu diolah menjadi berbagai produk makanan.

b. Ikan

Maluku dikenal sebagai provinsi kepulauan di Indonesia karena memiliki 1.394 pulau dan sebagian besar dikelilingi oleh perairan yang 93,5% wilayahnya ditutupi oleh air. Tidak heran jika Provinsi Maluku memiliki berbagai sumber daya kelautan yang menyebabkan tiga dari 11 Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) Indonesia berada di wilayahnya yaitu WPP 714 (Laut Banda), WPP 715 (Laut Seram) dan WPP 718 (Laut Arafura). laut). Salah satu sumber daya laut di Provinsi Maluku adalah ikan karang yang diperkirakan sekitar 28,8% dari 6.000 spesies ikan karang di dunia terdapat di perairan Maluku (Dinas Perikanan Provinsi Maluku, 2015).

Karena permintaan komoditas tersebut semakin meningkat, maka intensitas penangkapan juga semakin tinggi dan alat tangkap yang digunakan terkadang tidak ramah lingkungan seperti penggunaan bom dan sianida. Kegiatan yang tidak ramah lingkungan ini tidak hanya berdampak negatif terhadap sumber daya ikan tetapi juga terhadap lingkungan di mana sumber daya tersebut berada. Akibatnya, habitat tempat hidup ikan menjadi rusak dan keanekaragaman jenis ikan akan berkurang .

Seiring dengan upaya Pemerintah Provinsi Maluku untuk mendapatkan pengakuan sebagai Lumbung Ikan Nasional di Indonesia, seluruh potensi sumber daya perikanan di perairan Maluku harus diketahui. Teluk Ambon Dalam (TAD) merupakan bagian perairan yang terpisahkan dari perairan Teluk Ambon Luar (TAL). Suatu ambang (sill) yang sempit dengan kedalaman mencapai 12.8 m, dan lebar ambang pada mulut teluk sekitar 74.5 m memisahkan batas kedua perairan.. Garis pantainya memiliki panjang ± 14,003 km mulai dari Tanjung Martafons sampai Galala dengan luas perairan Teluk Ambon Dalam (TABD) kurang lebih 12.1 km² (Anonymous, 2003). Di perairan TAD terdapat berbagai jenis ikan pelagis kecil, pelagis besar dan demersal. Jenis-jenis ikan pelagis kecil yang umumnya dijumpai berupa ikan umpan dan sering dijumpai ikan-ikan seperti ikan teri, tembang, selar kembung dan layang, sementara jenis-jenis ikan pelagis besar seperti tongkol ditemukan di perairan ini, tetapi jenis-jenis tuna tidak dijumpai di perairan ini (Ongkers, 2011).

c. Pengawetan Makanan dengan Pengeringan Matahari

Pengawetan buah-buahan, sayuran, biji-bijian, dan daging telah dipraktekkan di banyak bagian dunia selama ribuan tahun untuk mencegah pembusukan. Metode pengawetan meliputi: pengalengan, pembekuan, pengawetan, pengawetan asap atau pengasinan, dan pengeringan. Pembusukan makanan disebabkan oleh jamur, ragi, bakteri, dan enzim. Proses pengeringan menghilangkan kelembaban makanan untuk mengurangi efek destruktif ini (Ugochukwu, 2017).

Kadar air makanan segar berkisar antara 20% hingga 90%. Makanan memerlukan tingkat kekeringan yang berbeda untuk penyimpanan yang aman, seperti

yang ditunjukkan pada Tabel 1. Misalnya: kadar air beras harus dikurangi dari 24% menjadi 14% dari total berat. Oleh karena itu, mengeringkan 1.000 kg beras menghilangkan 100 kg air. Penyimpanan yang aman umumnya membutuhkan pengurangan kadar air hingga di bawah 20% untuk buah-buahan, 10% untuk sayuran, dan 10-15% untuk biji-bijian. Jika makanan dikeringkan dengan benar, tidak ada kelembapan yang dapat merusak makanan (Green, 2001).

Lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan makanan tergantung pada seberapa cepat udara menyerap uap air dari makanan. Pengeringan cepat terutama tergantung pada tiga faktor: udara harus hangat, kering, dan bergerak. Kekeringan udara diukur dalam hal kelembaban relatif (RH) (Green, 2001). Jika udara berada pada kelembaban relatif 100%, ia telah menyerap 100% air yang dapat ditampungnya pada suhu tersebut. Jika udara memiliki RH mendekati 100%, udara harus dipanaskan sebelum dapat menyerap uap air dari makanan.

Tabel 1. Kandungan Air pada Beberapa Jenis Makanan dan Kandungan yang Diinginkan

Jenis Makanan	Kandungan Air (%)	
	Basah	Yang Diinginkan
Beras	24	14
Jagung	35	15
Kentang	75	13
Aprikot	85	18
Kopi	50	11

Sumber: Green, 2001

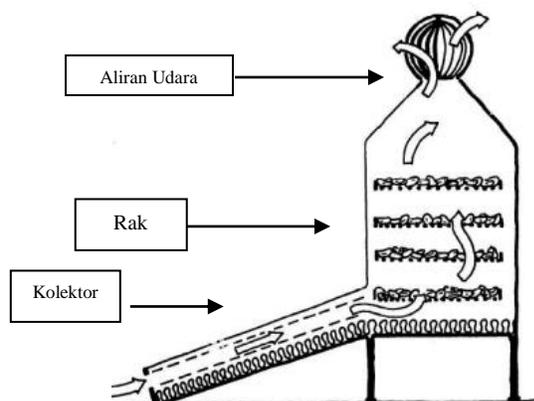
Jumlah energi yang harus ditambahkan untuk mengeringkan produk tergantung pada iklim setempat. Udara turun suhu karena menyerap kelembaban dari makanan, dan dengan demikian memasok beberapa energi untuk pengeringan. Oleh karena itu, jika udara cukup hangat dan kering, makanan akan mengering secara perlahan tanpa tambahan pemanasan dari bahan bakar atau matahari. Namun, panas tambahan memperpendek proses pengeringan dan menghasilkan produk dengan kualitas lebih tinggi. Dalam kondisi tertentu, 100 kg jagung dapat dikeringkan dengan sekitar 3 kg minyak tanah, atau dengan 10 kg biomassa seperti kayu atau sekam padi. Atau, pengumpul surya 6m² akan mengeringkan jagung selama tiga hari yang cerah, jika kelembaban relatif rendah (Green, 2001). Ukuran kolektor surya yang dibutuhkan untuk ukuran pengering tertentu tergantung pada suhu lingkungan, jumlah sinar matahari, dan kelembaban.

d. Pengeringan Tenaga Surya

Pengering surya (*Solar Dryer*) terdiri dari tiga komponen utama: ruang pengering tempat makanan dikeringkan, kolektor surya yang memanaskan udara, dan beberapa jenis sistem aliran udara. Gambar 1.

menunjukkan satu jenis pengering surya dengan masing-masing dari tiga komponen ini diberi label. Ruang pengering melindungi makanan dari binatang, serangga, debu, dan hujan. Itu sering diisolasi (dengan serbuk gergaji, misalnya), untuk meningkatkan efisiensi. Baki harus aman untuk kontak makanan; lapisan plastik adalah yang terbaik untuk menghindari residu berbahaya dalam makanan (Ugochukwu, 2017).

Aturan umum adalah bahwa 1 m² area nampan diperlukan untuk meletakkan 10kg produk segar. Kolektor surya (atau penyerap) sering berupa kotak berwarna gelap dengan penutup transparan. Ini meningkatkan suhu udara antara 10°C dan 30°C di atas suhu lingkungan. Ini mungkin terpisah dari ruang pengering, atau digabungkan (seperti dengan pengering langsung). Seringkali permukaan bawah penyerap gelap untuk meningkatkan penyerapan matahari, dan kadang-kadang sekam padi yang hangus digunakan untuk tujuan ini. Kaca direkomendasikan untuk penutup penyerap, meskipun mahal dan sulit digunakan. Plastik dapat diterima jika keras atau ditopang oleh tulang rusuk sehingga tidak melorot dan menampung air (Ugochukwu, 2017).



Sumber: Green, 2001

Gambar 3. Komponen Solar Dryer

Pengering tenaga surya dua jenis sistem aliran udara; konveksi alami menggunakan prinsip alami bahwa udara panas naik, dan pengering konveksi paksa memaksa udara melalui ruang pengering dengan kipas.

Efek konveksi alami dapat ditingkatkan dengan penambahan cerobong di mana udara keluar lebih panas. Pengering konveksi alami memerlukan penggunaan yang hati-hati; Penumpukan produk terlalu tinggi atau kurangnya sinar matahari dapat menyebabkan udara tertahan di pengering dan menghentikan proses pengeringan (Green, 2001).

Penggunaan konveksi paksa dapat mengurangi waktu pengeringan hingga tiga kali lipat dan mengurangi area kolektor yang dibutuhkan hingga 50%. Akibatnya, pengering yang menggunakan kipas dapat mencapai hasil yang sama dengan pengering konveksi

alami dengan kolektor enam kali lebih besar. Kipas dapat ditenagai dengan listrik utilitas jika tersedia, atau dengan sel surya fotovoltaik.

Memproduksi produk kering yang aman dan berkualitas tinggi membutuhkan prosedur yang cermat di seluruh proses pengawetan. Makanan hanya mengalami sedikit pengurangan nutrisi dan estetika jika dikeringkan dengan benar; namun, pengeringan yang salah dapat menurunkan kualitas makanan secara drastis dan membawa risiko keracunan makanan.

Proses yang mirip dengan tujuh langkah berikut biasanya digunakan saat mengeringkan buah dan sayuran dan ikan, dengan beberapa modifikasi (Ugochukwu, 2017):

1. Seleksi (produk segar, tidak rusak)
2. Pembersihan (cuci & desinfeksi)
3. Persiapan (mengupas, mengiris)
4. Pra-perawatan (misalnya *sulfurizing, blanching, salting*)
5. Pengeringan
6. Kemasan
7. Penyimpanan atau Ekspor

Hanya makanan segar dan tidak rusak yang harus dipilih untuk dikeringkan untuk mengurangi kemungkinan pembusukan dan membantu memastikan kualitas produk. Setelah pemilihan, penting untuk membersihkan produk.

Hal ini karena pengeringan tidak selalu menghancurkan mikroorganisme, tetapi hanya menghambat pertumbuhannya. Buah-buahan, sayuran, dan daging umumnya memerlukan perlakuan awal sebelum dikeringkan.

Kualitas buah dan sayuran kering umumnya ditingkatkan dengan satu atau lebih pra-perlakuan berikut: anti-perubahan warna dengan pelapisan dengan vitamin C, penghilangan lilin dengan merebus dan pendinginan sebentar, dan sulfurisasi dengan perendaman atau pengasapan.

Ikan sendiri dalam proses pengawetan sering diasinkan. Sejumlah kecil bahan kimia akan mengolah sejumlah besar produk, dan dengan demikian biaya untuk persediaan ini biasanya kecil. Namun, potensi masalah dengan ketersediaan dan kompleksitas proses harus dipertimbangkan. Prosedur pra-perawatan terbaik dapat ditentukan melalui kombinasi eksperimen.

Setelah pemilihan, pembersihan, dan perlakuan awal, produk siap ditempatkan di baki pengering. Pengering tenaga surya biasanya dirancang untuk mengeringkan *batch* setiap tiga hingga lima hari. Pengeringan cepat meminimalkan kemungkinan pembusukan makanan. Namun, pengeringan yang terlalu cepat dapat menyebabkan pembentukan kulit kering yang keras - masalah yang dikenal sebagai *casehardening*. Makanan yang mengeras tampak kering di luar, tetapi di dalam tetap lembab dan rentan rusak. Penting juga untuk tidak melebihi suhu maksimum yang

direkomendasikan, yang berkisar antara 35 hingga 45°C tergantung pada produknya.

Mempelajari cara mengeringkan makanan dengan sinar matahari yang benar di lokasi tertentu biasanya memerlukan eksperimen. Untuk kontrol kualitas yang ketat, laju pengeringan dapat dipantau dan dikorelasikan dengan kadar air makanan untuk membantu menentukan parameter pengeringan yang tepat.

Setelah pengeringan selesai, produk kering sering kali memerlukan pengemasan untuk mencegah hilangnya serangga dan untuk menghindari kembalinya kelembapan. Ini harus dingin terlebih dahulu, dan kemudian dikemas dalam kondisi tidak sehat. Pengeringan yang cukup dan penyimpanan kedap udara akan membuat produk tetap segar selama enam sampai dua belas bulan.

Jika memungkinkan, produk yang dikemas harus disimpan di tempat yang kering dan gelap sampai digunakan atau diekspor. Jika produk yang akan diekspor harus memenuhi standar kualitas negara tujuan. Dalam beberapa kasus ini akan memerlukan analisis kimia dan mikrobiologi dari sampel kering di laboratorium.

Pengeringan makanan membutuhkan tenaga kerja yang signifikan untuk pra-perlakuan (kecuali untuk biji-bijian), dan keterlibatan minimal selama proses pengeringan seperti memindahkan makanan untuk memastikan pengeringan yang merata. Peralatan pengering tenaga surya umumnya membutuhkan sedikit perawatan.

Teknik pengeringan dapat dibagi menjadi enam kategori umum berdasarkan cara makanan dipanaskan. Pengeringan matahari di udara terbuka, atau tanpa perbaikan, terjadi ketika makanan terkena sinar matahari dan angin dengan meletakkannya di nampan, di rak, atau di tanah.

Meskipun makanan jarang terlindung dari pemangsa dan cuaca, dalam beberapa kasus tirai digunakan untuk mencegah serangga, atau atap bening digunakan untuk menumpahkan hujan. Pengering matahari langsung memasukkan makanan ke dalam wadah dengan tutup bening, sehingga sinar matahari langsung mengenai makanan.

Selain pemanasan langsung dari radiasi matahari, efek rumah kaca memerangkap panas di dalam selungkup dan meningkatkan suhu udara. Lubang ventilasi memungkinkan pertukaran udara. Pengering matahari tidak langsung memanaskan udara segar dalam kolektor surya yang terpisah dari ruang makanan, sehingga makanan tidak terkena sinar matahari langsung. Ini sangat penting untuk makanan yang melonggarkan nilai gizi saat terkena sinar matahari langsung.

Pengering mode campuran menggabungkan aspek tipe langsung dan tidak langsung; kolektor terpisah memanaskan udara terlebih dahulu dan kemudian sinar

matahari langsung menambahkan panas ke makanan dan udara.

Pengering hibrida menggabungkan energi matahari dengan bahan bakar fosil atau bahan bakar biomassa seperti sekam padi. (Menarik untuk dicatat bahwa panen 1000 kg beras menghasilkan 200 kg sekam, dan hanya membutuhkan pembakaran 25 kg sekam untuk dikeringkan).

Pengeringan menggunakan bahan bakar konvensional atau listrik yang disediakan untuk panas dan ventilasi.

Tabel 2. Klasifikasi Sistem Pengeringan Makanan

Klasifikasi	Deskripsi
Pengeringan udara terbuka	Makanan terkena sinar matahari dan angin dengan menempatkan di nampan, di rak, atau di tanah. Makanan jarang terlindung dari pemangsa dan cuaca.
Sinar Matahari Langsung	Makanan tertutup dalam wadah dengan tutup bening yang memungkinkan sinar matahari untuk bersinar langsung pada makanan. Lubang angin memungkinkan untuk sirkulasi udara.
Sinar Matahari Tidak Langsung	Udara segar dipanaskan dalam solar kolektor panas dan kemudian mencapai makanan di ruang pengering. Dengan cara ini makanannya tidak terkena sinar matahari langsung.
Campuran	Menggabungkan langsung dan tidak langsung jenis; kolektor terpisah memanaskan terlebih dahulu udara dan panas sinar matahari langsung pada makanan dan udara.
Hibrid	Menggabungkan pemanasan matahari dengan sumber panas lain seperti menggunakan bahan bakar fosil maupun biomassa
Bahan Bakar	Menggunakan pemanasan listrik maupun bahan bakar fosil sebagai sumber panas

Sumber: Green, 2001

e. Efisiensi Solar Dryer

Dalam desain dan fabrikasi pengering surya dibutuhkan perhitungan efisiensi agar dapat mengetahui seberapa efektif pengering surya yang dibangun.

Pertama-tama untuk mengetahui jumlah kandungan air yang hilang digunakan perhitungan:

$$Massa\ hilang = \frac{massa\ awal - massa\ akhir}{massa\ awal} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Sementara untuk mengetahui efisiensi *dryer* digunakan rumus :

$$\eta = \frac{Q_{evap}}{Q_m} = \frac{m_w \times h_{fg}}{I_m \times A_c \times \theta_{drying}} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- e = efisiensi
- Q_{evap} = Energi penguapan
- Q_m = Energi yang diterima *dryer*
- m_w = Massa hilang
- h_{fg} = Kalor Penguapan
- I_m = Intensitas Matahari
- A_c = Luas *Solar Kolektor*
- θ_{drying} = Lama pengeringan

3. METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimental yang dilaksanakan untuk memperoleh kesimpulan atas suatu objek atau permasalahan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui biaya fabrikasi suatu *solar dryer* serta efisiensi alat tersebut saat digunakan untuk mengeringkan pisang dan ikan. Variabel-variabel yang diambil datanya terlihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Variabel Perhitungan Efisiensi Solar Dryer

No	Variabel	Lambang	Satuan
1	Massa awal	m_{awal}	Kg
2	Massa akhir	m_{akhir}	Kg
3	Massa hilang	m_w	kg
4	Kalor penguapan (hfg)	h_{fg}	KJ/Kg
5	Rata-rata intensitas matahari harian (Februari)	I_m	KJ/m ² /hari
8	Luas <i>solar collector</i>	A_c	m ²
9	Rata-rata lama penyinaran		Jam/hari
11	Lama penjemuran (hari)	θ_{drying}	hari

Sumber: Dharmawan, 2022

Penelitian ini dimulai dengan pemilihan pisang dan ikan yang akan dikeringkan. Pisang yang dipilih adalah Pisang Ambon (*Cavendish*). Pemilihan pisang jenis ini disebabkan karena merupakan pisang yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia pada umumnya dan Maluku khususnya (Masela, dkk., 2019).

Sementara ikan yang dipilih adalah ikan Momar (*Decapterus*). Jenis ikan ini sangat banyak terdapat di perairan teluk dalam Pulau Ambon, dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat Ambon (Ongkers, 2011).

Proses perlakuan sebelum dimasukkan ke dalam *solar dryer* adalah:

- Pisang
Pisang pada awalnya dikupas dari kulitnya kemudian dibelah. Setelah dibelah buah pisang diletakkan pada rak-rak pengering yang telah disiapkan. Pembelahan dimaksudkan agar pisang lebih cepat kering dan merata proses pengeringannya.
- Ikan
Sama seperti pisang, ikan awalnya dibersihkan dari sisik-sisik ikan yang asih menempel, dan dibelah menjadi 2 bagian. Hal ini dimaksud agar ikan lebih cepat kering dan pengeringan merata. Setelah itu kemudian ikan diletakkan pada rak-rak pengering yang telah tersedia.

Proses pengeringan dilakukan secara terpisah, artinya pengeringan dilakukan pada hari yang berbeda. Hal ini dilakukan agar perhitungan nilai efisiensi dapat tepat, dan tidak tercampur antara pisang dan ikan.

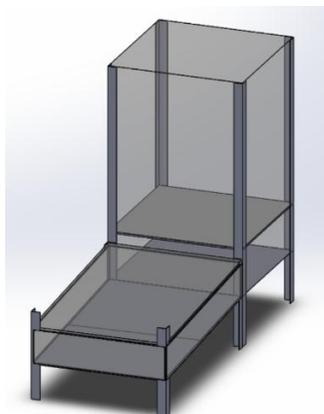
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian dimulai dengan pelaksanaan pembuatan alat yang diawali dengan pengidentifikasian alat dan bahan yang dipakai. Pada proses pembuatan alat, besar energi serta waktu yang digunakan juga dihitung agar dapat mengetahui total biaya produksi *solar dryer*.

Setelah proses ini dilanjutkan dengan tahapan pengeringan ikan dan pisang. Data-data yang dibutuhkan untuk perhitungan efisiensi kemudian diukur, dan diteruskan dengan perhitungan efisiensi *dryer*.

4.1. Proses Pembuatan alat

Proses pembuatan alat pengering dimulai dengan mengidentifikasi alat dan bahan-bahan yang dibutuhkan, kemudian dilanjutkan dengan pemilihan tempat pengerjaan. Dalam menentukan tempat pembuatan alat, pertimbangan akan ketersediaan alat, dan mudahnya memperoleh atau pembelian bahan menjadi bahan pertimbangan.



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 4. Rancangan Solar Dryer

Melalui gambar yang direncanakan, alat-alat yang akan dipakai dalam pembuatan alat dan pelaksanaan pengambilan data antara lain:

1. Mistar;
2. Spidol;
3. Gergaji besi;
4. Mesin gerinda;
5. *Cutter*;
6. Kuas;
7. Kunci Inggris;
8. Tang kombinasi;
9. Mesin Bor;
10. Termokopel;
11. Timbangan;
12. Termometer digital;

Bahan-bahan yang digunakan adalah:

1. Lembar styrofoam ukuran tebal 5 cm;
2. Kaca 5 mm;
3. Besi siku 5x5 cm;
4. Seng licin;
5. Baut ukuran 12, ring dan mur;
6. Lem kaca;
7. Aluminium batangan (kotak, siku dan bulat);
8. Engsel rol;
9. Cat;
10. Tripleks;



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 5. Proses Pembuatan Solar Collector

Langkah-langkah pengerjaan alat antara lain:

1. Pengukuran, pemotongan dan pemasangan besi siku yang digunakan untuk dudukan alat pengering;
2. Pengukuran, pemotongan dan pemasangan tripleks sebagai lapisan bawah alat pengering;
3. Pengukuran, pemotongan dan pengeleman lembaran styrofoam ke tripleks sebagai lapisan bawah bagian dalam alat pengering;
4. Pengukuran, pemotongan dan pembuatan lapisan seng pada alat pengering;
5. Pengecatan lapisan seng dengan cat warna hitam;
6. Pengeleman kaca ke bagian atas *solar collector*;
7. Pengukuran, pemotongan dan pengeleman kaca bagian rak jemuran;
8. Pengukuran, pemotongan dan pengeleman pintu rak;
9. Pengukuran, pemotongan dan pembuatan rak jemur;
10. Pengukuran, pemotongan dan pengeleman kaca bagian atas rak jemur.



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 6. Pembuatan Rak Pengering

Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan langkah-langkah diatas dapat dilihat di tabel 4. berikut.

Dari tabel terlihat bahwa waktu yang terpakai untuk pembuatan *solar dryer* adalah 6 jam 5 menit, dan energi listrik yang digunakan sebesar 422 WH. Biaya produksi alat pengering adalah merupakan total biaya bahan dan biaya energi yang digunakan. Total biaya bahan dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Berdasarkan tabel 4 total energi yang dibutuhkan adalah sebesar 422 Wh= 0.422 kWh. Dengan melihat harga listrik dari Perusahaan Listrik Negara (PLN), yaitu Rp 1,352/kWh untuk daya 900 watt, maka biaya energi yang digunakan adalah :

$$\text{Biaya Energi} = 0.422 \text{ kWh} \times \text{Rp}1.352/\text{kWh} = \text{Rp} 597,-$$

Tabel 4. Langkah Pengerjaan dan Konsumsi Listrik

No	Langkah	Waktu (jam)	Alat yang digunakan	Besar Listrik Alat (Watt)	Total Energi Listrik yang digunakan (Wh)
1	Pengukuran, pemotongan dan pemasangan besi siku yang digunakan untuk dudukan alat pengering dan solar collector,	- 15menit ukur - 30 menit potong - 1jam perakitan	- Meter rol - Gerinda - Penanda/spidol - Siku - Kunci inggris - Tang kombinasi	600 watt.	300 WH
2	Pengukuran, pemotongan dan pemasangan tripleks sebagai lapisan bawah alat pengering	- 5 menit pengukuran - 15 menit pemotongan - 5menit pemasangan	- Meter rol - Penanda/spidol - Gergaji kayu
3	Pengukuran, pemotongan dan pengeleman lembaran styrofoam ke tripleks sebagai lapisan bawah bagian dalam alat pengering dan solar collector	- 5 menit pengukuran - 15 menit pemotongan - 5 menit pemasangan	- Gergaji besi - Penanda/spidol
4	Pengukuran, pemotongan dan pembuatan lapisan seng pada alat pengering	- 5 menit pengukuran - 10 menit pemotongan - 10 menit pemasangan	- Penanda/spidol - Curling seng		
5	Pengecatan lapisan seng dengan cat warna hitam,	- 20 menit pengecatan dan menunggu kering	- Kuas - Cat avian hitam - thinner		
6	Pengeleman kaca ke bagian atas solar collector,	- 15menit pengeleman - 15 menit pengeleman dan di pasang	- Lem silicon bening - Siku aluminium		
7	Pengukuran, pemotongan dan pengeleman kaca bagian rak jemuran	- 15 menit pengeleman - 30 menit pengeleman	- Lem silicon bening - Siku aluminium		
8	Pengukuran, pemotongan dan pengeleman pintu rak	- 10menit pengukuran - 10menit pemotongan - 5 menit pengeleman - 10 menit pengeleman	- Penanda/spidol - Pisau pemotong kaca - Lem silicon bening		
9	Pengukuran, pemotongan dan pembuatan rak jemur	- 5menit pengukuran - 10 menit pemotongan - 5menit pengeboran - 10 menit pemasangan	- Penanda/spidol - Gerinda - Mesin bor	600 watt 350 watt	96 WH 28 WH
10	Pengukuran, pemotongan dan pengeleman kacabagian atas rak jemur.	- 5menit pengukuran - 5 menit pemotongan - 15 menit pemasangan dan pengeleman	- Penanda/spidol - Pisau potong kaca - Lem silicon bening		
		6 jam 5 menit	-		422 WH

Sumber: Dharmawan, 2022

Tabel 5. Harga Bahan

No	Nama	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Total harga
1	Seng Licin	1	lembar	50,000	50,000
2	Besi siku	3	staff	89,000	267,000
3	Styrofoam	1	lembar	125,000	125,000
4	Alat tembak silicon	1		25,000	25,000
5	Silicone putih	2	tube	35,000	70,000
6	Siku aluminium	2	staff	30,000	60,000
7	Cat avian hitam	1	kaleng	65,000	65,000
8	Kaca 15x120cm	2	lembar	240,000	480,000
9	Kaca 80x120cm	1	lembar	127,000	127,000
10	Kaca 80x80cm	1	lembar	83,500	83,500
11	Kaca 100x78cm	2	lembar	103,500	207,000
12	Kaca 100x79cm	2	lembar	105,000	210,000
13	Kawat ram	3	meter	30,000	90,000
14	Besi kotak aluminium	2	staff	80,000	160,000
15	Besi bulat aluminium	4	staff	35,000	140,000
Total Biaya Bahan					2,159,500

Sumber: Dharmawan, 2022



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 7. Solar Dryer

Sehingga diperoleh biaya produksi alat pengering adalah :

$$\text{Total biaya bahan \& biaya energi} = \text{Rp. 597,-} + \text{Rp. 2,159,500,-} = \text{Rp 2,160,097,}$$

4.2. Proses Pengeringan

Proses pengambilan data dimulai dari pukul 09:00 hingga 17:00. Untuk melaksanakan pengambilan data, pertama-tama pisang dan ikan dibeli di pasar. Pisang kemudian dikupas dan dipisahkan untuk nanti diletakkan di dalam dan di luar alat pengering, kemudian ditimbang untuk mengetahui berat total pisang di dalam alat pengering dan yang di luar alat pengering. Hal yang sama dialami juga untuk ikan. Hasil penimbangan kemudian dicatat.

Setelah berat pisang dan ikan dicatat, kemudian dilanjutkan dengan peletakkan pisang dan ikan di rak-rak jemur yang telah disiapkan. Setelah itu kabel termokopel yang akan digunakan dipasang pada titik-titik yang diinginkan. Titik-titik tersebut antara lain:

1. Daerah udara masuk ke solar collector;
2. Solar collector;
3. Ruang rak jemur;
4. Udara keluar.

Proses pengambilan data dilakukan tiap 30 menit, kemudian dicatat untuk nanti diolah hingga memperoleh efisiensi alat pengering.



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 8. Pengolahan Pisang untuk Dijemur

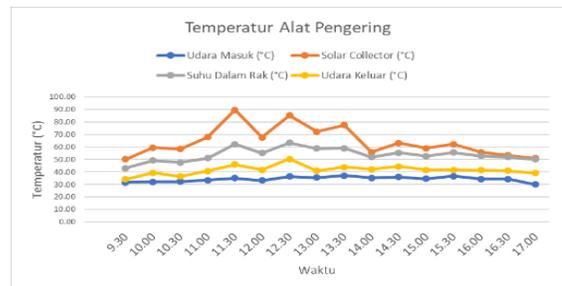


Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 9. Penjemuran Ikan

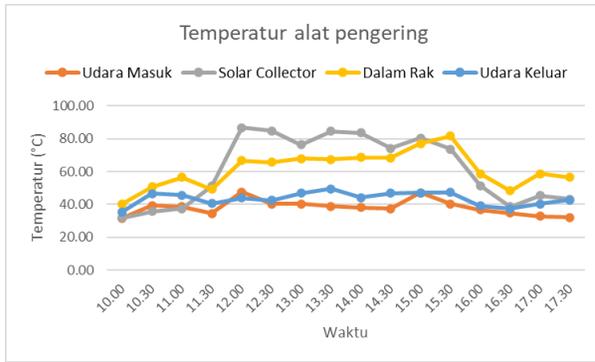
4.3. Pengambilan data dan kehilangan massa

Data proses pengeringan diambil pada 2 hari yang berbeda, hari pertama dilakukan untuk pengambilan data untuk pisang dan sesudahnya untuk ikan. Grafik 1 di bawah menunjukkan temperatur pada 4 titik lokasi pengambilan data untuk pengeringan pisang.



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 10. Temperatur Pengering Pisang

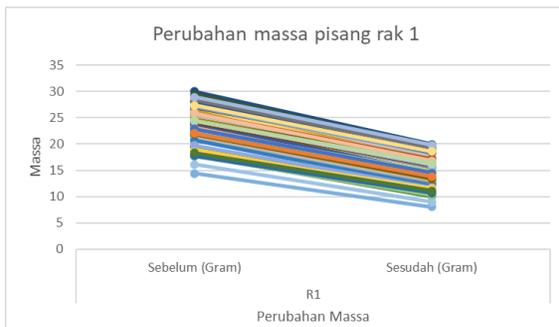


Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 11. Temperatur Pengering Ikan

Dari kedua grafik di atas, hasil pengujian menunjukkan temperatur alat pengering berubah seiring dengan meningkatnya temperatur *solar collector*. Perubahan ini tentunya tergantung dari radiasi sinar matahari yang terkumpul pada *solar collector*. Seiring dengan hari yang semakin sore, temperatur alat pengering juga menurun.

Selain itu temperatur *solar collector* yang tinggi juga mengakibatkan udara menjadi panas yang akhirnya menguapkan kandungan air pada ikan dan pisang. Dengan kandungan air yang berkurang, massa pada potongan-potongan ikan dan pisang juga berkurang. Dapat dilihat pada grafik-grafik yang ada dibawah ini. dibandingkan dengan massa awal potongan-potongan tersebut di awal pengujian.



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 12. Perubahan Massa Pisang

Data hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh potongan pisang mengalami penurunan berat pada akhir pengujian. Setelah dijumlahkan, rak yang mengalami penurunan massa terbanyak adalah rak 3. Massa total pada rak 3 adalah 1182.25 gram, dan massa akhir pada rak 3 adalah 698.53 gram. Hasil ini menunjukkan bahwa rak 3 berkurang hingga 483.72 gram.

Bila ditinjau dengan menggunakan rumus persentase massa pisang yang hilang, yaitu:

Persentase massa pisang hilang di rak 3

$$= \frac{1182,25 - 698,53}{1182,25} \times 100\% = 40.92\%$$

Sementara proses pengeringan ikan memberikan hasil yang mirip dengan pisang, yaitu pengurangan massa terbesar terjadi pada rak ke 3.



Sumber: Dharmawan, 2022

Gambar 13. Perubahan Massa Ikan

Dari pengamatan pada tiap-tiap grafik menunjukan bahwa seluruh potongan ikan mengalami penurunan berat pada akhir pengujian. Setelah dijumlahkan, rak yang mengalami penurunan massa terbanyak adalah rak 3. Dengan massa total pada rak 3 adalah 652.25 gram, dan massa akhir pada rak 3 adalah 301.69 gram. Hasil ini menunjukkan bahwa rak 3 berkurang hingga 350.56 gram.

Persentase total massa ikan yang hilang yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Persentase massa ikan hilang} &= \frac{625,25 - 301,56}{625,25} \times 100\% \\ &= 53.75\% \end{aligned}$$

Rak 3 mengalami persentase kehilangan massa terbesar. Kondisi ini diakibatkan karena rak 3 berada paling atas dari susunan rak pada kotak pengering, sehingga mengalami paparan langsung dari sinar matahari dan juga udara panas yang naik dari *solar collector*.

4.4. Efisiensi Solar Dryer

Efisiensi alat pengering harus dihitung untuk mengetahui berapa besar kinerja alat pengering yang dibuat, sehingga dapat ditentukan apakah alat ini membutuhkan pengembangan lebih lanjut ataukah tidak.

Perhitungan dilakukan untuk masing-masing pengeringan pisang dan ikan. Dimensi alat untuk kedua bahan tersebut adalah sama, sementara variabel lainnya mengalami perubahan sesuai dengan bahan yang dikeringkan dan waktu pengeringan.

Berdasarkan rumus (2), efisiensi diperoleh dari Q_{evap} dibagi dengan Q_m . Q_{evap} merupakan total energi yang digunakan alat pengering untuk menguapkan kandungan air di dalam pisang yang menyebabkan berkurangnya massa pisang. Sementara Q_m adalah jumlah energi yang diterima oleh alat pengering.

Dalam perhitungan pisang, untuk memperoleh Q_{evap} perlu diketahui jumlah massa air yang diuapkan, dalam hal ini berarti massa yang hilang dari pisang setelah dijemur di dalam alat pengering, yaitu 1464.68 gram. Selain itu h_{fg} yang merupakan kalor penguapan air yaitu 2256 KJ/kg merupakan variabel selanjutnya yang digunakan.

Perhitungan untuk mendapatkan Q_m membutuhkan variabel antara lain luas solar collector (A_c) yaitu 0.96 m², θ_{drying} yang merupakan perbandingan antara jumlah waktu yang digunakan untuk pengeringan dan banyaknya waktu matahari bersinar pada lokasi pengujian, yaitu 0.9 hari, serta intensitas radiasi matahari rata-rata per hari. Data terakhir diperoleh dari database NASA, yang menunjukkan jumlah 37,512 KJ/m²/hari. Sementara untuk ikan, massa yang hilang dari pengeringan ikan adalah 1075.07gram.

Tabel 6. Variabel Perhitungan Efisiensi Solar Dryer Penjemuran Ikan

No	Variabel	Lambang	Satuan	Jumlah
1	Massa awal	m_{awal}	Kg	2.16015
2	Massa akhir	m_{akhir}	Kg	1.08508
3	Massa hilang	m_w	kg	1.07507
4	Kalor penguapan (hfg)	h_{fg}	KJ/Kg	2,256
5	Rata-rata intensitas matahari harian	I_m	KJ/m ² /hari	37,512
8	Luas solar collector	A_c	m ²	0.96
9	Rata –rata lama penyinaran		Jam/hari	10
10	Lama penjemuran (jam)		Jam	7.5
11	Lama penjemuran (hari)	θ_{drying}	hari	0.75

Sumber: Dharmawan, 2022

Dari variabel-variabel tersebut, dapat diperoleh efisiensi sistem untuk mengeringkan ikan. Efisiensi Solar Dryer diperoleh:

$$\eta = \frac{(1075.078/1000)kg \times 2256 \text{ KJ/kg}}{37512 \text{ KJ/m}^2/\text{hari} \times 0.96 \text{ m}^2 \times 0.75 \text{ hari}} = 0.0898 = 8.98\%$$

Tabel 7. Variabel Perhitungan Efisiensi Solar Dryer Penjemuran Pisang

No	Variabel	Lambang	Satuan	Jumlah
1	Massa awal	m_{awal}	Kg	3.87175
2	Massa akhir	m_{akhir}	Kg	2.40707
3	Massa hilang	m_w	kg	1.46468
4	Kalor penguapan (hfg)	h_{fg}	KJ/Kg	2,256
5	Rata-rata intensitas matahari harian	I_m	KJ/m ² /hari	37,512
8	Luas solar collector	A_c	m ²	0.96
9	Rata –rata lama penyinaran		Jam/hari	10
10	Lama penjemuran (jam)		Jam	7.5
11	Lama penjemuran (hari)	θ_{drying}	hari	0.75

Sumber: Dharmawan, 2022

Dari variabel-variabel tersebut, dapat diperoleh efisiensi sistem untuk mengeringkan pisang. Efisiensi Solar Dryer diperoleh:

$$e = \frac{(1.46468)kg \times 2256 \text{ KJ/kg}}{37512 \text{ KJ/m}^2/\text{hari} \times 0.96 \text{ m}^2 \times 0.75 \text{ hari}} = 0.122 = 12.2\%$$

Hasil perhitungan efisiensi menunjukkan bahwa Solar Dryer memberikan performa lebih baik saat proses pengeringan pisang dibandingkan pengeringan ikan.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh adalah:

1. *Solar Dryer* memberikan efisiensi 8.98% untuk proses pengeringan ikan dan 12.2% untuk proses pengeringan pisang.
2. Biaya pembuatan alat *solar dryer* adalah Rp.2,159,000.-
3. Efisiensi dalam proses pengeringan pisang lebih baik dari pada pengeringan ikan.

5.2. Saran

Penelitian lanjutan dapat dilaksanakan dengan menggunakan metode konveksi paksa atau dengan menggunakan kipas, selain itu pengembangan rancangan output udara keluar dapat menjadi perhatian pada penelitian selanjutnya..

DAFTAR PUSTAKA

- atlasbig, 2021. *World Banana Production by Country*.
[Online]
Available at: <https://www.atlasbig.com/en-gb/countries-by-banana-production>
[Accessed 24 September 2022].
- Dinas Perikanan Provinsi Maluku, 2015. *Produksi dan Nilai Produksi Perikanan Hasil Budidaya Tambak, Kolam dan Laut*, Ambon: Dinas Perikanan Provinsi Maluku.
- Green, M., 2001. *Solar Drying Technology for Food Preservation*. Eschborn: Gate Information Service.
- Handoyo, E. A., Kristanto, P. & Alwi, S., 2016. Desain dan Pengujian Sistem Pengering Ikan Bertenaga Surya. *Jurnal Teknologi Industri Petra*, pp. 25-30.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2018. *Produktivitas Perikanan Indonesia*, Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia.
- Masela, M. R., Jamaludin, Suryaningsih, N. L. S. & Mulyono, T., 2019. UJI ALAT PENDINGER PISANG TIPE RAK ENERGI SURYA DAN BIOMASSA. *Musamus AE Featuring Journal*, 1(2), pp. 54-57.
- Ongkers, O., 2011. *Kelimpahan Ikan yang Tertangkap dengan Jaring Pantai di Perairan Teluk Ambon Dalam*. Bogor, Masyarakat Iktiologi Indonesia.
- Suryaningsih, N. & Pasaribu, Y., 2015. Dewaka banana as an alternative energy source. *Procedia Food Science*, Volume 3, pp. 211-215.
- Suryaningsih, N., Raharjo, B. & Suratmo, B., 2012. Kadar air kritis pada proses pengeringan dalam pembuatan tepung ubi jalar (*Ipomoea batatas* (L) Lam). *Jurnal Agricola*, 2(2), pp. 148-164.
- Ugochukwu, N. V., 2017. Fish Preservation and Processing. *Journal of Food*, pp. 1-31.