

PENINGKATAN KUALITAS IKAN ASIN DENGAN PROSES PENGERINGAN EFEK RUMAH KACA VARIASI HYBRID

YUNITA DJAMALU

PROGRAM STUDI MESIN DAN PERALATAN PERTANIAN POLITEKNIK GORONTALO

email: naura@poligon.ac.id

Abstrak

Pengeringan konvensional memiliki kelemahan dalam proses pengeringan seperti waktu lama pengeringan dan cuaca buruk. Hal ini diperlukan untuk merancang pengering untuk daerah Gorontalo untuk meningkatkan kualitas ikan asin. Pengering dari efek rumah kaca memiliki tiga bagian utama seperti Ruang pengeringan, model variasi Prisma persegi panjang dan variasi berbeda. Dimensi dari pengering adalah tinggi 2 meter, lebar rak pertama 0.45 meter, lebar rak kedua 0,6 meter, lebar rak ketiga 0.75 meter dan tebal kaca 5 mm. Hasil uji coba menunjukkan pengeringan di efek rumah kaca lebih efisien dan higienis daripada pengeringan tradisional, yaitu Pengeringan melalui Efek Rumah Kaca 40. 3% dan pengeringan tradisional 53,6% dari awal kadar 73% dan standar SNI sejumlah 01-2721-1992 kadar ikan asin adalah 40%. Konveksi terbaik di rak ketiga dengan waktu pengeringan 9 jam dan berat ikan asin yang diuji adalah 8 kg ikan cepat. Yang tertinggi pada suhu kamar adalah 61 ° C. RH dari Ruang pengeringan adalah lebih kecil daripada RH lingkungan, Q dari penguapan 2360.4 J/m².s, Mev dari 2818,3 gram.

Kata Kunci : Ikan Asin, Pengering, Hibrida (Berbeda – Beda), Jumlah Air, Tingkat Evaporasi

Abstract

Conventional drying has a weakness in the drying process such as long drying times and bad weather. It is necessary to design a dryer for Gorontalo area to improve the quality of salted fish. Dryer of greenhouse effect has three of main parts such as the drying chamber, a model variation of rectangular prism and hybrid variations. Dimensions of the dryer are the high of 2 meters, the first rack width of 0.45 meters, The second rack width of 0.6 meters, The third rack width of 0.75 meters and the glass thick of 5 mm. The trial results showed drying in the greenhouse effect was more efficient and hygienic than traditional drying, i.e the greenhouse effect drying of 40.3% and the traditional drying of 53.6% from the initial moisture content of 73% and SNI standard of numbers of 01-2721-1992 salted fish moisture content was 40%. The best convection was on the third rack with a drying time of 9 hours and a heavy of salted fish tested was 8 kg swift fish. The highest at room temperature was 61 °C. RH of drying chamber was smaller than RH of environment, Q of evaporation of 2360.4 J/m².s, Mev of 2818,3 grams.

Keyword : Salted Fish, Dryer, Hybrid, Water content, rate of evaporation

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara dengan penduduk sebanyak 237.641.326 jiwa, dimana 39.959.073 jiwa bekerja di sector pertanian, perkebunan, kehutanan, perburuan, dan perikanan. 5.001.220 jiwa memiliki mata pencaharian sebagai pekerja bebas di pertanian (BPS, 2010).

Sebagai negara yang memiliki banyak pulau, Negara kita juga memiliki banyak laut yang berarti pula menghasilkan banyak ikan. Ikan merupakan bahan makanan yang banyak dikonsumsi masyarakat dalam dan bahkan luar negeri. Selain karena rasanya, Ikan banyak disukai karena memberi manfaat untuk kesehatan tubuh yaitu mempunyai kandungan protein yang tinggi dan kandungan lemak yang lebih rendah dibanding sumber protein hewani lain. Namun, Ikan cepat

membusuk karena adanya rakteri dan enzyme jika dibiarkan begitu saja tanpa proses pengawetan. Proses pengawetan ikan yang umum dilakukan adalah dengan penggaraman, Pengeringan, Pemindangan, Pengasapan dan pendinginan (Handoyo et al., 2011).

Pengeringan ikan merupakan cara pengawetan ikan yang tertua. Mula-mula pengeringan hanya dilakukan dengan menggunakan panas matahari dan tiupan angin. Pada prinsipnya, Pengeringan merupakan cara pengawetan ikan dengan mengurangi kadar air pada tubuh ikan sebanyak mungkin sehingga kegiatan kegiatan rakteri terhambat dan jika mungkin, Mematikan rakteri tersebut. Tubuh ikan mengandung 56%-80% air. (Murniyati dan Sunarman, 2000).

Ikan menjadi cepat busuk dan rusak apabila dibiarkan terlalu lama diudara terbuka setelah ikan tertangkap. Proses pembusukan cepat terjadi pada

ikan karena sebagian dikarenakan oleh kandungan air ikan yang mencapai 80%. Salah satu cara untuk menghambat terjadinya proses pembusukan ini adalah dengan cara pengeringan. Pengeringan ikan sebagai salah satu cara pengawetan yang paling mudah, murah, dan merupakan cara pengawetan yang tertua. Dilihat dari segi penggunaan energi, Pengeringan dengan menggunakan sinar matahari dianggap tidak memerlukan biaya sama sekali. Pengeringan akan bertambah baik dan cepat apabila sebelumnya ikan digarami dengan jumlah garam yang cukup untuk menghentikan kegiatan bakteri pembusuk. Meskipun pengeringan itu akan merubah sifat daging ikan dan ketika sifatnya masih segar, tetapi nilai gizinya relatif tetap. Kadar air yang mengalami penurunan akan mengakibatkan kandungan protein didalam bahan mengalami peningkatan (Adawyah, 2007).

Masyarakat Gorontalo terutama diwilayah sekitar pesisir pantai melakukan pengeringan ikan asin dengan cara manual dengan menggunakan lahan kosong atau rak yang dirancang khusus untuk meletakkan ikan agar terkena sinar matahari langsung. Namun cara ini masih mempunyai kelemahan, Karena selain membutuhkan lahan yang besar untuk proses pengeringan juga masih terkontaminasi dengan kotoran dan memerlukan waktu yang lama dalam proses pengeringan ikan asin.

Oleh karena itu, diperlukan suatu alat yang bisa menjadi alternatif para nelayan dan pedagang ikan asin dalam meningkatkan kualitas ikan asin. Dalam penelitian ini digunakan pengering dengan tenaga surya menggunakan tipe *greenhouse* dengan desain berbentuk prisma segi empat terdapat cerobong lebih dari satu untuk sirkulasi udara dengan bukaan 100% dan variasi hybrid yakni batu sebagai penyimpan panas. Jika pengeringan dengan cara dijemur di lahan terbuka hanya bisa mengeringkan ikan asin dengan waktu sekitar tiga hari dalam kondisi cuaca cerah, maka pengering yang dibuat ini diharapkan mampu mempercepat waktu pengeringan karena Pengering yang tertutup dibagian atas nantinya bisa mengantisipasi perubahan cuaca secara tiba – tiba di wilayah tersebut. Dengan adanya sistem ini diharapkan bisa meningkatkan kualitas dan menjaga kehygienisan ikan asin dengan waktu pengeringan yang relatif singkat.

1.1.1 Perumusan Masalah

1. Bagaimana menganalisa panas yang tersimpan pada ruang pengering yang dihasilkan dari variasi hybrid
2. Bagaimana menganalisis performansi perpindahan panas dan laju pengeringan pada proses pengeringan.

1.1.2 Perumusan Masalah

1. Menganalisa panas yang tersimpan pada ruang pengering yang dihasilkan dari variasi hybrid
2. Menganalisis performansi perpindahan panas dan laju pengeringan pada proses pengeringan.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Ikan Asin

Ikan merupakan bahan pangan yang sangat mudah rusak. Penyebabnya adalah daging ikan mempunyai kadar air yang sangat tinggi, pH netral, teksturnya lunak, Dan kandungan gizinya tinggi sehingga menjadi medium yang sangat baik untuk pertumbuhan jasad renik, terutama bakteri.



Gambar 2.1. Pengeringan tradisional

Pengawetan ikan tradisional di Indonesia meliputi pengasinan, Pemindangan, Pembuatan Peda, Terasi, Petis, Dan lain-lainnya. Pembuatan ikan asin merupakan yang paling sederhana dengan biaya yang murah.

Prinsip pengawetan dalam pembuatan ikan asin merupakan kombinasi penambahan garam dan pengeringan. Dalam jumlah yang cukup, garam dapat mencegah terjadinya autolisis, yaitu kerusakan ikan yang disebabkan oleh enzim enzim yang terdapat pada ikan, dan mencegah terjadinya pembusukan oleh jasad renik. Daya pengawetan oleh garam ini disebabkan garam NaCl mempunyai osmotik tinggi, sehingga selain dapat menarik air dari daging ikan, sekaligus menarik cairan sel mikroorganisme sehingga sel mengalami plasmolysis dan mati.

2.1. Sistem Pengering Ikan Asin

Pengeringan ikan asin pada umumnya dilakukan dengan menghamparkan ikan di bawah terik matahari menggunakan rak atau lahan kosong dekat jalan raya, pada waktu cerah penjemuran dapat dilakukan selama 3 hari. Kadar air yang dianjurkan menurut SNI nomor 01-2721-1992 adalah 40% sesuai permintaan konsumen. Agar dapat disimpan lama, proses pengeringan dengan alat pengering biasanya memerlukan waktu penjemuran 8 s/d 10 jam sesuai alat pengering yang digunakan.

Cara pengeringan ikan asin yang kurang baik akan memberikan dampak yang buruk terhadap mutu ikan asin, apabila mutu ikan asin menurun, maka harga jual menurun. Faktor-faktor lain yang ikut mempengaruhi baik buruknya mutu ikan asin adalah adanya jamur dan cendawan yang ditandai dengan warna kehitam-hitaman, kehijau-hijauan atau putih pada ikan sehingga sangat berpengaruh pada ke higienisan ikan asin.

Pada penjemuran tradisional, sinar matahari mampu menembus ke dalam jaringan sel bahan. Sedangkan kerugiannya antara lain adalah suhu pengeringan dan kelembaban tidak dapat dikontrol, hanya berlangsung bila ada sinar matahari dan pengeringan tidak konstan juga dapat menambah polusi udara untuk warga sekitar daerah penjemuran.

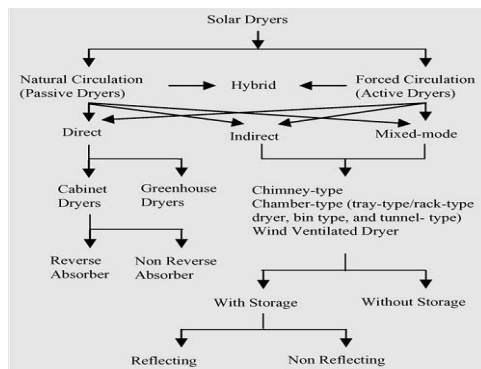
1. Pengeringan dengan Oven

Selain pengeringan tradisional (penjemuran), pengeringan juga dapat dilakukan dengan oven. Alat ini menggunakan sumber panas dari tenaga listrik.

2. Pengeringan Buatan

Pengeringan buatan merupakan cara pengeringan yang menggunakan alat, namun sumber panas yang digunakan sama seperti pengeringan tradisional, yaitu menggunakan sinar matahari (Hartuti dan Sinaga, 1997).

Ada beberapa jenis pengering yang dikembangkan untuk berbagai tujuan pengeringan produk makanan sesuai dengan kebutuhan lokal dan ketersediaan teknologi (Murthy, 2008).



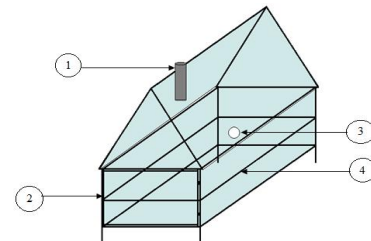
Gambar 2.2 Klasifikasi pengering tenaga surya (Fudholi, dkk., 2009)

Gambar 2.2 adalah klasifikasi sistematis pengering tenaga surya untuk produk pertanian yang didasarkan pada desain sistem komponen dan cara pemanfaatan energi surya.

A. Pengering tenaga surya dengan konveksi alami (pengering pasif)

Ada bermacam-macam jenis pengering tenaga surya dengan konveksi alami yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti. Berikut ini adalah beberapa macam pengering tenaga surya dengan konveksi alami:

1. Pengering rumah kaca variasi bukaan cerobong dan rak pengering



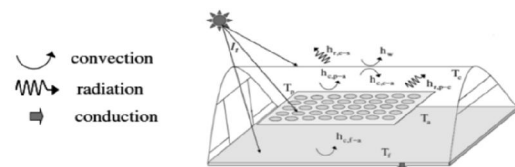
1. Corong Sirkulasi Udara
2. Pintu Kedap Udara
3. Corong Variasi Bukaan
4. Rak Pengering

Gambar 2.3 Skema bagian-bagian dari pengering rumah kaca surya (Yunita, 2014)

Model ini menghasilkan simulasi kinerja pengering surya rumah kaca untuk pengeringan dengan hasil pengeringan non kondensasi sehingga waktu pengeringan relatif cepat.

2. Pengering efek rumah kaca dengan atap setengah lingkaran.

Pengering rumah kaca dengan atap terowongan yang diasumsikan setengah lingkaran yang ditutupi dengan UV (200μ) stabil film polietilen.

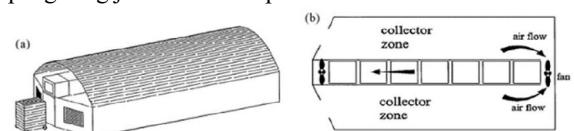


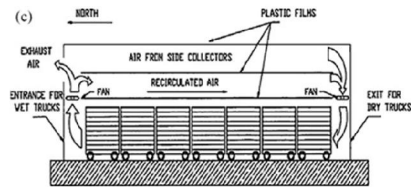
Gambar 2.4 Skema diagram dari transfer energi dalam pengering rumah kaca surya (Sadodin, 2009)

Pengering rumah kaca dengan atap setengah lingkaran seperti pada gambar 2.5. Model ini dapat digunakan untuk mensimulasikan kinerja pengering surya rumah kaca untuk pengeringan dengan lokasi dan kondisi iklim yang berbeda.

B. Pengering tenaga surya dengan konveksi paksa (pengering aktif)

Pada dasarnya, pengering dengan konveksi paksa hampir sama dengan jenis pengering konveksi alami. Perbedaannya terletak pada penambahan kipas maupun blower sebagai alat bantu untuk mengalirkan udara secara merata dan lebih cepat tersirkulasi. Gambar 2.5 merupakan contoh dari pengering jenis konveksi paksa.





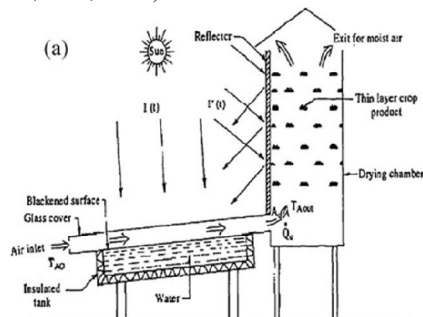
Gambar 2.5 Pengering rumah kaca dengan konveksi paksa: (a) tampilan muka, (b) tampilan *plant*, dan (c) skema operasi (Condori, dkk., 2001)

C. Pengering tenaga surya hibrid

Sesuai dengan namanya, pengering jenis ini terdiri dari dua jenis pengering yang dijadikan ke dalam satu sistem. Berikut ini adalah beberapa contoh dari pengering tenaga surya hibrid:

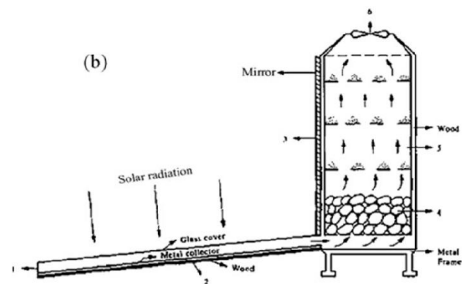
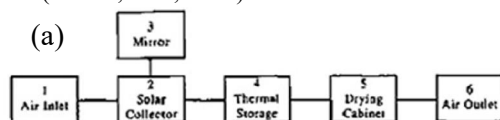
1. Sistem pengeringan tenaga surya dengan penyimpanan panas (*Solar drying system with thermal storage*)

Ada beberapa teknik yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti, salah satunya dengan menggunakan air dan batu sebagai media pembantu penyimpanan panas. Yang pertama, udara yang mengalir dalam saluran udara yang terbuat dari kaca mendapatkan panas dari matahari dan panas matahari tersebut juga memanaskan air sebagai media penyimpanan panas jika sudah tidak ada sinar matahari seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6 (Tiwari, dkk., 1997).



Gambar 2.6 Penampang melintang dari pengering tanaman dengan pemanas air (Tiwari, dkk., 1997)

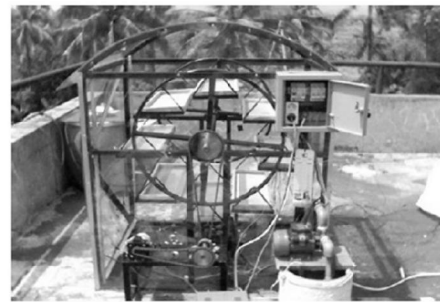
Dan yang kedua adalah dengan media penyimpanan berupa batu. Prinsip kerjanya hampir sama dengan sebelumnya, yang berbeda hanyalah penggunaan batu sebagai media penyimpanan panasnya, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 (Tiwari, dkk., 1994).



Gambar 2.7 Pengering tanaman dengan penyimpanan batuan (a) Penampang melintang; (b) Sistem kerja (Tiwari, dkk., 1994)

2. Pengering efek rumah kaca hibrid

Prinsip kerja dari pengering rumah kaca ini adalah desain rak berputar untuk menghasilkan kadar air yang seragam.

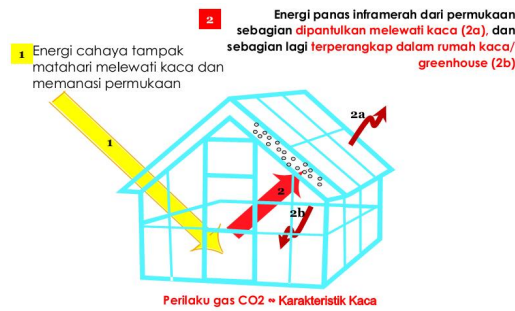


Gambar 2.8 Pengering rumah kaca hibrid (Triwahyudi Sigit)

Salah satu contohnya ditunjukkan pada Gambar 2.8, dimana pengering dengan rak berputar ini selain di desain dengan rak pengering yang berputar juga penyebaran panas yang merata.

2.2. Pengering Efek Rumah Kaca (*Greenhouse*)

Pengering efek rumah kaca adalah alat pengering berenergi surya yang memanfaatkan efek rumah kaca yang terjadi karena adanya penutup transparan pada dinding bangunan serta plat absorber sebagai pengumpul panas untuk menaikkan suhu udara ruang pengering. Lapisan transparan memungkinkan radiasi gelombang pendek dari matahari masuk ke dalam dan mengenai elemen-elemen bangunan. Hal ini menyebabkan radiasi gelombang pendek yang terpantul berubah menjadi gelombang panjang dan terperangkap dalam bangunan karena tidak dapat menembus penutup transparan sehingga suhu didalam menjadi tinggi.



Gambar 2.9 Efek rumah kaca (BMKG, 2011)

2.3. Perpindahan Panas

Seperti yang telah diketahui, panas dapat mengalir tempat dari temperatur yang tinggi menuju temperatur yang lebih rendah. Ada tiga macam jenis perpindahan panas, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.3.1. Konduksi

Konduksi adalah proses di mana panas mengalir dari daerah yang bersuhu lebih tinggi ke daerah yang bersuhu lebih rendah pada suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara dua atau lebih medium berbeda yang bersinggungan secara langsung (Putera, 2008). Perpindahan panas secara konduksi dapat dilihat pada Gambar 2.16.

Jika terjadi perbedaan suhu, molekul – molekul yang memiliki energi yang lebih besar memindahkan sebagian energinya kepada molekul – molekul di daerah yang bersuhu lebih rendah. Jika energi berpindah secara konduksi, maka laju perpindahan panasnya berbanding dengan gradien suhu normal seperti pada persamaan 2.1. (Incorpera dan Dewitt, 1996).

$$\frac{q}{a} \sim - \frac{\partial T}{\partial x} \quad (2.1)$$

Jika dimasukkan konstanta konduktivitas material yang digunakan, maka persamaan 2.1. dapat di tuliskan dalam bentuk persamaan berikut:

$$q'' = k \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.2)$$

$$q = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2.3)$$

Dengan:

q = Laju perpindahan panas (Watt)

k = Konduktivitas termal (W/m.K)

A = Luas Penampang yang terletak pada aliran panas (m²)

ΔT = Perbedaan temperatur diantara dua permukaan (K)

Δx = Tebal permukaan (m)

Tanda minus diselipkan untuk memenuhi hukum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir dari tempat bersuhu tinggi ke tempat yang bersuhu lebih rendah.

2.3.2. Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan turbulen. Konveksi sangat penting sebagai perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas.

Konveksi alami dibagi menjadi dua jenis aliran, yaitu aliran laminar dan turbulen. Bilangan tak berdimensi digunakan untuk menghitung koefisien konveksi (h) yang digunakan untuk menghitung besarnya perpindahan panas yang terjadi dalam fluida, qp Untuk mengetahui jenis aliran dari konveksi alami, maka nilai dari bilangan Rayleigh (Ra_L) harus diketahui terlebih dahulu. Nilai tersebut diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Ra_L = Gr_L \times Pr \quad (2.4)$$

dimana Gr_L adalah bilangan Grashof sedangkan Pr adalah bilangan Prandtl. Bilangan Grashof diperoleh dengan rumus berikut:

$$Gr_L = \frac{g(Pr)\beta(T_b - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad (2.5)$$

dengan nilai β dapat diperoleh dari:

$$\beta = \frac{1}{T} \quad (2.6)$$

dimana T adalah nilai suhu absolut, sedangkan g (Pr) diperoleh melalui persamaan di bawah:

$$g(Pr) = \frac{0,75Pr^{1/2}}{(0,609 + 1,221Pr^{1/2} + 1,238Pr)^{1/4}} \quad (2.7)$$

Nilai bilangan Prandtl berada pada kisaran 0 ≤ Pr ≤ ∞ agar didapatkan nilai bilangan Grashof-nya.

$$Ra_L = \frac{g\beta(T_b - T_\infty)L^3}{\nu \alpha} \quad (2.8)$$

Aliran akan berbentuk laminar bila nilai bilangan Rayleigh-nya ≤ 10⁹. Jika nilai bilangan Rayleigh sudah diketahui, maka nilai bilangan tak berdimensi lain yang perlu dicari adalah nilai bilangan Nusselt. Nilai dari bilangan Nusselt pada plat vertikal berbeda dengan nilai bilangan Nusselt pada plat horisontal. Untuk plat vertikal, nilai bilangan Nusselt bisa didapatkan melalui:

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k} = C Ra_L^n \quad (2.9)$$

Dengan nilai C dan n untuk aliran laminar adalah sebesar 0,59 dan 0,25. Nilai bilangan Nusselt bisa dicari dengan rumusan sebagai berikut:

$$\overline{Nu}_L = 0,68 + \frac{0,670 Ra_L^{1/4}}{[1 + (0,492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad (2.10)$$

Sedangkan nilai bilangan Nusselt pada plat miring atau horisontal dengan permukaan atas dipanaskan dan permukaan bawah didinginkan, dapat dicari dengan persamaan berikut:

$$\overline{Nu}_L = 0,54 Ra_L^{1/4} (10^4 \leq Ra_L \leq 10^7) \quad (2.11)$$

atau,

$$\overline{Nu}_L = 0,15 Ra_L^{1/3} (10^7 \leq Ra_L \leq 10^{11}) \quad (2.12)$$

Untuk bagian bawah yang dipanaskan dan bagian atas didinginkan menggunakan persamaan berikut (Incropera dan Dewitt, 1996)

$$\overline{Nu}_L = 0,27 Ra_L^{1/4} (10^5 \leq Ra_L \leq 10^{10}) \quad (2.13)$$

Bila nilai bilangan Nusselt telah diketahui, maka bisa didapatkan nilai dari koefisien perpindahan konveksi (h) melalui persamaan berikut ini:

$$\overline{Nu}_L = \frac{\bar{h}L}{k} \quad (2.14)$$

Nilai koefisien konveksi yang telah ditemukan, maka nilai koefisien tersebut dimasukkan ke dalam persamaan berikut, bila koefisien konveksi tersebut memenuhi rentang koefisien perpindahan panas konveksi (Titahelu Nicolas, 2010).

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} \quad (2.15)$$

Dimana:

- h = Koefisien perpindahan kalor konveksi pada kaca ($W/m^2.K$)
- k = Konduktivitas termal ($W/m.k$)
- Nu = Bilangan nusselt
- L = Panjang rak pengering

$$q = h \cdot A(T_b - T_a) \quad (2.16)$$

Dimana:

- h = Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2.K$)
- A = Luas permukaan (m^2)
- T_b = Temperatur rak (K)
- T_a = Temperatur ruang (K)
- q = Laju perpindahan panas konveksi (Watt)

2.3.3. Radiasi

Tidak seperti konduksi dan konveksi yang melakukan perpindahan panas melalui medium perantara, kalor juga dapat berpindah melalui ruang hampa. Pada termodinamika, radiator (sumber penyinaran) ideal, atau benda hitam (*blackbody*) dapat memancarkan energi sebanding dengan

pangkat empat suhu absolut benda yang berbanding lurus dengan permukaan benda tersebut. Oleh karena itu, perpindahan panas secara radiasi dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q_{rad} = \sigma AT^4 \quad (2.17)$$

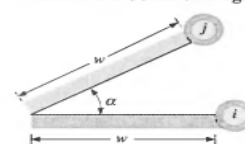
Dimana σ adalah konstanta Stefan-Boltzman dengan nilai $5,669 \times 10^{-8} W/m^2$. Persamaan 2.18 berlaku untuk radiasi benda hitam saja, di mana nilai emisivitasnya adalah 1. Namun, kebanyakan radiasi terjadi bukan pada benda hitam sehingga bisa dirumuskan menjadi berikut.

$$q = \sigma \epsilon (T_1^4 - T_2^4) \quad (2.18)$$

Untuk perpindahan panas secara radiasi pada dua buah penampang yang berhadapan *view factor* dari masing-masing permukaan harus diketahui terlebih dulu agar bisa diketahui besarnya radiasi yang mengenai permukaan tersebut. *View factor* adalah bagian dari radiasi dari permukaan i (yang meneruskan radiasi) yang bertemu dengan permukaan j (permukaan yang berhadapan dengan permukaan yang meneruskan radiasi).

Nilai *view factor* berbeda-beda untuk benda dengan geometri dua dimensi. Yang dipakai dalam penelitian ini salah satunya adalah benda yang kaca yang meneruskan radiasi mempunyai posisi sejajar seperti pada Gambar 2. dan kotak kaca yang distandarkan berbentuk kubus. Untuk *view factor* dari dua benda pada posisi sejajar yang memancarkan radiasi i pada benda j dapat dituliskan pada rumus 2.19.

Inclined Parallel Plates of Equal Width and a Common Edge



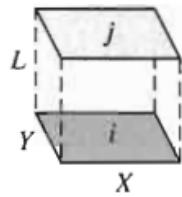
Gambar 2.19 Dua permukaan benda yang mempunyai sudut kemiringan (Incropera dan Dewitt, 1996)

F_{ij} dicari dengan persamaan 2.19, dimana nilai α sudut kemiringan atap yaitu 60°

$$F_{ij} = 1 - \sin \frac{\alpha}{2} \quad (2.19)$$

Dan untuk *view factor* kotak kaca dapat dirumuskan pada persamaan sebagai berikut. Pertama, dicari nilai $\bar{X}$ dan $\bar{Y}$ terlebih dahulu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20 .

$$\bar{X} = \frac{X}{L}, \bar{Y} = \frac{Y}{L} \quad (2.20)$$



Gambar 2.20 View factor pada benda tiga dimensi (Incropera dan Dewitt, 1996)

Kemudian dicari nilai *view factor*-nya mengikuti urutan dari rumus yang ada di bawah ini.

$$a = \frac{(1 + \bar{x}^2)(1 + \bar{y}^2)}{1 + \bar{x}^2 + \bar{y}^2} \quad (2.21)$$

$$b = \bar{X}(1 + \bar{Y}^2)^{1/2} \tan^{-1} \frac{\bar{X}}{(1 + \bar{Y}^2)^{1/2}} \quad (2.22)$$

$$c = \bar{Y}(1 + \bar{X}^2)^{1/2} \tan^{-1} \frac{\bar{Y}}{(1 + \bar{X}^2)^{1/2}} \quad (2.23)$$

$$d = \bar{X} \tan^{-1} \bar{X} - \bar{Y} \tan^{-1} \bar{Y} \quad (2.24)$$

Jika persamaan 2.21 sampai 2.24 telah di ketahui maka dapat di masukan ke persamaa 2.25 di bawah ini.

$$F_{ij} = \frac{2}{\pi \bar{X} \bar{Y}} \{ \ln[a + b + c - d] \} \quad (2.25)$$

Sedangkan radiositas didefinisikan jumlah total emisivitas dan irradiansi yang terserap dari permukaan yang memancarkan radiasi. Radiositas dapat dituliskan menjadi:

$$J_i = \varepsilon_i E_{bi} + (1 + \varepsilon_i) G_i \quad (2.26)$$

Dengan ε_i adalah emisivitas benda dari sumber radiasi dan G_i adalah irradiansi yang mengenai permukaan sumber radiasi (W/m^2). Hubungan *view factor* dengan perpindahan panas secara radiasi dapat dituliskan menjadi (Incropera dan Dewitt, 1996).

$$F_{ij} = \frac{q_{ij}}{A_i J_i} \quad (2.27)$$

Dengan, F_{ij} adalah *view factor* dari permukaan i ke permukaan j , q_{ij} adalah perpindahan panas secara radiasi dari i ke j (W), A_i adalah luas permukaan i (m^2) dan J_i adalah radiositas dari permukaan i

2.4. Laju Penguapan

Evaporasi secara umum dapat didefinisikan dalam dua kondisi, yaitu, evaporasi yang berarti proses penguapan yang terjadi secara alami dan evaporasi yang dimaknai dengan proses

penguapan yang timbul akibat diberikan uap panas (steam) dalam suatu peralatan.

Evaporasi atau penguapan juga dapat didefinisikan sebagai perpindahan kalor ke dalam zat cair mendidih. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair – kadang-kadang zat cair yang sangat viskos – dan bukan zat padat. Perbedaan lainnya adalah, pada evaporasi cairan yang diuapkan dalam kuantitas relatif banyak, sedangkan pada pengeringan sedikit. Adapun q_e dapat dicari dengan persamaan 2.28 di bawah ini (Tiwari, 2010).

$$Q_e = 0.016 \frac{k_v}{x} c(R_e \cdot P_r)^n \cdot (P_{Tp}) - (Y \cdot P_{Te}) \quad (2.28)$$

Dimana k_v adalah konduktif termal sesuai suhu dalam kelvin, x adalah luas dibagi keliling, Re adalah nilai Reynold number, Pr adalah Prandtl number, dan P adalah nilai tekanan. Sedangkan M_{ev} adalah massa awal dikurangi massa akhir produk dan dapat dirumuskan seperti persamaan 2.29 dibawah ini.

$$M_{ev} = \frac{Q_e}{\lambda} \quad (2.29)$$

Dimana λ yang digunakan adalah λ udara dan untuk mendapatkan hasil dari Q_e maka perlu dicari nilai Reynold number, untuk itu dapat menggunakan persamaan 2.30 di bawah ini (Tiwari, 2010).

$$Re = \frac{V_a \cdot D_h}{\nu_a} \quad (2.30)$$

V_a adalah laju aliran udara, ν_a adalah viskositas udara (Tiwari, 2010). Dan untuk mencari D_h dapat menggunakan persamaan berikut.

$$D_h = \frac{4 \cdot W \cdot D}{2(W+D)} \quad (2.31)$$

Dimana, D adalah jarak antara cover dan lantai yang di rata – rata dan W adalah lebar lantai pengering. Adapun untuk mencari nilai Q_e dan M_{ev} , terlebih dahulu mencari nilai Z untuk menghasilkan nilai C . Untuk mencari nilai z menggunakan persamaan sebagai berikut (Tiwari, 2010).

$$Z = 0.016 \frac{k_v}{x \cdot \lambda} [p(T_p) - \gamma \cdot p(T_e)] \cdot t \cdot A \quad (2.32)$$

maka persamaan 2.32. dapat di tuliskan dalam bentuk persamaan berikut :

$$C(Re \cdot Pr)^n = \frac{M_{ev}}{2} \quad (2.33)$$

Kemudian persamaan 2.32 di logaritma seperti pada persamaan 2.34 berikut.

$$\ln\left(\frac{M_{ev}}{2}\right) = \ln C + n \ln (Re \cdot Pr) \quad (2.34)$$

Kemudian dicari analogi persamaan garis lurus dari persamaan 2.34 sehingga mendapatkan persamaan 2.35 di bawah ini (Tiwari, 2010).

$$y = b_1 \cdot x + b_0 \quad (2.35)$$

Dimana y adalah $\ln\left(\frac{M_{ev}}{2}\right)$, b_1 adalah n , x adalah $\ln(Re.Pr)$, b_0 adalah $\ln C$, C adalah e^{b_0} .

2.5. Panas yang Tersimpan

Analisa panas yang tersimpan dilakukan dengan mengukur suhu pada alat pengering setelah proses pengeringan berlangsung yaitu, pada pukul 17.00 sampai dengan 22.00 WITA. Titik pengukuran panas yang tersimpan dilakukan pada 7 (tujuh) titik pengukuran yaitu pada rak satu, rak dua, rak tiga, kaca bagian dalam, kaca bagian luar, pada batu penyimpan panas dan pada lingkungan sekitar.

2.6. Analisa Panas yang Berguna (Q_u) dan Panas yang Hilang (Q_{loss})

Panas yang berguna pada pengering rumah kaca dijabarkan dalam persamaan 2.36 berikut (Rosa, 2007).

$$Q_u = v \cdot CP_c \cdot (T_{out} - T_{in}) \quad (2.36)$$

Dimana, Q_u adalah energi yang berguna (watt), v adalah laju aliran udara didalam pengering (m/s).

Energi yang hilang dari pengering besarnya didapatkan dari nilai energi input dikurangi energi yang berguna. Energi input (Q_{in}) dicari menggunakan persamaan 2.37 berikut.

$$Q_{in} = S \cdot A_c \cdot t \quad (2.37)$$

Dimana, t adalah waktu, A_c adalah luas cover dan S adalah radiasi matahari yang diserap oleh kaca dihitung berdasarkan persamaan berikut

$$S = \tau \cdot \alpha \cdot I_t \quad (2.38)$$

Dimana τ adalah transmissivitas kaca, α adalah absorptivitas kaca dan I_t adalah intensitas matahari (W/m^2).

Energi yang hilang adalah energi berupa panas yang lepas ke lingkungan akibat losses-losses dari dalam pengering. Adapun persamaan yang umum digunakan untuk mencari Q_{loss} adalah sebagai berikut (Rosa, 2007).

$$Q_{loss} = Q_{in} - Q_{useful} \quad (2.39)$$

Analisa Panas Hilang (Q_{loss}) pada pengering ini meliputi rugi panas melalui bagian atas, rugi panas melalui bagian samping, rugi panas melalui bagian bawah dan rugi panas melalui bagian depan pengering ERK. Adapun untuk menentukan

rugi panas pada pengering dengan menggunakan persamaan 2.50 berikut. (Rosa, 2007)

$$U_a = A_a \cdot \left(R_k + \frac{R_c \cdot R_r}{R_c + R_r}\right)^{-1} \cdot \left(\frac{T_a - T_c}{T_a - T_{am}}\right) \quad (2.40)$$

Untuk mencari R_k , R_c , dan R_r dengan menggunakan persamaan 2.51 sampai dengan 2.53 dibawah ini.

$$R_k = \frac{t_c}{k} \quad (2.41)$$

Dimana, R_k adalah tahanan termal terhadap konduksi, t_c adalah tebal kaca dan k adalah koefisien konduktifitas termal dari kaca.

$$R_c = \frac{1}{h} \quad (2.42)$$

Dimana, R_c adalah tahanan termal konveksi dari cover ke lingkungan dan h_f adalah koefisien konveksi dari cover ke lingkungan.

$$R_r = \frac{1}{\sigma \cdot \varepsilon} \quad (2.43)$$

Dimana R_r adalah tahanan termal terhadap radiasi, σ adalah konstanta Boltzmann dan ε adalah emisivitas kaca.

Sehingga total rugi panas pada pengering dirumuskan pada persamaan 2.44 berikut (Rosa, 2007).

$$U_{tot} = U_a + U_s + U_b \quad (2.44)$$

Dimana, U_a adalah rugi panas pada bagian atas pengering, U_s adalah rugi panas pada bagian samping dan U_b adalah rugi panas pada bagian bawah. Persamaan yang digunakan untuk mencari U_s , dan U_b adalah seperti pada persamaan 2.40 akan tetapi luas kaca yang digunakan disesuaikan dengan luas kaca pada area yang dihitung.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah pengering efek rumah kaca, timbangan analitis, alat ukur termometer untuk mengukur suhu pada dinding bagian luar dan dalam, rak satu, rak dua, rak tiga, batu penyimpan panas, suhu pada ruang pengering dan suhu pada permukaan ikan asin, oven untuk mengukur kadar air awal dan akhir ikan asin selama proses pengeringan, alat ukur termometer bola basah dan termometer bola kering untuk mengukur kelembaban di dalam pengering dan data intensitas matahari, suhu lingkungan dan kelembaban relatif lingkungan dari data BMKG Gorontalo. Jenis ikan yang digunakan adalah ikan layang dengan kadar air awal 68,86%.

3.2 Cara Pengujian

Untuk mendapatkan standar mutu ikan asin yang disyaratkan maka dilakukan beberapa pengujian, diantaranya:

- Menimbang ikan yang akan dikeringkan untuk mengetahui massa awal menggunakan timbangan analitis.
- Penentuan kadar air biji, ditentukan dengan *moisture tester electronic* atau *Air Oven Methode* (ISO/r939-1969E atau OACE 930.15).
- Mengukur temperatur lingkungan beserta dengan kelembabannya menggunakan *humidity and temperature hygrometer* atau dengan *psicometrik chart*.
- Mengukur temperatur menggunakan termometer inframerah temrak ataupun dengan termometer biasa yang bisa mengukur suhu sampai 100 °C.
- Mengukur radiasi matahari pada saat pengujian dengan *pyranometer* ataupun menggunakan data intensitas matahari dari BMKG Gorontalo wilayah Bone Bolango dan sekitarnya.
- Menentukan lama pengeringan yang di butuhkan.

3.3 Prosedur Penelitian

Pengambilan data dilakukan menggunakan metode pengukuran langsung karena pengukuran dilakukan di tempat pengujian tersebut dengan menggunakan alat ukur, dalam waktu 2 hari dimulai pukul 09.00 - 17.00 WITA.

A. Persiapan Bahan

Persiapan bahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menyiapkan ikan layang yang akan dibuat ikan asin
- Mengukur massa ikan asin terlebih dahulu sebelum di masukan ke dalam ruang pengering. Penimbangan dilakukan dengan menggunakan timbangan analitis
- Mengukur kadar air awal ikan asin dengan oven untuk pengambilan data awal.
- Menghamparkan ikan asin ke dalam rak pengering dengan teratur.

B. Proses Pengeringan

Proses pengeringan dilakukan setelah ikan asin selesai dipersiapkan. Proses pengeringan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mengukur suhu dan kelembaban di dalam pengering menggunakan termometer bola basah dan termometer bola kering.
- Mengukur suhu pada dinding kaca bagian luar dan dalam, rak pengering satu, dua dan tiga menggunakan termometer biasa yang bisa mengukur suhu sampai dengan 100°C.
- Mengukur suhu permukaan ikan asin menggunakan alat ukur termometer biasa yang bias mengukur suhu sampai dengan 100°C.

- Mengukur massa ikan asin sesudah di keringkan dengan timbangan analitis
- Mengukur kadar air ikan asin sesudah proses pengeringan dengan *dry oven*

3.4 Skema Alat Pengering

Skema alat penengring efek rumah kaca bertenaga matahari adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1. Alat pengering ikan asin efek rumah kaca berbentuk prisma segi empat variasi hybrid

Keterangan :

- Penutup Blower
- Blower
- Rangka alat
- Rangka 1
- Rangka 2
- Rangka 3
- Rangka kaca
- Lubang udara
- Rangka batu sebagai penyimpan panas
- Kaca dinding alat
- Pintu

3.5 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakakukan 14 jam sehari selama 2 hari. Proses pengeringan ikan asin dilakukan mulai pukul 09.00 sampai dengan pukul 17.00 WITA setelah itu dilanjutkan dengan mengukur panas yang tersimpan pada pengering sampai dengan pukul 22.00 WITA. Pengambilan data dilakukan setiap jam agar dapat mengetahui perubahan suhu dalam pengering.

3.6 Pengolahan Data

Pengolahan data yang diambil dari hasil uji lapangan digunakan sebagai analisa laju pengeringan pada masing-masing variasi. Perpindahan panas yang ada di dalam pengering terdiri dari panas masuk dan panas yang keluar ke lingkungan. Panas yang masuk terdiri dari perpindahan panas radiasi dari matahari, perpindahan panas radiasi yang direfleksikan oleh kaca dan perpindahan panas melalui konveksi. Sedangkan panas yang keluar adalah panas yang hilang melalui kaca atau dinding pengering. Pengolahan data di lakukan dengan cara matematis pada bab selanjutnya.

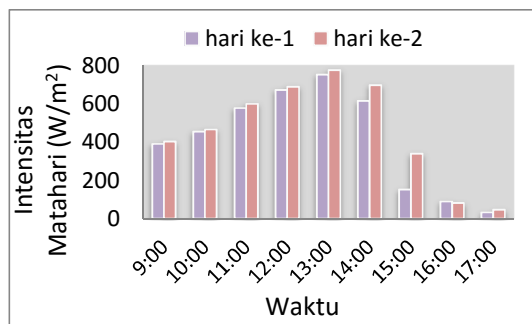
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Lapangan

Berikut ini adalah grafik – grafik hasil pengukuran yang telah dilakukan selama 2 hari. Untuk pengukuran suhu dan kelembaban relatif pada setiap harinya dilakukan dari pukul 09.00 WITA sampai dengan pukul 17.00 WITA.

4.1.1 Intensitas Matahari

Dari data BMKG Gorontalo, pada grafik intensitas matahari didapatkan pola seperti pada Gambar 4.1, pada grafik tersebut terlihat bahwa nilai intensitas matahari selalu berubah – ubah setiap jamnya dan setiap harinya. Pada enam variasi pengukuran tersebut terlihat bahwa nilai intensitas yang besar pada siang hari rata-rata terdapat pada pengukuran setiap jam 13.00 WITA dengan nilai intensitas tertingginya sebesar 797 W/m^2 dan nilai intensitas terendahnya sebesar 9 W/m^2 yaitu pada jam 17.00 WITA

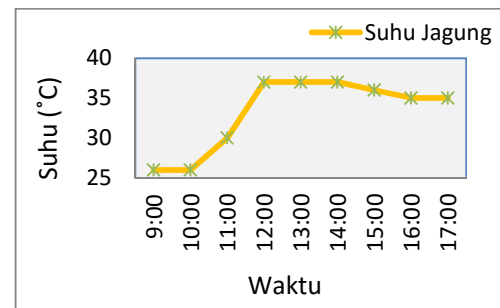


Gambar 4.1 Grafik intensitas matahari selama dua hari

Intensitas matahari yang berubah - ubah pada pengukuran hari pertama sampai hari kedua di jam – jam tertentu tidak begitu mempengaruhi kenaikan nilai kelembaban relatif di dalam pengering akan tetapi mempengaruhi nilai suhu pengeringan. Jadi, semakin tinggi nilai intensitas matahari maka semakin tinggi nilai suhu di dalam pengering dan semakin rendah nilai kelembaban relatifnya di dalam pengering.

4.1.2 Pengeringan Tradisional

Dapat dilihat pada gambar 4.2 dimana Suhu ikan asin tertinggi pengeringan tradisional adalah sebesar 41°C dan nilai terendah kelembababn relative lingkungannya adalah 66 % dan kelembaban tertingginya adalah 85%. Dari penelitian dan literatur dapat disimpulkan bahwa ikan asin yang ditanamkan di dalam pengering rumah kaca dapat memiliki suhu lebih tinggi dibandingkan dengan pengeringan yang dilakukan secara tradisional.



Gambar 4.2 Grafik suhu ikan asin pada pengeringan tradisional

Suhu dari ikan asin memiliki nilai yang berbeda pada setiap jam. Ikan asin akan memiliki nilai yang lebih tinggi apabila berada pada ruangan yang terdapat sirkulasi udara yang baik

Besarnya nilai dari kelembapan di dalam pengering dipengaruhi oleh adanya cerobong pada pengering. Pembuatan cerobong pada pengering tipe rumah kaca membuat udara ruangan dengan suhu yang tinggi serta mengandung uap air terlepas ke lingkungan. Dengan terlepasnya udara yang mengandung uap air maka kelembapan pada pengering dapat berkurang. Dengan demikian proses pengeringan bisa dilakukan menjadi lebih maksimal. Pemberian cerobong pada pengering tipe rumah kaca akan mengurangi uap jenuh pada ruang pengering apabila dibandingkan dengan tipe rumah kaca tanpa cerobong sehingga, pengeringan dapat dilakukan dengan lebih efisien (Koyuncu, 2006). Sedangkan pengaruh dari pemakaian fan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

4.2 Perpindahan Panas

Energi yang ada dalam pengering didefinisikan sebagai panas yang masuk dikurangi dengan panas yang keluar. Panas yang masuk di sini adalah jumlah kalor radiasi yang masuk ke dalam pengering. Sedangkan panas yang keluar didefinisikan sebagai penjumlahan dari perpindahan kalor yang terjadi. Perpindahan kalor di sini terdiri dari konduksi dan konveksi, namun konveksi terjadi di jam – jam tertentu saja.

Perpindahan panas yang terjadi pada pengering tipe rumah kaca adalah radiasi, konduksi dan konveksi. Untuk itu nilai perpindahan panas yang terjadi pada pengeringan ikan asin ini dapat dilihat pada tabel 4.1 s/d tabel 4.3.

Tabel 4.1 Nilai q konduksi selama dua hari pengukuran

Hari ke-	Media	Konduktivitas termal (k) (W/m.k)	q konduksi (W)
1.	Dinding kaca	1.05	9240.21
	Batu	2.927	3.216773
2.	Dinding kaca	1.05	13860.32
	Batu	2.927	3.76822

Pada Tabel 4.1 di atas dapat di simpulkan bahwa nilai q konduksi pada setiap harinya berbeda karena batu sebagai penyimpan panas memiliki nilai konduktivitas lebih tinggi dari kaca karena nilai konduktivitas termal (k) pada batu adalah 2.927 W/m.k.

Tabel 4.2 Nilai q konveksi selama dua hari pengukuran

Hari ke	Tempat	Koefisien konveksi (h) (W/m ² .k)	q konveksi (W)
1.	Rak - Ruang	367	19925
	Batu - Ruang	4983	1482
2.	Rak - Ruang	590	33292
	Batu - Ruang	4623	1804

Untuk perpindahan panas yang terjadi secara konveksi yang di hitung adalah konveksi dari rak pengering menuju udara dalam ruang dan konveksi dari batu ke dalam ruang pengering.

Tabel 4.3 Nilai q radiasi selama dua hari pengukuran

Hari ke	Tempat	q radiasi (W)
1.	Dinding kaca	779.6
2.	Dinding kaca	789.1

Dari tabel 4.1 s/d tabel 4.3 dapat di simpulkan bahwa proses perpindahan panas terbaik pada pengering efek rumah kaca adalah konveksi

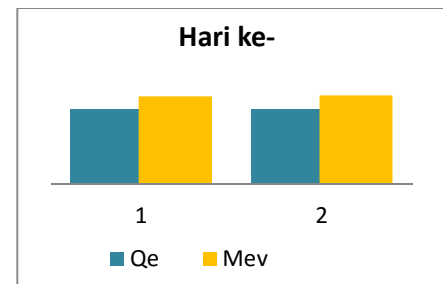
4.3. Laju Penguapan

Laju penguapan pada proses pengeringan ikan asin dapat dilihat pada tabel 4.5 dan pada gambar 4.16.

Tabel 4.4 Laju penguapan

Hari ke	C (ln Co)	Qe	Mev (gram)
1	30888	2351.5	2774.8
2	30945.03	2360.4	2818.3

Dari tabel 4.4, dapat dilihat bahwa Qe terbesar adalah pada hari ke kedua nilai Mev terbesar adalah pada hari pertama yang di dapatkan dari perhitungan matematis mempunyai nilai yang hampir sama dengan data eksperimental yaitu massa awal di kurangi massa akhir ikan asin dalam satuan gram.

**Gambar 4.3** Grafik laju perpindahan panas yang berguna untuk penguapan kadar air (Qe) dan massa terevaporasi (Mev)

Adapun dari grafik laju penguapan pada gambar 4.3 terlihat bahwa nilai Qe pada hari pertama lebih besar dari hari kedua.

4.4. Laju pengeringan

1. Massa

Sebelum proses pengeringan ikan asin di timbang terlebih dahulu, ikan asin yang di uji corakan adalah seberat 8 kg ikan asin basah kemudian di keringkan dalam waktu 9 (sembilan) jam yaitu dari jam 09.00 s/d 17.00 WITA. hasil tersebut dapat dilihat pada table 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Massa ikan asin sebelum dan sesudah pengeringan

No.	Jenis pengeringan	Massa (kg)	
		Sebelum	Sesudah
1	Pengeringan Tradisional	8	4,485
2	Hari ke- 1	8	4,152
3	Hari ke- 2	8	3,848

2. Kadar Air

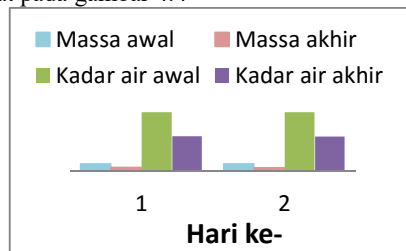
Kadar air ikan asin sesuai standart SNI nomor 01-2721-1992 adalah 40 %. kadar air awal yang ada dalam ikan asin sebelum pengeringan adalah sebesar 68,86%. Setelah dilakukan pengeringan dengan berbagai jenis pengeringan, maka kadar air akhir yang didapatkan setelah dilakukan pengeringan ditunjukkan oleh Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Kadar air ikan asin sebelum dan sesudah pengeringan

No.	Jenis pengeringan	Kadar air (%)	
		Sebelum	Sesudah
1	Pengeringan Tradisional	68,86	53.6
2	Hari ke- 1	68,86	40.3
3	Hari ke- 2	68,86	40.2

Dari tabel 4.5 dan tabel 4.6 massa dan kadar air, terlihat bahwa penurunan massa dan kadar air terbesar adalah pada hari ke-2.

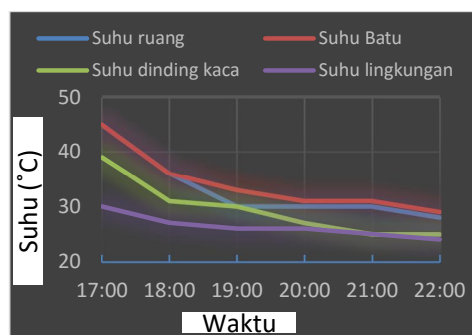
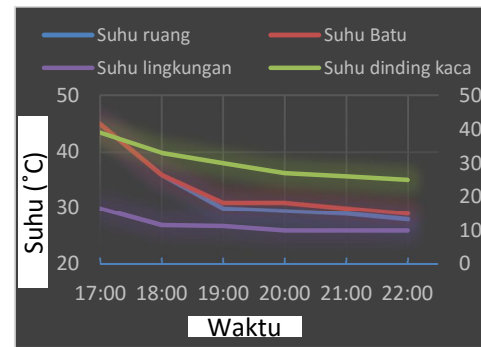
Nilai penurunan massa dan kadar air dapat dilihat pada gambar 4.4

**Gambar 4.4** Grafik nilai penurunan massa dan kadar air pada setiap variasi pengeringan

Setelah mengetahui Q_e dan moisture evaporated (M_{ev}) pada setiap variasi kemudian dibandingkan dengan data laju pengeringan yang di ambil saat penelitian dalam hal ini penurunan massa terhadap waktu.

4.5. Panas yang Tersimpan

Panas yang tersimpan diukur setelah proses pengeringan yaitu dari pukul 17.00 sampai dengan 22.00 WITA. Dari hasil pengukuran yang dilakukan di peroleh data pengeringan penyimpan panas terbaik adalah pada hari ke-2. Seperti yang terlihat pada grafik 4.5 dan grafik 4.6 berikut.

**Gambar 4.5** Grafik suhu panas yang tersimpan pada hari ke-1**Gambar 4.6** Grafik suhu panas yang tersimpan pada hari ke-2

Dari grafik 4.5 dan grafik 4.6 terlihat bahwa pada hari ke-1 suhu panas tertinggi yang tersimpan dari pukul 18.00 s.d 22.00 WITA adalah suhu pada batu, demikian juga pada pengukuran di hari ke-2 suhu panas tertinggi juga adalah pada suhu batu sebagai penyimpan panas.

5. KESIMPULAN

Perpindahan panas terbesar pada pengering tipe rumah kaca adalah perpindahan panas konveksi pada hari ke-2 yakni $33292 \text{ W/m}^2.\text{k}$ untuk konveksi dari rak pengering ke ruang pengering dan $1804 \text{ W/m}^2.\text{k}$ untuk konveksi dari batu ke ruang pengering, untuk laju perpindahan panas yang berguna pada penguapan kadar air (Q_e) terbaik sesuai analisis adalah pada hari ke-2 dimana Q_e $2360,4 \text{ J/m}^2.\text{s}$ dan massa terevaporasi (M_{ev}) tertinggi pada hari ke-1 yakni $2,8183 \text{ kg}$. Massa awal ikan asin sebelum dilakukan proses pengeringan adalah 8 kg , penurunan massa terbesar adalah pada hari ke- 2 yakni 3.848 kg dan untuk penurunan kadar air akhir ikan asin yang paling besar adalah pada hari ke- 2 yaitu dari $68,86 \%$ menjadi $40,2 \%$ yang artinya nilai tersebut hampir mendekati 40% sesuai standart SNI nomor 01-2721-1992, dimana waktu pengeringan di lakukan selama 9 jam yaitu dari jam 09.00 sampai dengan 17.00 WITA sedangkan massa terevaporasi (M_{ev}) pengeringan yang diperoleh dari hasil analisis lebih rendah dari pada pengukuran massa yang diperoleh pada saat uji coba.

6. REFERENSI

- Adawiyah, 2007, *Keuntungan Pengeringan Sinar Matahari*
- Badan Meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG), 2010, *Data radiasi matahari, suhu lingkungan wilayah bone bolango dan kelembaban lingkungan wilayah bone bolango*, September 2015.
- Badan Meteorologi klimatologi dan geofisika (BMKG). 2010, *Iklim di wilayah Gorontalo*, Artikel diakses tanggal 12 Januari 2014 pukul 11.00 WITA.
- Condori M. R., Echazu L., Saravia, 2001. *Solar drying of sweet pepper and garlic using the*

- tunnel greenhouse drier. *Renewable Energy* Vol. 22 447–460.
- Djamalu Yunita, 2014, *Efek konveksi natural pada pengering jagung tipe rumah kaca variasi lubang ventilasi dan rak alumunium sin pasca panen sebagai komponen pendukung*, Jtech Vol 2 No. 1
- Ekechukwe, O.V, 1997, *Review of solar-energy drying systems I: an overview of drying principles and theory*. *Energy Conversion and Management* Vol. 40 page 593–613.
- Fudholi, A., Sopian, K., Ruslan, M. H., Alghoul, M. A., Sulaiman, M. Y, 2009, *Review of solar dryers for agricultural and marine products*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 14 page 1–30.
- Handoyo et. al, 2011, *Proses pengawetan ikan teri*
- Hartuti, Nurdan Sinaga, R. M., 1997, *Pengeringan cabai*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran Pusat Penelitian Dan Pengembangan Hortikultura Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Bandung.
- Incropera, Frank P. dan Dewitt, David P., 1996, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. United States: John Willey & Sons..
- Mumba J., 1996, *Design and development of solar grain dryer incorporating photovoltaic powered air circulation*. *Energy Conversion & Management* Vol. 6 page 855–862.
- Murniyati, 2008, *Waktu dalam proses pengeringan Tapotubun dan fien*
- Murthy, M.V. Ramana, 2008, *A review of new technologies, models and experimental investigations of solar driers*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Vol. 13 page 835–844.
- Putra, C. S., 2008, *Perancangan dan pengujian distilasi air laut tipe atap menggunakan energy surya*. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rosa Yazmaendra, 2007, *Pengering gambir dengan memanfaatkan energy surya*, *Jurnal Teknik Mesin* Vol 3 No.
- S. Sadodin, 2009, *Numerical Investigation Of A Solar Greenhouse Tunnel Drier For Drying Of Copra*
- Titahelu Nicolas, 2010, *Eksperimen Pengaruh Beban Panas Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas Oven Pengering Cengkih*. *Jurnal Teknologi*, Volume 7 Nomor 1, 2010; 744 -750.
- Tiwari Anwar, 1997, *Evaluation Of Convective Heat Transfer Coefficient In Crop Drying Under Open Sun Drying Conditions*.
- Triwahyudi Sigit, *Functional Performance of Hybrid-Green House Effect (GHE) Solar Dryer with Rotating Rack for Clove Drying*.