Jurnal Ilmiah jurutera

homepage: www.teknik.unsam.ac.id

ISSN 2356-5438D29

KAJI EKSPERIMENTAL PENGERING IKAN TIPE LORONG HIBRID DENGAN MENGGUNAKAN ENERGI SURYA – BIOMASSA DARI SEKAM PADI

Syamsul Bahri Widodo [1], Nasruddin[2], Muhammad Alfi[3]

[1,2,3)] Jurusan Teknik Mesin, Universitas Samudra, Meurandeh - Langsa 24416, Aceh

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat Artikel:
Dikirim 10 Mei 2015
Direvisi dari 20 Mei 2015
Diterima 30 Mei 2015

Kata Kunci:
Analisis,
hubungan keterkaitan,
karakteristik teknologi

A B S T R A K

Pengeringan merupakan suatu proses yang digunakan untuk mengurangi kadar air suatu bahan dengan cara penguapan. Salah satu produk yang memerlukan proses pengeringan adalah ikan. Tujuan pengeringan ini untuk menghindari dari proses pembusukan pada ikan. Dalam hal ini jenis pengering yang akan diteliti adalah alat pengering tipe lorong dengan sumber panas yang berasal dari energi surya, energi biomassa, penggunaan alat pengering ini agar produk yang dihasilkan lebih cepat kering dan lebih higienis. Alat pengering yang sudah dirancang mempunyai ukuran panjang 240 cm x lebar 80 cm yang didalamnya ada 2 buah rak yang masing-masing dengan ukuran 120 cm x 80 cm. Prinsip kerja dari alat pengering ini ialah proses pengeringan dapat dilakukan pada siang hari dengan memasukkan bahan pengering ke dalam tiap rak dan dapat dilanjutkan untuk proses pengeringan pada malam hari dengan menggunakan biomassa. Produk mengalami proses pengeringan dikarenakan temperatur ruang pengering yang meningkat akibat penyerapan kalor dari radiasi surya dan kalor yang dihasilkan dari tungku biomassa sebagai alat bantu tambahan untuk menghasilkan panas dalam menaikkan temperatur ruang pengering di malam hari. Didalam ruang pengering, udara panas hasil radiasi bertemperatur 40℃-50℃dan udara panas hasil konveksi dan konduksi dari biomassa bertemperatur sama 40℃-50℃. Sifat-sifat termofisik ikan meliputi kapasitas panas jenis ikan (Cpikan) sebesar 3,18 kJ/Kg°C, dan massa akhir ikan sebesar 390 gr dengan kadar air ikan basis basah sebesar 58,94 % bb. Dari hasil pengujian alat diketahui energi kalor yang diterima pengering dari biomassa sebesar 837,07 Wh, energi kalor radiasi matahari sebesar 769,49 Wh, dan energi kalor gabungan sebesar 803,28 Wh. Efisiensi sistem pengering yang dihasilkan untuk energi matahari sebesar 5,6 %, energi biomassa sebesar 5 %, dan energi gabungan sebesar 5,32 %.

© 2015 Jurnal Ilmiah JURUTERA. Di kelola oleh Fakultas Teknik. Hak Cipta Dilindungi.

1. Pendahuluan

Salah satu tahapan dalam penanganan paska panen adalah pengeringan. Pengeringan adalah proses pengeluaran air dari suatu hasil perikanan sampai kadar air setimbang dengan keadaan udara sekelilingnya atau sampai tingkat kadar air yang akan mengakibatkan kualitas hasil perikanan dapat dipertahankan dari serangan jamur dan aktivitas serangga (Henderson, 1955).

Proses pengolahan maupun pengawetan merupakan usaha untuk meningkatkan mutu simpan dan daya awet produk perikanan paska panen. Tujuan dari pengolahan dan pengawetan ikan pada prinsipnya merupakan usaha untuk mengatasi kelebihan hasil produksi dan sekaligus mempertahankan kualitas ikan sebelum dipasarkan ataupun dikonsumsi, meningkatkan nilai jual ikan, sebagai bahan diversifikasi makanan dan untuk memperpanjang masa simpan ikan (Afrianto, 1989). Salah satu upaya pengawetan ikan yang banyak dilakukan adalah dengan cara pengeringan. Jadi,

* *Penulis Utama.*

© 2015 ISSN 2356-5438D29. Fakultas Teknik Universitas Samudra. Hak Cipta Dilindungi.

pengeringan mutlak diperlukan dalam suatu rangkaian proses produksi pengawetan ikan dan dari pengeringan ini akan ditentukan kualitas bahan yang dikeringkan untuk diperdagangkan. Pada prinsipnya pengeringan ikan merupakan suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air dalam bahan tersebut dengan menggunakan energi panas (Harikedua, 1991).

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi oleh lautan yang sangat berpotensi memiliki sumber hasil laut yang melimpah. Disamping itu khususnya di daerah Aceh, kota Langsa, masyarakat yang hidup di daerah pesisir masih berprofesi sebagai nelayan untuk mencari ikan, dimana hasil tangkapan ikan yang didapatkan cukup banyak. Pada umumnya masyarakat melakukan pengeringan ikan secara tradisional yaitu dengan memanfaatkan energi surya secara langsung, pengeringan seperti ini biasanya dilakukan dengan meletakkan ikan di atas jala, tikar atau hamparan lantai semen yang ditempatkan langsung dibawah sinar matahari, cara pengeringan ini merupakan metode yang sangat mudah dengan menggunakan peralatan yang sederhana, namun metode ini tidak higienis dan memungkinkan ikan yang dikeringkan akan di makan oleh hewan seperti burung, kucing atau hewan lainnya. Selain itu ikan akan mudah terkena debu sehingga hasil yang diinginkan tidak akan sesuai dengan yang diharapkan dan penggunaan energi matahari pun dalam pemakaiannya memiliki keterbatasan karena pengaruh faktor waktu, cuaca dan posisi lintang.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka timbullah gagasan bagaimana cara mendapatkan energi surya tersebut, yaitu dengan cara membuat alat pengering ikan tipe lorong hibrid energi surya – biomassa yaitu alat pengering ikan yang memanfaatkan energi surya dan menggunakan kompor atau tungku sebagai sumber energi tambahan, pengering ikan yang digunakan berupa pengering surya tipe lorong, dari hasil penelitian Bala (Bala B.K, 1999) menyatakan bahwa pengeringan ikan energi surya tipe lorong seri yang dilakukan selama 5 hari menghasilkan ikan kering dengan kadar air 16,7 % sedangkan pada waktu yang sama dalam proses penjemuran di bawah sinar matahari secara tradisional menghasilkan ikan kering dengan kadar air 32,84 %. Tungku biomassa dioperasikan apabila sumber panas dari energi matahari tidak cukup panas untuk dapat mengeringkan ikan, pemanasan tungku dilakukan sampai tercapainya suhu udara yang ada di dalam pipa tungku meningkat mencapai suhu dan RH yang sesuai untuk proses pengeringan, dan biomassa merupakan salah satu sumber energi alternatif yang sangat potensial. Biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, peternakan atau bahkan sampah, misal sekam padi, sekam kayu, plastik, dan daun kering. Biomassa (bahan organik) dapat digunakan untuk menyediakan panas. Bioenergi berada pada level kedua setelah tenaga air dalam produksi energi primer terbarukan di Amerika Serikat. Alat pengering hibrid tipe lorong ini bisa digunakan untuk jangka waktu yang lama, karena menggunakan bahan alumunium sebagai bahan dasar, sehingga mudah dibersihkan dan mudah dalam penyimpanan.

Berdasarkan informasi diatas disimpulkan bahwa untuk membuat alat pengering ikan bisa dikombinasikan dengan memanfaatkan energi surya dan biomassa sebagai sumber energi tambahan sehingga alat ini bisa dimanfaatkan secara langsung oleh para masyarakat.

Maka dengan demikian penulis ingin mengadakan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul “Kaji Eksperimental Pengering Ikan Tipe Lorong Hibrid Dengan Menggunakan Energi Surya - Biomassa Dari Sekam Padi”.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Penjelasan Umum Ikan

Umumnya komoditas hasil laut mempunyai kandungan protein yang tinggi yaitu 18% dengan struktur daging lunak, sedikit jaringan pengikat, mengandung asam lemak tak jenuh (M.L Windsor, 1982). Oleh karena itu, ikan merupakan salah satu sumber makanan yang dibutuhkan oleh manusia (Hieronymus Budi Santoso, 1989). Komoditas hasil laut merupakan salah satu bahan pangan sumber protein selain daging dan unggas (Potter, N.N, 1995).

Ikan merupakan komoditi yang sangat mudah rusak. Ikan akan mulai mengalami proses pembusukan sejak pertama kali ditangkap. Ikan segar adalah ikan yang masih mempunyai sifat sama seperti ikan hidup, baik rupa, bau, rasa maupun teksturnya. Jadi, ikan segar merupakan ikan yang baru saja ditangkap dan belum mengalami proses pengawetan maupun pengolahan lebih lanjut, serta ikan yang masih mempunyai sifat sama seperti ketika ditangkap atau belum mengalami perubahan fisik maupun kimiawi (Botta, J. R. & F. Shahidi, 1994). Ikan memiliki kadar pH yang mendekati netral. Kondisi ini sangat mendukung pertumbuhan mikroorganisme pembusuk maupun mikroorganisme yang lain (Sudarisman T dan Elvina AR, 1996).

Hieronymus menyatakan, ada beberapa kelemahan yang membuat ikan cepat membusuk adalah sebagai berikut :

Tubuh ikan mengandung air dengan kadar yang tinggi (80%) dan pH tubuh mendekati netral. Kondisi demikian merupakan media yang baik untuk bertumbuhnya bakteri pembusuk ataupun mikroorganisme lain.

Daging ikan mengandung asam lemak tak jenuh berkadar tinggi, yang sifatnya sangat mudah mengalami proses oksidasi. Kondisi demikian ini sering menimbulkan bau tengik pada tubuh ikan.

Daging ikan mengandung jaringan pengikat yang sangat sedikit. Kondisi demikian ini menyebabkan daging ikan menjadi sangat lunak sehingga mikroorganisme cepat berkembang biak.

2.2. Alat Pengering Surya

Alat pengering surya dapat mempersingkat atau mempercepat lama pengeringan, kebersihan dan mutu produk yang dikeringkan

© 2015 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

lebih terjamin. Secara ekonomis, alat pengering surya ini sederhana dalam pembuatan dan biaya yang dibutuhkan relatif murah, mudah dalam penggunaan dan untuk dipindah-pindahkan, serta waktu pakai yang cukup lama, selain itu konsep pengering energi surya tetap digunakan mengingat potensi energi surya di Indonesia yang relatif baik. Radiasi surya harian rata-rata Indonesia adalah 4,825 kWh/m^2 (Anonim, 1998).

Lunardi melakukan uji performansi alat pengering surya hibrid pada pengeringan ikan mujair. Penerimaan rata-rata radiasi surya harian pada pengujian 1 dan pengujian 2 masing-masing sebesar 281.21 W/m^2 dan 465.33 W/m^2 dengan lama pengeringan masing-masing selama 27.85 jam dan 18.17 jam. Suhu udara pengering rata-rata pada pengujian 1 dan pengujian 2 masing-masing adalah 34 ^{o}C dan 35.22 ^{o}C. Energi yang digunakan alat pengering berasal dari energi surya, energi listrik dan energi bahan bakar biomassa. Energi yang digunakan untuk menguapkan kadar air ikan pada pengujian 1 sebesar 154.43 MJ/kg uap air sedangkan pada pengujian 2 sebesar 56.95 MJ/kg uap air.

Kelebihan alat pengering surya bila dibandingkan dengan pengering sederhana adalah sebagai berikut:

Tidak tergantung pada cuaca, walaupun dengan sinar matahari yang kurang terik, alat ini tetap dapat menjalankan fungsinya dengan baik karena suhu yang ada didalam lebih tinggi dari suhu luar.

Dapat dibuat dari bahan sederhana dan juga relatif murah. Rangka alat dapat terbuat dari bambu atau kayu, sedangkan dinding dapat dibuat dari lembaran plastik bening dan plastik buram. Plastik bening berfungsi sebagai penutup sedangkan plastik hitam untuk menyerap sinar matahari.

Produk yang dikeringkan terlindung dari curah hujan dan serangga.

Perbandingan antara alat pengering surya dengan pengering sederhana yang lebih jelasnya dapat dilihat dalam tabel berikut :

Tabel 1. Perbandingan alat pengering surya dengan pengeringan sederhana

No	Alat Pengering Surya	Pengeringan sederhana
1	Suhu ruangan yang panas sehingga bahan lebih cepat kering	Sangat tergantung kepada intensitas cahaya matahari
2	Ruangan yang tertutup sehingga produk yang dihasilkan relatif lebih bersih	Dilakukan ditempat terbuka sehingga produk yang dihasilkan terkesan kotor (berdebu)
3	Apabila terjadi hujan, produk yang dikeringkan tidak perlu diangkat atau dipindahkan	Apabila terjadi hujan produk yang dikeringkan harus segera dipindahkan atau diangkat
4	Ruangan yang tertutup sehingga produk terjamin mutunya karena terhindar dari jangkauan serangga	Bahan mudah tercemar karena serangga sehingga mutu kurang terjamin

Sumber: BPTP Kalimantan Timur, 2001

2.3. Jenis Pengering Surya

Berdasarkan cara pemanfaatan energi surya, maka dikenal 2 macam alat pengering energi surya:

1. Tipe radiasi langsung bekerja dengan cara meneruskan radiasi langsung menuju bahan
2. Tipe tidak langsung yaitu panas didapat dari dinding penyekat. Untuk mempertahankan panas digunakan sekat transparan (kaca yang di buat lubang).

Berdasarkan prinsip kerja alat pengering energi surya terdiri atas dua jenis yaitu:

1. Sistem pasif yaitu pengeringan sistem pasif memanfaatkan radiasi surya dan kecepatan angin tanpa sumber energi selain energi surya.
2. Sistem hibrid yaitu memanfatkan energi surya dengan tambahan sumber energi lain (listrik, bahan bakar, dan lain-lain).

2.4. Sistem Pemanasan Pada Alat Pengering Surya-Biomassa

1. Ruang pemanas udara (kolektor)

   Kolektor surya merupakan alat yang digunakan untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan energi surya dengan cara pemanfaatan langsung menggunakan suatu alat pengumpul dan penyerap panas.

   Kolektor surya sebagai pengumpul panas meneruskan energi yang diserap (absorber) ke fluida, absorber tersebut akan merubah pancaran menjadi energi panas, kemudian memindahkan energi panas ke fluida untuk memanaskan fluida yang mengalir.

   Sebagai penyerap dan pemindah energi surya, kolektor surya dibagi dua, yaitu : kolektor datar *(flat plat collector)* dan kolektor konsentrator *(concentrating collector)*. Pada kolektor datar, radiasi yang diterima kolektor adalah radiasi baur dan radiasi langsung. Radiasi baur adalah radiasi pantulan dari pancaran energi surya, baik itu pantulan langsung maupun pantulan tidak langsung dari beberapa benda. Kamaruddin Abdullah menyatakan bahwa komponen utama dari pengumpul panas adalah: keping penyerap *(absorber)*, penyekat panas *(isolator)*, dan lapisan penutup transparan. Duffie dan Beckman menyatakan bahwa bagian-bagian yang penting dari sistem kolektor adalah sebagai berikut:

   a. Plat penyerap panas, yang berfungsi untuk memindahkan energi radiasi panas ke fluida yang mengalir.
   b. Penyekat belakang, berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas akibat konduksi.
   c. Tutup transparan, berfungsi untuk mengurangi kehilangan panas karena konveksi dan radiasi ke atmosfer.

   Kolektor konsentrator digunakan untuk meningkatkan kemampuan pengumpul panas. Kolektor ini dibedakan menjadi dua, yaitu: kolektor konsentrator satu titik fokus dan kolektor konsentrator satu garis fokus.

© 2015 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

2. Penukar kalor

   Sistem pemanas ruangan dibedakan menjadi sistem pemanas langsung atau *direct system* dan sistem pemanasan tidak langsung atau *indirect system*. Pada sistem pemanasan langsung, energi panas diperoleh dari suatu alat atau mesin yang terletak dalam ruangan yang mampu memberikan panas pada ruangan tersebut. Sedang untuk pemanas tidak langsung, jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk memanaskan ruang pengering diperoleh dari sistem pemanasan di luar ruangan untuk kemudian dipindahkan kedalam ruangan dalam bentuk yang sama atau pun dalam bentuk lain melalui mekanisme *heat exchanger*.

   Penukar panas atau *heat exchanger* merupakan alat yang digunakan untuk memindahkan sejumlah panas dari suatu bahan atau zat ke bahan atau zat lain. Bentuk yang paling sederhana dari penukar panas adalah *Regenerator* berupa kontainer dimana bahan yang bersuhu tinggi didalamnya akan kontak secara langsung dengan bahan yang bersuhu rendah. Pada sistem ini, masing-masing bahan atau fluida akan mencapai suhu akhir yang sama. Jumlah dari panas yang dapat dipindahkan dapat dihitung dengan konsep keseimbangan energi. Energi yang dilepaskan oleh fluida yang lebih panas akan sama dengan jumlah energi yang diterima oleh fluida yang lebih dingin.

3. Tungku Pemanas

   Pada prinsipnya pembakaran adalah reaksi suatu zat dengan oksigen dan menghasilkan energi. Bahan bakar umumnya adalah merupakan suatu senyawa hidrokarbon. Semakin besar energi yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar tersebut, maka semakin baik fungsinya sebagai bahan bakar.

   Agar pemanfaatan energi panas yang dihasilkan optimum, bahan bakar dibakar dalam suatu alat yang disebut tungku pembakaran. Rancangan tungku sangat menentukan sempurna tidaknya proses pembakaran berlangsung dan besarnya energi panas yang dapat dimanfaatkan atau dihasilkan oleh sistem tungku tersebut. Disamping itu rancangan tungku juga akan dapat menentukan laju pembakaran atau jumlah bahan bakar yang terbakar persatuan waktu.

   Sempurna atau tidaknya pembakaran dipengaruhi oleh rancangan ruang pembakaran yang menentukan mudah tidaknya oksigen kontak dengan partikel karbon pada bahan bakar. Sedangkan jumlah udara yang dapat masuk ke dalam tungku ditentukan oleh rancangan tungku. Selain itu kelancaran proses pembakaran juga ditentukan oleh kelancaran pembuangan gas hasil pembakaran.

2.5. Proses Pengeringan

Proses pengeringan adalah proses pemindahan panas dan uap air secara simultan, yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air yang dipindahkan dari permukaan produk yang dikeringkan oleh media pengering yang berupa panas udara yang dihasilkan oleh kolektor.

Proses pengeringan ikan terjadi karena adanya perbedaan tekanan parsial uap air antara udara pengering dengan permukaan ikan dan antara permukaan ikan dengan bagian dalamnya. Terjadi dua proses dasar pada pengeringan ikan dengan menggunakan udara pengering.

Pemindahan panas dari udara ke cairan yang ada di kulit ikan.

Pemindahan massa air baik yang berwujud cair/uap atau kedua-duanya di dalam daging ikan maupun yang berwujud uap di permukaan ikan.

2.6. Pengaruh Suhu Pengeringan Pada Proses Pengeringan

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Makin tinggi suhu dan kecepatan aliran udara pengering maka makin cepat pula proses pengeringan berlangsung. Makin tinggi suhu udara pengering makin besar energi panas yang dibawa udara sehingga makin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan. Jika kecepatan aliran udara pengering makin tinggi maka makin cepat pula massa uap air yang dipindahkan dari bahan ke atmosfir (Wiraatmaja, S. 1988).

Semakin tinggi suhu yang digunakan untuk pengeringan, makin tinggi energi yang disuplai dan makin cepat laju pengeringan. Akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat dapat merusak bahan, yakni permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air bahan ke permukaan. Hal ini menyebabkan pengerasan permukaan bahan (*case hardenig*). Temperatur atau suhu adalah ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Berikut adalah rumus persamaan kalor jenis :

$$Q = m \times Cp \times \Delta T \qquad .(2.1)$$

Dimana:

Q = Kalor yang diterima suatu zat (J)

m = Massa zat (kg)

Cp = Kalor jenis (J/kg °C)

ΔT = Perubahan suhu (°C) (T2 – T1)

T1 = Temperatur produk yang tertinggi

T2 = Temperatur produk awal pengukuran

Komponen yang paling banyak di dalam udara adalah oksigen, nitrogen, dan uap air. Oksigen dan nitrogen tidak mempengaruhi kelembaban udara, sedangkan kandungan uap air sangat berpengaruh terhadap kelembaban udara. Udara yang kurang mengandung uap air dikatakan udara kering, sedangkan udara yang mengandung banyak uap air dikatakan udara lembab. Untuk menguapkan air tersebut dalam proses pengeringan, dibutuhkan energi yang besar. Apabila kandungan air tesebut dihilangkan maka pertumbuhan mikroorganisme dapat dihentikan dan akan terjadi reaksi pencoklatan (*browning*). Batas kadar air yang

© 2015 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

diperlukan kira-kira 30% atau setidak-tidaknya 40%, agar perkembangan bakteri dapat terhenti/terhambat. Kadar air bahan menunjukkan banyaknya kandungan air per satuan bobot bahan. Ada dua metode untuk menentukan kadar air bahan, yaitu berdasarkan bobot kering (*dry basis*) dan berdasarkan bobot basah (*wet basis*). Berikut persamaan untuk menentukan kadar air (Adawyah, R. 2008):

$$Kadar\ Air\ bb = \frac{Wa}{Wb}\ x\ 100\ \%.. \qquad .(2.2)$$

Keterangan :

Kadar Air bb = kadar air bahan berdasarkan bobot basah (%)

W a = bobot air bahan (gr) → (massa awal ikan – massa akhir ikan)

W b = bobot bahan basah (gr) → (massa awal ikan)

Banyak air yang menguap selama proses pengeringan (m_{air}) diperoleh dari selisih massa ikan awal (m_{awal}) dengan massa ikan setelah dikeringkan (m_{akhir}) atau dapat ditulis dalam bentuk persamaan:

$$m_{air} = m_{awal} - m_{akhir} \qquad .(2.3)$$

Panas udara yang diterima udara pengering ($Q_{radiasi}$):

$$Q_{radiasi} = I_{total}\ x\ A_{kolektor} \qquad (2.4)$$

Dimana:

Qradiasi = Energi surya yang diterima kolektor

Itotal = Intensitas radiasi hasil pengukuran

Akolektor = Luas permukaan kolektor

Intensitas radiasi energi surya dengan persamaan :

$$\sum_{t_0}^{t_1} Q_{radiasi} = I.\Delta t\ .A \qquad (2.5)$$

Dimana:

$\sum_{t_0}^{t_1} Q_{radiasi}$ = Selang waktu pelaksanaan pengeringan (Wh)

I = Intensitas radiasi hasil pengukuran (Wh/m²)

Δt = Intensitas radiasi hasil pengukuran (Wh/m²)

A = Luas permukaan kolektor (cm)

Δt adalah selang waktu selama pengeringan matahari

Total kebutuhan energi untuk pengering (Qs)

Panas jenis yang digunakan untuk menaikkan suhu produk

$$Cp\ ikan = 3{,}18\ kJ/Kg°C \qquad (2.6)$$

Panas untuk menaikkan temperatur dengan persamaan:

$$Q_{air} = m.\ Cp_{air}.\ \Delta T\ \ldots \qquad (2.7)$$

Dimana:

Qair = Energi kalor untuk menaikkan temperatur (kJ)

m = Massa ikan (Kg)

Cpair = Panas jenis air (kJ/Kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Panas yang digunakan untuk menguapkan air produk

$$Q_{uap\ air} = m\ .\ C_{uap\ air\ \ldots} \qquad .(2.8)$$

Dimana:

Quap air = Energi kalor untuk menguapkan air (kJ)

m = Massa ikan (kg)

Cuap air = Panas uap air (kJ/Kg)

Untuk Panas yang digunakan menaikkan suhu produk (ikan) adalah dengan menggunakan persamaan:

$$Q_{ikan} = m\ .\ Cp_{ikan}\ .\Delta T \qquad .(2.9)$$

Dimana:

Qikan = Energi kalor untuk menaikkan suhu produk (kJ)

m = Massa Ikan (Kg)

Cpikan = Panas jenis produk (kJ/Kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Sehingga total energi yang digunakan oleh produk adalah:

$$Q_{total} = Q_{air} + Q_{ikan} + Q_{uap\ air} \qquad (2.10)$$

Dimana:

Q_{total} = Energi total yang digunakan oleh produk

2.7. Tungku Biomassa

Tungku biomassa adalah kompor yang menggunakan sampah sebagai bahan bakarnya, misal sekam padi, sekam kayu, plastik, dan daun kering, sedangkan kompor konvensional berbahar bakar minyak atau gas. Ketika bahan bakar tersebut dibakar dalam kompor biomassa, bahan-bahan itu hampir tidak menimbulkan asap sehingga ramah lingkungan.

Dari satu kilogram bahan bakar, bisa dinyalakan api selama satu jam. Untuk memperbesar nyala api, bisa digunakan kipas blower listrik. Komponen-komponen dari kompor biomassa itu antara lain, terdiri dari komponen tabung luar (penghasil udara panas) dan tabung dalam (pengatur udara dan penghasil asap), penampung abu, ruang bahan bakar, serta blower (bisa memakai blower atau tidak) untuk memperbesar nyala api (Nurhuda, M. 2008).

Besarnya energi yang dihasilkan oleh pembakaran suatu bahan bakar bergantung pada :

© 2015 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra

1. Jumlah karbon yang dikandung dan bentuk senyawanya
2. Sempurna atau tidaknya pembakaran
3. Terjadinya pembakaran habis

Kalor biomassa ($Q_{biomassa}$) yang di berikan untuk alat pengering dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{biomassa} = m \,.\, Cp_{udara} \,.\, \Delta T \qquad (2.11)$$

Dimana :

Qbiomassa = Energi kalor yang diterima oleh pengering dari biomassa (kJ)

m = Massa udara (kg)

Cpudara = Panas jenis udara (kJ/kg°C)

ΔT = Perubahan suhu (°C)

Sehingga efisiensi tungku biomassa yang diterima ruang pengering dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$\eta_{pengering\ biomassa} = \frac{Q_{total\ produk}}{Q_{biomassa}}\ 100\%.. \qquad .(2.12)$$

2.8. Sistem Perpindahan Panas Dari Biomassa Ke Pengering

Pemanas tambahan dalam sistem pengeringan merupakan bentuk dari suatu usaha untuk mempertahankan suhu ruangan pada tingkat tertentu yang diinginkan, disesuaikan dengan keadaan bahan serta keadaan cuaca disekitar sistem pengeringan. Bentuk dari pemanas tambahan diwujudkan melalui suatu alat atau mesin yang dapat digunakan untuk menambah atau memindahkan sejumlah panas tertentu pada ruang pengeringan.

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan energi panas yang terjadi di dalam media padat atau fluida yang diam sebagai akibat dari perbedaan temperatur. Hal ini merupakan perpindahan energi dari partikel yang lebih energetik ke partikel yang kurang energetik pada benda akibat interaksi antar partikel-partikel. Persamaan untuk menghitung laju konduksi dikenal dengan hukum Fourier sebagai berikut:

$$(Watt)\ q_{kond} = -kA(dT/dx) \qquad (2.13)$$

Dimana:

k = konduktivitas termal bahan (W/m.K),

dT = beda temperatur antara permukaan (K),

dx = jarak perpindahan panas (m),

A = luasan permukaan tegak lurus (m2), dan

tanda minus (-) menyatakan bahwa perpindahan panas terjadi dari temperatur tinggi menuju temperatur rendah.

Perpindahan panas konveksi adalah suatu perpindahan panas yang terjadi antara suatu permukaan benda padat dan fluida yang mengalir akibat adanya perbedaan temperatur. Persamaan untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi dikenal dengan hukum pendinginan Newton (*Newton's law of cooling*) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$(Watt)\ q_{konv} = -hA(T_s - T_\infty) \qquad (2.14)$$

Dimana:

h = koefisien konveksi (W/m2K),

A = luasan permukaan perpindahan panas (m2),

Ts = temperatur permukaan benda padat (K),

T∞ = temperatur fluida yang mengalir (K).

2.9. 2.9 Efisiensi Pengeringan

Efisiensi pengeringan mempunyai arti penting untuk nilai kualitas kerja dari pengeringan tenaga surya yang dirancang. Kualitas kerja dari pengering tenaga surya meliputi aspek konversi energi dan perpindahan massa. Aspek konversi energi ditujukan oleh efisiensi kolektor, sedangkan aspek perpindahan massa dinyatakan dengan laju pelepasan massa air dari produk udara yang memanasinya. Efisiensi pengeringan dinyatakan sebagai perbandingan kalor yang digunakan untuk penguapan kandungan air dari produk terhadap energi radiasi surya yang tiba di pengering. Untuk mencari efisiensi pengering surya menggunakan persamaan rumus berikut :

$$\square\ pengering\ surya = Q_{total} / Q_{radiasi}\ x\ 100\%. \qquad .(2.15)$$

Dimana:

Q_{total} = Total energi yang digunakan oleh produk (kJ)

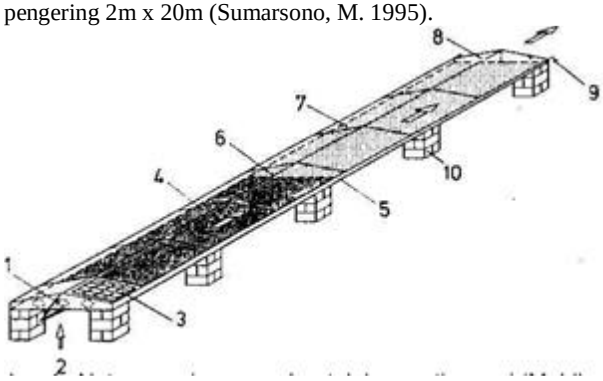
$Q_{radiasi}$ = Energi surya yang diterima kolektor (kJ)

2.10. Pengembangan Alat Pengering Energi Surya

Beberapa pengujian di berbagai lokasi dengan berbagai kondisi iklim yang berbeda menunjukkan bahwa buah-buahan, sayuran, biji-bijian bahkan ikan dapat dikeringkan dengan baik oleh pengering surya tipe lorong.

Pengeringan ikan sebanyak 150 kg dengan menggunakan pengering surya bentuk lorong (*solar tunnel dryer*) tipe seri, Gambar 2.1. dengan ukuran kolektor 2 m x 12 m dan ruang pengering 2 m x 12 m yang dipasang seri menghasilkan ikan kering dengan kadar air 16,7 % dalam waktu 5 hari, sedangkan pengeringan dengan menjemur di bawah terik matahari menghasilkan ikan kering dengan kadar air 32,84% pada waktu yang sama. Kadar air awal ikan 67 % w.b. (*wet base* / basis basah). Suhu keluaran kolektor berkisar antara 35,1ºC – 52,2ºC pada radiasi surya 180 W/m^2 – 660 W/m^2 [4]. Alat pengering sejenis tetapi dengan konfigurasi yang berbeda diberikan seperti Gambar

2.2. disebut pengering surya bentuk lorong tipe paralel karena letak ruang pengering dan kolektor surya berdampingan paralel. Pengering ini mempunyai ukuran kolektor 1m x 20m dan ruang pengering 2m x 20m (Sumarsono, M. 1995).



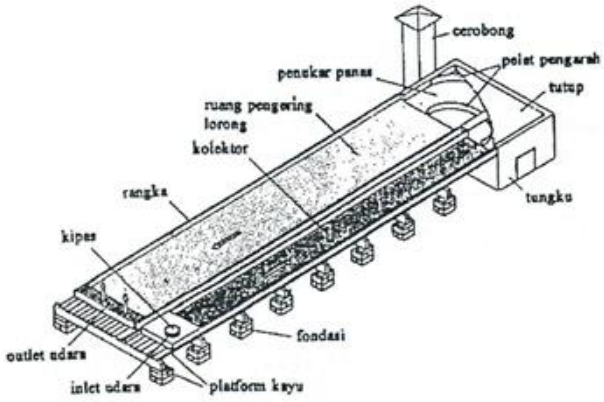
(Sumber : Muhlbauer, 1993)

Gambar 1. Alat pengering surya bentuk lorong tipe seri

Keterangan :

1. Kipas	6. Udara keluar kolektor
2. Udara masuk	7. Ruang pengering
3. Modul surya	8. Udara keluar ruang pengering
4. Kolektor	9. Penggulung plastik
5. Rangka besi	10. Beton penyangga

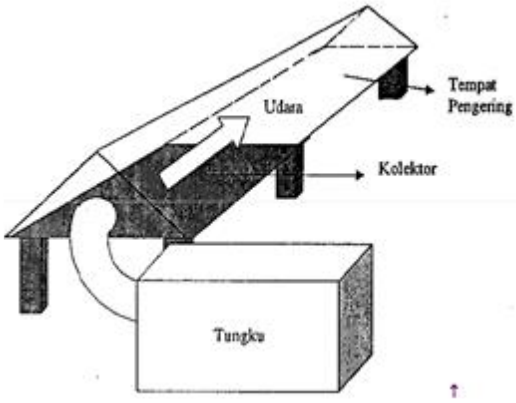
Dibandingkan dengan cara pengeringan mekanis, waktu pengeringan menggunakan cara pengeringan energi surya lebih panjang. Hal ini terjadi karena energi surya sangat bergantung pada kondisi cuaca. Sedangkan pada cara mekanis, pengeringan dapat dilakukan secara kontinyu dan suhu pengeringan yang dihasilkan konstan (Muller J. 1993).



(Sumber : Sumarsono, 1995)

Gambar 2. Alat pengering surya bentuk lorong tipe paralel

Alat pengering surya bentuk lorong tipe paralel diatas dapat dimodifikasi menjadi alat pengering energi surya dan biomassa seperti pada gambar 3. Ruang pengering dan kolektor dipasang pada satu sumbu supaya kehilangan tekanan udara menjadi lebih kecil. Kipas dengan tenaga listrik 60 watt dapat berfungsi secara efisien, bahkan kipas arus scarab 32 watt dengan penggerak photovoltaik dapat dipakai pada sistem tersebut. Alat pengering tersebut dipasang diatas struktur kayu dan disangga dengan batako setinggi 60 cm dari tanah. Pada alat pengering yang dimodifikasi ini dilengkapi dengan tungku biomassa dan alat penukar panas yang terbuat dari plat baja, agar pada waktu hujan atau malam hari masih dapat dilakukan operasi pengeringan.



Gambar 3. Alat pengering surya-biomassa tipe lorong

Pada gambar 4. merupakan pengeringan yang menggunakan kolektor berbentuk bangunan yang disebut dengan efek rumah kaca (ERK) yang telah dikembangkan di IPB oleh Kamaruddin [19] dan para kolega penelitinya sejak tahun 1993 sampai saat ini secara berkesinambungan. Pada prinsipnya pengeringan efek rumah kaca yaitu sinar matahari yang memiliki radiasi gelombang panjang masuk melalui dinding transparan untuk kemudian diserap oleh absorber atau komponen lain di dalam bangunan pengering sehingga suhu absorber dan komponen tersebut akan meningkat. Radiasi yang dipancarkan oleh absorber/komponen dalam pengering dalam bentuk gelombang panjang sehingga sulit untuk menembus dinding transparan. Dengan demikian, terjadi peningkatan suhu udara pengering dan udara dihembuskan melalui produk yang akan dikeringkan. Udara yang telah lembab kemudian dikeluarkan dari bangunan pengering.

(Sumber : Kamarudin Abdulah,1993)

Gambar 4. Pengering efek rumah kaca tipe bak

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengujian

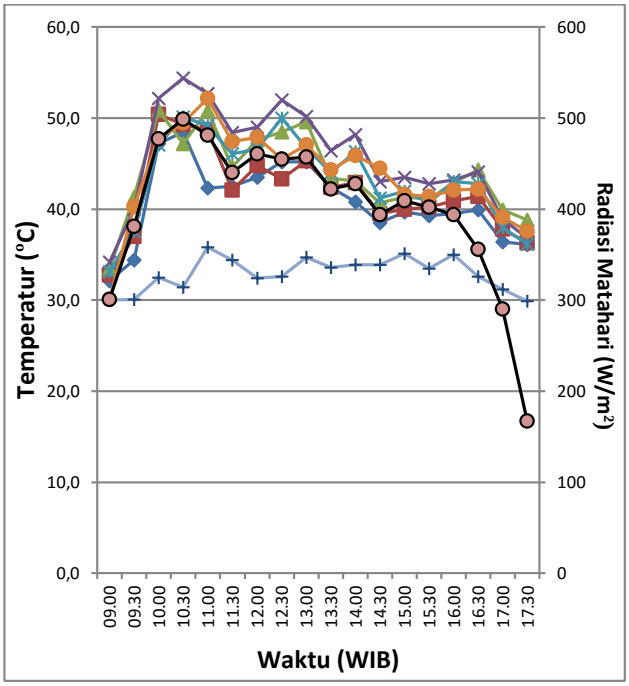
Dari hasil pengujian alat pengering hibrid tipe lorong dan pengukuran terhadap temperatur, kelembaban udara (RH), radiasi matahari, dan kadar air ikan yang telah dilakukan, maka selanjutnya penulis akan melakukan analisa data dari hasil pengujian tersebut. Pengukuran ini dilakukan dibeberapa bagian tertentu pada alat pengering yang dianggap mempengaruhi kerja alat pengering sampai kadar air pada ikan yang dikeringkan menjadi berkurang dengan selang waktu pengukuran 30 menit. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 1 kg ikan gergak yang kemudian ikan akan mengalami pembersihan isi perut.

3.2. Hasil Pengujian dan Pembahasan Pada Titik-Titik Pengukuran Temperatur dan Radiasi Matahari Pada Alat Pengering Hibrid Tipe Lorong

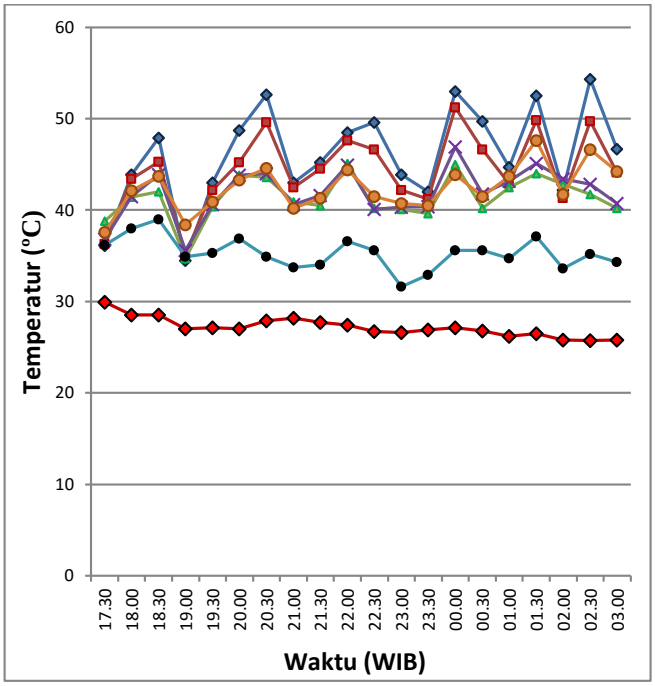
Pengujian ini dilakukan dengan meletakkan alat pengering dihalaman terbuka di Fakultas Teknik Universitas Samudra. Pengujian alat pengering hibrid tipe lorong ini dilakukan untuk mengetahui temperatur dan karakteristik aliran udara di dalam ruang pengering serta kelembaban udara (RH) pada ruang pengering.

Pengujian menggunakan alat pengering dilakukan pada pagi hingga sore hari dan kemudian akan dilanjutkan pada malam hari dengan penambahan tungku biomassa sebagai alat pemanas tambahan untuk menghindari jamur yang tumbuh pada produk saat proses pengeringan dengan matahari tidak dapat dilanjutkan, karena pada malam hari kelembaban udara (RH) meningkat disebabkan temperatur lingkungan yang sangat rendah. Terlihat pada gambar 5. peningkatan temperatur terjadi pada pukul 09:00 WIB hingga tengah hari dan berangsur-angsur menurun hingga sore hari pada pukul 17:30 WIB. Kondisi cuaca yang cerah dan panas yang terik pada saat pengujian alat sangat mempengaruhi proses pengeringan, peningkatan temperatur ini akan mempengaruhi waktu pengeringan pada ikan dan memungkinkan kandungan air pada ikan yang dikeringkan akan cepat menguap. Dari gambar 4.1. menunjukkan temperatur tertinggi pada ikan terjadi pada pukul 11:00 WIB, yaitu 52,2^{O}C.

Pada gambar 5 di atas dapat dilihat bahwa pengukuran radiasi matahari pada pukul 09:00 WIB hingga pukul 14:00 WIB mengalami naik dan sedikit turun dan kemudian naik kembali tetapi pada saat mengalami penurunan tersebut panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan ikan pada saat proses pengeringan masih dikatakan stabil karena temperatur ruang pada alat pengering masih berkisar antara 40°C hingga 50°C, puncak radiasi matahari terjadi pada pukul 10:30 WIB yaitu 499 W/m^2. Selanjutnya radiasi matahari mulai sedikit turun dan naik kembali pada pukul 14:00



Gambar 5. Grafik variasi temperatur ruang pengering menggunakan 1 kg ikan gergak pada tanggal 15 Mei 2015 siang hari.



Gambar 6. Grafik variasi temperatur ruang pengering menggunakan 1 kg ikan gergak pada tanggal 15-16 Mei 2015 malam hari.

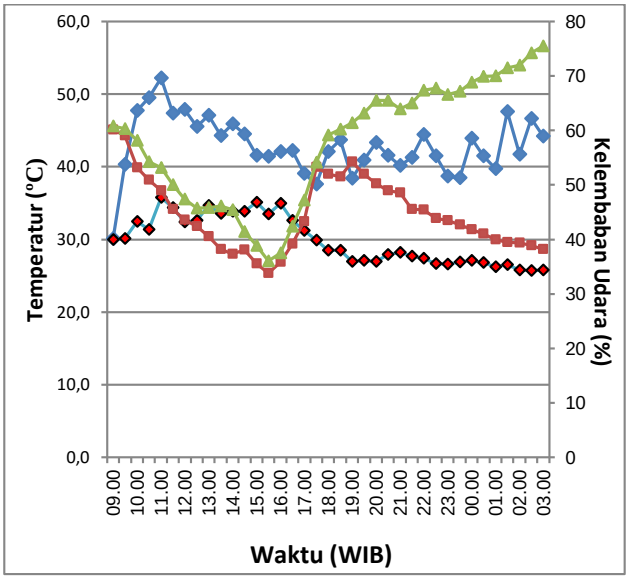
WIB dan selanjutnya berangsur-angsur mengalami terus penurunan hingga sore hari dan menghilang pada malam hari karena matahari telah terbenam.

Menjelang pukul 18:00WIB, panas dari matahari mulai berkurang sehingga kelembaban udara mulai meningkat, kadar air pada ikan masih ada dan memungkinkan ikan akan diserang oleh jamur karena ikan belum kering dengan sempurna, jadi untuk mengurangi resiko tersebut, penulis berinisiatif untuk memindahkan alat pengering dan menambah tungku biomassa untuk menaikkan temperatur pada ruang pengering tersebut agar jamur tidak berkembang pada ikan. Temperatur yang harus dipertahankan antara 40°C hingga 50°C. Grafik temperatur ruang pengering pada malam hari dapat dilihat pada gambar 6.

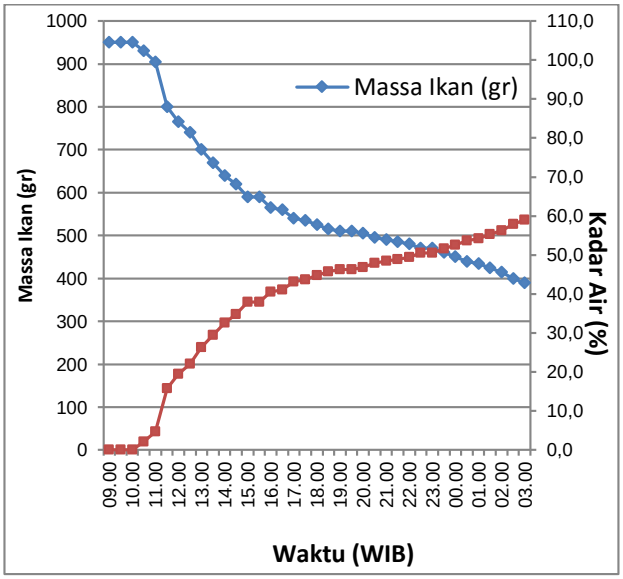
Untuk temperatur ruang rak 1 dan 2 terlihat pada grafik bahwa temperatur ruang rak 1 dan temperatur ruang rak 2 mengalami perbedaan temperatur, temperatur tertinggi berada pada temperatur ruang rak 1, yang diperkirakan karena kalor yang dihasilkan dari proses pembakaran sekam padi yang masuk ke ruang rak 1 telah diserap oleh ikan dan ada juga yang keluar melalui dinding pengering secara konduksi. Temperatur tertinggi pada ruang rak 1 terdapat pada pukul 00:00 WIB yaitu 51,2^{O}C dan temperatur tertinggi ruang rak 2 terdapat pada pukul 22:00 WIB dengan temperatur 45,1^{O}C. Fungsi dari blower tersebut agar udara panas yang mengalir didalam ruang pengering akan dapat bersirkulasi dan berganti-ganti agar didalam ruang pengering tidak terdapat uap jenuh, air yang menguap pada ikan akan terdorong oleh udara panas dan keluar melalui cerobong. Sedangkan temperatur pada ikan mengalami peningkatan tertinggi juga pada pukul 01:30 WIB yaitu 47,6^{O}C dan pada temperatur di bawah cerobong dan temperatur di atas cerobong juga mengalami kestabilan naik dan turun mengikuti temperatur ruang pengering yang lain. Sedangkan temperatur luar pada pukul 09:00 WIB hingga pukul 17:00 WIB masih mengalami kestabilan naik dan turun antara 30,1^{O}C hingga 35,1^{O}C dan temperatur mulai menurun pada pukul 17:30 WIB hingga pukul 03:00 WIB, yaitu antara 25,8^{O}C hingga 29,9^{O}C.

3.3. Hasil Pengujian dan Pembatasan Hubungan Antara Temperatur Ikan, Kelembaban Udara, dan Temperatur Luar Pada Alat Pengering Hibrid Tipe Lorong

Hubungan antara variasi temperatur dan kelembaban udara dapat dilihat pada gambar 7. yang menunjukkan kelembaban udara luar pengering (RH luar) terlihat dari pukul 09:00 WIB sampai pukul 15:30 WIB terlihat stabil antara 36,1% hingga 60,8% karena cuaca pada siang hari yang cukup terik. Pada pukul 16:00 WIB sampai 03:00 WIB mengalami kenaikan yang drastis antara 37,5% hingga 75,5% karena cuaca yang dingin dan lembab pada malam hari serta tidak adanya cahaya matahari yang mengakibatkan kandungan air dalam udara menjadi meningkat. Sedangkan kelembaban udara dalam ruang pengering (RH dalam) hanya mengalami sedikit perbedaan temperatur dengan kelembaban luar (RH luar). Kelembaban dalam ruang pengering (RH dalam) pada pukul 09:00 WIB sampai pukul 15:30 WIB antara 33,8% hingga 60,1%. Terlihat juga dari pukul 16:00 WIB sampai 17:30 WIB



Gambar 7. Grafik variasi hubungan antara temperatur dan kelembaban udara (RH) menggunakan ikan gergak 1 kg pada tanggal 15 - 16 Mei 2015



Gambar 8. Grafik pengujian massa ikan dan kadar air ikan pada alat pengering hibrid tipe lorong yang diukur pada tanggal 15 - 16 Mei 2015

mengalami kenaikan juga yaitu 35,9% hingga 53,3%. Selanjutnya pukul 18:00 WIB hingga 03:00 WIB, kelembaban kembali turun karena proses pembakaran tungku, yaitu antara 38,2% hingga 52,0%.

Pada gambar 7 di atas dapat dilihat bahwa temperatur pada ikan pukul 09:00 WIB sampai pukul 13:00 WIB temperatur mengalami sedikit naik dan turun. Pada pukul 13:30 WIB hingga 17:30 WIB temperatur mengalami penurunan sedikit demi sedikit dan selanjutnya pada pukul 18:00 WIB panas matahari mulai menghilang, proses pengeringan ikan pada malam hari harus tetap diteruskan agar ikan dapat terhindar dari serangan jamur dan temperatur yang dibutuhkan pada ruang pengeringan dengan pemanasan tungku biomassa harus minimal 40°C. Temperatur ikan pada malam hari ini berkisar antara 41,3°C hingga 48,2°C.

Sementara massa ikan gergak yang sebelum dibersihkan beratnya 1 kg, dan setelah dibuang isi dalam perutnya menjadi 950 gr. Pada pengujian tanggal 15 Mei 2015 dimulai pukul 09:00 WIB terlihat massa ikan seberat 950 gr dengan kadar air dianggap 100% yang terdapat pada ikan dan tidak mengalami perubahan hingga pukul 10:00 WIB, kemudian pada pukul 10:30 WIB massa ikan mulai mengalami penurunan diakibatkan temperatur yang mulai naik akibat panas yang dihasilkan oleh matahari sangat tinggi. Massa ikan menurun setiap setengah jam sekali dan kadar air ikan pun ikut berubah juga. Pukul 17:30 WIB ikan telah mengalami kehilangan kadar air sebanyak 43,7% dengan massa ikan adalah 535 gr, proses penghangatan ikan pada malam hari agar ikan terhindar dari serangan jamur ternyata membuat massa ikan pun menurun hingga terakhir pengujian pukul 03:00 WIB massa ikan adalah 390 gr dengan sisa kadar air pada ikan sebanyak 41,1% dan mengalami kehilangan kadar air sebanyak 58,9% karena panas yang dihasilkan oleh tungku biomassa menghasilkan temperatur yang sama dengan temperatur yang dihasilkan oleh panas matahari yaitu diatas 40°C. Proses pengeringan dengan menggunakan panas matahari mengurangi massa ikan hingga 415 gr dan proses pengeringan dengan menggunakan tungku biomassa mengurangi massa ikan hingga 145 gr.

Grafik pengujian massa ikan dan kandungan air ikan pada alat pengering hibrid tipe lorong dapat dilihat pada gambar 8. di bawah ini.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Temperatur yang dihasilkan pada saat pengeringan matahari sangat baik, pengering surya tipe lorong dapat menghasilkan temperatur hingga mencapai 50ºC, aliran udara yang terdapat di dalam ruang pengering dapat bersirkulasi dengan baik melalui cerobong pada pengering sehingga proses pengeringan dapat lebih cepat karena tidak adanya uap jenuh, dengan penambahan tungku biomassa pada malam hari maka proses pengeringan dapat dilanjutkan, dengan demikian produk yang dikeringkan dapat terhindar dari serangan jamur akibat kondisi cuaca yang mulai dingin dengan temperatur antara 28ºC yang menyebabkan kelembaban udara mulai meningkat, dengan adanya tungku biomassa pada malam hari maka temperatur ruang pengering tetap di atas 40ºC dan kelembaban udara ruang pengering dapat diturunkan.
2. Pengujian alat pengering tipe lorong hibrid energi surya – biomassa ini dilakukan dengan menggunakan 1 kg ikan gergak dengan lama proses pengeringan selama 18 jam dan mampu menurunkan massa ikan pada saat proses pengeringan dan didapat hasil penimbangan berat ikan terakhir pengujian sebesar 390 gram dengan total kadar air yang mampu dihilangkan sebesar 58,94% dimana dari hasil tersebut didapat efisiensi pengering dengan matahari sebesar 5,6% dan efisiensi menggunakan biomassa sebesar 5% sedangkan efisiensi total rata-rata menggunakan energi surya dan biomassa sebesar 5,32% .

DAFTAR PUSTAKA

Adawyah, R. 2008. Pengolahan dan Pengawetan Ikan. Banjarmasin: Penerbit Bumi Aksara..

Afrianto, E., dan E. Liviawaty. 1989, Pengawetan dan Pengolahan Ikan. Kanisius. Yogyakarta.

Aitken, I. M Mackie, J. H Merrit and M.L Windsor. 1982. Fish Handling and Processing. Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food, Torry Reseach Station Press. Edinburgh.

Anonim. 1998. Kebijakan Umum Bidang Energi, Bakoren – Badan Koordinasi Energi Nasional.

Bala B.K. and M.R.A. Mondol. 1999, Experimental Investigation on Solar Drying of Fish Using solar Tunnel Drier, Proc. of First Asian-Australian Drying Conference, Bali.

Botta, J. R. & F. Shahidi. 1994. Seafood : Chemistry, Processing Technology and Quality. Blackie Academic and Proffesional. Glasgow.

Duffie, J.A., and W.A. Beckman. 1980, Solar Engineering of Thermal Processes. John Wiley & Sons, Inc. Toronto Canada.

Harikedua, J.W.; B. Kaseger; G. Sanger; L. Setyaningsih; A. Sinyal; E. Pandey; dan S. Dolonseda, 1991. Pengantar Pengolahan Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan UNSRAT. Manado.

Henderson, S.M. & Perry, R.L. 1955, Process Engineering, John Wiley & Sons, Inc. New York.

Hieronymus Budi Santoso. 1998. Ikan Asin. Kanisius. Yogyakarta.

Kamaruddin, A., et al. 1990. Energi dan Listrik Pertanian. JICA-DGHE IPB Project. Bogor.

Kamaruddin A. 1993, Optimization of Solar Drying System, Proc. of the 5 th International Energy Conference, Seoul, October 18-22

Lunardi, Ardi. 2003. Uji Performansi Alat Pengering Surya Hibrid Pada Pengeringan Ikan Mujair (Oreochromis mossambicus). Skripsi. Fateta IPB. Bogor.

Muhlbauer W., Esper A. and Muller J. 1993, Solar Energy in Agriculture, ISES Solar World Congress, Budapest, August 23-27.

Nurhuda, M. 2008. Kompor Biru Berbahan Bakar Sampah. Majalah Gatra.

Potter, N.N. dan J.H. Hotchkiss. 1995. Food Scince. 3th edition. CBS Publishers and Distributors. New Delhi.

Sudarisman T dan Elvina AR. 1996. Petunjuk Memilih Produk Ikan dan Daging. Jakarta: Penebar Swadaya.

Sumarsono, M. 1995., Pengembangan Alat Pengering Lorong Tenaga Panas Matahari untuk Pengeringan Kakao dan Tinjauan Ekonominya, Prosiding Dialog Teknologi dan Industri ’95, BPPT, 675-684.

Taib, G., Sa’id , E.. G., wiraatmaja, S. 1988, Operasi Pengeringan pada Pengolahan Hasil Pertanian, Mediyatama Sarana perkasa, Jakarta.

TAR

© 2015 ISSN 2356-5438. Fakultas Teknik Universitas Samudra