

OPTIMASI PERANCANGAN ALAT PENGERING IKAN AIR TAWAR KAPASITAS 50 KG MEMANFAATKAN TENAGA SURYA DAN BIOMASA

Rendi

Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Kalimantan

Email: rendi.teknikmesin@gmail.com

ABSTRAK

Kandangan city is one of the largest in the region banjarmasin dried fish, dried fish Processing in Kandangan city still quite traditional, namely only with drying fish under direct solar heat that has some shortcomings such as: a long time, need some time reversal process and less hygienic. To increase the productivity of fish farmers ate fish drier is planned sourced from solar power and biomass.

The method used in this study is that the first field surveys, collect data of temperature, humidity and solar radiation in the area of research. Second, collect data levels of fish that have not been drained and dried. The field survey will be a design parameter.

Based on calculations performed empirically obtained: design the most optimal solar collector is designed with a slope of 10° , 8,236 m² collector area, drying air velocity of 1,9 m / s, 1,7 m width of the drying chamber and drying chamber area of 2,89 m². APK most optimal design that is designed with a tube diameter of 0,028 m 0,7 m long tube tube 60° and Pr Structure 1,5 number of tube 35 and a shell diameter of 0,27 m.

Keywords: drying, dimensions, optimum

1. Pendahuluan

Di Kalimantan Selatan tepatnya didaerah Kabupaten Hulu Sungai Selatan, adalah salah satu kabupaten penghasil ikan kering di Kalimantan selatan. Proses pengeringan ikan yang dilakukan masih secara tradisional dimana ikan dijemur dengan memanfaatkan energi matahari langsung.

Masalah utama yang timbul dalam proses pengeringan yang kurang baik adalah penurunan kualitas seperti distribusi kadar air yang besar, kerusakan akibat jamur atau perubahan biokimia yang tidak diinginkan. Bila distribusi aliran panas dan udara tidak merata atau seragam akan menyebabkan laju pengeringan bahan juga tidak merata. Hal ini dapat mengakibatkan kandungan air yang terdapat dalam ikan tidak merata dan

berbeda antar bagian maupun antar ikan yang dikeringkan, sehingga menimbulkan jamur dengan aroma bau yang sangat menyengat dan tidak higienis.

Pemanfaatan energi panas matahari yang digunakan untuk proses pengeringan hasil-hasil perikanan masih menghadapi berbagai masalah, diantaranya adalah perubahan cuaca dan perubahan musim serta lahan penjemuran yang harus luas.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Teori Pengeringan

Ikan merupakan salah satu sumber zat gizi penting bagi proses kelangsungan hidup manusia. Salah satu faktor yang menentukan nilai jual ikan dan hasil perikanan yang lain adalah tingkat kesegarannya, mutunya, tahan lama, dan tidak cepat membusuk.

Pengeringan merupakan cara pengawetan ikan dengan mengurangi kadar air pada tubuh ikan sebanyak mungkin. Tubuh ikan mengandung 56-80 % air, jika kandungan air ini dikurangi, maka metabolisme bakteri terganggu dan akhirnya mati. Pada kadar air 40% bakteri sudah tidak dapat aktif, bahkan sebagian mati, namun sporanya masih tetap hidup. Spora ini akan tumbuh dan aktif kembali jika kadar air meningkat. Oleh karena itu, ikan hampir selalu digarami sebelum dilakukan pengeringan

kadar air maksimum untuk ikan kering yang disyaratkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2721-1992 adalah 40 %. Penelitian menunjukkan bahwa kadar ikan kering terbaik adalah 20% Hasil analisis mikrobiologi pada sampel di laboratorium menunjukkan bahwa ikan yang dihasilkan tidak mengandung kapang dan *Echerichia coli*.

A. Pengeringan Efek Rumah Kaca

Faktor yang mempengaruhi proses pengeringan terbagi menjadi dua golongan, yaitu faktor yang berhubungan dengan udara pengeringan dan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang dikeringkan. Faktor yang berhubungan dengan udara pengeringan adalah suhu udara, debit aliran dan kelembaban udara pengering, sedangkan faktor yang berhubungan dengan sifat bahan adalah bentuk, ukuran, kadar air, ketebalan bahan yang dikeringkan.

B. Energi Pembakaran Biomassa

Biomassa merupakan bahan organik hasil dari proses fotosintesis baik berupa produk maupun buangan. Pemanas tambahan dengan bahan bakar biomassa dalam sistem pengeringan merupakan bentuk usaha untuk mempertahankan suhu ruangan pada tingkat tertentu yang diinginkan, disesuaikan dengan keadaan bahan serta keadaan cuaca disekitar system pengeringan. Keuntungan dari penggunaan biomassa diantaranya adalah murah, mudah didapat, dan emisi yang ditimbulkan bisa ditekan. Energi panas dilepaskan dalam proses pembakaran dan diukur sebagai nilai kalori.

2.2 Kebutuhan Kalor Pengeringan

Masa air dalam ikan adalah banyaknya air yang terkandung dalam ikan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_1 = W_b \times M_{ib}$$

Dimana:

W_b = Kadar air ikan basah (%)

M_{ib} = Masa ikan basah (kg)

Masa air yang diuapkan merupakan banyaknya air yang harus dikurangi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$M_2 = (W_b - W_k) \times M_{ib}$$

Dimana:

W_k = Kadar air ikan kering (%)

M_{ib} = Masa ikan basah (kg)

Selanjutnya masa daging ikan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$M_3 = (100\% - W_b) \times M_i$$

Dimana:

W_b = Kadar air ikan basah (%)

M_{ib} = Masa ikan basah (kg)

Untuk menurunkan masa air dalam ikan sampai batas tertentu harus dilakukan dengan penguapan ada beberapa langkah yang harus dilakukan untuk mendapatkan kalor yang dibutuhkan untuk penguapan air dalam ikan.

Kalor untuk memanaskan air dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{kl} = M_1 \cdot C_{p_{air}} \cdot (T_p - T_u)$$

Dimana:

M_1 = masa air dalam ikan (kg)

$C_{p_{air}}$ = kalor spesifik air (kkal/kg⁰C)

T_p = Temperatur ruang pengering (⁰C)

T_u = Temperatur udara luar (⁰C)

Kalor untuk menguapkan air (Q_{k2}) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{k2} = M_2 \cdot L_{air}$$

Dimana:

M_2 = masa air yang harus diuapkan (kg)

L_{air} = kalor laten (kkal/kg⁰C)

Kalor untuk menaikkan suhu ikan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{k3} = M_3 \cdot C_{p_{ikan}} \cdot (T_p - T_u)$$

Dimana:

M_3 = masa daging ikan (kg)

$C_{p_{ikan}}$ = kalor spesifik kJ/kg K

T_p = temperatur keluar (⁰C)

T_u = 3temperatur masuk (⁰C)

Kalor yang dibutuhkan untuk penguapan air dalam ikan adalah:

$$Q_k = Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3}$$

Dimana :

Q_{k1} = kalor untuk memanaskan air (kJ)

Q_{k2} = kalor untuk menguapkan air (kJ)

Q_{k3} = kalor untuk menaikkan suhu ikan (kJ)

Kerugian kalor pada ruang pengering dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Q_{rd1} = k \cdot A \cdot \Delta T / dx$$

Dimana:

k = Konduktipitas termal (W/m.K)

A = Luas alat pengering (m²)

dx = tebal bahan (m)

ΔT = perubahan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Kerugian kalor pada ruang pemanas dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$Q_{rd2} = k \cdot A \cdot \Delta T / dx$$

Dimana:

k = Konduktipitas termal (W/m.K)

A = Luas alat pengering (m^2)

Dx = tebal bahan (m)

Kerugian pada ventilasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q_{rd3} = N \cdot V \cdot Spht \cdot \Delta T$$

Dimana:

N = Perubahan volume udara

V = Volume ruang pengering (m^2)

$Spht$ = Kalor spesifik udara ($\text{kJ}/\text{m}^3\text{K}$)

ΔT = Perubahan temperatur ($^{\circ}\text{C}$)

Didalam alat pengering ikan terdapat udara, udara didalam ruang pengering harus dipanaskan dihitung sebagai berikut:

Kalor untuk memanaskan udara dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Qu = m_{udara} \cdot Cp_{udara} \cdot (Tp - Tu)$$

Dimana:

M_{udara} = Masa udara (kg)

Cp_{udara} = Kalor spesifik ($\text{kJ}/\text{kg.K}$)

Tp = Temperatur ruang pengering ($^{\circ}\text{C}$)

Tu = Temperatur udara masuk ($^{\circ}\text{C}$)

Masa udara dihitung dengan persamaan:

$$M_{udara} = Vi \cdot \rho_{udara}$$

Dimana :

ρ_{udara} = Masa jenis udara (kg/m^3)

V = Volume ruang pengering (m^2)

2.3 Perhitungan luas kolektor

Didalam alat pengering ikan kolektor merupakan komponen yang sangat penting. Perhitungan kalor untuk kolektor dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_i = \frac{Q_{total}}{\eta_{Kolektor}}$$

Dimana:

$\eta_{kolektor}$ = Efisiensi kolektor

Q_{Total} = Kalor keseluruhan alat pengering ikan (kJ)

Kebutuhan luas kolektor dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$A_i = \frac{Q_i}{I}$$

Dimana:

Q_{Total} = Kalor keseluruhan alat pengering ikan (kJ)

I = Intensitas radiasi matahari (kJ)

2.4 Penurunan kadar air komolatif

Perhitungan komolatif penurunan kadar air dalam ikan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Mk = \sum_{n=1}^n \frac{h \cdot A \cdot (Ts)}{hfg} \cdot 3600 / 1000$$

Dimana:

h = Koefisien perpindahan panas kalor uap

A = Luas permukaan pengering

Ts = Suhu permukaan ikan

n = Waktu pengeringan ke-n

2.5 Alat Penukar Kalor

A. Laju perpindahan panas yang diterima oleh fluida

Laju perpindahan panas aliran yang diterima oleh fluida

$$Q_c = m_t \cdot C_{p_t} \cdot (T_{co} - T_{ci})$$

Dimana:

C_{p_t} = Kalor spesifik (J/kg.K)

m_t = Laju aliran masa fluida (kg/s)

T_{co} = Temperatur fluida keluar ($^{\circ}C$)

T_{ci} = Temperatur fluida masuk ($^{\circ}C$)

B. Beda temperatur rata rata logaritmik

Bagi konfigurasi aliran searah temperatur rata-rata logaritmik, $\Delta LMTD$ diberikan pada persamaan:

$$\Delta LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

Dimana:

ΔT_1 = Perubahan temperatur 1 ($^{\circ}C$)

ΔT_2 = Perubahan temperatur 2 ($^{\circ}C$)

C. Luas penampang total

Jumlah tube (N) yang dibutuhkan bagi spesifikasi desain ini dapat diperoleh dari persamaan luas permukaan perpindahan panas total, A_{total}

$$A_{total} = \pi \cdot d_o \cdot L \cdot N$$

Senentara itu luas perpindahan panas dapat dihitung dari persamaan laju pertukaran energy panas didalam alat penukar kalor

$$Q = U \cdot A_{total} \cdot \Delta LMTD$$

Dimana:

U = Koefesien global (W/m^2K)

A = Luas penampang total (m^2)

Do = Diameter dalam tube

D. Diameter Shell

Diameter shell dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$D_s = 0.637 \sqrt{\frac{CL A_o (PR)^2 d_o}{CTP L}}$$

Dimana:

A_o = Luas penampang perpindahan panas (m^2)

CL = Susunan tube ($^{\circ}C$)

d_o = Diameter tube (m)

L = Panjang tube (m)

CTP = Aliran fluida dalam tube

PR = Jarak anrat tube (m)

E. Koefesien perpindahan panas aliran dalam tube,

Koefesien perpindahan panas aliran dalam *tube*, dihitung dengan

$$h_i = \frac{Nu_t k_t}{d_i}$$

Dimana:

k_t = Konduktivitas termal(W/m.K)

d_i = Diameter mdalam tube (m)

F. Koefesien perpindahan panas didalam *shell*

Koefesien perpindahan panas fluida yang mengalir dibagian *shell* atau permukaan luar pipa ho dapat di estimasi besarnya melalui persamaan berikut:

$$h_o = \frac{0.36k_s}{D_e} Re_s^{0.55} Pr_s^{1/3}$$

Dimana:

Re_s = Reynol dsdisisi *shell*

D_e = Diameter eqipalen (m)

Pr_s = Bilangan *brindel*

G. Koefesien perpindahan panas global

Koefesien global perpindahan panas bagi kedua aliran didalam alat penukar kalor dapat gihitung dengan persamaan berikut:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_o} + \frac{1}{h_i} \frac{d_o}{d_i} + \frac{d_o \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{k}$$

H. NTU

Dengan menggunakan data pada table termodinamika alat penukar kalor digunakan data panas spesifik pada alat penukar kalor

$$NTU = \frac{U.A}{C_{\min}}$$

Dimana:

U = 2.05 Koefesien perpindahan panas global (W/m²K) A = Luas penampang *shell* (m)

I. Menentukan efektifitas.

Untuk menghitung efektifitas alat penukar kalor dapat dilakukan dengan persamaan berikut ini:

$$E = 1 - \exp \left[\frac{\exp(-NTU \cdot C \cdot (NTU)^{-0.22})}{C \cdot (NTU)^{-0.22}} \right]$$

J. Daya fan

Untuk mengalirkan gas buang ke alat pengering membutuhkan alat semacam kipas atau fan sehingga dapat mengalirkan udara panas. Daya fan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q_{fan} = m_t \cdot C_{pt} \cdot \Delta T_t$$

Dimana:

m_t = Laju aliran masa fluida dingin (kg/s)

C_{pt} = Kalor spesifik (J/kg.K)

2.6 Radiasi Surya

Penggunaan energi surya meliputi pengaturan kedudukan permukaan pengumpul (kolektor) pada berbagai sudut dengan bidang horizontal. Pengukuran radiasi pada permukaan horizontal sudah banyak dilaksanakan, sedangkan pada permukaan bidang miring harus dilakukan perhitungan. Harga deklenasi dihitung dengan persamaan berikut

$$\delta = 23.45 \sin 360 \cdot \frac{284 + n}{360}$$

Dimana:

n = hari dari tahun yang bersangkutan

Deklenasi adalah sudut yang dibentuk oleh matahari dengan bidang equator, ternyata berubah sebagai akibat kemiringan bumi, dari +23.45o musim panas (21 Juni) ke -23.45o dimusim dingin (21 Desember). Untuk sudut Zenit dihitung dengan persamaan berikut:

$$\cos \phi = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$$

Dimana :

ϕ = Tempat/lokasi

ω = sudut jam optimal

Sehingga harga I_{bT} dihitung dengan persamaan berikut :

$$I_{bT} = \frac{\sin \delta \sin(\phi - \beta) + \cos(\phi - \beta) \cos \omega}{\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega}$$

Dimana:

ϕ = Tempat/lokasi

ω = sudut jam optimal

β = Kemiringan kolektor

Untuk sudut Zenit (θ_z) dihitung dengan persamaan berikut:

$$\cos \theta_z = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega$$

Dimana:

Φ = Lokasi /tempat

δ = deklinasi

ω = Sudut jam optimal

Selanjutnya dihitung sudut Azimut dengan menggunakan persamaan:

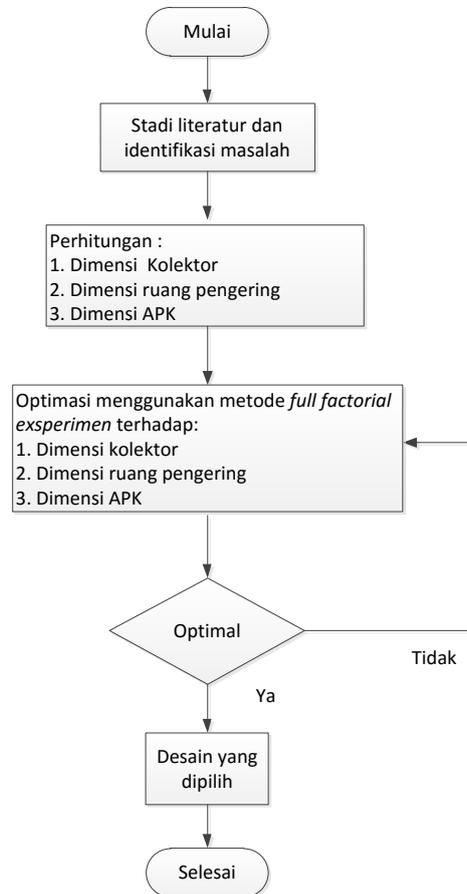
$$\cos \phi A = \frac{\sin \delta - \sin \phi \cos \phi z}{\cos \phi \sin \phi z}$$

2.7 Desain Eksperimen Faktorial

Desain eksperimen *full factorial*. Desain eksperimen ini mengkombinasikan seluruh level dengan jumlah faktornya tanpa terkecuali. Hal ini bertujuan agar hasil percobaan yang diperoleh benar-benar valid. Eksperimen faktorial adalah suatu desain eksperimen dimana seluruh level dari suatu faktor dikombinasikan dengan seluruh level dari faktor-faktor lainnya. Eksperimen faktorial digunakan untuk menyelidiki secara bersamaan efek beberapa faktor berlainan. Jika ada a level dari faktor A dan b level dari faktor B, maka terdapat axb kombinasi perlakuan. Misal dalam eksperimen terdapat 2 faktor, terdiri atas 4 level dan 3 level, maka diperoleh eksperimen faktorial sejumlah 4x3

3. Metodologi Penelitian

3.1 Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *full factorial eksperimen* yaitu mengkombinasi tertentu dari factor-faktor desain yang akan menghasilkan suatu kondisi desain yang paling optimal

Dalam hal ini perhitungan desain akan dilakukan secara acak dengan harga masing-masing faktor. Dari hasil rangkaian perhitungan dengan kondisi desain yang berbeda-beda kemudian akan diidentifikasi kondisi desain dan dimensi alat yang paling optimal. Dengan menggunakan *full factorial eksperimen* dibuatlah tabel yang memuat jumlah variabel/paktor dari eksperimen dan level yang berkaitan.

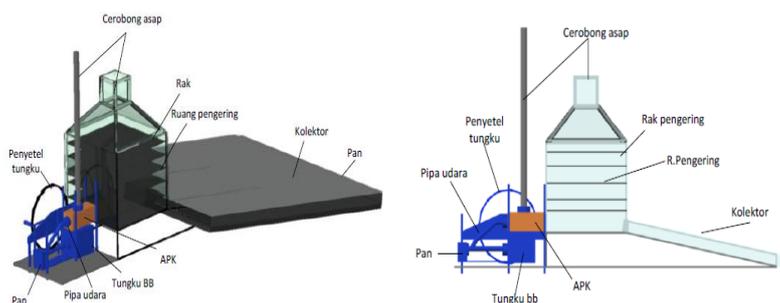
Tabel 3.1 Variabel bebas dan level eksperimen optimasi L_{bT}

| Faktor | Level 1 | Level 2 | Level 3 |
|---|---------|---------|---------|
| Sudut jam matahari, (ω , $^{\circ}$) | 10 | 15 | 20 |
| Kemiringan kolektor (β , $^{\circ}$) | 10 | 15 | 20 |

Tabel 3.2 Variabel bebas dan level eksperimen optimasi dimensi APK

| Faktor | Level 1 | Level 2 | Level 3 |
|------------------------------------|---------|---------|---------|
| Panjang tube, (L,m) | 0.5 | 0.6 | 0.7 |
| Diameter tube (d_o ,m) | 0.028 | 0.041 | 0.0503 |
| Susunan tube (Cl , $^{\circ}$) | 30 | 45 | 60 |
| Pict ratio (PR) | 1.2 | 1.3 | 1.5 |

Selanjutnya dari perhitungan desain yang dilakukan secara acak dengan harga masing-masing faktor. Dari hasil rangkaian perhitungan dengan kondisi desain yang berbeda-beda dicermati mana yang menunjukkan kondisi desain yang paling optimal.



Gambar 3.2 Desain pengering

4. Hasil Dan Pembahasan

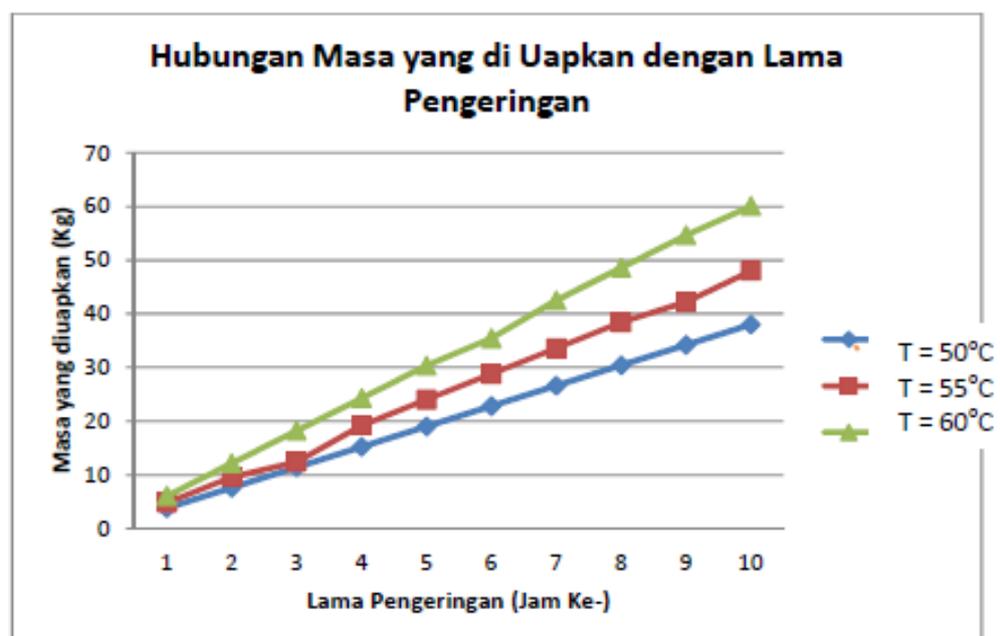
Tabel 4.1 Hasil kondisi desain dengan *full factorial eksperimen* L_{bT}

| ω ($^{\circ}$) | β ($^{\circ}$) | L_{bT} Mj/m 2 | Ak (m 2) | θ_z ($^{\circ}$) | θ_A ($^{\circ}$) |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| 10 | 20 | 11.55 | 34 | 16 | 86 |
| 10 | 15 | 11.83 | 33 | 16 | 86 |
| 10 | 10 | 12.11 | 32 | 16 | 86 |
| 15 | 10 | 11.87 | 33 | 19 | 84 |
| 15 | 15 | 11.60 | 33 | 19 | 84 |
| 15 | 20 | 11.31 | 34 | 19 | 84 |
| 20 | 10 | 11.54 | 34 | 23 | 82 |
| 20 | 15 | 11.27 | 34 | 23 | 82 |
| 20 | 20 | 10.98 | 35 | 23 | 82 |

Dari hasil rangkaian perhitungan dengan kondisi yang berbeda-beda kolektor didesain dengan kemiringan 10° adalah yang terbaik memberikan luas kolektor $8,236 \text{ m}^2$

Tabel 4.2 Penurunan kadar air

| Waktu Pengeringan Jam ke- | Mt (kg) | | | Kadar yang hilang | Lama pengeringan | | |
|---------------------------|---------|------|-------|-------------------|------------------|------|------|
| | 50°C | 55°C | 60°C | | 50°C | 55°C | 60°C |
| 1 | 3,80 | 4,8 | 6,07 | 30 kg | | | |
| 2 | 7,6 | 9,6 | 12,14 | | | | |
| 3 | 11,40 | 12,4 | 18,21 | | | | |
| 4 | 15,2 | 19,2 | 24,28 | | | | |
| 5 | 19 | 24 | 30,35 | | | | 4,9 |
| 6 | 22,8 | 28,8 | 35,42 | | | 6,1 | |
| 7 | 26,6 | 33,6 | 42,48 | | | 7,9 | |
| 8 | 30,4 | 38,4 | 48,56 | | | | |
| 9 | 34,2 | 42,2 | 54,63 | | | | |
| 10 | 38 | 48 | 60,07 | | | | |



Gambar 4.1 Hubungan masa yang diuapkan dengan lama pengeringan

4.4 Perhitungan Alat Penukar Kalor

Tabel 4.4 Hasil kondisi desain dengan *full factorial* eksperimen APK

| no | Parameter Desain | | | | Hasil Desain | | | |
|----|------------------|--------|-----|-------|--------------|----|-------|------|
| | L | do | PR | CL | Ds | Nt | u | NTU |
| 1 | 0.6 | 0.0503 | 1.5 | 0.871 | 0.40 | 23 | 13.00 | 0.19 |
| 2 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 3 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 4 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 5 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 6 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 7 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 8 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 9 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 10 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 11 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 12 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 13 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 14 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 15 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 16 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 17 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 18 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 19 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 20 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 21 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 22 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 23 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 24 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 25 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 26 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 27 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 28 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 29 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 30 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 31 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 32 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 33 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 34 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 35 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 36 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 37 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 38 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |

| | | | | | | | | |
|----|-----|--------|-----|-------|------|----|-------|------|
| 39 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 40 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 41 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 42 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 43 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 44 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 45 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 46 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 47 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 48 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 49 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 50 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 51 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 52 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 53 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 54 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 55 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 56 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 57 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 58 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 59 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 60 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 61 | 0.5 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.32 | 50 | 17.40 | 0.25 |
| 62 | 0.5 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.39 | 34 | 15.40 | 0.22 |
| 63 | 0.5 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.38 | 28 | 13.12 | 0.19 |
| 64 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 65 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 66 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 67 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 68 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 69 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 70 | 0.6 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.29 | 41 | 17.44 | 0.25 |
| 71 | 0.6 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.36 | 28 | 15.44 | 0.22 |
| 72 | 0.6 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.34 | 23 | 13.14 | 0.19 |
| 73 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 74 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 75 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 76 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 77 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 78 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |
| 79 | 0.7 | 0.028 | 1.5 | 0.871 | 0.27 | 35 | 17.47 | 0.25 |
| 80 | 0.7 | 0.041 | 1.4 | 1 | 0.33 | 24 | 15.47 | 0.22 |
| 81 | 0.7 | 0.0503 | 1.3 | 0.871 | 0.32 | 20 | 13.16 | 0.19 |

Dari perhitungan desain yang dilakukan secara acak dengan harga masing-masing faktor. Dari hasil rangkaian perhitungan dengan kondisi desain yang berbeda-beda dicermati bahwa koefisien perpindahan panas global alat penukar kalor, dan NTU tertinggi, maka kondisi desain yang paling optimal yaitu kondisi desain dengan menggunakan diameter tube 0,028 m panjang $tube$ 0.7 m Susunan $tube$ 60° dan PR 1,5 memberikan 35tube dan diameter shell 0,27 m.

5. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain kolektor surya yang paling optimal yaitu didesain dengan kemiringan 10° , memberikan sudut Zenit 16° , sudut Azimut 86° dan luas kolektor $8,76 \text{ m}^2$
2. Desain ruang pengering yang paling optimal yaitu didesain dengan kecepatan udara $1,9 \text{ m/s}$, lebar ruang pengering $1,7 \text{ m}$ dan luas ruang pengering $2,89 \text{ m}^2$ memberikan penurunan kadar air komolatif $6,67 \text{ kg/h}$
3. Desain APK yang paling optimal yaitu didesain dengan diameter *tube* $0,028 \text{ m}$ panjang *tube* $0,7 \text{ m}$ Susunan *tube* 60° , Pr $1,5$ jumlah *tube* 35 dan diameter *shell* $0,27 \text{ m}$.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, W. 1995 Teknologi Rekayasa Surya. PT. Pradnya Pramita, Jakarta
2. Afrianto, eddy. 2006. Pengawetan dan pengolahan ikan.
3. Ai Rukmini, 2006. Perencanaan Dan Uji Alat Penukar Kalor Tipe *Counter Flow*. Insitut Pertanian Bogor
4. Ekadewi, A. Handoyo. Desain Dan Pengujian Sistem Pengrtinmg Ikan Bertenaga Surya. Unipersitas Kristen Petera
5. Frank Kreith, William Z. 1990. *Basic Heat Transfer American*. Harper And Row
6. Khalid, Anhar. 2012. Optimasi Desain Alat Pengering Ikan Air Tawar Dengan Kapasitas 20 Kg Memanfaatkan Tenaga Surya. Universitas Pancasila
7. Puteri, Reanny Eka. Pemberdayaan Nelayan Di Pesisir Jambak Kota Padang Melalui Interduksi *Mini Solar Drayer* Dalam Usaha Pengering Ikan.
8. Puteri, Reanny Eka. 2013. Intruduksi *Mini Solar Drayer* Untuk Pemberdayaan Nelayan Dalam Usaha Pengering Ikan Di Bungkus Teluk Kambung Kota Padang.
9. Riansyah, Angga. 2013. Pengaruh Perbedaan Suhu Dan Waktu Pengeringan Terhadap Karakteristik Ikan Asin Sepat Siam. Universitas Sriwijaya.
10. Yogesh Jaluaria. 2008. *Design And Optimation Of Thermal Sytems*. Prancis. CRC Press
11. Zulfri, Muhammad. 2012. Kajian Eksperimental Sistem Pengering *Hybrid Energy* Surya Biomasa Untk Pengering Ikan. Universitas Syiah Kuala Banda Aceh.