

RANCANG BANGUN TUNGKU BIOMASSA MESIN PENGERING RUMPUT LAUT KAPASITAS 600 KILOGRAM PER PROSES

Design of Biomass Furnace for Seaweed Drying Machine with Capacity of 600 Kilograms per Process

Dhimas Satria^{1,*}, Ririn Irnawati², Sirajuddin³, Sakinah Haryati⁴, Adi Susanto⁵, Imron Rosyadi⁶, Moch Maulana Rizky Wicaksono⁷

^{1,7}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

³Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

^{4,5,6}Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail^{*}): dhimas@untirta.ac.id

Diterima: 12 Agustus 2017

Disetujui: 30 Agustus 2017

ABSTRACT

Drying of seaweed in Indonesia, especially in Lontar village, Serang still using manual and traditional way. Manual drying in the rainy season often results in farmers often failing to dry out the harvested. Using an artificial dryer on the market adds considerable production costs because it uses petroleum, gas and electric energi. Therefore, it takes a cost-effective artificial drier, so the final task is to make the seawater biomass fireplace furnace. The research methodology used is the design method of Pahl and Beitz with QFD. The result of this research is this biomass furnace fueled rice husk. Furnace dimension 700 mm x 700 mm x 1200 mm and combustion chamber 600 mm x 650 mm x 1000 mm, the volume of the combustion chamber 0.39 m³ and the volume of hot air space used 0.141229 m³, wall combustion chamber as heat exchangers using materials mild steel with 1.9 m² surface area and wall thickness of 4 cm and air delivered fan with 4053.6 CMH capacities.

Keywords: *Pahl and Beitz, QFD, seaweed, biomass furnace*

ABSTRAK

Pengeringan rumput laut di Indonesia, khususnya di desa Lontar Kabupaten Serang masih menggunakan cara manual dan tradisional. Pengeringan secara manual pada musim hujan sering mengakibatkan petani sering gagal mengeringkan hasil. Menggunakan pengering buatan yang ada dipasaran menambahkan biaya produksi yang cukup besar karena menggunakan energi minyak bumi, gas dan energi listrik. Oleh karena itu, diperlukan pengering buatan yang hemat biaya, maka dari itu tugas akhir ini membuat tungku biomassa mesin pengering rumput laut. Metodologi penelitian yang dipakai adalah metode perancangan Pahl and Beitz dengan QFD. Hasil penelitian adalah tungku biomassa ini berbahan bakar sekam padi. Tungku berdimensi 700 mm x 700 mm x 1200 mm dan ruang bakar berdimensi 600 mm x 650 mm x 1000 mm, volume ruang bakar 0,39 m³ dan volume ruang udara panas yang dipakai 0,141229 m³, dinding ruang bakar

sebagai penukar kalor menggunakan material mild steel dengan luas permukaan 1,9 m² dan tebal dinding 4 cm serta udara yang dihantarkan kipas dengan kapasitas 4053,6 CMH.

Kata kunci: Pahl and Beitz, QFD, rumput laut, tungku biomassa

PENDAHULUAN

Kabupaten Serang merupakan salah satu wilayah di Provinsi Banten yang memiliki 36 desa pesisir yang tersebar di perairan Teluk Banten dan Laut Jawa. Selain sektor perikanan tangkap, budidaya laut telah menjadi sektor andalan bagi nelayan dan masyarakat pesisir di daerah ini untuk menggantungkan hidupnya. Komoditas budidaya yang dilakukan antara lain kerang hijau dan rumput laut. Luas lahan budidaya di Kabupaten Serang mencapai 5.821 ha dengan produksi di tahun 2013 mencapai 62,5 ribu ton (BPS, 2014)

Budidaya rumput laut menjadi banyak pilihan para masyarakat Desa Lontar untuk menambah penghasilan hidup selain sebagai negaian, akan tetapi proses pengeringan rumput laut secara alami menggunakan bantuan sinar matahari yang membutuhkan waktu pengeringan 3 sampai dengan 4 hari sering menghambat kerja petani, sehingga petani rumput laut sering mengeluh karena cuaca yang tidak menentu terutama pada musim penghujan, petani sering gagal mengeringkan hasil panennya.

Proses pengeringan buatan dengan menggunakan mesin pengering salah satu solusi untuk menghadapi proses pengeringan disaat cuaca tidak menentu, mesin pengering yang ada dipasaran banyak menggunakan energi dari minyak bumi, gas bumi dan menggunakan energi listrik, dengan menggunakan mesin pengering tersebut maka akan menambahkan biaya produksi petani

Penelitian terkait pengeringan sudah banyak dilakukan diantaranya oleh Madani, (2002) tentang pengeringan kerupuk udang, Putra, GMD (2014) mengenai pengeringan biji pala dan

Saravana, dkk (2014) mengenai alat pengering hybrid

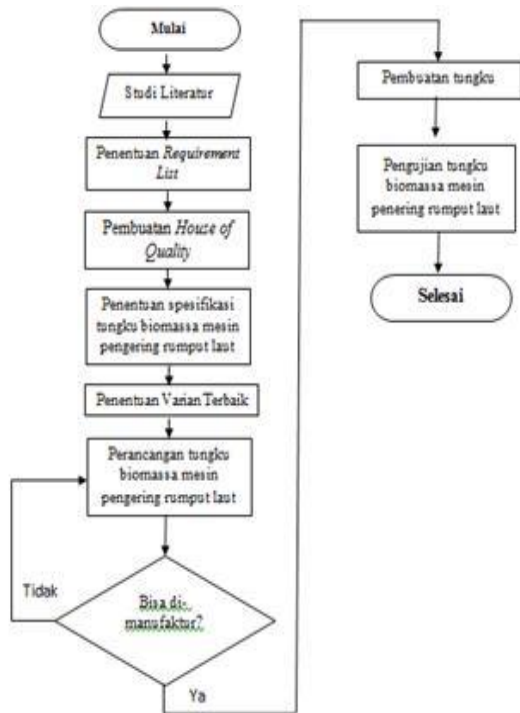
Pada penelitian ini berusaha merancang tungku biomassa pada mesin pengering rumput laut untuk membantu proses pengolahan rumput laut yaitu proses pengeringan. Dengan adanya tungku biomassa pada mesin pengering rumput laut yang menggunakan energi akan mengatasi masalah biaya pengeringan dan mempermudah proses pengeringan rumput laut yang sering terkendala oleh keadaan cuaca.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang dipakai adalah metode *Pahl and Beitz* dengan *QFD*, mengemukakan bahwa suatu perancangan adalah suatu proses kreatifitas tetapi jika tidak diarahkan secara sistematis maka kemungkinan untuk mengeluarkan hasil rancangan melalui proses kreatifitas tersebut akan terbatas. (Pahl, G. and Beitz, 2004).

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dengan mencari sumber dari buku referensi dan jurnal ilmiah. Kemudian menentukan *requirement list*, membuat *house of quality*, menentukan spesifikasi tungku biomassa mesin pengering rumput laut, menentukan varian terbaik, merancang tungku biomassa mesin pengering rumput, dan proses pembuatan serta pengujian tungku biomassa pada mesin pengering rumput laut.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

xxx = Sangat berhubungan sekali
 x = Berhubungan
 ~ = Tidak berhubungan
 ~~~ = Tidak berhubungan sama sekali

| Satuan                                      | °C                            | Kg | l  | It | m <sup>2</sup> | #     |
|---------------------------------------------|-------------------------------|----|----|----|----------------|-------|
| Sasaran                                     |                               |    |    |    |                |       |
| Tungku Biomassa mesin pengering rumput laut |                               |    |    |    |                |       |
|                                             | Pembobotan Kepentingan        |    |    |    |                |       |
|                                             | Suhu yang dihasilkan          |    |    |    |                |       |
|                                             | Bahan bakar                   |    |    |    |                |       |
|                                             | Tingkat Bahan                 |    |    |    |                |       |
|                                             | Range Pembuatan               |    |    |    |                |       |
|                                             | Lama yang dibutuhkan          |    |    |    |                |       |
|                                             | Jumlah komponen               |    |    |    |                |       |
| Fungsional                                  | Mampu menghasilkan suhu panas | 5  | 3  |    |                |       |
| Rangka Struktur                             | Mampu menopang beban          | 5  | 3  | 3  |                |       |
| Dimensi                                     | Ukuran skala industri rumahan | 5  | 3  |    | 3              |       |
| Operasi                                     | Mampu dioperasikan 1 orang    | 5  | 3  |    |                | 3     |
| Material                                    | Mampu Menahan suhu panas      | 5  | 3  | 1  |                |       |
| Safety                                      | Tidak melukai operator        | 3  | 3  |    |                |       |
| Pemeliharaan                                | Mudah dalam perawatan         | 1  |    |    |                | 1 3   |
| Biaya Operasi                               | Biaya operasi murah           | 3  |    |    | 9              | 1 3   |
| Lingkungan                                  | Tidak mencemari lingkungan    | 1  |    | 9  |                |       |
| Skor                                        |                               | 21 | 12 | 9  | 13             | 11 15 |
| Persentase %                                |                               | 26 | 15 | 11 | 16             | 14 19 |
| Ranking                                     |                               | 1  | 4  | 6  | 3              | 5 2   |

Relasi  
 9 = Hubungan kuat  
 3 = Sedang  
 1 = Kurang

Pembobotan  
 kepentingan  
 5 = Sempurna  
 3 = Ok  
 1 = Kurang

Gambar 2. House of Quality

Tabel 1. Requirement List

| Requirement List | Uraian                                      | W = Wajib<br>D= Demanda                    |                                 |
|------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------|
| Geometri         | Kapasitas                                   | Kapasitas sekali proses 600 kg             | D                               |
|                  | Dimensi                                     | Optimal dan ekonomis                       | W                               |
|                  | Rangka                                      | Optimal dan mampu menahan beban            | D                               |
| Material         | Material tungku mesin pengering rumput laut | Tahan korosi                               | W                               |
|                  |                                             | Penghantar panas yang baik                 | D                               |
|                  |                                             | Material awet dan kuat                     | W                               |
| Energi           | Energi pemanas                              | Bersumber dari biomassa                    | D                               |
|                  |                                             | Energi Listrik                             | Untuk blower ≤ 900 Watt         |
| Produksi         | Komponen                                    | Menggunakan komponen standar               | W                               |
|                  |                                             | Biaya                                      | Biaya produksi terjangkau       |
| Pemasangan       | Awal                                        | Proses pemasangan mudah dipahami           | D                               |
|                  |                                             | Akhir                                      | Mudah dilepas/ dibongkar pasang |
| Transportasi     | Penempatan                                  | dapat dipindahkan dan dapat dipertankan    | W                               |
| Operasi          | Pengoperasian                               | Mudah dan dapat dilakukan satu orang       |                                 |
|                  |                                             | Biaya operasi                              | Murah                           |
| Perawatan        | Proses perawatan                            | Mudah dipahami                             | D                               |
|                  |                                             | Dapat dilakukan oleh mekanik secara umum   | W                               |
| Lingkungan       | Ramah lingkungan                            | Tungku biomassa tidak mencemari lingkungan | W                               |
| Hasil akhir      | Rupa                                        | Berestetika                                | W                               |


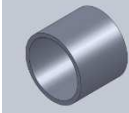


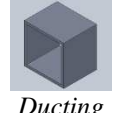



Data Spesifikasi Perencanaan

Tungku biomassa mesin pengering rumput laut yang akan direncanakan berdasarkan hasil metode *House of Quality* adalah sebagai berikut:

1. Temperatur yang dihasilkan: Berkisar 70°C sampai dengan 90 °C
2. Bahan Bakar: Kayu, batok dan serabut kelapa serta biomassa lainnya

**Penentuan Varian Terbaik**

**Tabel 2.** Varian Bentuk

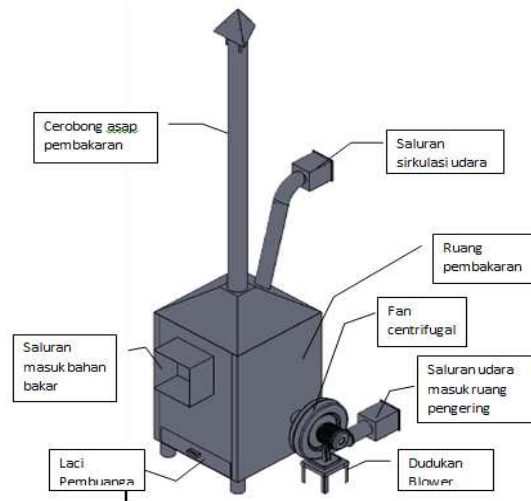
| N o | Varian Bentuk                                     | A                                                                                                                     | B                                                                                                                    |
|-----|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Tungku Pembakaran                                 | <br>Ruang Segiempat                  | <br>Ruang Silinder                  |
| 2   | Saluran Masuk Udara Pemanas ke ruang Pengering    | <br><i>Ducting Inlet</i> Segiempat   | <br><i>Ducting Inlet</i> Silinder   |
| 3   | Saluran Keluar Gas Buang Pembakaran               | 1 cerobong asap                                                                                                       | 2 cerobong asap                                                                                                      |
| 4   | Sakuran masuk bahan bakar                         | <br><i>Ducting Inlet</i> Segiempat | <br><i>Ducting Inlet</i> Silinder |
| 5   | Mekanisme Penggerakan Udara Masuk Ruang Pengering | <br>Fan Sentrifugal                | <br>Fan Aksial                    |
| 6   | Saluran Sirkulasi                                 | 1 Saluran                                                                                                             | Tidak Ada Saluran                                                                                                    |

Setelah dievaluasi kelebihan dan kekurangan masing-masing varian, maka dari 21 varian yang mungkin, dipilih varian terbaik yaitu 1 Varian 1: (1A-2A-3A-4A-5A-6A): Ruang Segiempat – *Ducting Inlet* Segiempat – 1 Cerobong Asap – *Ducting Inlet* Segiempat – Fan Sentrifugal – 1 Saluran.

**Solusi dan Subbentuk**

| Pemilihan Varian Terbaik |                                     |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|--------------------------|-------------------------------------|---|---|---|---|---|---------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------|---|
| WILKON VARIAN            | Daftar spesifikasi                  |   |   |   |   |   | Keputusan                                                           |            |                                    |   |
|                          | Kompatible untuk fungsi keseluruhan |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|                          | Memenuhi kebutuhan spesifikasi      |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|                          | Secara prinsip dapat diwujudkan     |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|                          | Memenuhi produktivitas              |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|                          | Mendapatkan hasil yang diinginkan   |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|                          | Informasi memadai                   |   |   |   |   |   |                                                                     |            |                                    |   |
|                          | A                                   | B | C | D | E | F |                                                                     | Keterangan |                                    |   |
|                          | V1                                  | + | + | + | + | + |                                                                     | +          | Varian yang dipilih                | + |
|                          | V2                                  | + | - | + | + | + |                                                                     | +          | Suhu yang dihasilkan kurang stabil | - |
| V3                       | +                                   | + | - | + | + | + | Terlalu mencemari lingkungan                                        | -          |                                    |   |
| V4                       | +                                   | + | + | - | + | + | Kurang safety                                                       | -          |                                    |   |
| V5                       | +                                   | + | + | + | - | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V6                       | +                                   | + | + | + | + | - | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V7                       | -                                   | - | + | + | + | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V8                       | +                                   | - | - | + | + | + | Terlalu mencemari lingkungan                                        | -          |                                    |   |
| V9                       | +                                   | - | + | - | + | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V10                      | +                                   | - | + | + | - | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V11                      | +                                   | - | + | + | + | - | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V12                      | -                                   | + | - | + | + | + | Terlalu mencemari lingkungan                                        | -          |                                    |   |
| V13                      | +                                   | + | - | - | + | + | Terlalu mencemari lingkungan                                        | -          |                                    |   |
| V14                      | +                                   | + | - | + | - | + | Terlalu mencemari lingkungan                                        | -          |                                    |   |
| V15                      | +                                   | + | - | + | + | - | Terlalu mencemari lingkungan dan suhu yang dihasilkan kurang stabil | -          |                                    |   |
| V16                      | -                                   | + | + | - | + | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V17                      | +                                   | + | + | - | - | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V18                      | +                                   | + | + | - | + | - | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V19                      | -                                   | + | + | + | + | + | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V20                      | +                                   | + | + | + | - | - | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |
| V21                      | -                                   | + | + | + | + | - | Suhu yang dihasilkan kurang stabil                                  | -          |                                    |   |

**Gambar 3.** Tabel Solusi dan Subbentuk Desain Rancangan

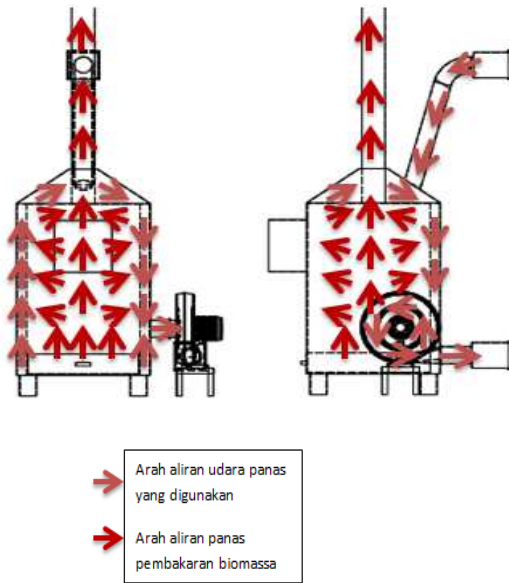


**Gambar 4.** Desain Tungku Biomassa

## HASIL & PEMBAHASAN

### Prinsip Kerja Tungku Biomassa Mesin Pengering Rumput Laut

Prinsip kerja dari tungku biomassa mesin pengering rumput laut ini adalah biomassa yang berada pada ruang pembakaran menghasilkan udara panas lalu udara panas itu dialirkan kepada ruang pengering dengan bantuan *fan centrifugal*. Panas yang masuk ke ruang pengering di stabilkan dengan adanya saluran sirkulasi pada tungku biomassa.



Gambar 5. Prinsip kerja Tungku Biomassa

### Pemilihan Material

Terpilih material akrilik sebagai material dinding ruang pengering. Material akrilik terpilih karena memenuhi kriteria, yaitu:

- Kuat dan tahan lama: Material *mild steel* cukup kuat dan dapat menahan panas yang diterima
- Produksi: Material *mild steel* dapat diproduksi dengan metode yang mudah.
- Assembly: Material *mild steel* dapat di-assembly dengan mudah.

- Biaya: Biaya material rendah, maka diharapkan dapat menekan biaya dalam pembuatannya.

### Pemilihan Fan Penekan Udara ke Ruang Pengering

Kapasitas udara dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{Q} = v \times A$$

$$\dot{Q} = 0,09 \text{ m/s (direncanakan)} \times (5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m})$$

$$\dot{Q} = 1,125 \text{ m}^3/\text{s} = 67,5 \text{ m}^3/\text{min} \\ = 4050 \text{ CMH}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan kapasitas udara, yaitu 4050 CMH, dipilih kipas sentrifugal untuk menembuskan udara panas yaitu model YYF7112 tersebut.

### Laju Aliran Udara Pengering

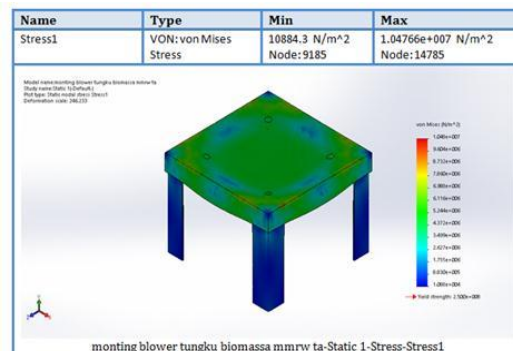
Laju udara pengering dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\dot{m} = \dot{Q} \times \rho_{@70^{\circ}\text{C}}$$

$$\dot{m} = 1,125 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,028 \text{ kg}/\text{m}^3$$

$$\dot{m} = 1,1565 \text{ kg}/\text{s}$$

### Perhitungan Dudukan Fan

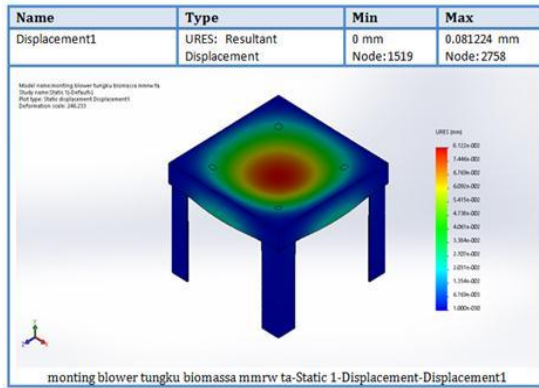


Gambar 6. Simulasi Tegangan Aktual Dudukan Fan

Hasil yang diperoleh dari simulasi, yaitu dudukan *blower* mendapatkan tegangan aktual von mises maksimum sebesar 1,04766e +007 N/m<sup>2</sup>, jauh lebih kecil dibandingkan dengan *yield strength*

material sebesar  $2,500e + 008 \text{ N/m}^2$ . Maka bisa dikatakan aman.

Hasil yang diperoleh dari simulasi yaitu hopper mendapatkan *displacement* aktual maksimum ialah sebesar 0,081224 mm. *Displacement* maksimum ini sangat kecil dan dapat dikatakan aman.



**Gambar 7.** Simulasi *Displacement* Aktual Dudukan Fan

### Perpindahan kalor

Perpindahan kalor dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Q = \epsilon_{wi} \cdot A_{wi} \cdot B_o \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \text{ (Cangel, 2006)}$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{wi} &= 0,97 \text{ (tabel emisivitas)} \\ A_{wi} &= 1,9 \text{ m}^3 \\ B_o &= 4,9 : 4,97 \\ \epsilon_g &= \alpha_g = \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \\ T_f &= 200\text{C} = 473\text{K} \\ T_{wi} &= 80\text{C} = 353\text{K} \end{aligned}$$

$$Q = 0,97 \cdot 1,9 \cdot 4,9 \cdot 5,67 \times 10^{-8} \cdot (473^4 - 353^4)$$

$$Q = 17.679,363 \text{ J/s} = 17,679 \text{ KJ/s}$$

### Perhitungan Tebal Dinding Pembatas

Tebal dinding ruang bakar dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$L = -kA \frac{(T_1 - T_2)}{q}$$

$$L = 40 \text{ w/mk} \cdot 1,9\text{m}^2 \frac{(353 \text{ K} - 343 \text{ K})}{17679,363 \text{ J/s}}$$

$$L = 0.042 \text{ m} = 4.2 \text{ cm}$$

Maka tebal dinding ruang bakar adalah 4 cm.

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan pada perencanaan tungku biomassa mesin pengering rumput laut, maka didapatkan spesifikasi sebagai berikut:

1. Desain tungku biomassa adalah dengan ruang bakar berada di dalam tungku dan memanfaatkan dinding ruang bakar sebagai perubah kalor.
2. Dimensi tungku (panjang x lebar x tinggi) = 700 mm x 700 mm x 1200 mm.
3. Dimensi ruang bakar (panjang x lebar x tinggi) = 600 mm x 650 mm x 1000 mm.
4. Besar Volume ruang bakar  $0,39 \text{ m}^3$  dan Volume ruang udara panas yang dipakai  $0,141229 \text{ m}^3$ .
5. Dinding ruang bakar sebagai penukar kalor menggunakan *Mild Steel* dengan luas permukaan  $1,9 \text{ m}^2$  dan tebal dinding 4 cm.
6. Udara panas di hantarkan oleh kipas dengan kapasitas udara 4053,6 CMH

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2014. *Banten dalam Angka Tahun 2013*. Serang: BPS Provinsi Banten
- Cangel, Y. A. 2006. *Heat Transfer, Second Edition*. New York: Mc Graw – Hill Book Company
- Madani, Sudarmaji. 2002. *Uji Kinerja Lapang Alat pengering Efek Rumah kaca (ERK) Tipe Rak Dengan Energi Surya Untuk Pengeringan Kerupuk Udang*. Skripsi. Departemen Teknik Pertanian, IPB, Bogor.
- Pahl, G. and Beitz. 2004. *Engineering Design, Third edition*.
- Putra, G.M.D., Sutoyo, E. dan Hartini, S. 2014. *Uji Kinerja Alat Pengering Efek Rumah Kaca (ERK) Hybrid*

*dengan Tungku Biomassa sebagai Sistem Pemanas Tambahan untuk Pengeringan Biji Pala (Myristica sp).* Jurnal Teknologi Pertanian Lampung 3 (2): 183-194.

Saravanan, D., Wilson, V.H. dan Kamarasamy, S. 2014. *Design and Thermal Performance of Solar Biomass Hybrid Dryer for Cashew Drying.* Jurnal Mechanical Engineering 12 (3): 277-288.