

# PERANCANGAN WADAH PEREBUSAN BAKSO IKAN DENGAN DAYA 1000 W

Lehet Rikardo Pandiangan<sup>1</sup>, Romy<sup>2</sup>, Nazaruddin<sup>3</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

<sup>1</sup>rikardopandiangan53@gmail.com, <sup>2</sup>romy\_pku@yahoo.com, <sup>3</sup>nazaruddin@eng.unri.ac.id

## ABSTRACT

*The development of a country coupled by the economic growth of its people, the example of a small economy is small and medium enterprises. The development of small and medium enterprises needs to be considered in line with economic growth. One of the small and medium business units in Riau is the fish meatballs processing. In the process of fish meatballs boiling have a convection heat transfer process between water and fish meatballs and conducting in a sphere of meatballs. The purpose of this research was to design the vessel of boiling fish braid container with 1000 W power capacity with automatic temperature control system. Based on the results of the study produced dimension 78 × 20 × 25 cm thickness of 1.4 mm plate and stiffeners. The result of the test result is 2.5 hours and is actually 1 hour 20 minutes. The boiling time of meatballs with size 3.1 cm is 15 minutes theoretically and 4.6 minutes onaverage from test result. The total mass of processed meatballs is 3.12 kg with total wheat balls of 163 grains. Safety factor that obtained by using software ANSYS Workbench V15.0 is 1.6.*

**Keywords:** design boiling vessel, heat transfer conduction transient, safety factor.

## 1. Pendahuluan

Indonesia sebagai salah satu anggota Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) telah mengikuti perdagangan bebas tingkat ASEAN yang dinamakan dengan Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA). MEA 2015 diarahkan kepada pembentukan sebuah integrasi ekonomi dengan mengurangi biaya transaksi perdagangan, memperbaiki fasilitas perdagangan dan bisnis, serta meningkatkan daya saing sektor UMKM. Untuk dapat memainkan peranan dalam MEA diperlukan persiapan yang matang dengan memperhatikan peluang yang dimiliki dan tantangan yang dihadapi serta langkah strategi yang harus disiapkan [1].

Unit usaha UMKM turut membantu perekonomian masyarakat dengan berkembangnya jumlah unit usaha tiap tahunnya. Hal ini berdasarkan data dari Kemenkop dan UKM bahwa tahun 2011 unit usaha berjumlah 55.206.444 unit, tahun 2012 sebesar 56.534.592 unit yang berarti mengalami perkembangan sebesar 1.328.147 unit atau naik 2.41% [2].

Pada tahun 2011, UMKM mampu berandil besar terhadap penerimaan negara dengan menyumbang 61.9 persen pemasukan produk (PBD) melalui pembayaran pajak, yang diuraikan sebagai berikut: sektor usaha mikro menyumbang 36.28 % PBD, sektor usaha kecil 10.9 %, dan sektor usaha menengah 14.7 % melalui pembayaran pajak.[3]

Salah satu contoh unit usaha UMKM adalah pengolahan bakso. Saat ini industri bakso baik berskala kecil maupun besar mulai menjamur di kalangan masyarakat. Riau merupakan salah satu

provinsi di Indonesia yang memiliki unit UMKM, dimana industri UMKM juga mengalami perkembangan. Pada studi literatur yang dilakukan di UMKM Desa Patin yang terletak di kabupaten Kampar telah memulai pengolahan usaha dari bahan utama yaitu ikan patin.

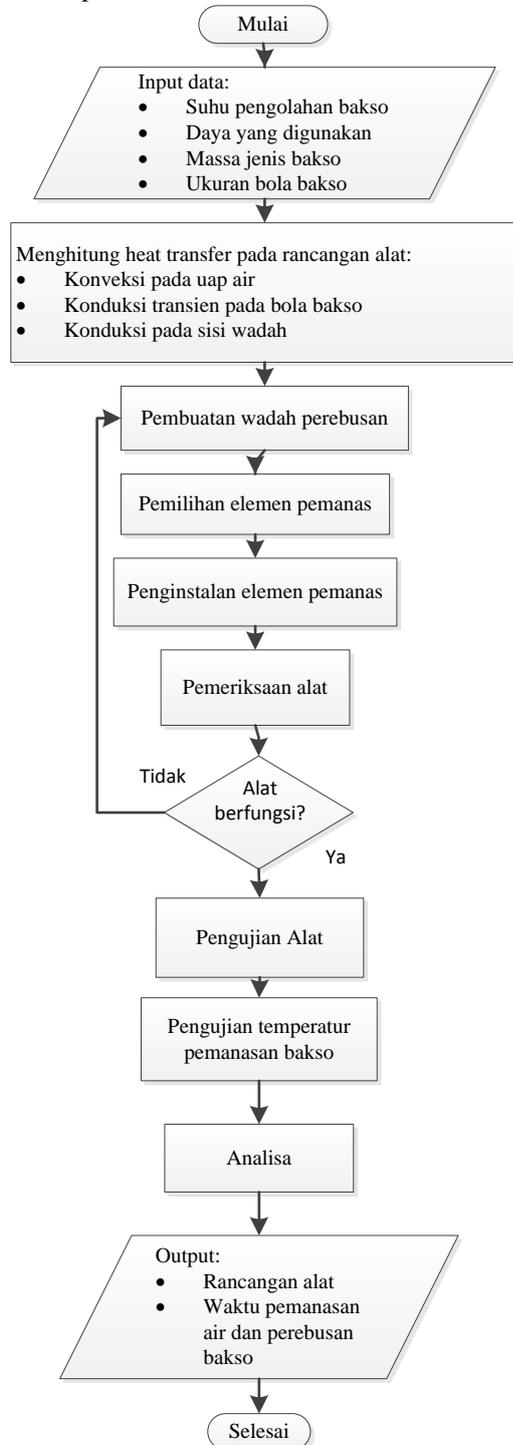
Pada saat studi lapangan yang telah dilakukan, UMKM Desa Patin memiliki sebuah mesin pencetak bakso dengan kapasitas pengolahan 250 sampai 280 butir bakso per menitnya dengan ukuran bakso hasil cetakan antara lain 2.1 cm, lalu 2.4 cm, kemudian 2.8 cm, dan terakhir 3.1 cm. Pada proses pengolahan bakso terdapat tiga tahap utama yaitu pencetakan adonan, perebusan bakso dan proses pengeringan bakso. Proses perebusan bakso memiliki tujuan untuk mengerasakan kulit luarnya dan untuk proses pematangan bola bakso tersebut. Pada saat studi lapangan, proses perebusan bakso masih menggunakan wadah yang kecil, sehingga untuk kapasitas perebusan bakso tidak memadai dengan hasil cetakan mesin

Pada proses perebusan terjadi proses perpindahan panas. Proses perpindahan panas adalah proses berpindahnya energi kalor atau panas (*heat*) karena adanya perbedaan temperatur [4]. Dalam proses perebusan bisa diprediksi kematangan suatu makanan dengan menggunakan analisis konduksi transient [5]. Pada proses perhitungan waktu perebusan bakso diprediksi tingkat kematangannya dengan menghitung cepat rambat kalor sampai ke suhu tengah bola bakso [6].

## 2. Metode Desain

Pada penelitian ini, jenis wadah yang di desain adalah wadah perebusan dengan tipe rectangular edge stiffeners dengan sistem kontrol temperatur otomatis.

Dimana wadah yang dirancang sesuai dengan standar makanan yang terbuat dari material Stainless steel 304. Diagram alir perancangan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pengujian

### 2.1 Parameter Perhitungan

Dalam penelitian, perancangan wadah dan kecepatan pematangan bakso akan dihitung menggunakan persamaan-persamaan dibawah ini:

#### Sifat Termal

Dalam penelitian ini, perancangan wadah dan sistem kontrol akan dihitung menggunakan persamaan-persamaan dibawah ini [7]:

##### 1. Konduktivitas termal

Untuk menghitung sifat konduktivitas digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Protein} = 1,7881 \times 10^{-1} + 1,1958 \times 10^{-3} \times t - 2,7178 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (1)$$

$$\text{Lemak} = 1,8071 \times 10^{-1} - 2,7604 \times 10^{-4} \times t - 1,7749 \times 10^{-7} \times t^2 \quad (2)$$

$$\text{karbohidrat} = 2,0141 \times 10^{-1} + 1,3874 \times 10^{-3} \times t - 4,3312 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (3)$$

$$\text{Abu} = 3,2962 \times 10^{-1} + 1,4011 \times 10^{-3} \times t - 2,9069 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (4)$$

##### 2. Difusi termal

Untuk menghitung difusi termal digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Protein} = 6,8714 \times 10^{-8} + 4,7578 \times 10^{-10} \times t - 1,4646 \times 10^{-12} \times t^2 \quad (5)$$

$$\text{Lemak} = 9,8777 \times 10^{-8} - 1,2569 \times 10^{-11} \times t - 3,8286 \times 10^{-14} \times t^2 \quad (6)$$

$$\text{Karbohidrat} = 8,0842 \times 10^{-8} + 5,3052 \times 10^{-10} \times t - 2,3218 \times 10^{-12} \times t^2 \quad (7)$$

$$\text{Abu} = 1,2461 \times 10^{-7} + 3,7321 \times 10^{-10} \times t - 1,2244 \times 10^{-12} \times t^2 \quad (8)$$

##### 3. Panas spesifik

Difusi termal dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Protein} = C_p = 2,0082 + 1,2089 \times 10^{-3} \times t - 1,3129 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (9)$$

$$\text{Lemak} = C_p = 1,9842 + 1,4733 \times 10^{-3} \times t - 4,8008 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (10)$$

$$\text{Karbohidrat} = C_p = 1,5488 + 1,8306 \times 10^{-3} \times t - 5,9399 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (11)$$

$$\text{Abu} = C_p = 1,0926 + 1,8896 \times 10^{-3} \times t - 4,6509 \times 10^{-6} \times t^2 \quad (12)$$

#### Konduksi Transien

Untuk menghitung waktu perebusan bakso dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Bi = (hr_0)/k \quad (13)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai  $\tau$  dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\tau = \ln(A1 \cdot (T_i - T_\infty) / (T_0 - T_\infty)) / (\lambda_1^2) \quad (14)$$

Untuk mengetahui waktu perebusan bakso:

$$t = (\tau r_0^2) / \alpha \quad (15)$$

#### Koefisien konveksi

Langkah awal dalam menentukan koefisien konveksi adalah mengetahui temperatur film dengan menggunakan persamaan [8]:

$$T_f = \frac{T_\infty - T_w}{2} \quad (16)$$

Untuk mengetahui bilangan Grashof menggunakan persamaan:

$$Gr = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)L^3}{\nu^2} \quad (17)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung bilangan Rayleigh dengan menggunakan persamaan:

$$Ra = GrPr \quad (18)$$

Kemudian menghitung bilangan Nusselt dengan menggunakan persamaan:

$$\overline{Nu} = 0,68 + \frac{0,670Ra^{1/4}}{\left[1 + (0,492/Pr)^{9/16}\right]^{4/9}} \quad (19)$$

Setelah bilangan Nusselt diketahui maka menghitung laju perpindahan panas menggunakan persamaan: koefisien konveksi

$$h = \frac{Nu \times k}{L} \quad (20)$$

### Perancangan wadah perebusan

Untuk merancang wadah perebusan dengan tipe *top edge stiffeners* dilakukan perhitungan sebagai berikut [9]:

Langkah pertama adalah menghitung tebal pelat yang dibutuhkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = L \sqrt{\frac{\beta H 0,036 G}{s}} \quad (21)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung tebal dengan faktor korosi dengan menggunakan persamaan:

$$t_a = t + \text{faktor korosi} \quad (22)$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung beban yang diterima oleh dinding masing-masing wadah dengan menggunakan persamaan:

$$w = \frac{0,036 G H^2}{2} \quad (23)$$

Stiffeners yang diperlukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

$$I_{min} = \frac{R_1 L^4}{192 E t_a} \quad (24)$$

## 4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, waktu perebusan bakso dan waktu pemanasan air wadah dianalisa dengan menggunakan perhitungan analisis konduksi transien dan analisa *safety factor* dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ANSYS Workbench v15.0.

Adapun hasil perhitungan sifat termal pada bakso dalam Tabel 1.

Tabel 1. Sifat Termal Pada Bakso

		Sifat Termal		
Komposisi		k, W/m.K	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	Cp, kJ/kgK
1	Protein	0,24	9.20E-08	2.076

2	Lemak	0,16	9.79E-08	2.055
3	Karbohidrat	0,26	1.04E-07	1.658
4	Abu	0,30	1.43E-07	1.189
5	Air	0,65	1.59E-07	4.185

Kemudian hasil koefisien konveksi pada penelitian dalam Tabel 2:

Tabel 2. koefisien konveksi

	h bakso	h vertikal	h horizontal	h evaporasi
Tf	77,5	60	60	60
Gr		8.96E+08	3.27E+08	
Ra	2.14E+09	3.58E+08	2.36E+08	0,98
Nu	110,79	71,54	44,16	0,22
h	3240,577	8,04	5,70	0,00347

Pada Tabel 2, koefisien konveksi pada masing-masing adalah 3,200 W/m<sup>2</sup>K, 8,04 W/m<sup>2</sup>K, 5,70 W/m<sup>2</sup>K dan 0,003 W/m<sup>2</sup>K. koefisien konveksi tertinggi berada pada konveksi antara bola bakso dengan perebusan. Konveksi dipengaruhi oleh beberapa hal seperti selisih perbedaan temperatur antara wadah dengan air perebusan dimana suhu perebusan adalah 95°C dan suhu bakso diasumsikan 95°C.

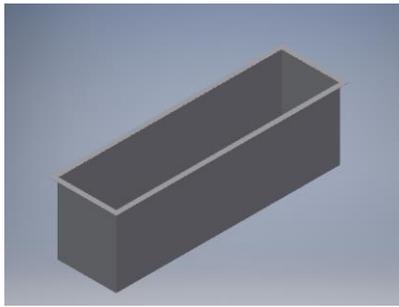
Perhitungan parameter untuk desain wadah diperoleh data seperti pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Parameter Desain Wadah

t	0,024
ta	0,055
w	1,74 lb/in
R1	0,52 lb/in
R2	1,22 lb/in
Imin	0,000042 in <sup>4</sup>
$\sigma_{th}$	231,02 Mpa

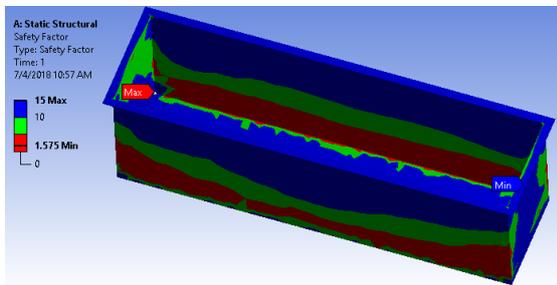
Pada Tabel 3 didapatkan hasil bahwa tebal wadah adalah 0.55 in atau 1.4 mm dimana *stiffeners* pada wadah didapat adalah 0.00042 in<sup>4</sup>. Pada beban yang diterima oleh wadah perebusan, tegangan termal sangat mempengaruhi desain wadah. Pada hasil perhitungan yang telah dilakukan didapat bahwa tegangan termal masih aman dengan  $\sigma_{th} < \sigma_{ym}$ . Jadi pada hasil desain tebal pelat 1,4 mm dengan suhu air 95 °C masih dalam keadaan aman untuk digunakan.

Untuk menganalisa *safety factor* dengan bantuan program ANSYS, terlebih dahulu dilakukan proses desain dengan menggunakan bantuan program inventor 2014. Untuk hasil desain seperti pada Gambar 3.



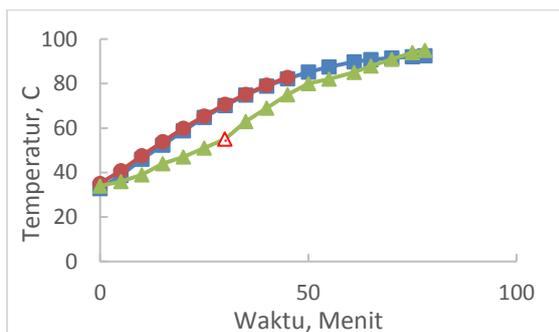
Gambar 2. Desain Wadah Perebusan

Untuk mengetahui performa dari wadah perebusan yang telah dirancang, perlu dilakukan simulasi dengan menggunakan program Ansys 15.0. Untuk proses desain menggunakan software Autodesk inventor 2014 seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Simulasi Wadah Perebusan

Dengan menggunakan software ANSYS Workbench, didapatkan hasil simulasi *safety factor* seperti pada Gambar 4. Setelah dilakukan simulasi didapatkan hasil berupa faktor keamanan (*safety factor*) akhir adalah 1,575.



Gambar 4 Pengujian Kecepatan Pemanasan Air

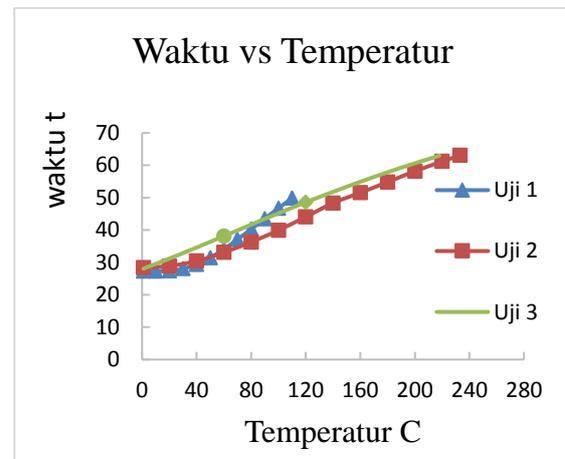
Pada hasil pengujian yang ditampilkan dalam grafik pada Gambar 5 didapatkan bahwa kecepatan elemen pemanas untuk memanaskan air sampai suhu 95°C adalah selama 80 menit dan pada perhitungan teoritis adalah 2,5 jam. Perbedaan waktu pemanasan ini disebabkan oleh pada perhitungan teoritis dimana rumus penyerapan kalor pada air adalah  $Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$  pada kondisi  $m \cdot C_p \cdot \Delta T$  tidak diperhitungkan perubahan fasa pada air ketika telah mencapai suhu 95°C. Pada

pengamatan yang dilakukan secara visual, bahwa air telah mengalami penguapan pada suhu 80°C yang disebabkan oleh elemen pemanas ketika bersentuhan dengan air. Proses penguapan bisa dilihat pada gelembung-gelembung udara pada air akibat pemisahan unsur H<sub>2</sub>O, sehingga unsur O (oksigen) pada air berpisah dan menyebabkan gelembung. Dan pada pengamatan selama pengujian didapatkan pengurangan volume air akibat evaporasi selama pengujian.

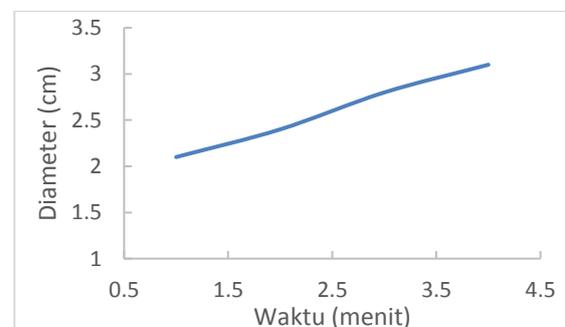
Tabel 4. Hasil Pengujian Konduksi Transien

Pengujian	Waktu (Menit)
1	3.633333
2	3.866667
3	5.283333
4	5.616667
Rata-rata	4.6

Untuk mengetahui laju konduksi transient pada bola bakso dilakukan pengujian konduksi transient sebanyak 3 kali pengujian. Adapun hasil didapat seperti pada Gambar 6.



Gambar 5. Pengujian Perebusan Bakso



Gambar 6. Perhitungan Kecepatan Perebusan Bakso

Pada Gambar 6 didapatkan hasil pengujian 1 didapatkan bahwa waktu untuk merebus bakso adalah 317 detik atau 5.2 menit dengan temperatur 62.9°C. Pada pengujian 2 didapatkan waktu merebus bakso adalah 233 detik atau 3.88 menit dengan suhu 63,07°C sementara pada pengujian 3 waktu merebus bakso didapatkan sekitar 218 detik atau 3.6 menit dengan suhu 62.98°C. Rata-rata hasil pengujian adalah 4.2 menit.

## 5. Simpulan

Dari hasil penelitian, pengukuran dan perhitungan yang telah dilaksanakan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat sebuah wadah perebusan dengan dimensi 87×20×25 cm dengan ketebalan 1.4 mm dan sistem kontrol temperatur otomatis.
2. Wadah perebusan yang dapat ditampung dengan daya 1000 W adalah 3.12 kg bakso dengan sekali pengolahan.
3. Kecepatan pemanasan air adalah 80 menit secara actual dan 2.5 jam dengan teoritis, dan perebusan bakso secara teoritis didapatkan 15 menit dan secara pengujian didapatkan rata-rata 4.6 menit.
4. Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi pada wadah perebusan, didapatkan hasil *safety factor* 1.6.

## Daftar Pustaka

- [1] Chairil. 2014. Peluang dan Tantangan Indonesia pada ASEAN Economic Community 2015. <http://www.setneg.go.id/index.php?option=comcontent&task=view&id=7911>. Diakses pada 9 desember 2017.
- [2] BPS. 2011. Produk Domestik Bruto. <http://www.bps.go.id>. Diakses 12 oktober 2017.
- [3] Perkembangan Data Usaha Mikro, Kecil, Menengah (UMKM) Dan Usaha Besar Tahun 2010-2011. 2011. Kementerian Koperasi dan UKM. Jakarta, Indonesia.
- [4] Cengel, A Yunus dan Boles, Michael. 2003. Heat transfer a practical approach. Mc.Graw Hill, USA.
- [5] Huang E, S. G. Mittal. Meatball Cooking-Modelling and Simulation. University of Guelph. Canada. Journal of Food Engineering 24 (1995) 87-100.
- [6] Douglas, S dan McGinnis. *Prediction of Transient Conduction Heat Transfer in Foods Packaged in Flexible Retort Pouches*. Cannada, Ottawa. Journal of food science and technology Journal (1986) 148-157.
- [7] ASHRAE Handbook. 2016.Refrigerant System and Aplication (SI), American Society

of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineer. Atlanta, Georgia.

- [8] Holman, J.P. 2010. Heat Transfer, tenth edition. Mc.Graw Hill, USA.
- [9] Megyesy, Eugene F.1997. Pressure Vessel Handbook, 10 th edition.