

## PENGARUH KADAR GARAM TERHADAP SUHU PADA PEMANASAN *OHMIC HEATING*

*Imam Sofi'i<sup>1)</sup>, Sumardi H.S<sup>2)</sup>*

*<sup>1,2)</sup>Teknologi Industri Pertanian, FTP, Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Veteran, Malang  
Email : [imam.achmad298@gmail.com](mailto:imam.achmad298@gmail.com)*

**Abstrak.** Penghematan energi merupakan hal yang sangat perlu dilakukan terutama dalam proses pengolahan bahan pangan. Ohmic heating merupakan teknologi yang relatif baru dalam pemanasan bahan pangan dan memiliki potensi cukup menjanjikan karena cukup efisien dalam penggunaan energi listrik. Pemanasan terjadi karena adanya aliran listrik yang melewati bahan dengan konduktivitas tertentu. Kandungan bahan lain seperti garam dalam proses pengolahan bahan pangan akan mempengaruhi pemanasan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan garam dapur pada proses pemanasan bahan pangan cair menggunakan ohmic heating. Metode yang digunakan adalah dengan memanaskan aquades yang mengandung konsentrasi garam 1M, 0,1M, dan 0,01M dengan menggunakan dua jenis pemanas yang keduanya bersumber dari energi listrik. Jenis pemanas pertama adalah kompor listrik dengan tegangan 220V dan pemanas yang kedua menggunakan ohmic heating dengan tegangan 220V. Kedua cara pemanasan tersebut dibandingkan penggunaan energinya. Hasil menunjukkan bahwa untuk mencapai suhu pemanasan yang sama, pemanasan aquades plus garam menggunakan ohmic heating memerlukan waktu lebih cepat dan energi lebih rendah dibandingkan dengan kompor listrik. Semakin tinggi kadar garam maka akan semakin besar energi yang diperlukan untuk pemanasan baik pada pemanasan menggunakan kompor listrik maupun ohmic heating. Penggunaan ohmic heating pada proses pemanasan bahan pangan cair merupakan salah satu solusi dalam penghematan energi.

**Kata kunci:** Ohmic heating, pemanasan, garam, energy

### 1. Pendahuluan

#### Latar belakang

Besarnya biaya pada proses pengolahan bahan pangan di industri salah satunya ditentukan oleh besarnya konsumsi energi yang digunakan. Penggunaan energi yang kurang efisien akan menyebabkan kerugian karena ada sebagian energi yang hilang. Efisiensi penggunaan energi sangat diperlukan untuk menekan biaya produk.

Sebagian besar industri menggunakan listrik sebagai sumber energi untuk proses pemanasan dan pemasakan bahan. Sumber pemanas yang digunakan dalam bentuk pemanas listrik (*heater*) maupun kompor listrik. Besarnya energi tergantung dari daya listrik yang digunakan dan lama pemakaian. Pindah panas antara sumber pemanas ke bahan yang dipanaskan memerlukan media perantara. Selain itu adanya bahan tambahan lain yang larut dalam bahan pangan seperti garam akan mempengaruhi titik didih yang akan mempengaruhi lama proses pemasakan. Hal ini akan mempengaruhi efisiensi pemanasan.

Saat ini telah dikembangkan teknologi baru dalam pemanasan untuk pemasakan bahan pangan cair, salah satunya adalah *ohmic heating* atau disebut juga *joule heating*. *Ohmic heating* (OH) didefinisikan sebagai proses dimana arus listrik dialirkan melalui bahan dengan tujuan utama adalah untuk pemanasan. Pada *ohmic heating* tidak terjadi pindah panas melalui perantara padatan cairan tetapi secara langsung melewati bahan itu sendiri [1][2]. Bahan yang mengandung cukup air dan elektrolit jika dilewati arus listrik maka akan dapat digunakan untuk membangkitkan panas dalam produk tersebut [3]. Pemanasan pada OH terjadi dalam bentuk transformasi energi internal [4].

Pemanasan menggunakan OH memiliki keunggulan dan tantangan. Keunggulan OH yaitu : pemanasan berlangsung secara volumetrik dan merata, suhu tinggi dalam partikulat dari cairan dapat dicapai, mengurangi resiko *fouling* pada permukaan dan membakar produk, efisiensi cukup tinggi karena 90% energi listrik diubah menjadi panas, kemudahan kontrol proses, mengurangi biaya perawatan, dan ramah lingkungan [5,6]. Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan OH untuk skala komersial

yaitu : kurangnya model lengkap yang mempertimbangkan konduktivitas antara fase cair dan padat, kurangnya data mengenai faktor penting yang mempengaruhi pemanasan termasuk waktu tinggal dan tingkat pembebanan, belum adanya teknik validasi suhu yang cocok untuk mencari *cold* maupun *hot spot* [7].

Garam diperlukan pada produk makanan sebagai pemberi citarasa dan sebagai bahan pengawet. Beberapa produk pangan cair maupun pasta biasanya mengandung kadar garam cukup tinggi. Kadar garam yang tinggi akan mempengaruhi lamanya proses pemasakan karena sifat dari garam dapat menurunkan titik didih.

Penggunaan energi untuk pemanasan bahan makanan cair maupun pasta yang mengandung garam perlu dilakukan karena berkaitan dengan biaya pemakaian energi. Pemilihan metode pemanasan yang tepat akan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Dalam makalah ini akan dibahas mengenai penggunaan energi untuk pemanasan bahan cair yang mengandung garam. Kedua metode pemanasan menggunakan listrik sebagai sumber energi. Metode tersebut adalah menggunakan kompor listrik dan *ohmic heating* (OH). Dari kedua metode tersebut dicari manakah yang membutuhkan energi paling rendah untuk pemanasan.

### **Rumusan masalah**

Pemanasan bahan makanan atau minuman cair di industri biasanya menggunakan energi listrik dalam bentuk pemanas listrik maupun kompor listrik. Pemanasan dengan cara tersebut diduga kurang efisien karena adanya panas yang hilang. Pemanasan yang memiliki efisiensi tinggi dapat dilakukan dengan tanpa melalui media perantara yaitu menggunakan *ohmic heating*. Pemanasan terjadi karena adanya aliran listrik yang melewati bahan dengan konduktivitas tertentu. Pemanasan *ohmic heating* ini lebih merata karena tanpa adanya media perantara. Proses pemasakan makanan maupun minuman dalam bentuk cairan biasanya ditambahkan bahan-bahan lain termasuk penambahan garam. Penambahan garam akan mempengaruhi titik didih yang akan berakibat pada lamanya proses pemasakan.

Tujuan penelitian adalah (1). Mengetahui konsumsi energi yang diperlukan dan laju pemanasan air dengan konsentrasi garam dapur (NaCl) yang berbeda menggunakan kompor listrik dan *ohmic heating* (2). Mengetahui pengaruh kadar NaCl terhadap laju pemanasan menggunakan kompor listrik dan *ohmic heating*

### **Metode Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah aquades dan garam dapur (NaCl) yang diperoleh dari toko bahan kimia. Peralatan yang digunakan adalah trafo step up/step down, volt meter, ampere meter, thermometer, stopwatch, kompor listrik, ruang treatment *ohmic heating*, gelas beaker, timbangan analitik dan gelas ukur.

### **Prosedur**

#### **Pembuatan larutan NaCl**

Membuat larutan NaCl 1 M dengan cara mencampurkan 58,44 g kristal NaCl ke dalam 1 liter aquades, membuat larutan NaCl 0,1 M dengan cara mencampurkan 5,844 g kristal NaCl ke dalam 1 liter aquades, membuat larutan NaCl 0,01 M dengan cara mencampurkan 0,5844 g kristal NaCl ke dalam 1 liter aquades. Masing-masing larutan diaduk sampai homogen.

#### **Pengujian pemanas kompor listrik**

Memasukkan 200 mL larutan NaCl 1 M ke dalam gelas beaker dan memanaskan menggunakan kompor listrik, mengukur arus dan tegangan kompor listrik, mengukur laju perubahan suhu dan waktu yang diperlukan sampai larutan mendidih. Mengulangi langkah di atas untuk larutan NaCl 0,1 M dan 0,01 M.

#### **Pengujian pemanas *ohmic heating***

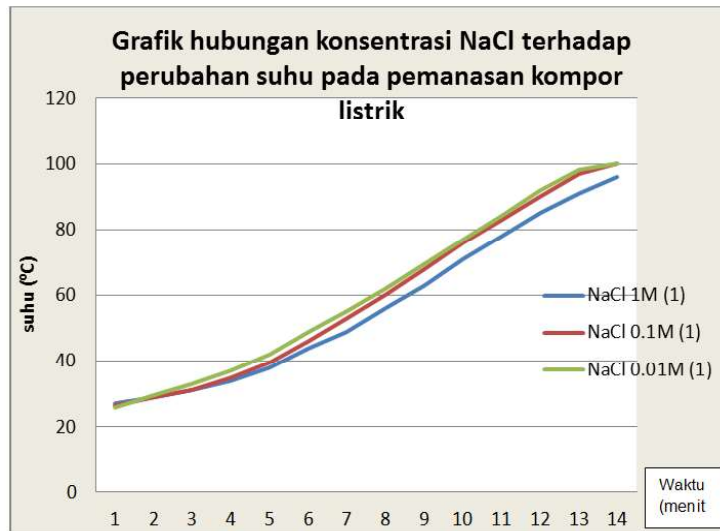
Memanaskan 200 mL larutan NaCl 1 M menggunakan pemanas *ohmic heating*, mengukur arus dan tegangan, mengukur laju perubahan suhu dan waktu yang diperlukan sampai larutan mendidih. Mengulangi langkah di atas untuk larutan NaCl 0,1M, 0,01 M dan larutan tanpa NaCl. Tegangan listrik yang digunakan adalah 220 V.

## **2. Pembahasan**

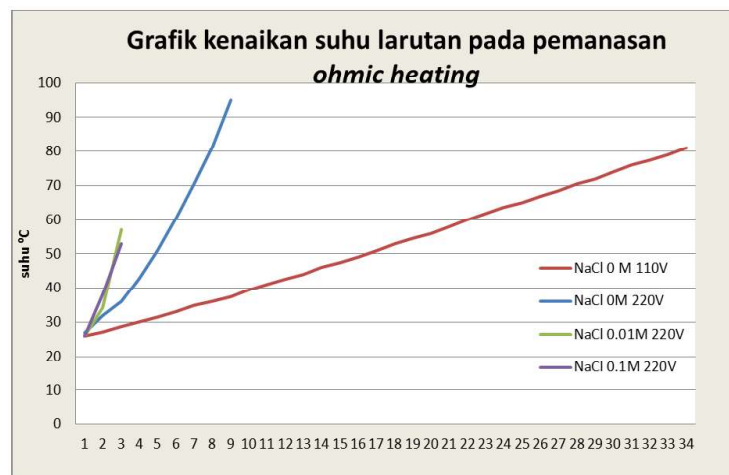
### **Laju Pemanasan**

Hasil pemanasan larutan NaCl pada beberapa tingkat konsentrasi menggunakan pemanas kompor listrik (Gambar 1) menunjukkan bahwa dengan waktu yang sama, suhu yang dicapai oleh larutan NaCl

konsentrasi 1 M lebih rendah dibandingkan larutan NaCl 0,1 M dan larutan NaCl 0,01 M. Hal ini sesuai dengan hukum Roulth bahwa dengan semakin banyaknya kandungan bahan terlarut yang bersifat sukar menguap maka akan menurunkan titik didih larutan atau untuk mendidihkan larutan dan pelarut diperlukan suhu lebih tinggi [8].



Gambar 1. Grafik Pemanasan larutan NaCl menggunakan kompor listrik



Gambar 2. Grafik Pemanasan larutan NaCl menggunakan *ohmic heating* (OH)

Grafik pemanasan larutan NaCl dengan beberapa tingkat konsentrasi menggunakan *ohmic heating* seperti pada Gambar 2. Pemanasan air (NaCl 0 M) menggunakan OH antara tegangan 110 V dan 220 V menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu pada tegangan 220 V menghasilkan kenaikan suhu yang lebih cepat dibandingkan pada tegangan 110 V. Besarnya tegangan mempengaruhi waktu dalam proses pemanasan.

Pada penggunaan tegangan 220 V antara larutan NaCl 0 M, NaCl 0,01 M dan 0,1 M menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi konsentrasi larutan maka akan semakin cepat terjadinya kenaikan suhu. Pada larutan dengan konsentrasi 0,1 M memiliki kandungan ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{Cl}^-$  lebih besar. Ion-ion ini bertindak sebagai jembatan elektron untuk berpindah dari satu titik ke titik lain. Semakin banyak ion maka konduktivitas juga semakin besar yang memberikan efek positif yaitu mempercepat terjadinya kenaikan suhu dalam larutan.

Konduktivitas listrik adalah ukuran dari seberapa baik zat mengirimkan muatan listrik, dinyatakan dalam Siemens per meter (S/m). Dalam terminologi *ohmic heating*, konduktivitas diukur berdasarkan kandungan dari mineral atau ionik. Bahan ionik yang paling umum adalah garam (NaCl). Semakin tinggi jumlah garam terlarut dalam suatu zat maka akan semakin tinggi konduktivitasnya [9].

Percobaan menggunakan larutan NaCl konsentrasi lebih tinggi yaitu 1 M dengan tegangan 220 V tidak dapat dilakukan karena terjadi semacam hubungan pendek arus listrik dengan arus yang terlalu besar.

**Konsumsi energi menggunakan kompor listrik**

Konsumsi energi untuk kompor listrik secara keseluruhan dapat dihitung berdasarkan tegangan listrik (V), arus listrik (I) dan lama pemakaian saat kompor posisi ON. Pemakaian energi dihitung menggunakan persamaan : [10].

$$P = \sum V.I.t. \tag{1}$$

dimana :

- $P$  = energi total (J)
- $V$  = Tegangan listrik (volt)
- $I$  = arus listrik (ampere)
- $t$  = waktu (detik)

Jumlah energi keseluruhan yang diperlukan selama 12 menit (720 detik) saat kompor ON dengan tegangan 220 V dan arus listrik 2.4 A adalah 380 160 J atau 380,16 kJ.

Tabel 1. Konsumsi energi pemanasan menggunakan kompor listrik (Joule/mL/°C)

menit ke-	NaCl 1 M		NaCl 0,1 M		NaCl 0,01 M	
	suhu	J/ml/°C	suhu	J/ml/°C	suhu	J/ml/°C
1	29	79,20	29	63,36	29,5	45,26
2	31	79,20	31	70,40	33	45,26
3	34	67,89	35	55,91	37	43,20
4	38	57,60	39,5	48,74	42	39,60
5	44	46,59	46	40,62	49	34,43
6	49	43,20	53	35,86	55	32,77
7	56	38,23	60	33,10	62	30,80
8	63	35,20	68	30,53	69,5	29,13
9	71	32,40	76	28,80	77	27,95
10	78	31,06	83	28,04	84	27,31
11	85	30,04	90	27,44	92	26,40
12	91	29,70	97	26,96	98	26,40
	Rata2	47,53	Rata2	40,81	Rata2	34,04

Berdasarkan Tabel 1. secara umum kebutuhan energi per mL per derajat menunjukkan pola bahwa pada awal pemanasan memerlukan energi lebih besar, seiring dengan bertambahnya waktu energi yang diperlukan semakin berkurang. Konsumsi energi rata-rata selama 12 menit untuk pemanasan larutan dengan konsentrasi NaCl 1 M memerlukan energi lebih besar dibandingkan NaCl 0,1 M dan 0,01 M. Konsumsi energi rata-rata menggunakan kompor listrik untuk memanaskan larutan NaCl 1 M sebesar 47,53 J/mL/°C, larutan NaCl 0,1 M sebesar 40,81 J/mL/°C, dan larutan NaCl 0,1 M sebesar 34,04 J/mL/°C. Semakin tinggi kandungan garam-garam terlarut maka semakin besar energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu dan pada akhirnya mempengaruhi suhu titik didih. Adanya garam-garam terlarut akan menurunkan titik didih larutan.

**Konsumsi energi menggunakan ohmic heating**

Kebutuhan energi untuk pemanasan menggunakan *ohmic heating* dihitung seperti pada pemanasan menggunakan kompor listrik yaitu ditentukan oleh tegangan, arus dan lama pemakaian. Berdasarkan Tabel 2. terlihat bahwa konsumsi energi rata-rata per volume per derajat dari pemanasan air tanpa garam (NaCl 0 M) pada kondisi tegangan yang berbeda menunjukkan bahwa pada tegangan rendah memerlukan energi rata-rata lebih rendah. Pada penggunaan tegangan 110 V besarnya energi rata-rata 0,41 J/mL/°C, sedangkan pada penggunaan tegangan 220 V memerlukan energi lebih besar yaitu rata-rata 1,10 J/mL/°C. Besarnya energi ini sesuai dengan persamaan (1), dimana besarnya energi berbanding lurus dengan besarnya tegangan, berbanding lurus dengan arus dan berbanding lurus dengan waktu. Semakin besar tegangan maka akan semakin besar energi yang dihasilkan.

Tabel 2. Percobaan pengaruh tegangan dan kadar garam terhadap kenaikan suhu pada pemanasan OH

Menit ke	NaCl 0M + 110 V		NaCl 0M + 220 V		NaCl 0,01M + 220V		NaCl 0,1M + 220V	
	suhu	J/ml/C	suhu	J/ml/C	suhu	J/ml/C	suhu	J/ml/C
1	27,2	0,55	32	0,40	34,3	7,95	38	5,50
2	28,8	0,41	36	0,83	53	5,23	57	8,36
3	30	0,55	43	0,75				
4	31,4	0,47	51	0,91				
5	33	0,41	60,5	0,83				
6	35	0,33	70,5	1,32				
7	36	0,66	81	1,89				
8	37,5	0,44	95	1,89				
...	...	...						
33	81	0,33						
rata2		0,41		1,10		6,59		6,93

Besarnya energi yang diperlukan untuk pemanasan menggunakan OH dari beberapa konsentrasi larutan NaCl menggunakan tegangan 220 V menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl maka akan semakin besar energi rata-rata per volume per derajat kenaikan suhu. Pada konsentrasi NaCl 0,1 M energi rata-rata 6,93 J/mL/°C, konsentrasi NaCl 0,01 M energi rata-rata 6,59 J/mL/°C dan pada konsentrasi garam 0 M energi rata-rata 1,10 J/mL/°C.

Sementara itu kadar NaCl yang tinggi menunjukkan pengaruh positif terhadap kenaikan suhu. Semakin tinggi kadar NaCl pada pemanasan OH dengan tegangan 220 V maka akan semakin cepat terjadi kenaikan suhu larutan. Pada menit ke-2, larutan NaCl 0,1 M menghasilkan suhu 57 °C, larutan NaCl 0,01 M menghasilkan suhu 53 °C, dan larutan NaCl 0 M menghasilkan suhu 32 °C.

Demikian juga ada hubungan antara tegangan dengan kenaikan suhu. Pada tegangan yang lebih tinggi yaitu 220 V untuk mencapai suhu 81 °C diperlukan waktu 7 menit sedangkan pada tegangan rendah diperlukan waktu 33 menit. Energi total yang diperlukan sampai dengan 7 menit untuk tegangan 220 V adalah 11,748 kJ, sedangkan energi total sampai dengan menit ke 33 untuk tegangan 110 V adalah 4,356 kJ. Semakin tinggi kadar NaCl dan semakin besar tegangan maka akan semakin cepat terjadi kenaikan suhu tetapi membutuhkan energi lebih besar.

Pada percobaan menggunakan kadar NaCl lebih tinggi yaitu 1 M dengan tegangan 220 V sulit dilakukan karena terjadi semacam hubungan singkat arus listrik dengan arus listrik yang besar. Percobaan menggunakan NaCl konsentrasi tinggi dapat dilakukan jika tegangan yang digunakan cukup rendah.

### 3. Simpulan

Berdasarkan uraian sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemanasan larutan dengan kadar garam (NaCl) lebih tinggi menggunakan kompor listrik memerlukan waktu lebih lama sedangkan pemanasan menggunakan *ohmic heating* (OH) terjadi sebaliknya yaitu semakin tinggi kadar NaCl maka akan semakin cepat kenaikan suhunya.
2. Pada pemanasan larutan dengan kadar garam (NaCl) yang sama, penggunaan *Ohmic Heating* membutuhkan energi lebih rendah dibandingkan kompor listrik.
3. Energi rata-rata per volume per derajat untuk pemanasan air menggunakan kompor listrik dengan kandungan NaCl 1 M; 0,1 M dan 0,01 M setelah 6 menit berturut-turut sebesar 43,20 J/mL/°C, 35,86 J/mL/°C, 32,77 J/mL/°C sedangkan energi rata-rata pemanasan OH setelah 2 menit menggunakan tegangan 220 V untuk NaCl 0,1 M; 0,01 M dan 0 M berturut-turut adalah 6,93 J/mL/°C; 6,59 J/mL/°C; 0,62 J/mL/°C dan larutan NaCl 0 M untuk tegangan 110 V sebesar 0,48 J/mL/°C.
4. Pemanasan menggunakan *ohmic heating* lebih cepat dan hemat energi dibandingkan kompor listrik.

### Daftar Pustaka

- [1]. Knirsch M.C., Carolina A.S., Antonio A.M.O.S.V., Thereza C.V.P. 2010. *Ohmic heating-a review*. Trends in Food Science & Technology 21 (2010). 436-441
- [2]. Castro L., Teixeira J.A., Salengke S., Sastry S.K., Vicente A.A. 2003. *The influence of field strength, sugar and solid content on electrical conductivity of strawberry product*. Journal of Food Processing Engineering. 26:17-29.
- [3]. Imai T., Uemura K., Ishida N., Yoshizaki S., Noguchi A. 1995. *Ohmic heating of Japanese White Radish Raphanus sativus L.* International Journal of Food Science and Technology, 30, 461-472.
- [4]. Sastry, S. K., & Barach, J. T. 2000. *Ohmic and inductive heating*. Journal of Food Science Supplement, 65(4), 42-46.
- [5]. Skudder P. J. 1988. *Ohmic heating: new alternative for aseptic processing of viscous foods*. Food Engineering. 60, 99-101.
- [6]. Kim H.J., Choi Y.M., Yang T.C.S., Taub I.A., Tempes P, Skudder P. J., Tucker G., Parrott D.L. 1996. *Validation of ohmic heating for quality enhancement of food products*. Fd Technol. 253-61.
- [7]. Ruan R., X. Ye., P. Chen., C.J. Doona and I. Taub. 2001. *Ohmic Heating*. University of Minnesota and US Army Natick Soldier Center. Woodhead Publishing Ltd.
- [8]. Achmad, Hiskia. 1996. *Kimia Larutan*. Bandung : PT. Citra Adutya Bakti.
- [9]. Janz, G.J. and Singer, S.K. 1975. *Copenhagen Standard Sea Water: Conductivity and Salinity*. J. Solution Chemistry, 4 (12), 995-1003
- [10]. Icier F., Ilicali C. 2005. *Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during Ohmic Heating*. Food Res Int 2005;38:1135-42.