

# Simulasi Pengaruh Daya Dan Waktu Terhadap Temperatur Pada Microwave Dengan Metode Torefaksi

M. Malyadi<sup>1</sup>, Fauzan Maskur<sup>2</sup>, Kuntang Winangun<sup>1\*</sup> dan Rendy Cahyono<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo

\*Corresponding author: [muhmalyadi@yahoo.com](mailto:muhmalyadi@yahoo.com)

**Abstract.** One way to use biomass waste is to convert it into solid fuel or commonly referred to as briquettes. To get good quality biomass briquettes, biomass raw materials are processed into biochar through a slow heating process at low temperatures known as torefaction. One of the efficient heating technologies to carry out the torefaction process is to use microwave radiation. In addition, the purpose of this research is one of the outcomes of applied research funded by Ristekdikti through the DPRM in 2019. The purpose of this study was to determine the temperature needed by a microwave torefaction tool with the Computational Fluid Dynamics (CFD) method with the help of ANSYS FLUENT software. The variables in this study are variations in power of 100 W, 150 W, and 200 W with time variations of each power 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes and 120 minutes. The results showed that the best temperature was reached by a tool with a voltage of 150 W with a combustion time of 90 minutes.

**Abstrak.** Salah satu cara untuk menggunakan limbah biomassa adalah dengan mengubahnya menjadi bahan bakar padat atau yang biasa disebut briket. Untuk mendapatkan briket biomassa berkualitas baik, bahan baku biomassa diproses menjadi biochar melalui proses pemanasan lambat pada suhu rendah yang dikenal sebagai torefaksi. Salah satu teknologi pemanasan yang efisien untuk melakukan proses torefaksi adalah dengan menggunakan radiasi gelombang mikro. Selain itu tujuan penelitian ini adalah salah satu luaran penelitian terapan yang didanai oleh ristekdikti melalui DPRM tahun 2019. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan suhu yang dibutuhkan oleh alat torefaksi gelombang mikro dengan metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan bantuan perangkat lunak ANSYS FLUENT. Variabel dalam penelitian ini adalah variasi daya 100 W, 150 W, dan 200 W dengan variasi waktu masing-masing daya 30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu terbaik dicapai oleh alat dengan tegangan 150 W dengan waktu pembakaran 90 menit.

**Kata kunci:** microwaves, torefaction, CFD, temperature.

---

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

## Pendahuluan

Penggunaan alat-alat pemanas dalam kehidupan masyarakat sangat membantu, terutama untuk menunjang pemanasan pada makanan [1]. Salah satu contoh alat pemanas *Microwave* yang digunakan untuk pemanas makanan. Pemanasan pada *microwave* tidak terjadi karena temperatur gradien tetapi dengan perambatan gelombang. *Microwave* bekerja dengan cara memancarkan radiasi gelombang mikro melalui makanan. Gelombang mikro tersebut memicu molekul air dalam makanan saling bergesekan sehingga dapat memproduksi panas yang mematangkan makanan. Oleh karena itu, makanan yang memiliki kandungan air tinggi seperti sayuran dapat lebih cepat matang [2].

Penggunaan energi gelombang mikro pada *microwave* termasuk mekanisme perpindahan panas secara radiasi. Radiasi merupakan

perpindahan panas dari suatu benda ke benda lainnya, tanpa adanya kontak fisik, melalui gerakan gelombang [3]. Gelombang pada *microwave* menggunakan gelombang mikro dan di arahkan ke ruang pemanas. Energi elektromagnetik gelombang mikro juga telah digunakan secara luas. Dimana waktu pemanasan yang cepat dan pemanasan volumetrik adalah merupakan keuntungan dari pemanasan *microwave*. Dengan berkembangnya teknologi pemanasan dengan menggunakan gelombang mikro, para peneliti menggunakanannya dalam proses torefaksi biomasa [4-7]. Huang dkk. [8] telah menemukan bahwa hanya dengan menggunakan daya pada pemanas gelombang mikro sebesar 150 W selama 10 menit dapat meningkatkan kerapatan energi sebesar 14%

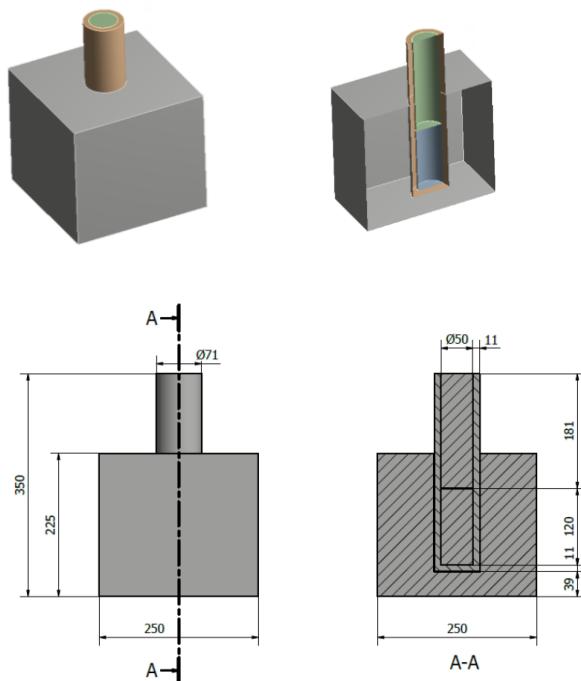
pada batang padi yang telah mengalami proses torefaksi. Ini menunjukkan bahwa penggunaan gelombang mikro dalam proses torefaksi mempunyai efisiensi yang baik.

Telah diketahui bahwa temperature dan waktu penahanan adalah dua parameter penting untuk torrefaction biomassa [9]. Karena itu, efek dari dua parameter pada padatan dan energi hasil serta sifat bahan bakar dari produk padat diselidiki. Untuk menguji pengaruh temperature pada microwave, tiga variasi daya 100, 150, dan 200 watt disimpan dalam empat waktu penahanan 30, 60, 90 dan 120 menit. Bagian utama dari sistem ini adalah reaktor silinder yang terbuat dari glas rendah penghantar panas dengan tinggi = 310 mm dan diameter dalam = 50 mm.

Kajian ruang pemanas didalam *microwave* menggunakan metode *Computational Fluid Dinamic* (CFD). Dimensi ruang pemanas yang akan dikaji memiliki dimensi 25x25x22.5 cm (PxLxT).

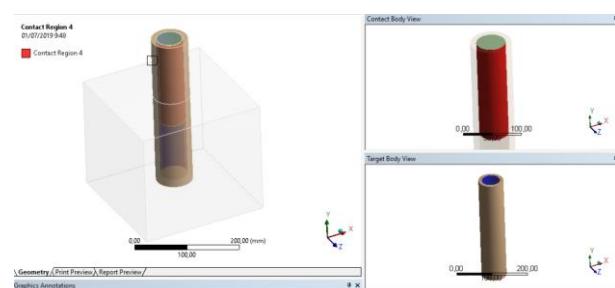
### Metode Penelitian

Geometri yang digunakan pada simulasi ini terdiri dari empat part yaitu (1) fluida udara microwave, (2) dinding gelas sample (3) fluida udara diatas sample, (4) sample. Model dibuat pada software Autodesk Inventor kemudian diexport dalam format IGES agar kompatibel dengan environment ANSYS.



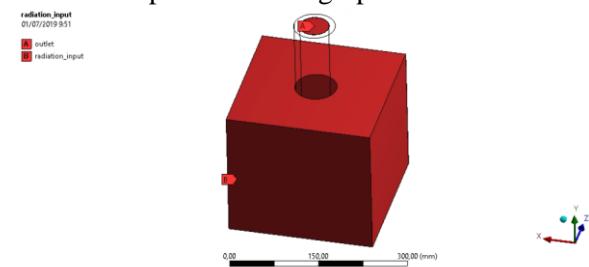
**Gambar 1.** Geometri alat wicrowave yang dimodifikasi

Karena geometri terdiri lebih dari satu part, maka dimunculkan contact region yang menghubungkan antar-part sehingga dapat dilakukan transfer data untuk variasi temperatur.



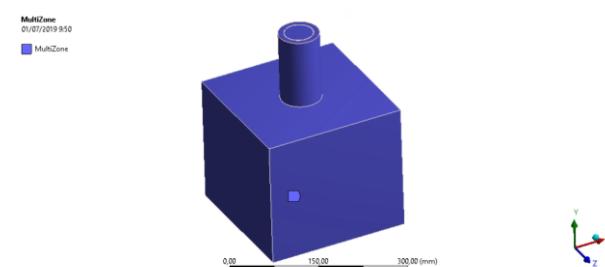
**Gambar 2.** Geometri contact region

Berikut adalah definisi *boundary condition* yang digunakan pada fluent (1) outlet untuk mendefinisikan mulut gelas sample dan (2) radiation input untuk menginput nilai radiasi.



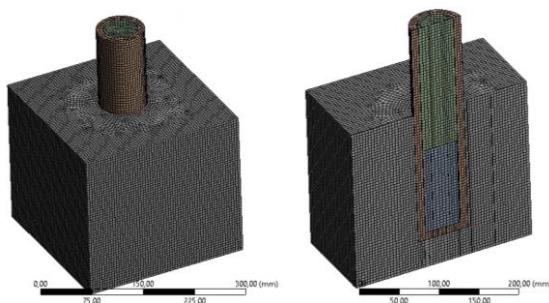
**Gambar 3.** Boundary condition

Meshing atau gridding adalah proses konversi domain fluida yang kontinyu menjadi domain komputasi yang diskrit sehingga solusinya dapat diselesaikan menggunakan metode numerik, dalam kasus ini metode Computational Fluid Dynamics (CFD) dengan bantuan software ANSYS FLUENT. Multizone digunakan untuk merubah seluruh domain komputasi berbentuk hexahedral (kotak) agar diperoleh resolusi yang tinggi tanpa mengorbankan banyak memori karena susunan mesh yang efisien. Body sizing digunakan untuk menentukan ukuran mesh maksimum yang digunakan, dalam kasus ini digunakan ukuran maksimum 4mm.



**Gambar 4.** Multizone

Berikut adalah visualisasi hasil meshing.



**Gambar 5.** Visualisasi hasil meshing

### SETING KOMPUTASI

*Time* : Transient simulasi perubahan suhu terhadap waktu karena proses pemanasan)

*Gravity* : -9,81 m/s<sup>2</sup> (persamaan gravitasi digunakan untuk memfasilitasi perpindahan panas secara konveksi natural)

*Energy* : on (persamaan energi diaktifkan untuk memfasilitasi perpindahan panas dan perubahan suhu pada seluruh domain komputasi)

*Radiation: surface to surface* (model radiasi dinyalakan untuk memfasilitasi perpindahan panas secara radiasi serta untuk input daya berupa radiasi)

*Radiation input*: input sesuai daya 100 W, 150 W dan 200 W (nilai daya diinput pada permukaan - permukaan dinding microwave sesuai dengan variasi daya)

*Transient setting* :

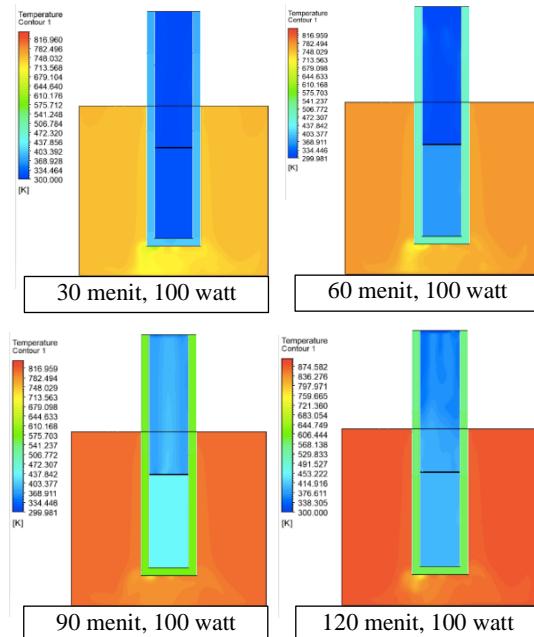
- *Time step size*: 10 s (Simulasi dilakukan dengan ketelitian waktu 10 detik)
- *Number of time step* : 720 (dilakukan simulasi 10 detik sebanyak 720 kali, sehingga diperoleh waktu total 7200 detik atau 120 menit)
- *Max iteration/time step*: 10 (jumlah iterasi setiap 10 detik)

### Hasil dan Pembahasan

#### Distribusi temperature pada ruang microwave

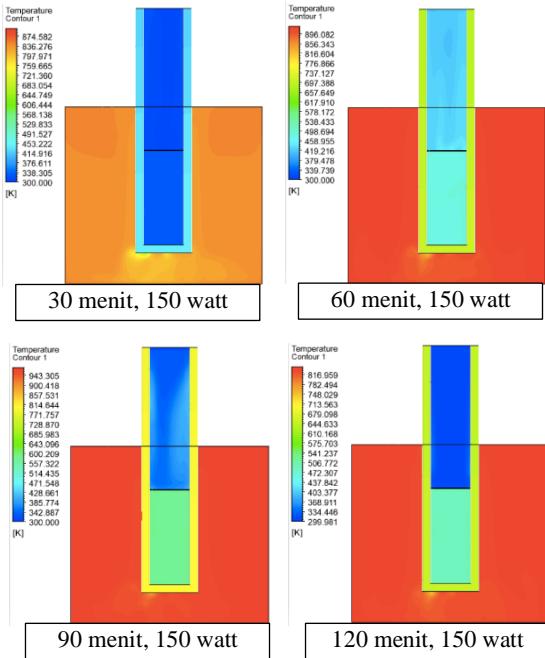
Satuan temperatur yang dimunculkan pada gambar adalah satuan Kelvin (K), dimana nilai tersebut merupakan temperature yang terjadi di dalam ruang pemanas microwave. Dalam microwave dibagi menjadi dua ruang, ruang microwave adalah ruang antara dinding microwave hingga dinding reactor, sedangkan ruang kedua adalah ruang di dalam reactor yang dibatasi oleh dinding gelas.

Berikut adalah hasil simulasi dengan daya 100 watt



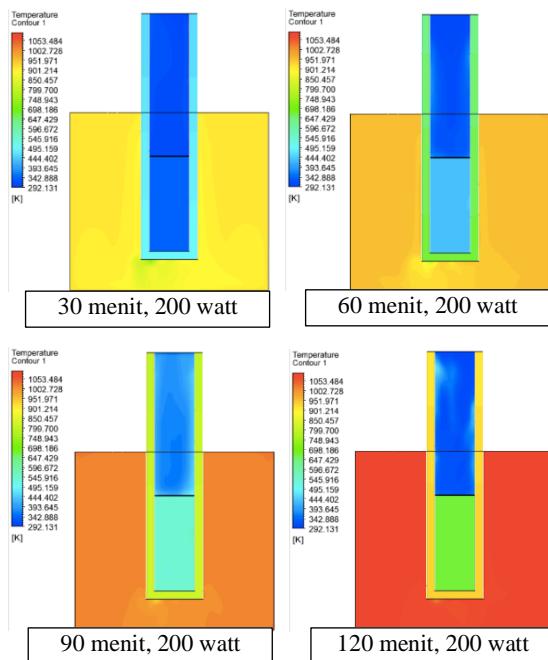
**Gambar 6.** Temperature ruang microwave pada daya 100 watt

Berikut adalah hasil simulasi dengan daya 150 watt



**Gambar 7.** Temperature ruang microwave pada daya 150 watt

Berikut adalah hasil simulasi dengan daya 200 watt



**Gambar 8.** Temperature ruang microwave pada daya 200 watt

Distribusi temperatur yang terjadi di dalam ruang pemanas *microwave*, ditunjukkan pada gambar di atas. Semakin warnanya merah pekat, temperatur yang dihasilkan semakin tinggi, dan sebaliknya semakin merata menunjukkan rambatan semakin baik. Dari hasil diatas rambatan di ruang microwave yang merata di tunjukkan pada gambar 3 yaitu daya 150 watt dengan waktu rambatan 90 menit pada temperatur 943°K. Hasil tersebut adalah hasil yang paling efisien, karena dengan daya yang rendah dan waktu rambatan cepat menghasilkan temperatur yang tinggi.

#### Distribusi temperature pada ruang reaktor

Reaktor yang terbuat dari material gelas tahan terhadap panas tinggi, namun sulit untuk mengantarkan panas. Sehingga menyebabkan sulitnya panas menembus dinding reaktor.

Pada daya 100 watt, waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit rambatan di ruang microwave belum merata secara keseluruhan. Temperatur yang dihasilkan di ruang microwave juga masih rendah, antara 300°K hingga 874°K. Sedangkan temperatur di dalam reaktor masih rendah, antara 338°K hingga 453°K. Hal tersebut disebabkan karena daya yang keluar masih rendah.

Pada daya 150 watt, waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit rambatan diruang microwave belum merata secara keseluruhan. Temperatur yang dihasilkan di ruang microwave mulai tinggi, antara 568°K hingga 943°K. Sedangkan temperatur di dalam reaktor antara 338°K hingga 557°K. Disini

terlihat panas yang dihasilkan lebih ideal dan daya yang dibutuhkan rendah, serta waktu untuk memanaskan juga rendah yaitu 90 menit.

Pada daya 200 watt, waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit rambatan diruang microwave belum merata secara keseluruhan. Temperatur yang dihasilkan di ruang microwave sudah tinggi, antara 799°K hingga 1053°K. Sedangkan temperatur di dalam reaktor tinggi, antara 393°K hingga 698°K. Hal tersebut disebabkan karena daya yang keluar terlalu tinggi. Daya yang dibutuhkan terlalu tinggi mengakibatkan reaktor akan cepat panas, dan cepat membakar bahan yang ada di reaktor. Bahan yang cepat terbakar akan menyebabkan bahan tersebut rusak dan kandungan zat banyak yang hilang.

#### Kesimpulan

Dilihat dari hasil Analisa diatas maka dapat diambil beberapa kesimpulan, diantaranya:

1. Temperatur di dalam reaktor yang ideal antara 338°K sampai 557°K.
2. Daya dan waktu yang dibutuhkan untuk memanasi reaktor hingga merata adalah 150 watt dalam 90 menit.
3. Metode terefaksi pada alat microwave modifikasi yang menggunakan teknologi gelombang mikro menghasilkan panas yang sesuai dengan efisiensi daya yang tinggi.

#### Penghargaan

Penelitian ini tidak dapat berjalan dengan lancar tanpa ada dukungan dari berbagai pihak, di kesempatan ini peneliti mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kementerian Riset, Teknologi, dan Perguruan Tinggi yang telah mendanai penuh penelitian ini.
2. Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah memfasilitasi peneliti untuk mengikuti hibah bersaing Kemenristekdikti.

#### Referensi

- [1] Pitchai, Krishnamoorthy, Electromagnetic and Heat Transfer Modeling of Microwave Heating in Domestic Oven, Dissertation and Theses in Food Science and Technology, 2011.
- [2] Puryani. 2007. Aplikasi Gelombang Mikro (*Microwave Oven*) Dan Gelombang Ultrasonik Sebelum Proses Maserasi Buah Vanili (*Vanilla Planifolia* Andrews) Hasil Modifikasi Proses Kuring. Institut Pertanian Bogor.
- [3] Soesanto, H. 2007. Pembuatan Isoeugenol dari Eugenol Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. [Skripsi]. Bogor:

Departemen Teknologi Industri Pertanian.  
Fateta. IPB.

- [4] Gronnow M.J., Budarin V.L., Masek O., Crombie K.N., Brownsort P.A., Shuttleworth P.S., Hurst P.R., dan Clark J.H. 2013 Global Change Biology Bioenergy5 144-152
- [5] Ren S., Lei H., Wang L., Bu Q., Wei Y., Liang J., Liu Y., Julson J., Chen S., Wu J., dan Ruan R. 2012 Energy Fuels26 5936-5943
- [6] Huang Y.F., Cheng P.H., Chiueh P.T., dan Lo S.L. 2017 Appl. Energy204 1018-1025
- [7] Huang Y.F., Sung H.T., Chiueh P.T., dan Lo S.L. 2017 J. Taiwan Inst. Chem. Eng.70 236-243
- [8] Huang Y.F., Chen W.R., Chiueh P.T., Kuan W.H., dan Lo S.L. 2012 Bioresource Technol.123 1-7
- [9] Chen W-H, Wu Z-Y, Chang J-S. Isothermal and non-isothermal torrefaction characteristics and kinetics of microalga *Scenedesmus obliquus* CNW-N. Bioresour Technol 2014;155:245–51.