



# Characteristics of Peanut Shell and Rice Husk Briquettes Using The Microwave Oven Torrefaction Method

## Karakteristik Briket Kulit Kacang Tanah dan Sekam Padi Menggunakan Metode Torefaksi pada Oven Microwave

Kuntang Winangun, Fauzan Masykur, M. Malyadi, Rendy Cahyono

Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No.10, Ronowijayan, Kec. Siman, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur 63471, Ponorogo, Indonesia, Indonesia. Tel.: (0352) 481124

**Abstract.** Biomass briquettes are an alternative to fossil energy. Biomass briquette material has a large capacity and is easily available in the surrounding environment. The purpose of this study was to determine the value of water content, value of ash content, value of volatile matter content, value of bound carbon content and calorific value of mixed briquettes of peanut shell and rice husk with three different percentages. First a mixture of 30% peanut shell and 70% rice husk (KT30SP70), second a mixture of 50% peanut shell and 50% rice husk (KT50SP50), third a mixture of 70% peanut shell and 30% rice husk (KT70SP30). The results showed that the lowest water content was found at KT70SP30 of 14.225. The lowest ash content value was KT70SP30 of 13.873%. The lowest value of the volatile substance content was KT30SP70 of 36.712%. The highest value of bound carbon content was KT30SP70 of 27.028% and the highest heating value was KT70SP30 of 5834.60 cal/g.

**Keywords-** Charcoal briquettes; peanut shells; rice husks

How to cite: Winangun Kuntang, Masykur Fauzan, Malyadi M., Cahyono Rendy (2019) Characteristics of Peanut Shell and Rice Husk Briquettes Using The Microwave Oven Torrefaction Method. R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal 4 (2). doi: <https://doi.org/10.21070/rem.v4i2.807>

### PENDAHULUAN

Pertanian adalah sektor penting di Indonesia. Terutama di daerah Ponorogo dimana masyarakat menggantungkan hidup mereka pada bidang pertanian. Tapi pertanian juga menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dari pertanian secara umum ditandai dengan tingginya kandungan protein, karbohidrat, dan kandungan pati yang rendah serat [1]. Limbah pertanian secara umum dibagi menjadi tiga macam, yaitu limbah pra, limbah saat panen, dan limbah pasca panen. Lebih lanjut lagi, limbah pasca panen dibagi menjadi limbah sebelum diolah dan limbah setelah diolah/limbah industri pertanian [2]. Limbah pertanian pada saat panen adalah limbah yang tersedia saat panen tersebut, antara lain jerami padi, sekam padi, jagung, kulit kacang, dll. Sebagian bahan yang dibuang didalam pertanian, diantaranya yaitu kulit kacang tanah dan sekam padi. Pemanfaatan limbah pertanian sebagai bahan bakar juga akan merubah nilai limbah pertanian menjadi barang yang mempunyai harga lebih tinggi. Semula limbah hanya dibuang begitu saja tanpa adanya pengolahan secara maksimal tetapi dengan adanya pemanfaatan tersebut limbah menjadi bermanfaat dan memiliki nilai jual yang tinggi. [3]

Di bidang pertanian dan peternakan, limbah biomasa jenis tertentu dapat diolah menjadi pupuk organik [4] dan pakan ternak [5]. Disamping itu, limbah biomasa juga

dapat diproses menjadi biogas [6] [7] biofuel [8, 9] dan briket biomasa [10] sebagai sumber energi alternatif.

Pada Kecamatan Balong Kabupaten Ponorogo produksi kacang tanah dengan lahan sekitar 150 ha mampu menghasilkan kacang tanah kurang lebih 10.000 kwintal dalam sekali panen. Sedangkan untuk produksi padi dengan luas lahan sekitar 4.000 ha mampu menghasilkan padi kurang lebih 200.000 kwintal dalam sekali panen. Maka dari itu briket arang dengan memanfaatkan bahan di sekitar lingkungan masyarakat, contohnya kulit kacang tanah dan sekam padi, mudah dijumpai dan harga terjangkau, selain itu bisa dimanfaatkan menjadi barang yang bernilai tinggi, serta dampak yang ditimbulkan juga tidak buruk di lingkungan sekitar. Dengan menggunakan teknologi dijamin sekarang kulit kacang tanah dan sekam padi mampu diolah dan dimanfaatkan untuk pengganti bahan bakar fosil lainnya. Dari paparan tersebut peneliti tertarik untuk mengkaji lebih dalam mengenai kulit kacang tanah dan sekam padi untuk pembuatan briket arang. Oleh karena itu, peneliti mengambil judul "Pembuatan Briket Arang dengan Campuran Kulit Kacang Tanah dan Sekam Padi".

Beberapa peneliti mengungkapkan bahwa pembuatan briket dari biomasa dengan menggunakan teknologi gelombang mikro hasilnya lebih efektif. [11–16] Proses pembakaran dengan menggunakan teknologi gelombang mikro telah dilaporkan lebih efektif dibandingkan metode konvensional. Dengan menggunakan teknologi ini, panas

dan lama pembakaran dapat dikontrol dengan presisi sehingga menghasilkan produk biochar yang homogen. Proses pembakaran dilakukan pada temperatur rendah yaitu antara 200°C – 300°C yang dikenal dengan metode torefaksi. [17]

## METODE

### 1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Adapun langkah-langkah untuk mencapai tujuan yang dimaksud maka briket di buat dalam tiga sampel campuran sebagai berikut:

#### 2. Alat dan bahan

Alat pencetak briket diatas menjadi satu dengan alat pengepres. Cara kerja alat tersebut adalah ketika hidrolis menekan alat pencetak briket yang sesuai dengan model yang sudah ditentukan yaitu model silinder. Alat pengepres dilengkapi dengan dial indicator tekanan sebesar 2000kg.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kulit kacang tanah dan sekam padi. Sedangkan sebagai bahan perekat digunakan perekat tepung tapioka.

### 3. Pengujian dan Pengukuran

Untuk memenuhi briket dengan standar yang diinginkan perlu adanya pengujian di labotorium, untuk mengetahui: kandungan air, kadar zat menguap, kadar abu, kadar karbon terikat dan nilai kalor. Pengujian serta pengukuran dilakukan dan dilaksanakan di Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

#### a. Kadar Air

Kadar air adalah menguapkan bagian air bebas yang terdapat dalam briket sampai mencapai keseimbangan kadar air dengan udara sekitar. Pengujian dilakukan dengan cara mengambil sebagian dari contoh uji briket arang dan menimbanginya seberat 2 gram sebagai berat awal (a). Kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu  $104 \pm 2$  °C selama 2 jam. Kemudian diangkat dan didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang. Penimbangan dilakukan sampai berat konstan.

#### b. Kadar Abu

Kadar abu dalam briket arang terdiri dari partikel-partikel air yang dapat hilang atau menguap didalam proses pengabuan. Cawan porselin yang diisi contoh briket arang seberat 2 gram dari penentuan kadar zat mudah menguap kemudian ditempatkan dalam tanur listrik dengan suhu 600°C selama 6 jam sampai bobot konstan, selanjutnya didinginkan dalam eksikator kemudian ditimbang.

#### c. Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap didapat dengan melakukan penguapan pada seluruh zat mudah menguap (volatile matter) dalam serbuk briket arang selain air. Cawan porselin yang berisikan sampel briket arang dari penentuan kadar air ditimbang seberat 2 gram dan dipanaskan dalam tanur listrik dengan suhu 800-900°C selama 15

menit. Kemudian briket didinginkan didalam eksilator, kemudian ditimbang.

#### d. Kadar Karbon Terikat

Karbon terikat fraksi karbon (C) dalam briket arang dari fraksi air, zat mudah menguap dan abu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Data Hasil Uji Briket

Pengujian dan pengukuran dilakukan di Laboratorium Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Pada tanggal 28 Juli 2019 diperoleh hasil pada Tabel 1

#### 2. Kadar Air

Kadar air pada briket mempunyai pengaruh yang banyak pada nilai kalor. Semakin rendah kadar air briket makan akan semakin tinggi nilai kalornya. Arang pada briket memiliki kemampuan menyerap air yang tinggi. Maka perhitungan nilai kadar air pada briket arang bertujuan untuk mengetahui seberapa besar briket arang tersebut menyerap air pada proses pencampuran perekat.

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa pada bahan 1 dengan komposisi kulit kacang tanah 30% dan sekam padi 70% nilai kadar air tertinggi terdapat pada uji ke 1 sebesar 15,726% dan nilai kadar air terendah terdapat pada uji ke 3 sebesar 13,143%. Sedangkan rata-rata nilai kadar air bahan ke 1 adalah 14,670%. Pada bahan ke 2 dengan komposisi kulit kacang tanah 50% dan sekam padi 50% nilai kadar air tertinggi terdapat pada uji ke 3 sebesar 22,600% dan nilai kadar air terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 16,966%. Sedangkan rata-rata nilai kadar air bahan ke 2 adalah 20,441%. Pada bahan ke 3 dengan komposisi kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% nilai kadar air tertinggi terdapat pada uji ke 2 sebesar 15,884% dan nilai kadar air terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 12,944%. Sedangkan rata-rata nilai kadar air bahan ke 3 adalah 14,225%.

#### 3. Kadar Abu

Pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa pada bahan 1 dengan komposisi kulit kacang tanah 30% dan sekam padi 70% nilai kadar abu tertinggi terdapat pada uji ke 2 sebesar 21,752% dan nilai kadar abu terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 21,268%. Sedangkan rata-rata nilai kadar abu bahan ke 1 adalah 21,590%. Pada bahan ke 2 dengan komposisi kulit kacang tanah 50% dan sekam padi 50% nilai kadar abu tertinggi terdapat pada uji ke 1 sebesar 16,235% dan nilai kadar abu terendah terdapat pada uji ke 2 sebesar 15,369%. Sedangkan rata-rata nilai kadar abu bahan ke 2 adalah 15,938%. Pada bahan ke 3 dengan komposisi kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% nilai kadar abu tertinggi terdapat pada uji ke 1 sebesar 14,457% dan nilai kadar abu terendah terdapat pada uji ke 3 sebesar 13,323%. Sedangkan rata-rata nilai kadar abu bahan ke 3 adalah 13,873%.

#### 4. Kadar Zat Menguap

Pada Tabel 4 di atas dapat diketahui bahwa pada bahan 1 dengan komposisi kulit kacang tanah 30% dan sekam

	Kulit Kacang Tanah (KKT)	Sekam Padi (SP)	Perekat
Sampel 1	30%	70%	7%
Sampel 2	50%	50%	7%
Sampel 3	70%	30%	7%

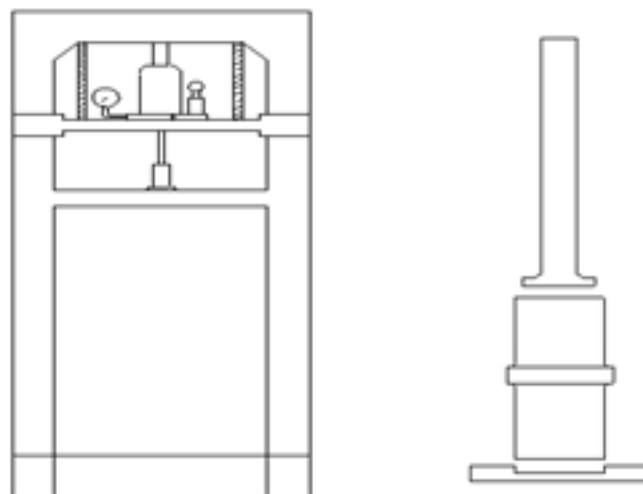


Figure 1. Alat Pengepres dan CetakBriket

Table 1. Pengujian Briket

No	Sampel	Kadar air (%)	Zat Volatil (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Karbon Terikat (%)	Nilai Kalor (Kal/g)
1	KKT(30%) dan SP(70%) 1	15.726	37.291	21.268	25.714	4753.58
2	KKT(30%) dan SP(70%) 2	15.139	34.337	21.752	28.771	5084.72
3	KKT(30%) dan SP(70%) 3	13.143	38.507	21.750	26.600	5645.4
4	KKT(50%) dan SP(50%) 1	16.966	42.125	16.235	24.674	4140.92
5	KKT(50%) dan SP(50%) 2	21.756	35.572	15.369	27.303	5868.12
6	KKT(50%) dan SP(50%) 3	22.600	36.312	16.209	24.879	5089.96
7	KKT(70%) dan SP(30%) 1	12.944	46.547	14.457	26.053	5349.57
8	KKT(70%) dan SP(30%) 2	15.884	43.606	13.838	26.672	6313.58
9	KKT(70%) dan SP(30%) 3	13.936	45.895	13.323	26.846	5840.63

Table 2. Nilai Kadar Air

Bahan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata – rata %
Bahan 1	15.726	15.139	13.143	14.670
Bahan 2	16.966	21.756	22.600	20.441
Bahan 3	12.944	15.884	13.936	14.225

**Table 3.** Nilai Kadar Abu

Bahan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata – rata %
Bahan 1	21.268	21.752	21.750	21.590
Bahan 2	16.235	15.369	16.209	15.938
Bahan 3	14.457	13.838	13.323	13.873

**Table 4.** Nilai Kadar Zat Menguap

Bahan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata – rata %
Bahan 1	37.291	34.337	38.507	36.712
Bahan 2	42.125	35.572	36.312	38.003
Bahan 3	46.547	43.606	45.895	45.349

padi 70% nilai kadar zat menguap tertinggi terdapat pada uji ke 3 sebesar 38,507% dan nilai kadar zat menguap terendah terdapat pada uji ke 2 sebesar 34,337%. Sedangkan rata-rata nilai kadar zat menguap bahan ke 1 adalah 36,712%. Pada bahan ke 2 dengan komposisi kulit kacang tanah 50% dan sekam padi 50% nilai kadar zat menguap tertinggi terdapat pada uji ke 1 sebesar 42,125% dan nilai kadar zat menguap terendah terdapat pada uji ke 2 sebesar 35,572%. Sedangkan rata-rata nilai kadar zat menguap bahan ke 2 adalah 38,003%. Pada bahan ke 3 dengan komposisi kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% nilai kadar zat menguap tertinggi terdapat pada uji ke 1 sebesar 46,547% dan nilai kadar zat menguap terendah terdapat pada uji ke 2 sebesar 43,606%. Sedangkan rata-rata nilai kadar zat menguap bahan ke 3 adalah 45,349%.

#### 5. Kadar Karbon Terikat

Pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa pada bahan 1 dengan komposisi kulit kacang tanah 30% dan sekam padi 70% nilai kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada uji ke 2 sebesar 28,771% dan nilai kadar karbon terikat terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 25,174%. Sedangkan rata-rata nilai kadar karbon terikat bahan ke 1 adalah 27,028%. Pada bahan ke 2 dengan komposisi kulit kacang tanah 50% dan sekam padi 50% nilai kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada uji ke 2 sebesar 27,303% dan nilai kadar karbon terikat terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 24,674%. Sedangkan rata-rata nilai kadar karbon terikat bahan ke 2 adalah 25,619%. Pada bahan ke 3 dengan komposisi kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% nilai kadar karbon terikat tertinggi terdapat pada uji ke 3 sebesar 26,846% dan nilai kadar karbon terikat terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 26,053%. Sedangkan rata-rata nilai kadar karbon terikat bahan ke 3 adalah 26,524%.

#### 6. Nilai Kalor

Pada Tabel 6 . dapat diketahui bahwa pada bahan 1 dengan komposisi kulit kacang tanah 30% dan sekam padi 70% nilai kalor tertinggi terdapat pada uji ke 3 sebesar 5645,4 kal/g dan nilai kalor terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 4753,58 kal/g. Sedangkan rata-rata nilai kalor bahan ke 1 adalah 5161,23 kal/g. Pada bahan ke 2 dengan

komposisi kulit kacang tanah 50% dan sekam padi 50% nilai kalor tertinggi terdapat pada uji ke 2 sebesar 5868,12 kal/g dan nilai kalor terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 4140,92 kal/g. Sedangkan rata-rata nilai kalor bahan ke 2 adalah 5053 kal/g. Pada bahan ke 3 dengan komposisi kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% nilai kalor tertinggi terdapat pada uji ke 2 sebesar 6313,58 kal/g dan nilai kalor terendah terdapat pada uji ke 1 sebesar 5349,57 kal/g. Sedangkan rata-rata nilai kalor bahan ke 3 adalah 5834,60 kal/g.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji menunjukkan bahwa nilai kadar air yang baik terdapat pada campuran kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% sebesar 14,225%, nilai kadar abu yang baik terdapat pada campuran kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% sebesar 13,873%, nilai kadar zat menguap yang baik terdapat pada campuran kulit kacang tanah 30% dan sekam padi 70% sebesar 36,712%, nilai kadar karbon terikat yang baik terdapat pada campuran kulit kacang tanah 30% dan sekam padi 70% sebesar 27,028%, nilai kalor yang baik terdapat pada campuran kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30% sebesar 5834,60 kal/g.

2. Hasil uji menunjukkan bahwa briket yang paling baik terdapat pada campuran kulit kacang tanah 70% dan sekam padi 30%, karena briket dengan bahan 3 mempunyai nilai kadar air yang rendah 14,225%, kadar abu yang rendah 13,873% dan nilai kalor yang tinggi 5834,60 kal/g.

## UCAPAN TERIMA KASIH

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.

**Table 5.** Nilai Kadar Karbon Terikat

Bahan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata – rata %
Bahan 1	25.714	28.771	26.600	27.028
Bahan 2	24.674	27.303	24.879	25.619
Bahan 3	26.053	26.672	26.846	26.524

**Table 6.** Nilai Kalor

Bahan	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata – rata (kal/g)
Bahan 1	4753,58	5084,72	5645,4	5161,23
Bahan 2	4140,92	5868,12	5089,96	5033
Bahan 3	5349,57	6313,58	5840,63	5834,60

2. Universitas Muhammadiyah Ponorogo yang telah memfasilitasi peneliti untuk mengikuti hibah bersaing Kemenristekdikti.

## REFERENCES

- [1] S. Primadany, "Hasil Proses Teknologi Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi Terhadap Kualitas dan Produksi Bahan Baku Pupuk," *Wicaksana*, vol. 24, no. 2, pp. 91–91, 2015.
- [2] B. Agustono, M. Lamid, A. Ma'ruf, and M. T. E. Purnama, "Identifikasi Limbah Pertanian dan Perkebunan Sebagai Bahan Pakan Inkonsvensional Di Banyuwangi," *Jurnal Medik Veteriner*, vol. 1, no. 1, pp. 12–12, 2018. [Online]. Available: [10.20473/jmv.vol1.iss1.2017.12-22](https://doi.org/10.20473/jmv.vol1.iss1.2017.12-22); <https://doi.org/10.20473/jmv.vol1.iss1.2017.12-22>
- [3] P. A. Sekam, pp. 1–2, 1979.
- [4] A. Jamil and S. Anggraini, "Potensi Limbah Pertanian sebagai Pupuk Organik Lokal di Lahan Kering Dataran Rendah Iklim Basah," *Iptek Tanam. Pangan*, vol. 6, no. 2, pp. 193–202, 2015.
- [5] T. Afriani and Y. Seftiadi, "Pemberdayaan Masyarakat Melalui Pelatihan Pembuatan Pakan Alternatif Amoniasi Jerami Jagung di Nagari Pelangai Kaciak Kecamatan Ranah Pesisir, Pesisir Selatan," *Jurnal Warta Pengabdian Andalas*, vol. 26, no. 2, pp. 81–87, 2019. [Online]. Available: [10.25077/jwa.26.2.81-87.2019](https://doi.org/10.25077/jwa.26.2.81-87.2019); <https://doi.org/10.25077/jwa.26.2.81-87.2019>
- [6] K. Winangun and W. T. Putra, "PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DALAM PEMBUATAN BIOGAS DARI KOTORAN SAPI," *Studi Kasus Inovasi Ekonomi*, vol. 2, no. 02, pp. 41–44, 2018. [Online]. Available: [10.22219/skie.v2i02.6845](https://doi.org/10.22219/skie.v2i02.6845); <https://doi.org/10.22219/skie.v2i02.6845>
- [7] K. Winangun, G. A. Buntoro, I. Puspitasari, and M. F. H. Ain, "Pemanfaatan Biogas Kotoran Sapi untuk Heater Kandang Ayam Jowo Super," *DIKEMAS (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, vol. 3, no. 2, 2019. [Online]. Available: [10.32486/jd.v3i2.368](https://doi.org/10.32486/jd.v3i2.368); <https://doi.org/10.32486/jd.v3i2.368>
- [8] E. I. Riyanti, "Biomassa Sebagai Bahan Baku Bioetanol," *J. Litbang Pertan*, vol. 28, no. 3, pp. 101–110, 2009.
- [9] I. Hanifah and B. N. Prastowo, "Uji GPS Tracking Dalam Skala Transportasi Antar Kota," in *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, P. S. P. S. P. dan Pengguna Energi Terbarukan, Ed., vol. 6, no. 2. Universitas Gadjah Mada, 2016, pp. 175–175. [Online]. Available: [10.22146/ijeis.15257](https://doi.org/10.22146/ijeis.15257); <https://doi.org/10.22146/ijeis.15257>
- [10] R. Handoko, F. Fadelan, and M. Malyadi, "ANALISA KALOR BAKAR BRIKET BERBAHAN ARANG KAYU JATI, KAYU ASAM, KAYU JOHAR, TEMPURUNG KELAPA DAN CAMPURAN," pp. 14–14, 2019. [Online]. Available: [10.24269/jkt.v3i1.198](https://doi.org/10.24269/jkt.v3i1.198); <https://doi.org/10.24269/jkt.v3i1.198>
- [11] K. Winangun, M. Malyadi, F. Masykur, G. A. Buntoro, and R. Cahyono, pp. 25–30, 2019.
- [12] Y.-F. Huang, H.-T. Sung, P.-T. Chiueh, and S.-L. Lo, "Microwave torrefaction of sewage sludge and leucaena," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 70, pp. 236–243, 2017. [Online]. Available: [10.1016/j.jtice.2016.10.056](https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.10.056); <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.10.056>
- [13] Y.-F. Huang, P.-T. Chiueh, S.-L. Lo, L. Sun, C. Qiu, and D. Wang, "Torrefaction of sewage sludge by using microwave heating," *Energy Procedia*, vol. 158, pp. 67–72, 2019. [Online]. Available: [10.1016/j.egypro.2019.01.047](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.047); <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.047>
- [14] S. Ren, "Microwave torrefaction of douglas fir sawdust pellets," *Energy and Fuels*, vol. 26, no. 9, pp. 5936–5943, 2012.
- [15] O. Mašek, "Microwave and slow pyrolysis biochar - Comparison of physical and functional properties," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 100, pp. 41–48, 2013.

- [16] Y. F. Huang, W. R. Chen, P. T. Chiueh, W. H. Kuan, and S. L. Lo, "Microwave torrefaction of rice straw and pennisetum," *Bioresource Technology*, vol. 123, pp. 1–7, 2012. [Online]. Available: [10.1016/j.biortech.2012.08.006](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.006);<https://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2012.08.006>
- [17] W.-H. Chen, J. Peng, and X. T. Bi, "A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 44, pp. 847–866, 2015. [Online]. Available: [10.1016/j.rser.2014.12.039](https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.039);<https://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.039>

**Conflict of Interest Statement:**

*The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.*

**Article History:**

*Received: 26 September 2019 | Accepted: 26 November 2019 | Published: 30 December 2019*