

# **PRE-TREATMENT TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI BAHAN BAKU BIOETANOL DENGAN BANTUAN GELOMBANG MICROWAVE**

**Dwi Kemala Putri <sup>1\*</sup>, Rosalina <sup>1</sup>, Reni Sutri<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang  
\*Corresponding email: dwikemala@poltekatipdg.ac.id

## **Abstrak**

Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah perkebunan pengolahan kelapa sawit yang belum banyak dimanfaatkan secara luas. Salah satu pemanfaatan TKKS adalah sebagai bahan baku pembuatan bioethanol. Dalam proses pembuatan bioethanol, TKKS harus melewati proses *pre-treatment* terlebih dahulu yang bertujuan untuk memecah lignoselulosa menjadi monomer gula. Proses *pre-treatment* dilakukan terhadap kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa dengan menggunakan bantuan gelombang mikro (*microwave*). *Pre-treatment* dilakukan dengan penambahan aquadest dan daya *microwave* sebesar 400W. Perlakuan *pre-treatment* ini dilakukan dengan 5 variasi waktu yaitu 5", 10", 15", 20", dan 25". Metode *pre-treatment* dengan penambahan gelombang mikro ini dinilai memberikan efek positif yaitu dapat meningkatkan kadar selulosa pada TKKS. Penelitian ini dilakukan dengan pengujian kadar lignin, selulosa, dan hemiselulosa, serta uji kualitatif selulosa sebelum dan sesudah *treatment* menggunakan XRD. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa waktu yang baik dalam proses *pre-treatment* menggunakan *microwave* 400 W adalah dengan lama iradiasi 25 menit. Hasil yang didapatkan adalah selulosa 36.87 %, hemiselulosa 36.30 %, dan lignin sebesar 13.74 %.

**Kata Kunci:** TKKS, *Pre-treatment*, *Microwave*, Lignoselulosa

## **PENDAHULUAN**

Kelangkaan bahan bakar minyak mulai dirasakan di seluruh wilayah Indonesia terutama untuk BBM bersubsidi. Hal ini disebabkan semakin menipisnya sumber daya alam sebagai bahan baku BBM. Salah satu BBM yang sering digunakan adalah bensin. Bensin sendiri bisa digantikan dengan bioethanol yaitu bahan bakar yang dihasilkan melalui proses fermentasi biomassa.

Pada proses pembuatan bioethanol generasi I, sumber bahan baku yang digunakan berupa bahan yang mengandung pati. Hal ini menyebabkan tingginya biaya produksi bioethanol, dimana bahan yang mengandung pati juga digunakan sebagai bahan pangan. Untuk itu dikembangkan proses pembuatan bioethanol generasi II dengan bahan baku yang bersumber dari bahan-bahan yang mengandung lignoselulosa (Khairiah dan Ridwan, 2021).

Salah satu sumber pembuatan bioethanol adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). TKKS merupakan bahan baku pembuatan bioethanol dari generasi II yang mengandung lignoselulosa (Rosyidin dkk, 2015). Di Indonesia, TKKS banyak dimanfaatkan menjadi pulp kertas, papan serat dan pengisi volume bahan furniture (Pradana dkk, 2017). Sebagai penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, Indonesia juga menghasilkan banyak TKKS, yang berpotensi untuk diolah menjadi bahan lain yang bernilai ekonomi.

Pada pembuatan bioethanol generasi II diperlukan proses awal (*pre-treatment*) untuk mendapatkan selulosa yang nantinya dihidrolisis dan difermentasi untuk menghasilkan produk bioethanol. Menurut Ningsih dkk (Ningsih dkk, 2012) *pre-treatment* bertujuan untuk membuka struktur lignoselulosa sehingga selulosa lebih mudah diakses oleh enzim yang bertugas untuk memecah polimer polisakarida

menjadi monomer gula. Bahan-bahan lignoselulosa umumnya terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin (Ni'mah dkk, 2015)

Tahapan-tahapan pembuatan bioethanol dari bahan lignoselulosa terdiri dari tiga tahap. Tahap pertama yaitu tahap perlakuan awal (*pre-treatment*) yang bertujuan untuk menghilangkan lignin, mengurangi kristalinitas selulosa, meningkatkan porositas dan mengubah TKKS menjadi pulp. Penghilangan lignin pada tahap *pre-treatment* merupakan bagian penting dalam upaya pengembangan teknologi komersial pembuatan bioetanol dari bahan lignoselulosa. (Octavia dkk, 2016). Tahap kedua adalah tahap hidrolisis/sakarifikasi, dan fermentasi yang bertujuan untuk mengubah selulosa menjadi etanol dengan konsentrasi tinggi (Muryanto dkk, 2016).

Sebelum dihidrolisis, lignin pada TKKS perlu dihilangkan melalui *pre-treatment*. Seperti pembahasan sebelumnya, tujuan *pre-treatment* adalah untuk memecah lignin dan hemiselulosa dengan perlakuan secara kimia. Hidrolisis meliputi proses pemecahan polisakarida di dalam secara konvensional, perlakuan awal dapat dilakukan dengan proses biologi, kimia, fisika atau termal, dan setiap proses mempunyai keunggulan dan kelemahan. Perlakuan awal fisika umumnya berupa pengurangan ukuran bahan baku dengan cara penggilingan, iradiasi, gelombang ultrasonik, pirolisis dan autohidrolisis (Hidayat, 2013).

Perlakuan awal secara mekanik dengan gelombang elektromagnetik diduga dapat meningkatkan proses *pre-treatment* sehingga bisa meningkatkan kadar selulosa pada proses tersebut. *Microwave* adalah salah satu gelombang elektromagnetik dengan interval panjang gelombang antara 0,1 cm hingga 100 cm dan interval frekuensi antara 0,3 GHz dan 300 GHz (Zaeni, dkk, 2017). Karakteristik pemanasan dengan *microwave* adalah pemanasan yang dibangkitkan dari dalam akibat adanya getaran molekul-molekul bahan yang akan dipanaskan (Putra, dkk. 2012).

*Microwave* dapat mengatasi kekurangan pemanasan biasa, karena menyediakan energi yang intensif, homogen dan efisien, serta dapat mencapai suhu tinggi dalam waktu singkat (Nasriah, 2013). Gelombang elektromagnetik yang dihasilkan oleh *microwave* bersifat seperti magnet yang memiliki 2 kutub ion (positif dan negatif). Bahan yang mengandung ion positif dan negatif seperti air, lemak, gula akan ikut berputar ketika gelombang mikro berputar akibat adanya gaya tolak kutub yang sama. Putaran / frekuensi gelombang mikro umumnya sebesar 2450 kali per detik menyebabkan molekul air dan lemak yang berputar sedemikian cepat akan menghasilkan gesekan sehingga menimbulkan panas. *Microwave* dipengaruhi oleh konstanta dielektrik bahan, yaitu kemampuan molekul untuk terpolarisasi oleh medan listrik. Konstanta dielektrik tergantung pada berat molekul, bentuk molekul dan arah tautannya. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan kadar air 18% memiliki konstanta dielektrik 6,4 dan TKKS kadar air 64% konstanta dielektriknya 57,4 (Omar dkk,2011). Penggunaan daya *microwave* terlalu tinggi malah menyebabkan selulosa membentuk reaksi lain (Rosyidin dkk, 2015), sehingga perlu dilakukan penelitian untuk melihat pengaruh penggunaan *microwave* pada proses *pre-treatment* lignoselulosa pada TKKS dengan variasi.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Proses pengerjaan penelitian ini diawali dengan pengecilan ukuran TKKS menjadi 40 mesh.

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat *microwave*, seperangkat alat sokletasi, sieve mesh 40, neraca analitis, gelas kimia, magnetic stirrer, hotplate, oven, termometer, pompa vakum, corong buchner, batang pengaduk, cawan ukur, oven, desikator, erlenmeyer.

Bahan-bahan yang digunakan adalah TKKS dari Industri Pengolahan Minyak kelapa sawit di Kawasan Sumatera Barat, aquadest, dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dicacah, dan dihaluskan.

### Proses *pre-treatment* TKKS

*Pre-treatment* dilakukan dengan cara memasukan 20 gram sampel TKKS dan dilarutkan dengan aquadest dengan perbandingan TKKS : Aquadest (b/v) 1 : 10. Larutan tersebut dimasukan ke dalam microwave dengan daya 400 W (6) dan variasi waktu *pre-treatment* yaitu 5, 10, 15, 20, dan 25 menit.

### Analisa Chesson-datta

Analisa Chesson-datta merupakan Analisa yang dilakukan untuk mengetahui kandungan lignin, selulosa, dan hemiselulosa, prosesnya adalah 2 gram sampel direfluks selama 2 jam dengan 150 mL H<sub>2</sub>O pada suhu 100°C, residu sampel yang telah dikeringkan direndam dengan menggunakan 10 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 72% (v/v) pada suhu kamar selama 4 jam, kemudian diencerkan menjadi 0.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan direfluks selama 2 jam dengan suhu 100°C, residu sampel yang telah dikeringkan kemudian diabukan. Serbuk tongkol jagung yang sudah diperlakukan dengan proses di atas kemudian dihitung untuk mengetahui kandungan komponen lignoselulosa, sebagai berikut (Kanani dkk, 2019) :

$$\text{Kadar air (\%)} = (a-b)/a \times 100\%$$

$$\text{Kadar Hemiselulosa (\%)} = (b-c)/a \times 100\%$$

$$\text{Kadar Selulosa (\%)} = (c-d)/a \times 100\%$$

$$\text{Kadar lignin (\%)} = (d-e)/a \times 100\%$$

Keterangan :

- ODW awal sampel biomassa lignoselulosa
- ODW residu sampel refluk degan air panas
- ODW residu sampel setelah direfluks dengan 0,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- ODW residu sampel setelah diperlakukan dengan 72% dan kemudian ditambahkan menjadi 0,5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- ODW dari residu sampel yang telah di abukan (Kanani dkk, 2019)

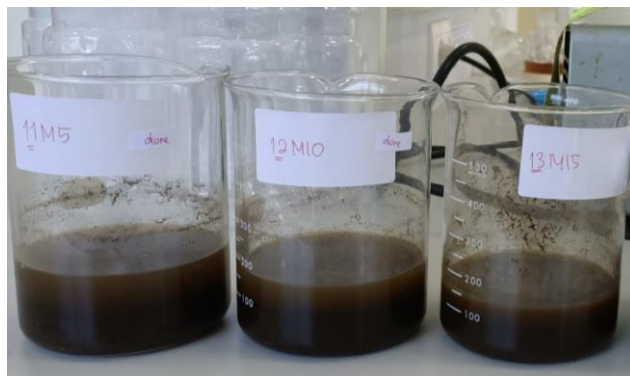
ODW : berat kering sampel

### Analisa XRD

Untuk melihat karakteristik selulosa sebelum dan setelah *pre-treatment* dilakukan dengan analisa XRD.

## HASIL DAN PEMBAHASAN(Times New roman 12 PT)

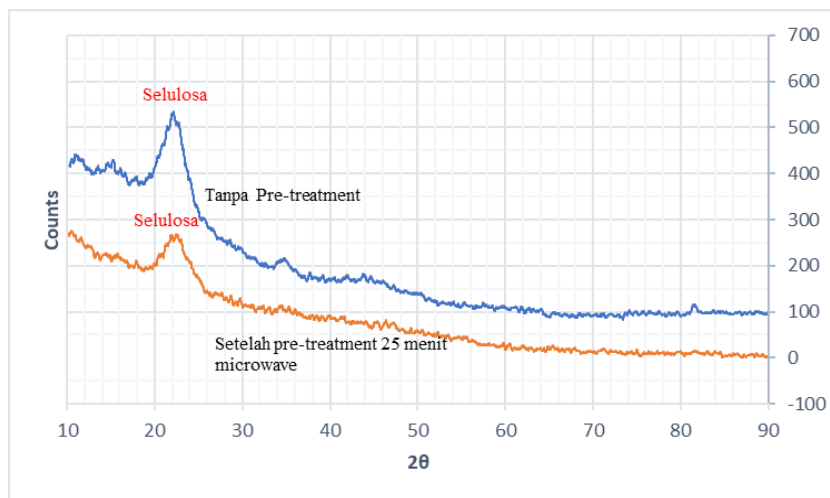
Hasil analisis *pre-treatment* menggunakan microwave dengan daya 400 W dengan variasi waktu yaitu 5,10,15,20 dan 25 menit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Pre-treatment* dengan *microwave* selama 5, 10, dan 15 menit

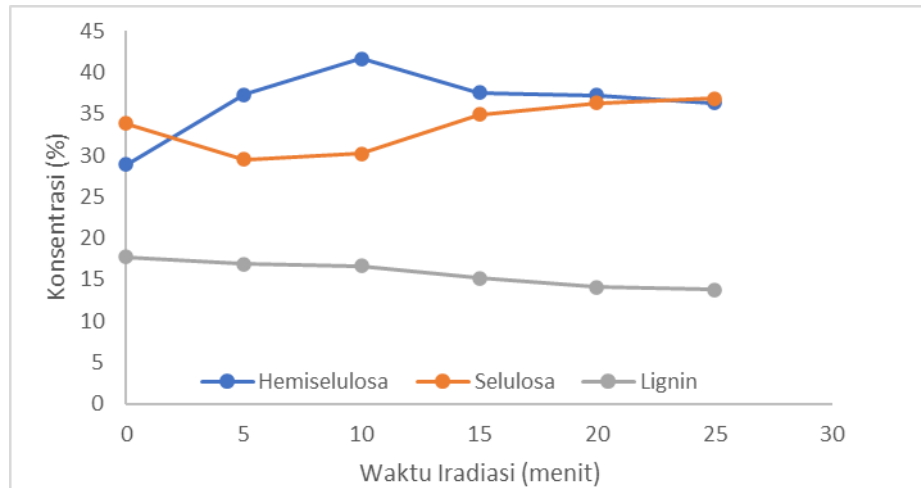
Dari Gambar 1 dapat dilihat terjadinya perubahan warna pada pelarut yang digunakan. Hal ini disebabkan kandungan lignin yang terdapat pada TKKS sudah bercampur dengan pelarut aquadest. Iradiasi *microwave* ditentukan oleh seberapa besar kepolaran dari suatu zat. Semakin polar maka

semakin cepat molekul-molekul zat tersebut berputar dan bergesekan sehingga menimbulkan panas. Penggunaan aquadest untuk merendam TKKS sebelum dimasukkan ke aplikator *microwave* menjadikan bahan menjadi cepat panas sehingga ikatan lignin yang menyelimuti hemiselulosa dan selulosa menjadi lemah. Keadaan ini memungkinkan hemiselulosa terlepas dari lignin demikian pula dengan selulosa yang kadarnya meningkat setelah *pre-treatment* iradiasi *microwave* diberikan. Secara kualitatif kristalinitas dari selulosa dapat dilihat melalui hasil XRD pada Gambar 2. Analisa struktur dengan menggunakan XRD menghasilkan puncak selulosa berada sudut difraksi  $21,18^\circ$  untuk sampel TKKS tanpa *pre-treatment* dan  $20.64^\circ$  untuk TKKS setelah dilakukan *pre-treatment* dimana menurut Le Troedec, dkk, Struktur selulosa ditunjukkan oleh puncak difraksi dalam kisaran  $20^\circ$  dan  $23^\circ$ . Dari hasil XRD dapat dilihat bahwa struktur kristal dari selulosa tidak terlalu banyak mengalami degradasi. Namun setelah *pre-treatment* kristalinitas selulosa menurun disebabkan karena mengalami degradasi tersebut. Menurut (Muryanto dkk, 2016) tujuan dari *pre-treatment* salah satunya adalah menurunkan kristalinitas selulosa sehingga nantinya akan mempermudah dalam proses selanjutnya yaitu tahap hidrolisis.



Gambar 2. Hasil XRD Sebelum dan Sesudah *Pre-treatment* dengan *Microwave*

Hasil analisis kadar selulosa, hemiselulosa, dan lignin sebelum dan sesudah *pre-treatment* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut. Pada Gambar 3 terlihat bahwa pada titik 0 menit merupakan keadaan sebelum dilakukan *pre-treatment*. Semakin lama waktu iradiasi menunjukkan bahwa kadar selulosa meningkat hingga mencapai 36.87% dan kadar lignin menurun hingga 13.74%. Adapun lignin masih tinggi walaupun terdapat sedikit penurunan kadarnya, terlihat dari pelarut aquadest yang warnanya berubah dari jernih menjadi abu kehitaman seperti ditunjukkan oleh gambar 1. Peningkatan selulosa ini bisa jadi karena lignin sudah mulai terpecah membentuk selulosa maupun hemiselulosa yang disebabkan semakin lama sampel mengalami radiasi gelombang mikro yang menghasilkan panas akan berpengaruh terhadap material lignoselulosa. Semakin lama waktu paparan akan menyebabkan kandungan lignin dan hemiselulosa yang dipecah lebih banyak, sehingga kandungan selulosa yang dihasilkan lebih tinggi (Lusi, 2018).



Gambar 2. Grafik perbandingan lama waktu radiasi (menit) dengan kadar hemiselulosa, selulosa, dan lignin (%)

Selain perubahan warna, lamanya iradiasi *microwave* membuat volume larutan semakin menyusut hal ini dikarenakan terjadinya pemanasan yang intens pada larutan. Ditambah terjadinya letupan letupan besar selama sampel berada di dalam alat *microwave*. Penyusutan volume pelarut memberikan dampak pemanasan yang terjadi semakin cepat dari sebelumnya. Semakin panas campuran ini maka semakin kehitaman pula warna pelarutnya. Sedangkan warna larutan hasil hidrolisis berubah terhadap lamanya iradiasi *microwave* yang diberikan, pertambahan lamanya iradiasi akan memberikan warna larutan yang semakin pucat hingga mendekati jernih sedikit kekuningan.

## KESIMPULAN

Hasil analisa yang dilakukan pada proses *pre-treatment* TKKS sebagai bahan baku dalam pembuatan etanol adalah proses *pre-treatment* dengan menggunakan gelombang mikro efektif dalam peningkatan kadar selulosa dari 33.84 % menjadi 36.87 % sedangkan kadar lignin menurun dari 16.81% menjadi 13.74%. Dari hasil Analisa secara kualitatif dengan menggunakan XRD menunjukkan terjadinya penurunan kristalinitas pada puncak selulosa untuk TKKS yang telah mengalami *pre-treatment* dengan *microwave* yang dapat membantu pada proses hidrolisis.

## ACKNOWLEDGMENT

Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Politeknik ATI Padang

## DAFTAR PUSTAKA

- Hidayat, Mohamad Rusdi. (2018). Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa Dalam Proses Produksi Bioetanol. *Biopropal Industri*, Vol. 4 No.1, Juni 2013: 33-48
- Kanani, Nufus, Saputri, Akhmad Banu Aji, Puspitawati, Ikeu, Pratama, Arsyah Aditya. (2019). "Preparasi Selulosa dari Limbah Tongkol Jagung dengan Bantuan Gelombang Iradiasi Ultrasonik". in IRWNS, hal 20-27
- Khairiah, Hanifah dan Ridwan, Muhammad. (2021). Pengembangan Proses Pembuatan Bioetanol Generasi II Dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. Vol. 9. No. 4. <https://doi.org/10.21776/ub.jpa.2021.009.04.5>
- Lusi, HS., Reza. S. (2018). Pemanfaatan Radiasi Gelombang Mikro pada Pretreatment Material Lignoselulosa Sebagai Bahan Baku Pakan Ikan. In *Seminar Nasional: Perikanan dan Penyuluhan* (311-318). IOP Publishing.

- Le Troedec, M.Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J.P., Agnes, S. (2008): Influence of Various Chemical Treatments on the Composition and Structure of Hemp Fibres. *Compos. Part A* 39, 514-522
- Muryanto, Sudiyani Y, Abimanyu H. (2016). “Optimasi Proses Perlakuan Awal NaOH Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk menjadi Bioetanol”. *J.Kim.Terap.Indones* 18(1) : 27-35.
- Nasriah, Nasri. (2013). Sintesis Karbon Nanodots Menggunakan Pemanasan Microwave Untuk Aplikasi Bioimaging. Skripsi. Bandung: Universitas Islam Sunan Gunung Djati
- N. Mossier, D. Wyman, B. Dale, R.Elander, Y.Y. Lee, M. Holtzapple, M. Ladish. (2005). Features of promising technologies for pretreatment of lignocellulosic biomass. *BioresourceTechnology*; 96(6): 673-686.
- Ningsih. Y.N. dkk. (2012). “Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dengan Metode Hidrolisis Asam dan Fermentasi”. *Jurnal Teknik Kimia* : 1(10) : 30-34.
- Ni'mah, Lailan, dkk. (2015). Pembuatan Bioetanol Dari Limbah Serat Kelapa Sawit Melalui Proses Pretreatment, Hidrolisis Asam dan Fermentasi Menggunakan Ragi Tape
- Octavia, Silvi, dkk. (2016). “Efektifitas Penggunaan Amoniak Berulang Pada Proses Penghilangan Lignin Bagas Tebu Untuk Meningkatkan Perolehan Hidrolisat Gula Sebagai Sumber Bioetanol. *Jurnal Katalisator*. <http://dx.doi.org/10.22216/jk.v1i2.1392>
- Omar R, Idris, Yunus R, Khalid K, Aida Isma MI. (2011). Characterization of empty fruit bunch for microwave-assisted pyrolysis. *Fuel* 2011;90:1536–44. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2011.01.023s>.
- Pradana, M. Aditya, dkk. (2017). Pemisahan Selulosa Dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit Dengan Proses Alkalisasi Untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 6, No. 2
- Putra, Resha P., dkk. 2012. Pembuatan Biodiesel Secara Batch Dengan Memanfaatkan Gelombang Mikro. *Jurnal Teknik ITS*, Vol. 1 no.1
- Rosyidin. Khulafaur. dkk. (2015). “Assisted Pretreatment with microwave Heating untuk Peningkatan Kadar Selulosa Batang Pisang [ada Produksi Bioetanol”. *Prosiding SNIPS* : 33-36. Bandung.
- Zaeni, Muhammad, dkk. (2017). Pembuatan Glukosamin Hidroklorida Dari Cangkang Udang Dengan Energi Microwave. *Jurnal Aplikasi Fisik*, Vol. 13, No. 1.