

# Analisis Komposisi Syngas Co-Pirolisis Batubara dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Berdasarkan Variasi Komposisi Bahan Baku

Luffiyah Al Husna<sup>1</sup>, Aida Syarif<sup>2</sup>, Tahdid<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang

e-mail: [luffiyahhusna@gmail.com](mailto:luffiyahhusna@gmail.com)

## Abstrak

Penggunaan bahan bakar padat konvensional berupa batubara menjadi konsumsi energi terbesar di Indonesia. Batubara dengan nilai kalor tinggi menguntungkan tidak hanya dalam pembakarannya tapi juga dalam pengangkutannya sehingga lebih banyak disukai. Hal tersebut menyebabkan batubara lignit yang berkalori rendah memiliki nilai jual rendah sehingga harus diolah terlebih dahulu. Co-pirolisis merupakan salah satu solusi teknologi pemanfaatan batubara yang dapat dilakukan. Co-pirolisis adalah proses pirolisis menggunakan lebih dari satu bahan baku yang berbeda secara bersamaan agar emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil dapat dikurangi. Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui pengaruh dari komposisi bahan baku yang digunakan terhadap hasil syngas pirolisis. Variasi komposisi bahan baku Batubara : Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) yang digunakan adalah 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh syngas dengan kandungan gas mampu bakar optimal pada rasio komposisi 25% batubara : 75% TKKS pada temperatur 250°C dengan kandungan CH<sub>4</sub> sebesar 57,23%.

**Kata kunci :** *Batubara, TKKS, Co-Pirolisis*

## Abstract

The use of conventional solid fuel in the form of coal is the largest energy consumption in Indonesia. Coal with a high calorific value is advantageous not only in combustion but also in transportation so it is preferred. This causes low calorific value lignite coal to have a low selling value so that it must be processed first. Co-pyrolysis is one of the technological solutions for coal utilization that can be done. Co-pyrolysis is a pyrolysis process using more than one different raw material simultaneously so that greenhouse gas emissions from burning fossil fuels can be reduced. This research is focused on knowing the effect of the composition of the raw materials used on the pyrolysis syngas yield. Variation of raw material composition Coal : Empty Palm Oil Bunches (EPB) used are 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, and 0:100. From the results of the research conducted, syngas with optimal combustible gas content was obtained at a composition ratio of 25% coal : 75% EPB at a temperature of 250°C with a CH<sub>4</sub> content of 57,23%.

**Keywords :** *Coal, EPB, Co-Pyrolysis*

## PENDAHULUAN

Seiring dengan berjalannya waktu konsumsi energi di Indonesia semakin meningkat. Suplai energi utama yang digunakan di Indonesia saat ini adalah sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui dan akan habis suatu saat nanti. Penggunaan bahan bakar padat konvensional berupa batubara menjadi konsumsi energi terbesar di Indonesia. Batubara merupakan endapan senyawa organik karbonan yang terbentuk secara alamiah dari sisa tumbuh-tumbuhan yang bisa terbakar (Lubis et al, 2021). Saat ini umumnya batubara digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik maupun industri. Batubara yang memiliki nilai kalor tinggi menguntungkan tidak hanya dalam pembakarannya tapi juga dalam

pengangkutannya sehingga lebih banyak disukai (Nugroho, 2017). Hal tersebut menyebabkan batubara lignit yang berkalori rendah memiliki nilai jual rendah sehingga harus diolah terlebih dahulu. Selain itu, pemanfaatan batubara secara konvensional dengan cara dibakar menimbulkan dampak negatif yang menyebabkan emisi gas rumah kaca, pembakaran batubara berpotensi mencemari lingkungan dengan senyawa seperti NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub> yang menyebabkan hujan asam (Triana, 2022).

Guna menekan dampak negatif pemakaian batubara sekaligus meningkatkan nilai jual batubara lignit maka co-pirolisis merupakan salah satu solusi teknologi pemanfaatan batubara yang dapat dilakukan. Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara terbatas (Putri, 2022). Co-pirolisis merupakan pirolisis menggunakan lebih dari satu bahan baku yang berbeda secara bersamaan agar emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil dapat dikurangi.

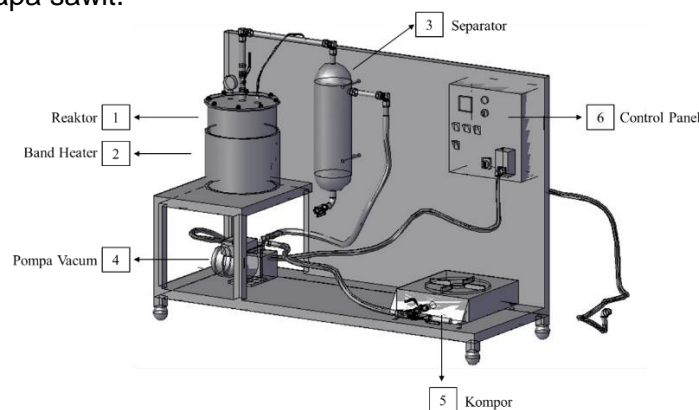
Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan salah satu biomassa yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pada proses co-pirolisis mengingat bahwa Indonesia memiliki banyak perkebunan kelapa sawit. Saat ini penanganan TKKS umumnya dibakar atau disebar sebagai mulsa atau penutup lahan dikebun sawit. Pada proses pembakaran TKKS emisi terbanyak dihasilkan adalah gas CO<sub>2</sub> dan pada proses pembusukan TKKS gas emisi terbanyak yang terbentuk adalah CH<sub>4</sub> dan CO<sub>2</sub> (Prasetyadi, 2020). Pemanfaatan TKKS pada proses co-pirolisis dapat mengurangi limbah dari industri perkebunan kelapa sawit sekaligus menurunkan emisi gas rumah kaca.

Beberapa parameter penting yang mempengaruhi proses pirolisis adalah jenis bahan baku (jenis biomassa yang digunakan, ukuran partikel, penanganan awal biomassa), kondisi reaksi (suhu, tekanan, laju pemanasan partikel, waktu kontak), konfigurasi reaktor yang digunakan, proses yang dilakukan, serta berbagai variabel lainnya (Kan et al, 2016). Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa komposisi bahan baku merupakan salah satu peranan penting terhadap produk *syngas* yang dihasilkan dari proses co-pirolisis.

Berdasarkan penjabaran di atas, maka penelitian yang akan dilakukan adalah proses co-pirolisis antara batubara lignit dan tandan kosong kelapa sawit dengan parameter variasi komposisi bahan baku dan temperatur proses untuk menghasilkan *syngas* yang lebih optimal.

## METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Maret hingga Juli 2023 di Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah seperangkat alat pirolisis berbahan baku batubara lignit dan limbah tandan kosong kelapa sawit.



**Gambar 1. Seperangkat Alat Pirolisis**

Variabel tetap dalam penelitian ini adalah berat komposisi campuran bahan baku (1 kg) dan ukuran bahan baku (2 cm). Sedangkan variabel bebas yang digunakan adalah temperatur proses 200°C dan 250°C serta rasio komposisi bahan baku batubara tandan kosong kelapa sawit, yaitu 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, dan 0:100. Penelitian ini berfokus untuk menghasilkan *syngas*, selain menghasilkan *syngas* proses co-pirolisis ini juga menghasilkan char dan tar.

Penelitian dimulai dengan preparasi bahan baku yaitu mengeringkan bahan baku terlebih dahulu kemudian menetapkan kondisi operasi atau parameter pada saat praktik untuk memperoleh hasil yang optimum dalam menghasilkan *syngas*. Parameter hasil proses yang akan dianalisis adalah komposisi *syngas* hasil co-pirolisis.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh dari variasi komposisi pencampuran bahan baku batubara dan tandan kosong kelapa sawit terhadap yield produk yang dihasilkan dan komposisi *syngas* yang dihasilkan dari proses co-pirolisis.

Salah satu faktor yang mempengaruhi proses pirolisis adalah karakteristik bahan baku yang digunakan (Tripathi et al, 2016). Oleh karena itu, dilakukan analisa proksimat bahan baku sebelum dilakukannya penelitian. Tabel 1. berikut ini menampilkan hasil analisa proksimat serta nilai kalor batubara dan tandan kosong kelapa sawit.

**Tabel 1. Nilai Proksimat dan Nilai kalor Batubara dan Tandan Kosong Kelapa Sawit**

Bahan Baku	Kadar Air (%)	Fix Carbon (%)	Volatile (%)	Abu (%)	GHV (cal/gr)
Batubara	7,01	49,43	38,65	4,91	3278,8593
TKKS	7,36	27,71	40,56	24,36	4038,2134

## Pengaruh Variasi Komposisi bahan Baku Terhadap Yield Produk yang Dihasilkan

Dari proses co-pirolisis antara batubara dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) yang dilakukan, didapatkan produk utama berupa *syngas* dan produk samping berupa char dan tar. Tabel 2. berikut ini merupakan data yield produk yang dihasilkan.

**Tabel 2. Data Yield Produk**

Temperatur (°C)	Komposisi Batubara : TKKS (% w/w)	Yield Produk		
		Char (%)	Tar (%)	<i>Syngas</i> (%)
200	100 : 0	49,2	6,58	44,22
	75 : 25	47,4	7,97	44,63
	50 : 50	33,1	12,52	54,38
	25 : 75	25,8	12,87	61,33
	0 : 100	21,3	8,78	69,92
250	100 : 0	46,9	7,02	46,08
	75 : 25	43,3	9,07	47,63
	50 : 50	28,5	14,69	56,81
	25 : 75	20,4	16,71	62,89
	0 : 100	16	9,19	74,81

Dengan meningkatnya temperatur reaksi pirolisis, yield gas dan yield liquid meningkat sedangkan yield char mengalami penurunan (Mardiah et al, 2014). Perolehan yield gas dan liquid pada TKKS lebih besar daripada batubara. Dapat dijelaskan hal ini karena biomassa TKKS memiliki kandungan *volatile matter* lebih tinggi daripada batubara seperti yang terlihat pada hasil analisa proksimat pada Tabel 1.

Yield char mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya temperatur reaksi dan penambahan biomassa TKKS. Selain itu, baik pada temperatur 200°C maupun 250°C yield char terbanyak diperoleh pada rasio 100% batubara dengan persen yield berturut-turut sebesar 49,2% dan 46,9% serta terus mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya penambahan rasio TKKS pada proses co-pirolisis.

Perolehan yield liquid berupa tar yang diperoleh dari bahan baku dominan TKKS memiliki jumlah yang lebih besar daripada batubara. Sedangkan yield tar terendah yang diperoleh pada temperatur 200°C dan 250°C berturut-turut sebesar 6,58% dan 7,02% pada rasio komposisi 100% batubara.

Adapun perolehan yield gas meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur dan rasio biomassa yang digunakan, sehingga yield gas terbesar pada temperatur 200°C dan 250°C berturut-turut diperoleh pada rasio komposisi 100% TKKS yaitu sebesar 69,92% dan 74,81%. Sedangkan perolehan yield gas terendah berada pada rasio komposisi 100% batubara yaitu sebesar 44,22% pada temperatur 200°C dan 46,08% pada temperatur 250°C.

### Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Baku Terhadap Komposisi Syngas

Analisis kandungan *syngas* dilakukan untuk mengetahui kandungan *flammable gas* (gas mampu bakar) yang terdapat di dalamnya. Dari analisis yang dilakukan, diketahui komposisi *syngas* pada Tabel 3. berikut.

Tabel 3. Data Komposisi Syngas

Temperatur (°C)	Komposisi Batubara : TKKS (% w/w)	Komposisi Syngas		
		CH <sub>4</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	H <sub>2</sub> S (ppm)
200	100 : 0	18,60	4,75	300
	75 : 25	17,61	6,73	287
	50 : 50	32,43	15,19	252
	25 : 75	42,56	25,78	204
	0 : 100	25,05	17,66	201
250	100 : 0	20,47	4,78	304
	75 : 25	19,93	6,81	292
	50 : 50	34,11	15,15	254
	25 : 75	57,23	26,09	210
	0 : 100	29,60	17,60	207

Komposisi *syngas* hasil co-pirolisis dipengaruhi oleh temperatur proses pirolisis dan perbandingan bahan baku (batubara : TKKS) yang digunakan. Dengan meningkatnya temperatur pirolisis maka produk gas yang dihasilkan meningkat (Anom, 2023). Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 3. terlihat bahwa penggunaan dominan TKKS pada proses co-pirolisis memiliki kandungan *flammable gas* (CH<sub>4</sub>) yang lebih tinggi dibandingkan dengan batubara. Tingginya *flammable gas* yang dihasilkan pada penggunaan dominan biomassa disebabkan oleh biomassa TKKS memiliki kandungan *volatile matter* lebih tinggi daripada batubara sehingga zat-zat yang terkandung di dalam TKKS lebih mudah menguap dibandingkan batubara.

Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan sebelumnya yang menyimpulkan bahwa penggunaan variasi komposisi yang bomassanya lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan batubara dihasilkan kualitas *syngas* yang lebih tinggi (Wijaya et al, 2017). Pada penelitian yang dilakukan, kandungan *flammable gas* (CH<sub>4</sub>) tertinggi diperoleh pada rasio komposisi 25% batubara : 75% TKKS yakni sebesar 42,56% pada temperatur 200°C dan 57,23% pada temperatur 250°C. Sedangkan kandungan *flambale gas* (CH<sub>4</sub>) terendah pada temperatur 200°C dan 250°C secara berturut-turut sebesar 17,61% dan 19,93% pada rasio komposisi 75% batubara : 25% TKKS.

### SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan dominan biomassa berupa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) akan meningkatkan kandungan *flammable gas* seperti CH<sub>4</sub> pada *syngas*. Hal ini disebabkan oleh biomassa TKKS memiliki kandungan *volatile matter* lebih tinggi daripada batubara sehingga zat-zat yang

terkandung di dalam TKKS lebih mudah menguap dibandingkan batubara. Gas mampu bakar tertinggi diperoleh pada variasi komposisi 25% batubara : 75% TKKS dengan kandungan CH<sub>4</sub> sebesar 57,23% pada temperatur 250°C.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anom, I. D. K. 2023. *Pirolisis Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair*. Yogyakarta: Jejak Pustaka.
- Kan, T., Vladimir, S., & Tim, J. S. 2016. *Lignocellulosic Biomass Pyrolysis: A Review of Product Properties and Effects of Pyrolysis Parameters*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 57 pp. 1126-1140.
- Lubis, M. P. D., Hervani, D. R., & Sasria, N. 2021. *Identifikasi Kandungan Batubara Cair Tipe Lignit Menggunakan Metode Pirolisis Daerah Kecamatan Pasir Balengkong Provinsi Kalimantan Timur*. *SPECTA Journal of Technology*, 5(2), 168-175.
- Mardiah. et al. 2014. *Studi Peningkatan Yield Tar Co-Pirolisis Batubara dan Tandan Kosong Kelapa Sawit*. Seminar Nasional Teknologi Industri Hijau I. Semarang. Hal. 90-95.
- Nugroho, H. 2017. *Batu Bara Sebagai Pemasok Energi Nasional ke Depan: Apa yang Perlu Disiapkan?*. *Jurnal Perencanaan Pembangunan*, 1(1), 1-13.
- Prasetiyadi. 2020. *Gas Hidrogen Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Melalui Proses Supercritical Water Gasification (SCWG)*. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 13(2), 214-221.
- Putri, A. M. 2022. *Analisis Konsumsi Energi Spesifik Pirolisator Double Kondensor Pada Konversi Limbah Biomassa (Serbuk Jati, Tempurung Kelapa, Serbuk Akasia) Menjadi Asap Cair*. Tugas akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Triana, L. 2022. *Karakterisasi Syngas Produk Co-Gasifikasi Downdraft dari Batubara dan Ampas Tebu*. Tugas Akhir. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Tripathi, M., Sahu, J. N., & Ganesan, P. 2016. *Effect of Process Parameters on Production of Biochar from Biomass Waste Through Pyrolysis", A Review Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 55 pp. 467-481.
- Wijaya, I. K., I Nyoman, S. W., & I Wayan, W. 2017. *Pengaruh Komposisi Biomassa dan Batubara terhadap Performansi Co-Gasifikasi Sirkulasi Fluidized Bed*. *Jurnal METTEK*, 3(1), 65-70.