

SELEKTIVITAS HIDROKARBON PADA SINTESIS *FISCHER–TROPSCH* BERBASIS SYNGAS KULIT KOPI MENGGUNAKAN *SOFTWARE ASPEN PLUS*

1,2,3,4) Program Studi S1
Teknik Mesin, Universitas
Tidar, Kota Magelang,
Indonesia.

**Benazir Zulfana Anwar^{1*)}, Arif Rahman Saleh²⁾,
Rany Puspita Dewi³⁾, Tri Retno Setiyawati⁴⁾**

Corresponding email *) :
benazirzulfana@gmail.com

Received: 23-01-2026
Accepted: 04-04-2026
Published: 28-06-2026

©2026 Politala Press.
All Rights Reserved.

Abstrak. Ketergantungan Indonesia terhadap energi fosil yang tidak terbarukan, sementara pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) belum optimal meskipun ketersediaan sumber dayanya melimpah. Salah satu potensi EBT yang belum dimanfaatkan secara maksimal adalah biomassa kulit kopi, yang dihasilkan dalam jumlah besar sebagai limbah perkebunan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis selektivitas hidrokarbon pada proses sintesis Fischer–Tropsch (FT) berbahan baku gas sintesis hasil gasifikasi kulit kopi melalui pemodelan termokimia menggunakan ASPEN Plus. Simulasi dilakukan pada suhu 240°C dan tekanan 25 bar dengan beberapa metode termodinamika. Hasil menunjukkan bahwa produk didominasi oleh hidrokarbon berat (C_5^+), dengan selektivitas sebesar 9,881% (Grayson), 5,341% (BK10), dan $1,333 \times 10^1\%$ (Peng–Robinson), sedangkan hidrokarbon ringan berada pada orde 10^{-6} – 10^{-3} . Model Peng–Robinson menunjukkan kinerja paling representatif untuk prediksi hidrokarbon cair berat berbasis biomassa.
Kata Kunci: Kulit kopi, Sintesis Fischer–Tropsch, Selektivitas hidrokarbon.

Abstract. Indonesia's continued dependence on non-renewable fossil energy sources contrasts with the underutilization of New and Renewable Energy (NRE), despite its abundant resource availability. One promising yet underexploited NRE source is coffee husk biomass, which is generated in large quantities as a by-product of plantation activities. This study aims to analyze hydrocarbon selectivity in the Fischer–Tropsch (FT) synthesis process using syngas derived from coffee husk gasification through thermochemical modeling in ASPEN Plus. Simulations were conducted at an operating temperature of 240°C and a pressure of 25 bar using various thermodynamic methods. The results indicate that the product distribution is dominated by heavy hydrocarbons (C_5^+), with selectivity values of 9.881% for the Grayson model, 5.341% for BK10, and the highest value of $1.333 \times 10^1\%$ obtained using the Peng–Robinson equation of state, while light hydrocarbons exhibit selectivity in the order of 10^{-6} – 10^{-3} . The Peng–Robinson model demonstrates the most representative performance for predicting liquid heavy hydrocarbons from biomass-based Fischer–Tropsch synthesis.
Keywords: Coffee husk, Fischer–Tropsch synthesis, Hydrocarbon selectivity.

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v13i1.418>

1. Pendahuluan

Di Indonesia, pemanfaatan energi masih didominasi oleh sumber fosil seperti minyak, gas, dan batu bara, sedangkan Energi Baru dan Terbarukan (EBT) masih menjadi pilihan pendukung. Perkembangan EBT terus meningkat dengan kapasitas terpasang panas bumi mencapai 2.130,7 MW, tenaga air 6.283,3 MW, bioenergi 2.200 MW, tenaga surya 17,22 MWp, tenaga angin 153,83 MW, dan biomassa sekitar 50 GW. Salah satu sumber EBT yang berpotensi besar untuk dikembangkan adalah biomassa [1]. Salah satu biomassa yang tersedia melimpah berasal dari hasil perkebunan yaitu tanaman kopi. Pada proses pengolahan kopi pada umumnya menghasilkan 35%

kulit kopi dan 65% biji kopi. Limbah organik dari kulit kopi memiliki kadar air yang tinggi yaitu 75%-80%. Kulit kopi mentah memiliki kandungan kadar air 2,25%; kadar abu 0,73%; zat terbang 74,20%; dan karbon padat 25,07% [2].

Kulit kopi mempunyai kandungan Bahan Kering (BK)=90.52, Protein Kasar (PK)=6.27, Lemak Kasar (LK)=1.31, Serat Kasar (SK)=34.11 dan Total Digestible Nutrients (TDN)=57.20%. Namun demikian kulit kopi hanya sebagian kecil dimanfaatkan sebagai penghasil bahan bakar minyak (*bioetanol*) dan sebagian besar lainnya dibuang atau ditanam dalam tanah untuk digunakan sebagai pupuk organik pada lahan perkebunan. Komposisi kandungan kulit kopi dijelaskan dalam Tabel 1 [3].

Kulit kopi memiliki banyak metode dalam pengolahannya, salah satu di antaranya adalah dengan gasifikasi. Gasifikasi merupakan proses konversi energi untuk menghasilkan gas sintesis atau *syngas* dengan menggunakan biomassa sebagai bahan melalui proses termokimia temperatur tinggi dan udara yang stoikiometri [4]. Gas sintesis tersebut kemudian dikonversi menjadi hidrokarbon cair yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif melalui sintesis *Fischer-Tropsch*. Teknologi *Fischer-Tropsch* tidak hanya terbatas pada produksi hidrokarbon, tetapi juga memiliki potensi dalam pemanfaatan energi dan material yang dihasilkan selama proses berlangsung. Limbah panas yang dihasilkan dapat dikonversi menjadi energi listrik, sehingga meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan. Selain itu, nitrogen yang diperoleh dari proses pemisahan udara dapat digunakan dalam sintesis amonia, yang selanjutnya dapat bereaksi dengan karbon dioksida limbah untuk menghasilkan urea, suatu senyawa yang memiliki nilai ekonomi dalam industri pupuk. Berbagai produk utama dan sampingan yang dihasilkan dari proses ini akan dibahas lebih lanjut.

Tabel 1. Komposisi kandungan kulit kopi [3]

Zat Nutrisi	Kandungan tanpa diamonisasi (%)	Kandungan setelah diamonisasi (%)
Bahan Kering (BK)	90,52	94,85
Lemak Kasar (LK)	1,31	1,93
Serat Kasar (SK)	34,11	27,52
Protein Kasar (PK)	6,27	8,67
Abu	7,54	8,47
Kadar Air	9,48	5,15

Pada proses *Fischer-Tropsch* ini menggunakan ASPEN Plus untuk menganalisis proses termokimia. ASPEN Plus merupakan suatu program simulasi yang menggunakan hubungan antara besaran fisika seperti massa, temperatur, kesetimbangan termodinamika, dan persamaan kecepatan untuk memprediksi performa suatu proses seperti sifat aliran dan kondisi operasi ukuran alat. ASPEN Plus telah banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan profit maupun akademisi internasional guna menyimulasikan proses kimia dalam lingkup yang luas, mulai dari industri minyak, material, *heat exchanger*, pirolisis biomassa, gasifikasi, dan masih banyak lagi. *Software* ini juga mampu digunakan dalam kondisi *steady state* dalam proses kontrol material padat [5].

Penelitian terdahulu berfokus pada karakterisasi biomassa, proses gasifikasi, serta aspek kinetika dan katalis, sementara kajian mengenai selektivitas hidrokarbon berbasis pendekatan termodinamika masih belum dikaji, khususnya untuk sistem *Fischer-Tropsch* berbahan baku *syngas* gasifikasi kulit kopi. Selain itu, pengaruh pemilihan model termodinamika terhadap prediksi distribusi produk dan fraksi hidrokarbon berat (C_5^+) dalam simulasi proses *Fischer-Tropsch* belum dikaji secara sistematis, padahal perbedaan model dapat menghasilkan prediksi yang signifikan berbeda. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan akan studi yang mengevaluasi peran model termodinamika dalam menentukan selektivitas hidrokarbon cair berbasis biomassa.

Berdasarkan uraian-uraian tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis selektivitas hidrokarbon pada proses *Fischer-Tropsch* berbahan bakar kulit biji kopi dengan metode pemodelan termokimia menggunakan *software* ASPEN Plus. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja beberapa metode termodinamika dalam memprediksi distribusi produk hidrokarbon, serta mengidentifikasi model termodinamika yang paling representatif untuk produksi hidrokarbon cair berat (C_5^+) dari biomassa kulit kopi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk mengoptimasi selektivitas hidrokarbon pada proses *Fischer-Tropsch* dengan menggunakan kulit biji kopi.

2. Tinjauan Pustaka

Reaksi *Fischer-Tropsch* merupakan proses reaksi kimia yang dapat digunakan untuk mengubah atau mengkonversi gas sintesis menjadi zat cair berupa liquid hidrokarbon menggunakan katalis logam. Zat gas di sini berperan sebagai *feed* atau bahan masukan. *Feed* yang digunakan dalam reaksi *Fischer-Tropsch* umumnya adalah gas sintesis atau *syngas* yang terdiri dari hidrogen dan karbon monoksida. *Fischer-Tropsch* berpotensi menghasilkan produk dengan nilai tambah yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakar konvensional serta

membuka peluang bagi pengembangan industri petrokimia berbasis karbon yang lebih berkelanjutan. Proses *Fischer-Tropsch* dapat menggunakan *feed* dari *syngas* yang berasal dari bahan baku yang mengandung karbon, seperti batu bara, gas alam, dan biomassa. Bergantung pada bahan bakunya, proses ini disebut sebagai CTL (*coal-to-liquid*), GTL (*gas-to-liquid*), atau BTL (*biomass-to-liquid*) [6].

Sintesis *Fischer-Tropsch* (FTS) merupakan reaksi kimia katalitik berupa terjadinya pembentukan hidrokarbon rantai lurus dengan hasil yang dominan berupa alkana dan alkena dengan menggunakan *feed* berupa campuran rasio 1:2 dari karbon monoksida dan hidrogen [7]. Produk hidrokarbon utama yang dihasilkan dari dapat dikategorikan menjadi hidrokarbon gas (C₁-C₄), bensin (C₅-C₁₁), distilat diesel (C₁₂-C₂₀), dan hidrokarbon parafin yang lebih berat (lilin dan oli) (>C₂₀) [8]. Hidrokarbon yang dihasilkan melalui sintesis *Fischer-Tropsch* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan minyak mentah sebagai bahan baku dalam produksi bahan bakar. Salah satu keunggulan utama adalah ketiadaan kandungan sulfur, nitrogen, dan logam berat, yang umumnya terdapat dalam minyak mentah dan berpotensi menyebabkan emisi gas buang yang berbahaya serta korosi pada sistem pembakaran.

Produk minyak mentah dari sintesis *Fischer-Tropsch* temperatur tinggi (HTFT) dapat dengan mudah ditandai dengan distribusi panjang rantai karbon yang sangat rendah dan sebagian besar produaknya adalah olefin dan *oksigenat* yang sama sekali tidak mengandung sulfur maupun nitrogen. Sedangkan untuk sintesis *Fischer-Tropsch* temperatur rendah (LTFT) sekitar 50% dari fraksi massa produk hidrokarbon berada pada panjang karbon 22 atau lebih (C₂₂₊) [9]. Parameter yang digunakan selama sintesis *Fischer-Tropsch* berlangsung yang berbeda-beda dapat digunakan untuk memanipulasi distribusi panjang rantai karbon. Dalam memanipulasikan parameter ini masih berada pada pola dasar distribusi ASF dan tidak akan pernah melampauinya. Kondisi operasi juga dapat digunakan untuk memanipulasi besarnya selektivitas produk dalam setiap nomor karbon. Dampak dari variabel operasi utama dijelaskan pada Tabel 2.

Banyaknya mol dari jumlah produk dalam masing-masing fraksi nomor karbon berkurang secara eksponensial dengan jumlah karbon. Hal ini merupakan indikasi reaksi polimerisasi yang berlangsung bertahap dari monomer C₁. Dalam kasus ideal di mana nomor karbon adalah probabilitas pertumbuhan rantai independen (α) dari spesies permukaan. Pernyataan ini dirangkum dalam teori distribusi ASF (Anderson-Schulz-Flory) dan biasanya digunakan untuk mengetahui karakter distribusi dari produk sintesis *Fischer-Tropsch* [10].

Tabel 2. Pengaruh parameter terhadap selektivitas produk [11]

Parameter selektivitas	Parameter yang ditingkatkan			
	T	P	GHSV	H ₂ :CO
Distribusi panjang rantai karbon	$\alpha \downarrow$	$\alpha \uparrow$	–	$\alpha \downarrow$
Selektivitas metana	\uparrow	\downarrow	\downarrow	\uparrow
Selektivitas alkena	\approx	\approx	\uparrow	\downarrow
Konversi <i>syngas</i>	\uparrow	\uparrow	\downarrow	\approx

Keterangan:

- α = Nilai *alpha* pada selektivitas
- = Hampir/tidak ada perubahan
- \uparrow = Meningkat
- \downarrow = Menurun
- \approx = Perubahan bergantung pada hal yang lebih kompleks

Komposisi gas sintesis berpengaruh terhadap selektivitas produk. Semakin rendah tekanan parsial CO, semakin rendah cakupan permukaan oleh spesies CH₂, semakin rendah kemungkinan pertumbuhan rantai dan semakin tinggi kemungkinan desorpsi spesies CH₂. Semakin tinggi tekanan parsial H₂ meningkatkan peluang terminasi spesies menjadi parafin. Kenaikan rasio H₂/CO akan meningkatkan selektivitas hidrokarbon rantai pendek dan lebih jenuh. Nilai konversi CO, laju reaksi CO dan selektivitas produk dapat dinyatakan dalam persamaan berikut [12].

$$S_i = \frac{n_i}{n_{CO,in} - n_{CO,out}} \times 100 \quad (1)$$

Dimana:

- S_i = Selektivitas produk *i* (%), $i \in$ Hidrokarbon C₁ – C₄
- n_i = Jumlah mol produk *i* (mol), $i \in$ Hidrokarbon C₁ – C₄
- $n_{CO,in}$ = Jumlah mol CO yang masuk ke sistem (mol)
- $n_{CO,out}$ = Jumlah mol CO yang keluar dari sistem (mol)

$$X_{CO} = \frac{n_{CO,in} - n_{CO,out}}{n_{CO,out}} \times 100 \quad (2)$$

Dimana:

X_{CO} = Nilai konversi (%)

$n_{CO,in}$ = Jumlah mol CO yang masuk ke sistem (mol)

$n_{CO,out}$ = Jumlah mol CO yang keluar dari sistem (mol)

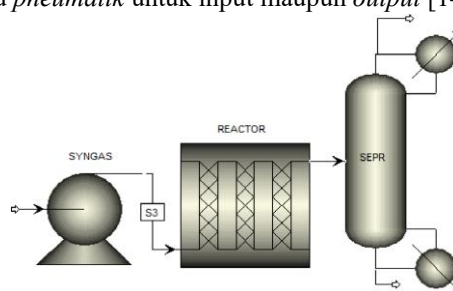
$$S_{C_{5+}} = 100 - S_i \quad (3)$$

Dimana:

$S_{C_{5+}}$ = Selektivitas produk hidrokarbon C_{5+} (%)

S_i = Selektivitas produk i , $i \in$ Hidrokarbon $C_1 - C_4$ (%)

Sintesis *Fischer-Tropsch* memerlukan komponen pendukung seperti komponen pengontrol tekanan aliran fluida dengan menggunakan kompresor, dan juga komponen pemisah fase fluida gas dan cair dengan menggunakan separator. Desain proses dasar sintesis *Fischer-Tropsch* dengan melibatkan komponen pendukung yang dibuat dalam *software* ASPEN Plus ditunjukkan pada Gambar 1 berikut [13]. Seluruh simulasi proses kimia bertahap dari bahan mentah hingga produk utama maupun produk samping digambarkan dengan simbol yang berbeda, dimana setiap simbol masing-masing mengartikan proses dari unit, proses kimia, aliran dari material, energi, maupun sinyal elektrik atau *pneumatik* untuk input maupun *output* [14].



Gambar 1. Desain skema proses sintesis *fischer-tropsch*

3. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan cara melakukan simulasi pada proses *Fischer-Tropsch* berbahan bakar kulit biji kopi menggunakan *software* ASPEN Plus.

Variabel Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

a. Variabel bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini berfungsi sebagai variabel pengaruh karena mempengaruhi variabel lain, yaitu variabel terikat. Variabel bebas yang ditetapkan untuk diteliti di antaranya adalah:

- a. Temperatur operasi, yaitu 240°C
- b. Tekanan operasi, yaitu 25 bar
- c. Metode properti fisik Aspen Plus, yaitu Grayson, BK10, dan Peng-Rob

b. Variabel terikat

Variabel ini merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat yang akan diteliti pada penelitian ini yaitu:

- a. Konversi reaktan, yaitu CO dan H_2
- b. Selektivitas setiap produk hidrokarbon
- c. *Yield* produk, berupa laju massa, laju molar, dan laju volumetrik produk

c. Variabel kontrol

Variabel kontrol merupakan faktor dalam penelitian ini yang dijaga tetap konstan. Variabel kontrol yang ditetapkan pada penelitian ini yaitu:

- a. Fraksi mol reaktan, dengan rasio $H_2:CO$ sebesar 2:1
- b. Laju alir massa reaktan, sebesar 10 kg/jam

Tahapan Penelitian

a. Penyiapan data

- 1) Tahap awal dalam menggunakan *software* ASPEN Plus adalah membuat projek simulasi baru melalui "*New Simulation*" pada antarmuka beranda.

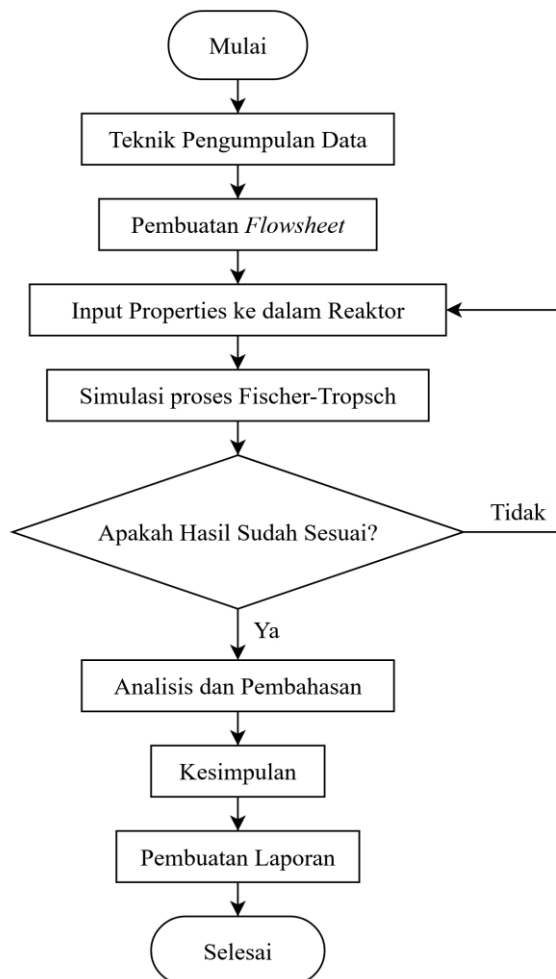
- 2) *Components-Specifications* data yang diinputkan pertama kali adalah *child "Specification"* dari *parent* topik "*Components*".
- 3) *Methods-Specifications* Setelah semua komponen terdaftar, kemudian tahapan berikutnya melalui fungsi "*Next*" yang ada pada title bar maupun *toolbar* dari ASPEN Plus.
- 4) *Run Property Analysis* / Setup sampai tahapan ini data awal yang diinputkan telah cukup, dilanjutkan dengan menjalankan analisis penyiapan properti untuk data akhir yang diperlukan software ASPEN Plus selama simulasi.

b. Simulasi

- 1) Pembuatan *flowsheet* menggambarkan skema proses secara grafis, meliputi unit operasi utama.
- 2) *Input* parameter per blok model dan material

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. Hasil dan Pembahasan

Selektivitas produk hidrokarbon merupakan salah satu parameter kunci dalam sintesis *Fischer-Tropsch* karena berperan dalam menentukan distribusi fraksi hidrokarbon yang terbentuk dari reaksi konversi gas sintesis (CO dan H₂). Nilai selektivitas mencerminkan kecenderungan sistem reaksi dalam menghasilkan jenis hidrokarbon tertentu, baik hidrokarbon ringan (C₁-C₄) maupun hidrokarbon berat (C₅⁺). Dalam penelitian ini, suhu, tekanan dan metode properti fisik Aspen Plus divariasikan untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap perubahan selektivitas dan distribusi produk yang dihasilkan. Analisis dilakukan melalui analisis hasil simulasi proses pada berbagai kondisi operasi dengan mengamati perubahan laju alir molar masing-masing fraksi hidrokarbon. Seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Laju alir molar pada suhu 240°C dan tekanan 25 bar

No	Laju Aliran Molar	Metode Properti Fisik		
		Grayson	BK10	Peng-Rob
1	PRODC1 (mol/jam)	1,427E-04	4,008E-06	1,252E-04
2	PRODC2 (mol/jam)	9,899E-04	3,659E-05	1,112E-03
3	PRODC3 (mol/jam)	0,022	9,741E-04	0,0261
4	PRODC4 (mol/jam)	0,006	3,131E-04	5,862E-03
5	PRODC5 ⁺ (mol/jam)	28,640	15,403	38,642

Nilai konversi suatu reaksi kimia bergantung pada perilaku komponen pembatas selama proses reaksi berlangsung. Dalam penelitian ini, karbon monoksida diperlakukan sebagai komponen pembatas pada sintesis *Fischer-Tropsch*. Oleh karena itu, perhitungan konversi dilakukan dengan menjadikan konsumsi karbon monoksida sebagai dasar perhitungan, yang kemudian ditentukan menggunakan persamaan 2 sebagai berikut.

$$X_{CO} = \frac{n_{CO,in} - n_{CO,out}}{n_{CO,in}} \times 100 \quad (2)$$

$$X_{CO} = \frac{312,09 - 22,25}{312,09} \times 100$$

$$X_{CO} = 92,87\%$$

Pada tahapan selanjutnya dilakukan analisis selektivitas produk untuk menentukan kecenderungan reaksi pembentukan fraksi hidrokarbon pada proses sintesis *Fischer-Tropsch*. Tahapan ini mencakup persentase masing-masing senyawa liquid hidrokarbon yang terbentuk, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai distribusi produk pada reaktor dalam menghasilkan fraksi hidrokarbon rantai panjang.

Hasil Selektivitas Produk Liquid Hidrokarbon Pada Suhu 240°C Dengan Tekanan 25 bar

Perhitungan selektivitas pada suhu 240°C dan tekanan 25 bar dilakukan untuk mengetahui distribusi fraksi hidrokarbon hasil sintesis *Fischer-Tropsch*. Kondisi ini digunakan untuk mengamati kecenderungan pembentukan hidrokarbon cair. Nilai selektivitas masing-masing komponen ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan selektivitas pada suhu 240°C dengan tekanan 25 bar

Produk Hidrokarbon	Selektivitas (%)		
	Grayson	BK10	Peng-Rob
CH ₄	4.924×10 ⁻⁵	1.383×10 ⁻⁶	4.319×10 ⁻⁵
C ₂ H ₄	3.415×10 ⁻⁴	1.263×10 ⁻⁵	3.838×10 ⁻⁴
C ₃ H ₆	7.494×10 ⁻³	3.361×10 ⁻⁴	9.006×10 ⁻³
C ₄ H ₁₀	9.121×10 ⁻³	1.080×10 ⁻⁴	2.023×10 ⁻³
C ₅₊	9.881	5.341	1.333×10 ⁺¹

Pada suhu 240°C dan tekanan 25 bar, hasil simulasi menunjukkan bahwa selektivitas produk gas ringan relatif sangat kecil dibandingkan hidrokarbon berat pada seluruh model termodinamika yang digunakan. Selektivitas metana (CH₄) masing-masing sebesar 4,924×10⁻⁵ untuk model Grayson, 1,383×10⁻⁶ untuk BK10, dan 4,319×10⁻⁵ untuk Peng-Robinson, sedangkan selektivitas C₂H₄ berada pada kisaran 1,263×10⁻⁵ hingga 3,838×10⁻⁴. Produk C₃H₆ dan C₄H₁₀ menunjukkan nilai yang sedikit lebih tinggi namun tetap berada pada orde 10⁻³, dengan nilai maksimum masing-masing sebesar 9,006×10⁻³ dan 9,121×10⁻³. Sebaliknya, fraksi hidrokarbon berat (C₅⁺) menunjukkan selektivitas yang jauh lebih dominan, yaitu sebesar 9,881% pada model Grayson, 5,341% pada BK10, dan 1,333×10¹⁰% pada Peng-Robinson.

Hasil ini selaras dengan teori yang menyatakan bahwa persamaan keadaan kubik seperti Peng-Robinson mampu merepresentasikan interaksi molekul hidrokarbon non-polar dengan lebih baik pada kondisi tekanan menengah hingga tinggi, sehingga memprediksi pembentukan hidrokarbon rantai panjang secara lebih signifikan. Sementara itu, model Grayson dan BK10 yang lebih empiris menunjukkan kecenderungan selektivitas C₅⁺ yang lebih rendah, namun tetap mengonfirmasi bahwa pada kondisi operasi ini proses *Fischer-Tropsch* lebih mengarah pada pembentukan hidrokarbon berat dibandingkan gas ringan [15].

Model Peng–Robinson menunjukkan kemampuan yang lebih unggul dalam memprediksi pembentukan hidrokarbon cair berat, yang ditunjukkan oleh nilai selektivitas fraksi C_5^+ tertinggi dibandingkan model Grayson dan BK10 pada kondisi 240°C dan 25 bar. Keunggulan ini berkaitan dengan karakteristik persamaan keadaan Peng–Robinson yang dirancang untuk memberikan representasi kesetimbangan uap–cair hidrokarbon secara lebih konsisten pada sistem non-polar dan tekanan menengah hingga tinggi. Selain itu, model sangat direkomendasikan dalam *software* Aspen Plus untuk aplikasi pemrosesan hidrokarbon karena mampu memberikan prediksi fase cair yang lebih stabil dan realistis. Oleh karena itu, hasil simulasi ini memperkuat bahwa metode Peng–Robinson lebih tepat digunakan untuk analisis proses yang menargetkan produksi hidrokarbon berat dalam bentuk cair.

5. Kesimpulan

Pada kondisi operasi 240°C dan tekanan 25 bar, simulasi menunjukkan bahwa produk sintesis Fischer–Tropsch didominasi oleh hidrokarbon berat (C_5^+), dengan selektivitas gas ringan (C_1 – C_4) yang sangat rendah pada kisaran orde 10^{-6} hingga 10^{-3} . Selektivitas fraksi C_5^+ diprediksi sebesar 9,881% menggunakan model Grayson, 5,341% dengan BK10, dan mencapai nilai tertinggi sebesar $1,333 \times 10^1\%$ dengan persamaan keadaan Peng–Robinson. Hasil ini mengindikasikan bahwa model Peng–Robinson lebih representatif dalam memprediksi pembentukan hidrokarbon cair berat pada sistem non-polar bertekanan menengah, sekaligus menegaskan pentingnya pemilihan model termodinamika dalam simulasi proses *Fischer–Tropsch* yang berorientasi pada produksi bahan bakar cair.

Daftar Pustaka

- [1] F. Paundra Dan A. Nurdin, “Study Of The Potential And Development Of Renewable Energy Power In Indonesia : A Review,” *Steam Eng.*, Vol. 3, No. 2, Hlm. 62–72, Mar 2022, Doi: 10.37304/Jptm.V3i2.4024.
- [2] R. P. Dewi, T. J. Saputra, Dan S. Widodo, “Studi Potensi Limbah Kulit Kopi Sebagai Sumber Energi Terbarukan Di Wilayah Jawa Tengah,” *J. Mech. Eng.*, Vol. 5, No. 1, Mar 2021, Doi: 10.31002/Jom.V5i1.3946.
- [3] M. Syabriana, “Produksi Bioetanol Dari Limbah Kulit Kopi Menggunakan Enzim *Zymomonas Mobilis* Dan *Saccharomyces Cerevisiae*,” *J. Serambi Eng.*, Vol. 3, No. 1, Jan 2018, Doi: 10.32672/Jse.V3i1.356.
- [4] E. D. Setiadi, “Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon - Banten,” 2023.
- [5] G. Satria, “Studi Simulasi Dan Eksperimental Pengaruh Variasi Equivalence Ratio Dan Temperatur Udara Inlet Pada Proses Gasifikasi Tongkol Jagung Terhadap Unjuk Kerja Gasifier Tipe Downdraft Berdasarkan Prinsip Energi Dan Eksergi,” 2021.
- [6] A. Lappas Dan E. Heracleous, “Production Of Biofuels Via Fischer–Tropsch Synthesis,” Dalam *Handbook Of Biofuels Production*, Elsevier, 2016, Hlm. 549–593. Doi: 10.1016/B978-0-08-100455-5.00018-7.
- [7] G. Navarro, P. Monsalve, R. Barrera-Zapata, R. Ríos-Estepa, Dan D. Gómez-Ríos, “Aspen Plus Simulation Strategies Applied To The Study Of Chitin Bioextraction From Shrimp Waste,” *Food Technol. Biotechnol.*, Vol. 57, No. 2, Hlm. 238–248, 2019, Doi: 10.17113/Ftb.57.02.19.6003.
- [8] Y. Suo, Y. Yao, Y. Zhang, S. Xing, Dan Z.-Y. Yuan, “Recent Advances In Cobalt-Based *Fischer–Tropsch* Synthesis Catalysts,” *J. Ind. Eng. Chem.*, Vol. 115, Hlm. 92–119, Nov 2022, Doi: 10.1016/J.jiec.2022.08.026.
- [9] A. Steynberg Dan M. Dry, *Fischer–Tropsch Technology*. Dalam *Studies In Surface Science And Catalysis*, No. V. 152. Amsterdam Boston: Elsevier, 2004.
- [10] “*Fischer–Tropsch* Synthesis-Towards Understanding.”
- [11] “*Fischer–Tropsch* Refining.”
- [12] F. K. Al-Zuhairi, Z. M. Shakor, Dan I. Hamawand, “Maximizing Liquid Fuel Production From Reformed Biogas By Kinetic Studies And Optimization Of Fischer–Tropsch Reactions,” *Energies*, Vol. 16, No. 19, Hlm. 7009, Okt 2023, Doi: 10.3390/En16197009.
- [13] B. Bashir, M. Amin, A. G. Fareed, Dan Z. U. R. Farooqi, “Conversion Of Coal-Biomass Into Diesel By Using Aspen Plus,” *C*, Vol. 8, No. 4, Hlm. 63, Nov 2022, Doi: 10.3390/C8040063.
- [14] E. K. Rastini, “Pembuatan Serbuk Karbon Aktif Dari Limbah Bambu Sebagai Penyangga Katalis Logam Dalam Sintesis Biofuel Secara Fischer–Tropsch,” *Indones. Chem. Appl. J.*, Vol. 2, No. 1, Hlm. 19, Agu 2018, Doi: 10.26740/Icaj.V2n1.P19-25.
- [15] “Aprsys 111 Physical Property Methods And Models (1).”