



OPTIMASI *SPENT CATALYST FLUIDIZED CATALYTIC CRACKING* TEREGENERASI ASAM SULFAT UNTUK PIROLISIS SAMPAH PLASTIK TUTUP BOTOL

BOY SAPUTRA PANDIANGAN



**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Optimasi *Spent Catalyst Fluidized Catalytic Cracking* Teregenerasi Asam Sulfat untuk Pirolisis Sampah Plastik Tutup Botol” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Cr tkn2026

Boy Saputra Pandiangan
G4401211061

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

ABSTRAK

BOY SAPUTRA PANDIANGAN. Optimasi *Spent Catalyst Fluidized Catalytic Cracking* Teregenerasi Asam Sulfat untuk Pirolisis Sampah Plastik Tutup Botol. Dibimbing oleh MUHAMAD FARID dan FURQAN AULIA.

Sampah plastik sekali-pakai berupa tutup botol air mineral berbahan *high-density polyethylene* (HDPE) sulit terurai dan berpotensi mencemari lingkungan. Pirolisis merupakan metode pemanfaatan limbah plastik melalui penguraian termal tanpa oksigen untuk menghasilkan bahan bakar cair. Penelitian ini bertujuan mengoptimasi regenerasi *spent catalyst fluidized catalytic cracking* (FCC) dengan beragam konsentrasi H_2SO_4 untuk aplikasi pirolisis HDPE. Karakterisasi katalis dengan XRD, XRF, dan BET menunjukkan peningkatan nisbah Si/Al dan luas permukaan setelah regenerasi. Pirolisis dilakukan pada suhu $350\text{ }^\circ\text{C}$ selama 60 menit dengan perbandingan katalis terhadap plastik 10 wt%. Hasil analisis produk cair menggunakan HT-Simdist dan GC-MS menunjukkan distribusi hidrokarbon C5–C20 yang berpotensi sebagai bahan bakar. Rendemen 54,60% diperoleh dari katalis dengan regenerasi H_2SO_4 1,5 M. Penggunaan *spent catalyst* FCC teregenerasi meningkatkan efisiensi konversi sampah plastik HDPE menjadi bahan bakar cair ramah lingkungan serta berpotensi sebagai solusi pengelolaan limbah plastik dan penyediaan energi berkelanjutan.

Kata kunci: bahan bakar cair, pirolisis, regenerasi katalis, sampah plastik, *spent catalyst* FCC

ABSTRACT

BOY SAPUTRA PANDIANGAN. Pyrolysis of Plastic Bottle Caps Using Regenerated Spent Catalyst from Fluidized Catalytic Cracking. Supervised by MUHAMAD FARID and FURQAN AULIA.

Single-use plastic debris, such as mineral water bottle caps made of high-density polyethylene (HDPE), is difficult to degrade and may constitute environmental harm. Pyrolysis is a process of converting plastic waste into liquid fuels using oxygen-free heat decomposition. This study attempts to optimize the regeneration of spent fluidized catalytic cracking (FCC) catalysts using various concentrations of H_2SO_4 for utilization in HDPE pyrolysis. Catalyst evaluation with XRD, XRF, and BET investigations demonstrated a rise in Si/Al ratio and surface area during regeneration. The pyrolysis was carried out at $350\text{ }^\circ\text{C}$ in 60 minutes with a catalyst-to-plastic ratio of 10 wt%. The liquid products were analyzed by HT-Simdist and GC-MS, which revealed a hydrocarbon distribution in the C5–C20 range, indicating possible fuel use. Catalysts regenerated using 1.5 M H_2SO_4 resulted in a yield of 54.60%. Regenerated wasted FCC catalysts improve HDPE plastic waste conversion into ecologically friendly liquid fuels, hence promoting sustainable waste management and energy production.

Keywords: catalyst regeneration, FCC spent catalyst, liquid fuel, plastic waste, pyrolysis



© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



OPTIMASI *SPENT CATALYST FLUIDIZED CATALYTIC CRACKING* TEREGENERASI ASAM SULFAT UNTUK PIROLISIS SAMPAH PLASTIK TUTUP BOTOL

BOY SAPUTRA PANDIANGAN

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Kimia

**DEPARTEMEN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

1. Dr. Zulhan Arif, S.Si., M.Si.
2. Dr. rer. Nat Noviyana Darmawan, S.Si., M.Si.
3. Dr. Dra. Sri Mulijani, M.Si.



@Hak cipta milik IPB University

Judul Skripsi : *Optimasi Spent Catalyst Fluidized Catalytic Cracking*
Teregenerasi Asam Sulfat untuk Pirolisis Sampah Plastik Tutup
Botol

Nama : Boy Saputra Pandiangan
NIM : G4401211061

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Drs. Muhamad Farid, M.Si.

Pembimbing 2:
Furqan Aulia, B.Sc, M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Departemen Kimia:
Prof. Dr. Dra. Dyah Iswantini Pradono, M.Sc.Agr.
NIP 196707301991032001

Tanggal Ujian:
6 Maret 2026

Tanggal Lulus:

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2024 sampai bulan Juni 2025 ini ialah pirolisis limbah plastik, dengan judul “Optimasi *Spent Catalyst Fluidized Catalytic Cracking* Teregenerasi Asam Sulfat untuk Pirolisis Sampah Plastik Tutup Botol.”

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Drs. Muhamad Farid, M.Si. dan Furqan Aulia, B.Sc, M.Sc yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Penghargaan penulis sampaikan kepada seluruh analis Laboratorium *Process and Development Research*, PT Pertamina Technology Innovation dan Ahmad Mahat Madani yang telah membantu selama penelitian dan pengumpulan data.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah, Ibu, serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya. Penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya juga kepada Dibba Cakka Ratana, Fadlika Aliya Firamadhan, Nabila Hana Astari, Najwaisyah Tifa Nirwana, Ilham Ramdhani Amir, Gita Paglusia, Hanna Fatimah Noor, Mutiara Kalsum, Muhammad Riyanto, Guntur Pangestu, Hamlan Hanifan Al Barr, Muhammad Yusuf Maulana, Robby Maskur, Rifqi Aulia Ramadhan, Joan Adheisa Nuari, Muhammad Akbar Dwiharja, Benedictus Satrio Bagaskara, Adhika Refa Winatama, Cyrillus Damar Setyo Wardhana, Austin Andhika Siburian, Theofillus Limanov Tobing, dan Nova Alicia Silitonga yang telah memberikan dukungan moral dan materil selama penyusunan skripsi ini. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Cr tkn2026

Boy Saputra Pandiangan



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
II METODE	4
2.1 Waktu dan Tempat	4
2.2 Alat dan Bahan	4
2.3 Prosedur Kerja	4
2.3.1 Pembuatan Larutan H ₂ SO ₄ 0,3 M; 0,5 M; 0,7 M; 1 M; dan 1,5 M	4
2.3.2 Regenerasi <i>Spent Cat</i> FCC	4
2.3.3 Karakterisasi XRD	5
2.3.4 Karakterisasi XRF	5
2.3.5 Karakterisasi BET	5
2.3.6 Proses Pirolisis	5
2.3.7 Analisis Produk Hasil Pirolisis dengan GC-HT Simdist	5
2.3.8 Analisis Produk Hasil Pirolisis dengan GC-MS	5
2.3.9 Analisis Rendemen Produk Hasil Pirolisis	6
III HASIL DAN PEMBAHASAN	7
3.1 Karakteristik <i>Spent Catalyst</i> FCC	7
3.1.1 Hasil Karakterisasi dengan XRD	7
3.1.2 Hasil Karakterisasi dengan <i>X-ray Fluorescence</i> (XRF)	8
3.1.3 Hasil Karakterisasi dengan <i>Brunauer Emmett and Teller</i> (BET)	9
3.2 Karakteristik Produk Cair Hasil Pirolisis	11
3.2.1 Hasil Karakterisasi dengan <i>High Temperature Simulated Distillation</i>	11
3.2.2 Hasil Karakterisasi dengan <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	13
3.3 Rendemen Produk Hasil Pirolisis	15
IV SIMPULAN DAN SARAN	17
4.1 Simpulan	17
4.2 Saran	17
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	22
RIWAYAT HIDUP	30

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR TABEL

3.1	Hasil perbandingan kandungan katalis berdasarkan XRF	9
3.2	Hasil analisis BET	10
3.3	Hubungan titik didih dengan angka karbon	11

DAFTAR GAMBAR

3.1	Difraktogram XRD katalis berbasis zeolit-y. (A) <i>Spent catalyst</i> FCC dengan regenerasi H ₂ SO ₄ 1,5 M, (B) 1 M, (C) 0,7 M, (D) 0,5 M, (E) 0,3 M, (F) Kalsinasi, dan (G) Tanpa perlakuan	7
3.2	Difraktogram XRD katalis berbasis zeolit-y. (A) <i>Spent catalyst</i> FCC dengan regenerasi H ₂ SO ₄ 1,5 M, (B) 1 M, (C) 0,7 M, (D) 0,5 M, (E) 0,3 M, (F) Kalsinasi, dan (G) Tanpa perlakuan	8
3.3	Hubungan <i>mass recovery</i> dengan titik didih	12
3.4	Profil distribusi bilangan karbon	13
3.5	Distribusi fraksi dan konsentrasi hidrokarbon	14
3.6	Rendemen produk pirolisis	15

DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram alir penelitian	23
2	Data komposisi material berdasarkan uji XRF	24
3	Contoh data XRF variasi H ₂ SO ₄ 1,5 M	24
4	Data BET	25
5	Distribusi bilangan karbon berdasarkan titik didih (HT-Simdist)	25
6	Contoh data BET variasi H ₂ SO ₄ 1,5 M	25
7	Contoh data HT-Simdist variasi H ₂ SO ₄ 1,5 M	26
8	Contoh data GC-MS variasi H ₂ SO ₄ 1,5 M	27
9	Contoh pengolahan data GC-MS variasi H ₂ SO ₄ 1,5 M	28