

RANCANG BANGUN BIOKONVERTOR LIMBAH BERKADAR LIGNOSELULOSA TINGGI MENGUNAKAN RAYAP TANAH

MICHELLE KATHLEEN SIMANJUNTAK



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Rancang Bangun Biokonverter Limbah Berkadar Lignoselulosa Tinggi Menggunakan Rayap Tanah” 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 tesis ini.

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

Bogor, Agustus 2026

Michelle Kathleen Simanjuntak
F4501241006

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.

RINGKASAN

MICHELLE KATHLEEN SIMANJUNTAK. Rancang Bangun Biokonvertor Limbah Berkadar Lignoselulosa Tinggi Menggunakan Rayap Tanah. Dibimbing oleh ARIEF SABDO YUWONO, YUNI CAHYA ENDRAWATI, dan ARINANA.

Limbah padat perkotaan berkadar lignoselulosa tinggi, seperti dahan ranting, daun kering, dan batang kayu, masih didominasi oleh penimbunan maupun pembakaran terbuka sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Rayap memiliki kemampuan mendegradasi biomassa berlignoselulosa karena bersimbiosis dengan protozoa atau bakteri yang berada di dalam saluran pencernaannya. Salah satu spesies rayap yang memiliki populasi melimpah adalah *Coptotermes curvignathus*. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik limbah padat perkotaan berkadar lignoselulosa tinggi yang terkoleksi di lokasi penelitian terdiri atas dahan ranting, daun kering dan batang kayu, menganalisis kemampuan degradasi rayap tanah terhadap limbah tersebut, merancang dan mengevaluasi prototipe biokonvertor sebagai wadah proses biokonversi limbah pada kondisi lapangan.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2025–Juli 2026 melalui pengujian laboratorium dan uji lapangan. Pengujian laboratorium berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7207:2014 dan *Japanese Industrial Standard* (JIS) K 1571:2010 dengan parameter persentase reduksi, *Waste Reduction Index* (WRI), dan *Wood Consumption Rate* (WCR). Kadar air (KA) limbah dihitung menggunakan metode gravimetri. Data dianalisis statistik menggunakan *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA). Biokonvertor dirancang menggunakan *AutoCAD* 2026 dan *SketchUp* 2024, kemudian diuji skala lapangan di dua lokasi yaitu di *School of Waste Management* (SWAM) dan Stasiun Penelitian Bio-Ekologi Rayap Tanah (SPBR) Fakultas Kehutanan dan Lingkungan IPB.

Limbah berupa kayu dari bagian batang, dahan dan ranting, serta daun. Hasil penelitian menunjukkan KA ketiga jenis limbah berkisar antara 12,16%–15,05%. Pada pengujian laboratorium, limbah dahan ranting menunjukkan nilai persentase reduksi sebesar 28,92% pada metode SNI dan 13,29% pada metode JIS. Uji lapangan menunjukkan bahwa biokonvertor mampu mempertahankan kondisi iklimat yang mendukung aktivitas rayap, ditandai dengan terbentuknya *tunnel* dan terjadinya penurunan massa seluruh jenis limbah. Pada lokasi SWAM, limbah dahan ranting mengalami persentase reduksi sebesar 85,21%, sedangkan pada SPBR limbah campuran mengalami persentase reduksi sebesar 78,43%. Hasil identifikasi rayap menunjukkan bahwa jenis rayap yang menyerang limbah di biokonvertor di SWAM ada dua jenis, yaitu *Macrotermes* sp. dan *Coptotermes* sp., sedangkan di SPBR ditemukan hanya satu jenis rayap yaitu *Macrotermes* sp. Secara keseluruhan, biokonvertor yang dikembangkan mampu mendukung proses biodegradasi limbah berkadar lignoselulosa tinggi dan berpotensi menjadi alternatif pengelolaan limbah kebun yang lebih ramah lingkungan.

Kata kunci: biokonvertor, *Coptotermes curvignathus*, limbah lignoselulosa, rayap tanah, *Waste Reduction Index*.



SUMMARY

MICHELLE KATHLEEN SIMANJUNTAK. Design and Development of a Bioconverter for High – Lignocellulosic Waste Using Subterranean Termites. Supervised by ARIEF SABDO YUWONO, YUNI CAHYA ENDRAWATI, and ARINANA.

Urban solid waste containing high levels of lignocellulose, such as branches and twigs, dry leaves, and wood, is still predominantly managed through disposal and open burning, which may potentially cause environmental pollution. Termites have the ability to degrade lignocellulosic biomass through their symbiotic associations with protozoa or bacteria in their digestive tracts. One termite species with an abundant population is *Coptotermes curvignathus*. This study aimed to identify the characteristics of high-lignocellulose urban solid waste collected at the study sites, consisting of branches and twigs, dry leaves, and wood; analyze the degradation ability of subterranean termites toward these wastes; and design and evaluate a bioconverter prototype as a container for waste bioconversion under field conditions.

The study was conducted from October 2025 to July 2026 through laboratory and field testing. Laboratory testing was conducted based on the Indonesian National Standard (SNI) 7207:2014 and the *Japanese Industrial Standard* (JIS) K 1571:2010, with reduction percentage, *Waste Reduction Index* (WRI), and *Wood Consumption Rate* (WCR) as the parameters. The moisture content (MC) of the waste was determined using the gravimetric method. The data were statistically analyzed using *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA). The bioconverter was designed using *AutoCAD* 2026 and *SketchUp* 2024 and subsequently tested under field-scale conditions at two locations, namely the *School of Waste Management* (SWAM) and the *Soil Termite Bio-Ecology Research Station* (SPBR), Faculty of Forestry and Environment, IPB University.

The waste consisted of wood from trunks, branches and twigs, as well as leaves. The results showed that the MC of the three waste types ranged from 12.16%–15.05%. In the laboratory tests, branches and twigs showed reduction percentages of 28.92% using the SNI method and 13.29% using the JIS method. Field testing showed that the bioconverter was able to maintain a microclimate that supported termite activity, as indicated by the formation of *tunnels* and mass reduction in all waste types. At SWAM, branches and twigs showed a reduction percentage of 85.21%, while at SPBR, the mixed waste showed a reduction percentage of 78.43%. Termite identification showed that two termite genera, namely *Macrotermes* sp. and *Coptotermes* sp., attacked the waste in the bioconverter at SWAM, whereas only *Macrotermes* sp. was found at SPBR. Overall, the developed bioconverter was able to support the biodegradation of high-lignocellulose waste and has potential as an environmentally friendly alternative for garden waste management.

Keywords: bioconverter, *Coptotermes curvignathus*, lignocellulosic waste, subterranean termites, Waste Reduction Index

RANCANG BANGUN BIOKONVERTOR LIMBAH BERKADAR LIGNOSELULOSA TINGGI MENGUNAKAN RAYAP TANAH

MICHELLE KATHLEEN SIMANJUNTAK

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Teknik pada
Program Studi Magister Teknik Sipil dan Lingkungan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL DAN LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
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.

Judul Tesis : Rancang Bangun Biokonverter Limbah Berkadar Lignoselulosa
Tinggi Menggunakan Rayap Tanah
Nama : Michelle Kathleen Simanjuntak
NIM : F4501241006

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Arief Sabdo Yuwono, M.Sc

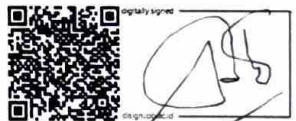
Pembimbing 2:
Dr. Yuni Cahya Endrawati, S.Pt., M.Si

Pembimbing 2:
Dr. Arinana, S.Hut., M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Satyanto Krido Saptomo, S.TP,M.Si
NIP 19730411 200501 1 002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:
Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.
NIP 19610502 198603 1 002



Tanggal Ujian:
31 Juli 2026

Tanggal Lulus: 13 AUG 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Penelitian dilaksanakan sejak bulan Oktober 2025 sampai bulan Juni 2026, dengan judul “Rancang Bangun Biokonvertor Limbah Berkadar Lignoselulosa Tinggi Menggunakan Rayap Tanah”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. Arief Sabdo Yuwono, M.Sc., Ibu Dr. Yuni Cahya Endrawati, S.Pt., M.Si., dan Ibu Dr. Arinana, S.Hut., M.Si., yang telah memberi membimbing dan banyak memberi saran. Terima kasih juga ayah Arnold Hasudungan Simanjuntak dan Ibu Lina Mardelina Gultom, Inang Tua Pendeta Welmenjtie Tari. Terima kasih Bapak Handi, Bapak RT 02 Margajaya dan Bapak Olleh atas bantuannya dalam merakit biokonvertor. Ungkapan terimakasih juga kepada Meilani Claudia Pardede, Astriana Tarigan, Vivianne I, Nadeak, Mariska Halmaidah Putri, Sitti Filzha Fitrya Ginoga, Kak Fitri Priyanti, Gilbert George Gabriel Sengkey, M. Ronal Argianto, Rahmat Mboja Susanto, serta mereka yang selalu penulis sebut sebagai “SIL SEHAT”, yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan

Bogor, Agustus 2026

Michelle Kathleen Simanjuntak



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Biokonvertor	4
2.2 Limbah Berkadar Lignoselulosa	4
2.3 Rayap Tanah	5
III METODE	8
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Prosedur Penelitian	8
3.4 Analisis data	11
3.5 Bagan Alir Penelitian	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Karakteristik Limbah Padat Perkotaan Berkadar Lignoselulosa	15
4.2 Degradasi Limbah Berkadar Lignoselulosa Skala Laboratorium	17
4.3 Uji Unjuk Kerja Biokonvertor	23
V SIMPULAN DAN SARAN	29
5.1 Simpulan	29
5.2 Saran	29
DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	33
RIWAYAT HIDUP	45



DAFTAR TABEL

1	Kadar air sampel limbah lignoselulosa	16
2	Persentase reduksi biomassa, <i>Waste Reduction Index</i> (WRI) dan <i>Wood Consumption Rate</i> (WCR) metode SNI pada skala laboratorium	18
3	Persentase reduksi biomassa, <i>Waste Reduction Index</i> (WRI) dan <i>Wood Consumption Rate</i> (WCR) metode JIS pada skala laboratorium	19
4	Perbandingan hasil pengujian metode SNI 7207:2014 dan JIS K1751:2010	20
5	Spesifikasi biokonvertor limbah berkadar lignoselulosa	22
6	Hasil pengukuran rata-rata suhu udara, kelembapan relatif udara dan curah hujan selama dilapangan	24
7	Persentase reduksi, <i>Waste Reduction Index</i> (WRI) limbah berkadar lignoselulosa pada uji unjuk kerja biokonvertor di dua lokasi penelitian	27

DAFTAR GAMBAR

1	Bagan alir penelitian	13
2	Gambar teknik rancang bangun biokonvertor: (a) tampak isometrik bawah, (b) tampilan isometrik, (c) tampak depan, (d) potongan melintang biokonvertor	21
3	Bagian biokonvertor (a) bagian dasar (b) bagian limbah berkadar lignoselulosa	22
4	Bagan alur mekanisme kerja biokonvertor	23
5	Rayap Tanah <i>Macrotermes</i> sp. (a) dan <i>Coptotermes</i> sp. (b)	25
6	Rayap tanah <i>Macrotermes</i> sp. kasta prajurit mayor (a) dan <i>Macrotermes</i> sp. kasta prajurit minor (b)	25
7	Aktivitas <i>foraging</i> rayap SWAM (a-c), Stasiun Bio-Ekologi Rayap	26

DAFTAR LAMPIRAN

1	Output pengujian kadar air serta Output uji Anova kadar air sampel	34
2	Rekapitulasi hasil pengujian dengan menggunakan SNI 7207 : 2014	35
3	Rekapitulasi hasil pengujian dengan menggunakan JIS K1571 : 2010	36
4	Data Uji Lapangan SWAM	37
5	Data Uji Lapangan Stasiun Penelitian Bio – Ekologi Rayap	38
6	Hasil Uji Annova SNI 7207 : 2014	39
7	Hasil Uji Annova JIS K1571 : 2010	40
8	Dokumentasi uji degradasi menggunakan metode SNI 7207 : 2014	41
9	Dokumentasi uji degradasi menggunakan metode JIS K1571 : 2010	42
10	Dokumentasi tampak akhir sampel hasil uji degradasi	43