APLIKASI NANOSELULOSA BATANG SORGUM YANG DIPRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *DEEP EUTECTIC SOLVENT* PADA BIOPLASTIK BERBASIS AGAR-AGAR

NANDA NUR AFNI

PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul "Aplikasi Nanoselulosa Batang Sorgum yang Diproduksi Menggunakan Metode *Deep Eutectic Solvent* pada Bioplastik Berbasis Agar-Agar" 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, Oktober 2024

Nanda Nur Afni
E2501231003

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University

RINGKASAN

NANDA NUR AFNI. Aplikasi Nanoselulosa Batang Sorgum yang Diproduksi Menggunakan Metode *Deep Eutectic Solvent* pada Bioplastik Berbasis Agar-Agar. Dibimbing oleh DEDE HERMAWAN, MAHDI MUBAROK, dan YEYEN NURHAMIYAH.

Plastik merupakan salah satu bahan pengemas yang banyak digunakan oleh manusia. Namun, dalam penggunaannya plastik memiliki dampak negatif bagi lingkungan karena proses degradasinya yang lambat. Bioplastik merupakan alternatif plastik ramah lingkungan yang terbuat dari bahan alami yang mudah terdegradasi seperti jagung, singkong, dan jerami padi. Namun, bioplastik yang terbuat dari bahan alami memiliki sifat mekanis yang lebih rendah. Salah satu solusi untuk mengatasi kekurangan tersebut adalah dengan menambahkan nanoselulosa sebagai bahan pengisi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan nanoselulosa batang sorgum yang diproduksi menggunakan metode *deep eutectic solvents* pada bioplastik berbasis agar-agar.

Bioplastik dalam penelitian ini dibuat dengan mencampurkan agar *Gracilaria* sp dan gliserol pada perbandingan 65:35, pencampuran dilakukan secara manual. Kemudian ditambahkan nanoselulosa (*cellulose nanofibrils* (CNF)) dalam berbagai konsentrasi (0-25%). Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam *rheomixer* pada suhu 100 °C dengan kecepatan 80 rpm selama 5 menit. Sampel yang dihasilkan ditekan menggunakan alat *hot press* pada suhu 135 °C dan tekanan 20 MPa selama 5 menit. Bioplastik yang telah diperoleh selanjutnya diuji untuk mengetahui karakteristiknya. Pengujian yang dilakukan yaitu analisis gugus fungsi,sifat fisis (ketebalan, *opacity*, dan *water vapor transmission rate* (WVTR)), sifat mekanis (kuat tarik dan perpanjangan putus), dan sifat termal (DSC dan TGA). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan nanoselulosa secara signifikan meningkatkan sifat *barrier*, mekanis, dan termal bioplastik dengan tetapmenjaga transparansinya. Terkait sifat *barrier*, penambahan nanoselulosa mengakibatkan penurunan WVTR dari 2×10^{-5} g/m^2/s menjadi 1×10^{-5} g/m^2/s. Peningkatan sifat mekanis meliputi peningkatan nilai kuat tarik dari 5,41±0,67 MPa menjadi 7,33±0,68 MPa. Terakhir, dari segi sifat termal, bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa mengalami peningkatan titik leleh dari 102,63 °C menjadi 103,62 °C, T_{onset} dari 55,88 °C menjadi 96,51 °C dan T_{max} dari 88,20 °C menjadi 105,05 °C.

Kata kunci: agar-agar, bioplastik, *deep eutectic solvent*, gliserol, kemasan aktif, nanoselulosa.

IPB University — Bogor Indonesia —

@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.

IPB University

Perpustakaan IPB University

IPB University
Bogor Indonesia
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
IPB University
Perpustakaan IPB University

SUMMARY

NANDA NUR AFNI. Application of Sorghum Stalk Nanocellulose Produced by Deep Eutectic Solvent Method in Agar-Agar Based Bioplastics. Supervised by DEDE HERMAWAN, MAHDI MUBAROK, and YEYEN NURHAMIYAH.

Plastic is a widely used packaging material, but it negatively impacts the environment due to its slow degradation process. Bioplastic is an eco-friendly alternative made from easily degradable natural materials like corn, cassava, and rice straw. However, bioplastics made from natural materials have inferior mechanical properties. One solution to improve this is by adding nanocellulose asa filler. This research investigates the effect of adding nanocellulose from sorghum stalks, produced using the deep eutectic solvent method, on agar-agar bioplastics.

Bioplastics were produced by manually mixing *Gracilaria* sp agar with glycerol at a ratio of 65:35. Nanocellulose in the form of cellulose nanofibrils (CNF) was then added at concentrations ranging from 0% to 25%. The mixture was blended in a rheomixer at 100 °C and 80 rpm for 5 minutes, then pressed in a hot press at 135 °C and 20 MPa for 5 minutes. The resulting bioplastics were tested to evaluate their characteristics. Tests included analysis of functional groups, physical properties (thickness, opacity, and water vapor transmission rate [WVTR]), mechanical properties (tensile strength and elongation at break), and thermal properties (DSC and TGA). Results showed that the addition of nanocellulose significantly improved the barrier, mechanical, and thermal properties of the bioplastics while maintaining transparency. In terms of barrier properties, nanocellulose reduced WVTR from 2×10^{-5} g/m^2/s to 1×10^{-5} g/m^2/s. Mechanical improvements included an increase in tensile strength from 5,41±0,67 MPa to 7,33±0,68 MPa. Finally, in terms of thermal properties, the addition of nanocellulose raised the melting point from 102,63 °C to 103,62 °C, the onset temperature (T_{onset})from 55,88 °C to 96,51 °C and the maximum degradation (T_{max}) from 88,20 °C to 105,05 °C.

Keywords: active packaging, agar-agar, bioplastics, deep eutectic solvent, glycerol, nanocellulose.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2024
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.

IPB University — Bogor Indonesia —

@Hak cipta milik IPB University

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.

Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University

APLIKASI NANOSELULOSA BATANG SORGUM YANG DIPRODUKSI MENGGUNAKAN METODE *DEEP EUTECTIC SOLVENT* PADA BIOPLASTIK BERBASIS AGAR-AGAR

NANDA NUR AFNI

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan

PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI HASIL HUTAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2024

IPB University
Bogor Indonesia
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

Tim Penguji pada Ujian Tesis:

1 Dr. Istie Sekartining Rahayu, S.Hut., M.Si.

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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University — Bogor Indonesia —

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.

Perpustakaan IPB University

Judul Tesis : Aplikasi Nanoselulosa Batang Sorgum yang Diproduksi Menggunakan Metode *Deep Eutectic Solvent* pada Bioplastik Berbasis Agar-Agar
Nama : Nanda Nur Afni
NIM : E2501231003

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Dede Hermawan, M.Sc. F.Trop.

Pembimbing 2:
Dr. Mahdi Mubarok, S.Si., M.Si.

Pembimbing 3:
Dr. Yeyen Nurhamiyah, S.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. I Wayan Darmawan, M.Sc.
NIP 196602121991031002

Dekan Fakultas Kehutanan dan Lingkungan:
Prof. Dr. Ir. Naresworo Nugroho, M.S.
NIP 196501221989031002

Tanggal Ujian: 17 Oktober 2024 Tanggal Lulus: 01 NOV 2024

IPB University
Bogor Indonesia
@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.
IPB University
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Oktober 2023 sampai bulan Agustus 2024 ini ialah komposit bioplastik, dengan judul "Aplikasi Nanoselulosa Batang Sorgum yang Diproduksi Menggunakan Metode *Deep Eutectic Solvent* pada Bioplastik Berbasis Agar-Agar".

Penulisan karya ilmiah ini dapat terselesaikan dengan baik karena adanya dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Dede Hermawan, M.Sc. F.Trop., Dr. Mahdi Mubarok, S.Si., M.Sc., dan Dr. Yeyen Nurhamiyah, S.Si., selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, dan ilmu yang bermanfaat dalam proses penelitian dan penyusunan tesis.
2. Kedua orang tua penulis yaitu Bapak Arifin dan Ibu Siti Samroh, saudara penulis yaitu Ayoub Andy Mulia dan Atha Fariz Radeya Fadhil, serta seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan doa dalam proses penelitian dan penyusunan tesis.
3. Kepala Pusat Riset Biomassa dan Bioproduk, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Cibinong yang telah memberikan fasilitas sarana dan prasarana proses penelitian sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh peneliti, asisten peneliti, dan staff I-LaB BRIN, Cibinong yang telah memberikan bantuan dan arahan selama proses penelitian dan pengambilan data.
5. Seluruh tenaga pendidik dan kependidikan Program Studi Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penelitian dan penyusunan tesis.
6. Teman-teman Laboratorium Bionanokomposit I-LaB BRIN yang telah menemani dan memberikan bantuan serta dukungan selama proses penelitian dan penyusunan tesis.
7. Teman-teman *fasttrack* S1-S2 Departemen Hasil Hutan angkatan 56 yang telah memberikan bantuan dan semangat selama proses penelitian dan penyusunan tesis.
8. Seluruh pihak terkait yang telah memberikan bantuan dan dukungan secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan tesis.

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

Bogor, Oktober 2024

Nanda Nur Afni

IPB University — Bogor Indonesia —
@Hak cipta milik IPB University
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.
Perpustakaan IPB University

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

IPB University
Bogor Indonesia

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.

Perpustakaan IPB University

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR GAMBAR xi

DAFTAR LAMPIRAN xi

I PENDAHULUAN 1
- 1.1 Latar Belakang 1
- 1.2 Rumusan Masalah 2
- 1.3 Tujuan 3
- 1.4 Manfaat 3

II TINJAUAN PUSTAKA 4
- 2.1 Bioplastik 4
- 2.2 Komposit 4
- 2.3 *Deep Eutectic Solvent* (DES) 5
- 2.4 Selulosa 5
- 2.5 Sorgum 6

III METODE 7
- 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian 7
- 3.2 Alat dan Bahan 7
- 3.3 Prosedur Kerja 7

IV HASIL DAN PEMBAHASAN 11
- 4.1 Gugus Fungsi 11
- 4.2 Sifat Fisis 13
- 4.3 Sifat Mekanis 15
- 4.4 Sifat Termal 16

V SIMPULAN DAN SARAN 20
- 5.1 Simpulan 20
- 5.2 Saran 20

DAFTAR PUSTAKA 21

LAMPIRAN 26

RIWAYAT HIDUP 30

IPB University — Bogor Indonesia —

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

IPB University

Perpustakaan IPB University

DAFTAR TABEL

1 Penamaan kode sampel penelitian 7
2 Ketebalan dan sifat mekanis bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 16
3 Sifat termal bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 19

DAFTAR GAMBAR

1 Struktur internal selulosa 6
2 Spektrum FTIR (a) agar-agar murni, (b) gliserol murni, (c) nanoselulosa murni, dan (d) bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 13
3 *Opacity* bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 14
4 WVTR bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 15
5 Sifat termal bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa sebagai termogram (a) DSC, (B) DTG, dan (c) DTA 18

DAFTAR LAMPIRAN

1 SPSS ketebalan bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 27
2 SPSS *opacity* bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 27
3 SPSS WVTR bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 28
4 SPSS kuat tarik bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 28
5 SPSS perpanjangan putus bioplastik agar-agar berpengisi nanoselulosa 29

IPB University — Bogor Indonesia —
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
IPB University
Perpustakaan IPB University