



TEKNOLOGI HIJAU PRODUKSI KITOSAN OLIGOSAKARIDA MENGUNAKAN AKTIVITAS ENZIMATIK DARI ISOLAT FUNGI ENDOFIT LAUT

M. ARIEF BUDIMAN



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 “Teknologi Hijau Produksi Kitosan Oligosakarida Menggunakan Aktivitas Enzimatis dari Isolat Fungi Endofit Laut” 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, Januari 2025

M. Arief Budiman
C3501222009

- 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

M. ARIEF BUDIMAN. Teknologi Hijau Produksi Kitosan Oligosakarida Menggunakan Aktivitas Enzimatik dari Isolat Fungi Endofit Laut. Dibimbing oleh KUSTIARIYAH dan SAFRINA DYAH HARDININGTYAS

Oligosakarida kitosan (COS) merupakan modifikasi kitosan yang diperoleh melalui proses depolimerisasi kitosan. Modifikasi ini bertujuan untuk mengurangi berat molekul, panjang rantai polimer, sehingga meningkatkan kelarutan kitosan pada pH netral. Depolimerisasi dapat dilakukan melalui hidrolisis dengan memanfaatkan aktivitas enzimatik fungi endofit laut. Metode ini lebih *sustainable*, hemat energi, dan bebas residu kimia dibandingkan dengan metode hidrolisis kimia atau fisik. Fungi endofit laut diisolasi dari jaringan tubuh biota laut, diantaranya rumput laut, lamun, *coral/sponge*, dan atau bagian tubuh mangrove. Fungi endofit laut menghasilkan metabolit berupa aktivitas enzimatik di antaranya selulolitik, kitosanolitik, lignolitik, serta proteolitik. Aktivitas enzimatik tersebut dapat digunakan untuk menghidrolisis kitosan menjadi oligokitosan (COS). Penelitian ini bertujuan menentukan aktivitas kitosanolitik, selulolitik, dan proteolitik dari fungi endofit laut serta menentukan karakteristik oligokitosan yang dihidrolisis menggunakan aktivitas enzimatik dari fungi endofit laut.

Penelitian ini meliputi *screening* 20 isolat fungi untuk mengetahui aktivitas enzimatik secara semi kuantitatif. Isolat fungi terpilih kemudian digunakan untuk menghidrolisis kitosan dengan menggunakan aktivitas enzimatik dari fungi tersebut. Proses hidrolisis dilakukan dengan memberikan substrat kitosan dalam bentuk koloidal ke dalam media kaldu kultivasi isolate fungi selama tujuh hari. Selanjutnya fungi akan menghidrolisis kitosan menggunakan aktivitas enzimatnya. Kitosan hasil hidrolisis yang dihasilkan merupakan oligokitosan yang kemudian dikarakterisasi dengan menghitung viskositas, bobot molekul, persentase kelarutan, aktivitas antioksidan dan aktivitas bakterialnya. Semua data yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan rancangan acak lengkap serta diolah menggunakan metode *One Way Anova*.

Hasil *screening* isolate fungi memperoleh dua isolat dengan rata-rata aktivitas enzimatik tertinggi yaitu isolate kode KVA dan BM48A. Kedua isolate tersebut diidentifikasi menggunakan DNA *barcoding* sebagai spesies *Trichoderma harzianum* KTR3 dan *Aspergillus sydowii* KTR50. Selanjutnya kitosan dihidrolisis menggunakan aktivitas enzimatik *T. harzianum* KTR3 dan *A. sydowii* KTR50 yang menghasilkan masing-masing viskositas $21,1 \pm 0,99$ cP dan $9,26 \pm 0,31$ cP dengan berat molekul $9,06 \pm 0,35$ kDa dan $4,47 \pm 0,13$ kDa. Sementara itu kelarutan COS yang dihidrolisis menggunakan aktivitas enzimatik *T. harzianum* KTR3 dan *A. sydowii* KTR50 adalah 63% dan 67%. COS dengan berat molekul lebih rendah menunjukkan aktivitas penangkal radikal bebas yang lebih tinggi terhadap DPPH dan ABTS•+ dibandingkan dengan kitosan yang tidak diolah. Namun, uji aktivitas antioksidan menggunakan Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) dan uji penangkal radikal oksida nitrat tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selain itu, COS menunjukkan peningkatan aktivitas antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Temuan ini menunjukkan COS yang dihidrolisis langsung menggunakan aktivitas isolate fungi mampu menghasilkan bobot molekul dibawah 10 kDa, meningkatkan aktivitas antioksidan, serta meningkatkan aktivitas antibakteri.

Kata kunci: aktivitas enzimatik, hidrolisis, kitosanolitik, proteolitik, selulolitik

@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.



SUMMARY

M. ARIEF BUDIMAN. Green Technology of Chitosan Oligosaccharides Production Using Enzymatic Activity of Marine Endophyte Fungi. Supervised KUSTIARIYAH and SAFRINA DYAH HARDININGTYAS

Chitosan oligosaccharides (COS) are a modified form of chitosan obtained through depolymerization processes. This modification aims to reduce molecular weight and polymer chain length, thereby enhancing the solubility of chitosan in neutral pH. Depolymerization can be achieved via enzymatic hydrolysis, utilizing the enzymatic activity of marine endophytic fungi. This method is more sustainable, energy-efficient, and residue-free compared to chemical or physical hydrolysis. Marine endophytic fungi are isolated from tissues of marine organisms, including seaweed, seagrass, corals/sponges, and mangrove parts. These fungi produce metabolites with enzymatic activities such as cellulolytic, chitosanolytic, ligninolytic, and proteolytic, which can be used to hydrolyse chitosan into COS. This study aimed to determine the chitosanolytic, cellulolytic, and proteolytic activities of marine endophytic fungi and to characterize the COS hydrolysed using the enzymatic activity of these fungi.

The research included screening 20 fungal isolates to qualitatively assess enzymatic activity. Selected isolates were then used to hydrolyze chitosan through enzymatic activity. The hydrolysis process involved adding colloidal chitosan substrate to fungal cultivation broth and incubating it for seven days, during which the fungi hydrolyzed the chitosan via their enzymatic activity. The resulting COS was characterized by measuring viscosity, molecular weight, solubility percentage, antioxidant activity, and antibacterial activity. All data were analyzed using a completely randomized design and processed with one-way ANOVA.

Screening results identified two fungal isolates with the highest average enzymatic activities: isolates coded KVA and BM48A. These isolates were identified through DNA barcoding as *Trichoderma harzianum* KTR3 and *Aspergillus sydowii* KTR50. Hydrolysis of chitosan using the enzymatic activities of *T. harzianum* KTR3 and *A. sydowii* KTR50 produced COS with viscosities of 21.1 ± 0.99 cP and 9.26 ± 0.31 cP and molecular weights of 9.06 ± 0.35 kDa and 4.47 ± 0.13 kDa, respectively. The solubilities of COS hydrolysed by *T. harzianum* KTR3 and *A. sydowii* KTR50 were 63% and 67%, respectively. Low-molecular-weight COS exhibited higher radical scavenging activity against DPPH and ABTS•+ compared to untreated chitosan. However, antioxidant tests using Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP) and nitric oxide radical scavenging assays showed no significant differences. Additionally, COS demonstrated enhanced antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

These findings suggest that COS hydrolysed directly by fungal enzymatic activity can achieve molecular weights below 10 kDa, improve antioxidant activity, and enhance antibacterial efficacy.

Keywords: cellulolytic, chitosanolytic, enzymatic activity, hydrolysis, proteolytic



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, tahun 2025¹
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.

TEKNOLOGI HIJAU PRODUKSI KITOSAN OLIGOSAKARIDA MENGUNAKAN ENZIM DARI ISOLAT FUNGSI ENDOFIT LAUT

M. ARIEF BUDIMAN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Teknologi Hasil Perairan

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNOLOGI HASIL PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@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 mengumunkan 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.



Judul Tesis : Teknologi Hijau Produksi Kitosan Oligosakarida Menggunakan Aktivitas Enzimatis dari Isolat Fungi Endofit Laut

Nama : M. Arief Budiman

NIM : C3501222009

@Hak cipta milik IPB University

Pembimbing 1:

Dr.rer.nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si.

Disetujui oleh



Pembimbing 2:

Dr. Eng. Safrina Dyah Hardiningtyas, S.Pi., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr. Eng. Uju, S.Pi., M.Si.

NIP 197306122000121001



Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Prof. Dr. Ir. Fredinan Yulianda, M.Sc.

NIP 196307311988031002



Tanggal Ujian:

(20 Januari 2025)

Tanggal Lulus:

(31 Januari 2025)



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga tesis ini berhasil diselesaikan. Penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Januari 2024 sampai bulan Oktober 2024 ini berjudul "Teknologi Hijau Produksi Oligokitosan Menggunakan Aktivitas Enzimatis dari Isolat Fungi Endofit Laut" dapat diselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun dalam rangka memenuhi syarat memperoleh gelar magister sains di Program Studi Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini, di antaranya Dr.rer.nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si., dan Dr.Eng. Safrina Dyah Hardiningtyas, S.Pi., M.Si., selaku dosen pembimbing atas segala bimbingannya, ilmu, motivasi, arahan, serta atas beberapa kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk mengikuti kegiatan ekstra, di antaranya *Mobility Internship* ke Malaysia, mengikuti banyak kegiatan seminar Internasional baik sebagai presenter ataupun panitia. Prof. Dr. Eng Uju, S.Pi., M.Si., selaku dosen gugus kendali mutu (GKM) sekaligus Kepala Program Studi Magister THP, terimakasih atas saran dan arahnya sehingga penulis bisa lebih baik lagi kedepannya. Dr. Desniar S.Pi., M.Si., selaku dosen penguji pada sidang tesis, penulis mengucapkan terimakasih atas waktu dan saran yang diberikan kepada penulis agar tulisan penulis bisa lebih baik lagi. Roni Nugraha, S.Si, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Prof. Dr. Eng. Uju, S.Pi., M.Si., Dr. Desniar, S.Pi, M.Si., dan Ismail Adhari, S.E selaku Ketua, Sekretaris, dan tata usaha Program Studi Pasca Sarjana, Departemen Teknologi Hasil Perairan, terima kasih telah memberikan dukungan, masukan, dan kemudahan selama melaksanakan tugas akhir.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh Dosen, tenaga pendidik, staf akademik, laboran Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor atas doa, dukungan moril, ilmu, serta semua kebaikan yang diberikan kepada penulis selama ini. Terima kasih juga kepada Dr. Maulidiani dan Dr. Ahmad Nazif bin Aziz dari Fakulti Sains dan Sekitaran Marin, Universiti Malaysia Terengganu yang telah memberi izin penelitian dan membimbing penulis selama melakukan *internship*. Terima kasih kepada seluruh staf pengajar sehingga tidak hanya menyelesaikan tesis, penulis juga dapat merasakan ilmu yang insyaallah akan penulis gunakan untuk kebaikan kemaslahatan bersama.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada ayah (alm) Surya Didelhi dan Ibu Supiah S.Ag., adik-adik penulis Reza, Zidan, dan Bagus, atas semua doa, kasih sayang, dukungan, keceriaan dan tempat untuk pulang yang diberikan kepada penulis selama ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tante Novi dan keluarga di Bandung yang selalu memberikan tempat untuk berlibur serta kasih sayangnya kepada penulis selama menempuh pendidikan tinggi di Bogor. Terima kasih kepada seluruh keluarga besar dari pihak ayah dan ibu penulis atas semua doa dan dukungannya.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bu Ema, Bang Ijul, Mas Rizal, Teh Neneng Biologi atas segala bantuan teknis dan dukungan moril kepada

penulis selama penelitian. Selanjutnya kepada seluruh sahabat dan teman-teman penulis baik teman Magister THP, teman angkatan THP 53, serta teman penelitian seperjuangan lainnya yang sempat bertemu selama melakukan penelitian di THP IPB.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Budaya Teknologi dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia untuk pendanaan Penelitian Fundamental Reguler dan Penelitian Tesis Magister yang diberikan di tahun 2023/2024 kepada Dr.rer.nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si., sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tanpa ada kendala yang berarti dalam kebutuhan pendanaan.

Pada akhirnya penulis berharap semoga tesis ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Januari 2025

M. Arief Budiman



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
1.6 Hipotesis	4
II METODE	5
2.1 Waktu dan Tempat Penelitian	5
2.2 Alat dan Bahan	5
2.3 Prosedur Kerja	5
2.3.1 <i>Screening</i> Aktivitas Enzimatik	6
2.3.2 Preparasi Koloidal Kitosan	8
2.3.3 Hidrolisis Enzimatik Kitosan	8
2.4 Prosedur Analisis	10
2.4.1 Analisis Semi kuantitatif Aktivitas Enzimatik (Zona Bening)	10
2.4.2 Identifikasi Spesies Isolat Fungi	10
2.4.3 Rendemen Kitosan Oligosakarida	10
2.4.4 Kadar air Kitosan Oligosakarida	11
2.4.5 Kelarutan Air	11
2.4.6 Analisis Viskositas	11
2.4.7 Analisis Bobot Molekul	11
2.4.8 Aktivitas Penangkal Radikal 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)	12
2.4.9 Aktivitas Penangkal Radikal 2,2'-Azino-bis-3-ethylbenzothiazoline- 6sulfonic	13
2.4.10 Aktivitas Penangkal Radikal <i>Nitric Oxide</i> (NO)	13
2.4.11 <i>Ferric-Reducing Antioxidant Power</i> (FRAP)	13
2.4.12 Analisis Aktivitas Antibakterial	14

2.5 Analisis Data	15
III HASIL DAN PEMBAHASAN	16
3.1 <i>Screening</i> Aktivitas Enzimatik Isolat Fungi	16
3.2 Identifikasi Spesies Isolat Fungi	19
3.3 Karakteristik Fisik dan Gugus Fungsi Kitosan Oligosakarida	23
3.3.1 Rendemen Kitosan Oligosakarida	23
3.3.2 Kadar Air Kitosan Oligosakarida	25
3.3.3 Kelarutan Kitosan Oligosakarida	26
3.3.5 Gugus Fungsi Kitosan Oligosakarida	28
3.4 Aktivitas Antioksidan dan Antibakteri Kitosan Oligosakarida	30
3.4.1 Aktivitas Antioksidan	30
3.4.2 Aktivitas Antibakteri	33
IV SIMPULAN DAN SARAN	36
4.1 Simpulan	36
4.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	47
RIWAYAT HIDUP	55

DAFTAR TABEL

1 <i>Screening</i> semi kuantitatif aktivitas enzimatik isolat fungi	16
2 Indeks enzimatik (rasio diameter) isolat fungi endofit laut	17
3 Hasil <i>top hit</i> BLAST terhadap NCBI	20
4 Karakteristik parameter fisik kitosan dan kitosan oligosakarida	26
5 Aktivitas antioksidan FRAP dan penangkal radikal <i>nitric oxide</i>	32
6 Aktivitas antibakteri terhadap bakteri <i>E.coli</i> dan <i>S.aureus</i>	34

DAFTAR GAMBAR

1 Prosedur <i>screening</i> aktivitas enzimatik	7
2 Prosedur hidrolisis kitosan	9
3 Isolat KVA	18
4 Isolat BM48A	19
5 Pohon filogenetik isolat KVA	21
6 Pohon filogenetik isolat BM48A	22

7	Kenampakan rendemen kitosan dan kitosan oligosakarida	25
8	Spektrum FTIR gugus fungsi kitosan dan kitosan oligosakarida	29
9	Persentase inhibisi radikal DPPH	31
10	Persentase inhibisi radikal ABTS+	32

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 LAMPIRAN

1	Dokumentasi hasil <i>screening</i> enzimatik zona bening	48
2	Analisis sidik ragam dan uji lanjut indeks enzimatik	49
3	Hasil identifikasi molekuler spesies	51
4	Analisis sidik ragam rendemen	51
5	Analisis sidik ragam kelarutan	52
6	Analisis sidik ragam viskositas	52
7	Analisis sidik ragam bobot molekul	53
8	Analisis sidik ragam FRAP dan NO	53
9	Hasil zona bening aktivitas antibakteri	54



@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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Perpustakaan IPB University