

**EKSPLORASI TEKNOLOGI SELF-DNA SEBAGAI
ALTERNATIF BIOHERBISIDA: STUDI IN VITRO PADA
TANAMAN MODEL DUCKWEED (*Lemna perpusilla* Torr. dan
Spirodela polyrhiza (L.) Schleid.)**

SUSI MULIANTI LUBIS



**BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- 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.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Eksplorasi Teknologi Self-DNA sebagai Alternatif Bioherbisida : Studi In Vitro pada Tanaman Model Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr. dan *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal dari 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 atas karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Susi Mulianti Lubis
P0501241010



RINGKASAN

SUSI MULIANTI LUBIS. Eksplorasi Teknologi Self-DNA sebagai Alternatif Bioherbisida : Studi In Vitro pada Tanaman Model Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr. dan *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.). Dibimbing oleh DWI ANDREAS SANTOSA dan DWI GUNTORO.

Pengendalian gulma masih didominasi oleh penggunaan herbisida sintesis yang dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan dan agronomis. Salah satu pendekatan yang mulai mendapat perhatian adalah pemanfaatan DNA ekstraseluler, khususnya self-DNA, yaitu DNA yang berasal dari spesies yang sama dengan organisme penerima. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa self-DNA dapat menghambat pertumbuhan tanaman secara spesifik, namun informasi mengenai respons tanaman akuatik terhadap self-DNA serta mekanisme fisiologis yang mendasarinya masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh self-DNA, non-self-DNA, dan mixed-DNA terhadap pertumbuhan dan respons stres oksidatif pada dua spesies *duckweed*, yaitu *L. perpusilla* dan *S. polyrhiza*, sebagai dasar ilmiah pengembangan bioherbisida berbasis DNA.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Unggulan dan Kerjasama Biotech Center IPB University pada Juli 2025 hingga Januari 2026. Penelitian terdiri atas tiga tahapan, yaitu penentuan konsentrasi DNA yang paling efektif menghambat pertumbuhan, percobaan kultur spesies tunggal, dan percobaan kultur campuran. Uji pendahuluan dilakukan menggunakan sembilan konsentrasi DNA (0–2000 ng μL^{-1}). Berdasarkan hasil skrining, konsentrasi 1000 ng μL^{-1} menghasilkan penghambatan pertumbuhan tertinggi pada kedua spesies sehingga digunakan pada percobaan berikutnya. Parameter yang diamati meliputi jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, biomassa segar, biomassa kering, *reactive oxygen species* (ROS), aktivitas superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT), dan kandungan malondialdehyde (MDA).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa self-DNA secara konsisten menghasilkan penghambatan pertumbuhan yang lebih kuat dibandingkan non-self-DNA maupun mixed-DNA. Pada kedua spesies, perlakuan self-DNA menurunkan jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, biomassa segar, dan biomassa kering dibandingkan perlakuan lainnya. Penghambatan tertinggi terjadi pada konsentrasi 1000 ng μL^{-1} , sedangkan peningkatan konsentrasi hingga 1500–2000 ng μL^{-1} tidak meningkatkan efek inhibisi secara proporsional. Pola tersebut menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap self-DNA bergantung pada dosis, tetapi tidak mengikuti hubungan linier sederhana.

Pada percobaan kultur spesies tunggal, *L. perpusilla* menunjukkan tingkat sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan *S. polyrhiza*. Penurunan pertumbuhan paling jelas terlihat pada perkembangan akar dan akumulasi biomassa. Sebaliknya, perlakuan non-self-DNA umumnya menghasilkan respons yang mendekati kontrol dan tidak menimbulkan penghambatan pertumbuhan yang kuat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efek yang diamati tidak semata-mata disebabkan oleh keberadaan DNA ekstraseluler, tetapi berkaitan dengan identitas sumber DNA.

Percobaan kultur campuran menunjukkan bahwa efek penghambatan self-DNA tetap berlangsung ketika kedua spesies tumbuh bersama dalam satu sistem kultur. Biomassa terendah pada masing-masing spesies tetap ditemukan pada



perlakuan DNA yang berasal dari spesies yang sama. Temuan ini menunjukkan bahwa efek penghambatan yang dimediasi oleh self-DNA tetap terdeteksi meskipun terdapat interaksi antarspesies dalam campuran tanaman.

Analisis fisiologis menunjukkan bahwa perlakuan self-DNA menghasilkan akumulasi ROS tertinggi pada kedua spesies. Peningkatan ROS diikuti oleh meningkatnya aktivitas enzim antioksidan SOD, POD, dan CAT sebagai respons pertahanan terhadap stres oksidatif. Meskipun demikian, kandungan MDA juga meningkat pada perlakuan self-DNA, menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas antioksidan belum sepenuhnya mampu mencegah terjadinya kerusakan oksidatif pada membran sel. Keterkaitan antara peningkatan ROS, aktivasi sistem antioksidan, dan akumulasi MDA mengindikasikan bahwa penghambatan pertumbuhan yang diamati berkaitan erat dengan terjadinya stres oksidatif pada jaringan tanaman.

Penelitian ini menunjukkan bahwa self-DNA berperan sebagai sinyal biologis yang mampu memengaruhi pertumbuhan dan kondisi fisiologis tanaman akuatik secara spesifik terhadap spesies asalnya. Temuan ini memperluas pemahaman mengenai fenomena self-DNA inhibition pada tanaman akuatik serta memberikan dasar ilmiah bagi eksplorasi pemanfaatan self-DNA sebagai kandidat bioherbisida yang lebih selektif dan berpotensi ramah lingkungan. Namun demikian, kajian lebih lanjut pada tingkat molekuler, organisme non-target, dan kondisi lapangan masih diperlukan sebelum penerapannya dapat dipertimbangkan secara lebih luas.

Kata kunci : DNA ekstraseluler, enzim antioksidan, malondialdehida, *reactive oxygen species*, stres oksidatif

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan 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

SUSI MULIANTI LUBIS. Exploration of Self-DNA Technology as an Alternative Bioherbicide: An In Vitro Study on Duckweed Model Plants (*Lemna perpusilla* Torr. and *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.). Supervised by DWI ANDREAS SANTOSA and DWI GUNTORO.

Weed management in modern agriculture still relies heavily on synthetic herbicides, which may cause environmental and agronomic problems when used continuously. Extracellular DNA, particularly self-DNA derived from the same species as the recipient organism, has recently attracted attention as a potential biological regulator of plant growth. Although self-DNA inhibition has been reported in several terrestrial plant species, information regarding its effects on aquatic plants and the physiological mechanisms involved remains limited. This study aimed to evaluate the effects of self-DNA, non-self-DNA, and mixed-DNA on growth and oxidative stress responses in two duckweed species, *L. perpusilla* and *S. polyrhiza*, and to assess their potential relevance for the development of DNA-based bioherbicides.

The study was conducted from July 2025 to January 2026 at the Biotech Center Laboratory, IPB University. The experiment consisted of three stages: determination of the most inhibitory DNA concentration, single-species culture experiments, and community-scale experiments. A preliminary dose-response assay was performed using DNA concentrations ranging from 0 to 2000 ng μL^{-1} . The concentration of 1000 ng μL^{-1} produced the strongest growth inhibition in both species and was therefore selected for subsequent experiments. Growth parameters included leaf number, root number, root length, fresh biomass, and dry biomass. Physiological responses were evaluated through measurements of *reactive oxygen species* (ROS), superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT), and malondialdehyde (MDA).

The results demonstrated that self-DNA consistently produced stronger growth inhibition than non-self-DNA and mixed-DNA treatments. In both duckweed species, self-DNA reduced leaf production, root development, and biomass accumulation. The strongest inhibitory response occurred at 1000 ng μL^{-1} , whereas higher concentrations did not proportionally increase the inhibition effect, indicating a non-linear dose-dependent response.

In single-species cultures, *L. perpusilla* exhibited greater sensitivity to self-DNA than *S. polyrhiza*. Growth suppression was particularly evident in root development and biomass accumulation. In contrast, non-self-DNA generally induced responses similar to the control treatment, suggesting that growth inhibition was associated with DNA identity rather than the mere presence of extracellular DNA.

Community-scale experiments revealed that the inhibitory effect of self-DNA persisted when both species were grown together. The lowest biomass values for each species were observed under exposure to DNA originating from the same species, indicating that self-DNA-mediated suppression remained detectable despite interspecific interactions.

Physiological analyses showed that self-DNA induced the highest ROS accumulation in both species. Increased ROS levels were accompanied by enhanced

activities of SOD, POD, and CAT, indicating activation of the antioxidant defense system. However, elevated MDA concentrations were also observed under self-DNA treatment, suggesting that antioxidant responses were insufficient to fully prevent oxidative damage. These findings indicate that growth inhibition induced by self-DNA is closely associated with oxidative stress processes.

This study demonstrates that self-DNA acts as a species-specific biological signal capable of influencing growth and physiological responses in aquatic plants. The findings provide new insights into self-DNA inhibition in duckweed species and contribute to the scientific basis for future exploration of self-DNA as a selective and environmentally compatible bioherbicide candidate. Further studies involving molecular mechanisms, non-target organisms, and field validation are required before practical application can be considered.

Keywords: *antioxidant enzymes, extracellular DNA, malondialdehyde, oxidative stress, reactive oxygen species*

- 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 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 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.

**EKSPLORASI TEKNOLOGI SELF-DNA SEBAGAI
ALTERNATIF BIOHERBISIDA: STUDI IN VITRO PADA
TANAMAN MODEL DUCKWEED (*Lemna perpusilla* Torr. dan
Spirodela polyrhiza (L.) Schleid.)**

SUSI MULIANTI LUBIS

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister pada
Program Studi Bioteknologi

**BIOTEKNOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



Tim Penguji pada Ujian Tesis:
1. Prof. Dr. Ir. Hamim, M.Si

- 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 : Eksplorasi Teknologi Self-DNA sebagai Alternatif Bioherbisida :
Studi In Vitro pada Tanaman Model Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr. dan *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.)

Nama : Susi Mulianti Lubis
NIM : P0501241010

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa, M.S.

Pembimbing 2:
Prof. Dr. Dwi Guntoro, S.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si.
NIP. 196204191989031001

Dekan Sekolah Pascasarjana :
Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc.
NIP. 196607281991031002



Tanggal Ujian: 23 Juli 2026

Tanggal Lulus: 13 AUG 2026

PRAKATA

Dengan segala kerendahan hati, penulis memanjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, karunia, kesehatan, kekuatan, serta kemudahan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **“Eksplorasi Teknologi Self-DNA sebagai Alternatif Bioherbisida: Studi In Vitro pada Tanaman Model Duckweed (*Lemna perpusilla* Torr. dan *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid.)”**. Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Bioteknologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Penelitian dan penyusunan tesis ini merupakan perjalanan panjang yang tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, doa, dan bantuan dari berbagai pihak.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setulus-tulusnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Dwi Andreas Santosa, M.S. dan Prof. Dr. Dwi Guntoro, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing, atas segala bimbingan, ilmu, arahan, kritik, saran, kesabaran, serta waktu yang telah diberikan kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Hamim, M.Si., selaku penguji luar komisi, atas waktu, perhatian, masukan, dan saran yang diberikan untuk menyempurnakan tesis ini.
3. Prof. Dr. Ir. Miftahudin, M.Si., selaku Ketua Program Studi Bioteknologi, atas dukungan, arahan, dan perhatian yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan di Program Studi Bioteknologi.
4. Dr. Prayoga Suryadarma, S.TP., M.T., selaku ketua sidang tesis, atas waktu, arahan, dan masukan yang diberikan dalam proses penyelesaian tesis ini.
5. Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas beasiswa Pendidikan Magister menuju Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) yang telah memberikan kesempatan dan dukungan kepada penulis untuk menempuh pendidikan magister.
6. Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (BIMA) Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas dukungan pendanaan penelitian yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.
7. Seluruh dosen dan staf Program Studi Bioteknologi, Sekolah Pascasarjana IPB, atas ilmu, pelayanan, bantuan, dan dukungan akademik selama penulis menjalani proses pendidikan.
8. Seluruh dosen Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Samudra, yang senantiasa memberikan dukungan, doa, dan semangat kepada penulis dalam setiap perjalanan akademik. Terima kasih atas kepercayaan dan dukungan yang terus diberikan sejak awal hingga penulis dapat melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi.
9. Seluruh staf Laboratorium UK dan Laboratorium ICBB, khususnya Kak Yemima dan Pak Arga, atas bantuan, kerja sama, dan dukungan selama pelaksanaan penelitian. Terima kasih pula kepada teman-teman seperjuangan, Hafanie, Alya, Ilma, Nasya, Nuha, Muti, Bunga, Fela, Iqbal, Andini, Farij, Nahda, Nurul, Kak Caca, Kak Tami, Jesis, serta seluruh anggota riset yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas kebersamaan,

bantuan, semangat, dan cerita yang telah menjadi bagian berharga dalam perjalanan penelitian ini.

10. Lala Apriani, Nurhasanah, serta seluruh teman-teman seperjuangan Program Studi Bioteknologi Pascasarjana IPB angkatan 2024 dan teman-teman seperantauan di Minang Armey, khususnya Kak Rici Elvinas, Juniarti, Raziah Sri Wahyuni, Aysah, dan teman-teman lainnya, atas kebersamaan, dukungan, dan rasa kekeluargaan yang telah diberikan selama menjalani kehidupan jauh dari kampung halaman.
11. Teman-teman PMDSU Batch VIII, khususnya Nur Fitri Solihah, yang telah kebersamai penulis sejak awal perjalanan hingga akhir perjuangan di IPB. Terima kasih atas kebersamaan, tempat berbagi cerita, semangat, dan dukungan dalam melewati berbagai proses selama perjalanan ini.
12. Muthia Asvina, Nurhamidah Lubis, Hasnita, serta seluruh anggota Pespaclass MAN 4 Mandailing Natal dan teman-teman Pendidikan Biologi angkatan 2020, yang selalu memberikan dukungan, doa, semangat, dan menjadi pengingat akan hangatnya persahabatan yang tetap terjaga meskipun jarak dan kesibukan memisahkan.
13. Teristimewa kepada **Ibu tercinta, Mesra**, perempuan hebat yang tidak pernah lelah menjadi tempat pulang, sumber kekuatan, dan alasan penulis untuk terus melangkah. Terima kasih atas setiap doa yang dipanjatkan dalam diam, setiap pengorbanan yang mungkin tidak pernah mampu penulis balas, setiap kata yang menenangkan ketika penulis merasa lelah, dan setiap keyakinan yang selalu Ibu tanamkan bahwa penulis mampu melewati setiap proses. Jika hari ini penulis dapat berdiri di titik ini, ada doa Ibu yang selalu mengiringi setiap langkah. Semoga setiap pencapaian penulis menjadi sedikit jawaban atas begitu banyak cinta dan pengorbanan yang telah Ibu berikan. Terima kasih telah menjadi rumah paling hangat dalam perjalanan panjang ini. Ayah tersayang (Alm. Sahriman Lubis), Kakakku Nurjamilah Lubis, adikku Muhammad Afnan Lubis, Sinta Roswandani Batubara, Muhammad Thohal Mukhtar Lubis, Bunda Aslina Lubis, Kakak Eliza Novianti Hasibuan, serta seluruh keluarga besar, atas doa, kasih sayang, perhatian, dukungan, dan semangat yang senantiasa diberikan kepada penulis di mana pun berada. Terima kasih telah menjadi keluarga yang selalu hadir dalam setiap perjalanan, baik dalam suka maupun duka.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, doa, dukungan, dan kontribusi dalam berbagai bentuk selama proses pendidikan, penelitian, hingga penyelesaian tesis ini. Setiap kebaikan yang diberikan kepada penulis memiliki arti yang sangat berharga.
15. Terakhir, untuk diri sendiri. Terima kasih telah bertahan sejauh ini. Terima kasih telah memilih untuk tetap melangkah ketika perjalanan terasa berat, tetap mencoba ketika keraguan datang, dan tetap percaya meskipun tidak semua proses berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Terima kasih telah melewati hari-hari panjang, rasa lelah, kegagalan, air mata, kerinduan kepada rumah, serta berbagai tantangan yang tidak selalu dapat diceritakan kepada orang lain. Tidak semua perjuangan terlihat oleh banyak orang, tetapi diri ini tahu betapa panjang perjalanan yang telah dilalui. Terima kasih karena tidak menyerah dan telah membawa diri ini sampai pada titik yang dahulu hanya menjadi sebuah harapan. Semoga pencapaian ini

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



menjadi pengingat bahwa setiap langkah kecil yang dijalani dengan sabar pada akhirnya akan membawa seseorang sampai pada tujuan.

Tiada kata yang mampu mengungkapkan rasa terima kasih yang begitu dalam atas segala doa, kasih sayang, bantuan, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan dan menyelesaikan tesis ini. Semoga Allah Subhanahu wa Ta'ala membalas setiap kebaikan yang telah diberikan dengan keberkahan, kesehatan, kebahagiaan, dan kebaikan yang berlipat ganda. Penulis menyadari bahwa tesis ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam pengembangan teknologi *self-DNA* sebagai alternatif Bioherbisida, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.

Bogor, Agustus 2026

Susi Mulianti Lubis

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Hipotesis	4
1.7 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Duckweed sebagai Model Tanaman Akuatik	6
2.1.1 <i>Lemna perpusilla</i>	7
2.1.2 <i>Spirodela polyrhiza</i>	8
2.2 Self-DNA pada Tanaman	8
2.2.1 Pengaruh Self-DNA terhadap Pertumbuhan Tanaman	9
2.3 <i>Reactive oxygen species</i> (ROS) pada Tanaman	10
2.4 Sistem Pertahanan Antioksidan Tanaman	11
2.4.1 Superoxide Dismutase (SOD)	12
2.4.2 Peroxidase (POD)	12
2.4.3 Catalase (CAT)	13
2.5 Malondialdehyde (MDA) sebagai Indikator Kerusakan Oksidatif	13
2.6 Hubungan Stres Oksidatif dengan Pertumbuhan Tanaman	13
2.7 Self-DNA sebagai Kandidat Bioherbisida Ramah Lingkungan	14
III METODE	16
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	16
3.2 Alat dan Bahan	16
3.3 Diagram Alir Penelitian	16
3.4 Rancangan Penelitian	17
3.5 Variabel Penelitian	18
3.6 Tahapan Penelitian	18
3.6.1 Persiapan Kultur <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i>	18
3.6.2 Pembuatan dan Sterilisasi Media Nutrient Film (NF)	19
3.6.3 Isolasi dan Pemurnian DNA	20
3.6.4 Pengukuran Konsentrasi dan Kemurnian DNA Genomik	21
3.6.5 Persiapan Larutan Perlakuan DNA Ekstraseluler	22
3.6.6 Penentuan Konsentrasi DNA Ekstraseluler	23
3.6.7 Percobaan Kultur Spesies Tunggal	24
3.6.8 Percobaan Kultur campuran	25
3.6.9 Pengukuran Parameter Pertumbuhan Tanaman	26
3.6.10 Analisis Parameter Fisiologis dan Biokimia Tanaman	28
3.7 Analisis Data	33

IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1	Penentuan Konsentrasi Self-DNA yang Menghambat Pertumbuhan <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i>	34
4.2	Pengaruh Sumber DNA terhadap Pertumbuhan <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i> pada Kultur Spesies Tunggal	40
4.3	Jumlah daun, jumlah akar, dan panjang akar <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i> pada kultur campuran	42
4.4	Biomassa <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i> pada kultur campuran setelah 10 hari perlakuan	47
4.5	Analisis Akumulasi H ₂ O ₂ pada <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i>	50
4.5.1	Akumulasi H ₂ O ₂ pada <i>Lemna perpusilla</i>	50
4.5.2	Akumulasi H ₂ O ₂ pada <i>Spirodela polyrhiza</i>	52
4.6	Analisis Aktivitas SOD, POD dan CAT pada <i>Lemna perpusilla</i> dan <i>Spirodela polyrhiza</i>	52
4.7	Analisis kandungan MDA pada <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i>	54
V	SIMPULAN DAN SARAN	57
5.1	Simpulan	59
5.2	Saran	57
	DAFTAR PUSTAKA	61
	LAMPIRAN	63
	RIWAYAT HIDUP	70

DAFTAR TABEL

1	Biomassa segar dan kering kultur campuran	48
---	---	----

DAFTAR GAMBAR

1	<i>Lemna perpusilla</i>	7
2	<i>Spirodela polyrhiza</i>	8
3	Mekanisme putatif untuk kekebalan yang dipicu oleh esDNA pada tanaman	9
4	Diagram alir penelitian eksplorasi teknologi self-DNA sebagai alternatif bioherbisida secara in vitro	17
5	Jumlah helai daun <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> pada perlakuan DNA yang berbeda dan waktu pengamatan.	35
6	Perubahan temporal jumlah helai daun selama 10 hari pengamatan pada <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i>	36
7	Pola pertumbuhan <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> berdasarkan konsentrasi self-DNA setelah 10 hari pengamatan pada wellplate	37
8	Pengaruh perlakuan self-DNA, non-self-DNA, DNA campuran, dan kontrol terhadap jumlah daun, panjang akar, dan jumlah akar <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> dalam kondisi kultur skala tunggal	40
9	Morfologi <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> setelah perlakuan kontrol, mixed-DNA, non-self-DNA, dan self-DNA selama 10 hari inkubasi	40
10	Pengaruh perlakuan kontrol, DNA Lemna, DNA Spirodela, dan Mixed-DNA terhadap parameter pertumbuhan <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> pada kultur campuran	44
11	Respons morfologi campuran <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> terhadap perlakuan DNA ekstraseluler selama 10 hari inkubasi	46
12	Akumulasi H ₂ O ₂ pada <i>L. perpusilla</i> di bawah perlakuan DNA yang berbeda	50
13	Akumulasi H ₂ O ₂ pada <i>S. polyrhiza</i> di bawah perlakuan DNA yang berbeda	51
14	Aktivitas enzim antioksidan <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i> setelah perlakuan DNA yang berbeda	53
15	Aktivitas kandungan malondialdehida pada <i>L. perpusilla</i> dan <i>S. polyrhiza</i>	55

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.