

Tanaman Sambung Nyawa

Gynura procumbens (Lour.) Merr.

Kultur In Vitro dan Potensinya sebagai Bahan Obat Herbal

Yosephine Sri Wulan Manuhara - Nanik Siti Aminah - Alfinda Novi Kristanti - Sugiharto - Anjar Tri Wibowo - Dannis Yuda Kusuma - Ummi Zubaidah

Tanaman Sambung Nyawa

Gynura procumbens (Lour.) Merr.

Kultur In Vitro dan Potensinya sebagai Bahan Obat Herbal

Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:

(1) Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).

(2) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

(3) Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

(4) Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

Tanaman Sambung Nyawa

Gynura procumbens (Lour.) Merr.

Kultur In Vitro dan Potensinya sebagai Bahan Obat Herbal

Yosephine Sri Wulan Manuhara
Nanik Siti Aminah
Alfinda Novi Kristanti
Sugiharto
Anjar Tri Wibowo
Dannis Yuda Kusuma
Ummi Zubaidah

Airlangga University Press

TANAMAN SAMBUNG NYAWA
(*Gynura procumbens* (Lour.) Merr):
Kultur *In Vitro* dan Potensinya sebagai Bahan Obat Herbal
Yosephine Sri Wulan Manuhara, dkk.

ISBN 978-634-7123-31-2(PDF)

© 2025 Penerbit **Airlangga University Press**
Anggota IKAPI dan APPTI Jawa Timur
Kampus C Unair, Mulyorejo Surabaya 60115
Telp. (031) 5992246, 5992247
E-mail: adm@aup.unair.ac.id

Redaktur (Yoni Rahman Pratama)
Layout (Achmad Tohir S.)
Cover (Rifan Prasetio)
AUP (1526/05.25)

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang.
Dilarang mengutip dan/atau memperbanyak tanpa izin tertulis
dari Penerbit sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apa pun.

PRAKATA

Tanaman sambung nyawa (*Gynura procumbens* Lour. [Merr.]) merupakan salah satu tanaman obat yang sering digunakan sebagai obat tradisional di Indonesia. Bagian tanaman yang sering digunakan untuk obat adalah daun. Daun tanaman ini digunakan oleh masyarakat Indonesia sebagai obat tradisional untuk mengobati sakit demam, kolesterol, tumor jinak, ginjal, terkena bisa ular, disentri, dan penghilang rasa sakit. Penggunaan daun sambung nyawa secara konvensional memiliki beberapa keterbatasan, di antaranya memerlukan lahan untuk budidaya, pertumbuhannya lambat, tergantung pada iklim, dan produk senyawa bioaktif kurang stabil karena dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Teknik kultur in vitro merupakan salah satu metode yang dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Pemanfaatan teknik kultur in vitro telah berkembang begitu pesat untuk berbagai kepentingan. Salah satu manfaatnya adalah di bidang farmakologi atau industri kimia. Melalui kultur in vitro (kultur suspensi sel, kultur kalus, dan kultur organ), sel-sel, jaringan dan organ tanaman dapat dimanipulasi untuk menghasilkan metabolit sekunder yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Berbagai macam metabolit sekunder dapat disintesis, diakumulasi, dan terkadang diekskresikan, seperti senyawa alkaloid, saponin, flavonoid, saponin, terpen, dan lain-lain.

Buku ini menyajikan hasil-hasil penelitian kultur in vitro tanaman sambung nyawa dan potensinya sebagai bahan obat herbal yang telah dimulai sejak sepuluh tahun yang lalu bersama dengan kelompok riset Bioteknologi Tanaman Obat (BIOTANOTROP Riset Grup). Studi diawali dengan kultur kalus dari berbagai eksplan yaitu daun, tangkai daun, dan batang; kemudian dilanjutkan dengan kultur tunas dari eksplan nodus batang dan kultur akar yang dilakukan dalam media cair. Dalam perkembangannya, kultur akar lebih menjanjikan untuk diproduksi biomassa dan metabolit sekundernya pada skala yang lebih besar yaitu dalam bioreaktor. Bioreaktor yang pertama dirancang untuk kultur akar *G. procumbens* adalah bioreaktor bergelembung tipe balon (*balloon type bubble bioreactor*/BTBB) dengan volume satu liter. Selain itu juga dikembangkan tipe bioreaktor yang lain yaitu

bioreaktor perendaman berkala (*temporary immersion bioreactor*/TIS). Biomassa dan metabolit sekunder yang diperoleh pada kultur akar adventif *G. procumbens* dalam bioreaktor lebih tinggi dibandingkan dengan kultur akar adventif dalam media cair teragitasi. Oleh karena itu, kemudian dilakukan peningkatan kapasitas bioreaktor BTBB menjadi 3 L dan 19 L. Berbagai perlakuan dilakukan untuk memperoleh produksi biomassa dan kadar metabolit sekunder yang maksimal. Pembahasan hasil-hasil studi mengenai kultur in vitro tanaman sambung nyawa (*G. procumbens*) secara lengkap dapat dibaca pada Bab I sampai dengan Bab V.

Studi mendalam pada tanaman sambung nyawa telah mengungkap banyak informasi tentang manfaat kandungan senyawa bioaktif tanaman ini untuk pengobatan. Beberapa penelitian yang telah dilakukan menyampaikan bahwa senyawa bioaktif tanaman sambung nyawa berpotensi menjadi obat antikanker. Senyawa dari ekstrak etanol daun sambung nyawa dapat menghambat karsinogenesis kanker payudara, meningkatkan efikasi agen kemoterapi dalam pengobatan kanker, memberikan efek antiangiogenik untuk mencegah pertumbuhan sel kanker, sehingga berpotensi sebagai agen ko-kemoterapi. Senyawa ini juga berperan dalam meningkatkan imunomodulator dengan cara menginduksi produksi γ-INF sel limfa dan produksi CD4+ sel limfosit T, serta diketahui bahwa senyawa tersebut tidak berefek racun pada se-sel imunitas tersebut.

Pada Bab VI sampai dengan Bab IX dijabarkan mengenai hasil-hasil penelitian potensi tanaman sambung nyawa dalam penanggulangan *stress* oksidatif dan peranannya sebagai enzim antioksidan endogen. Dalam studi ini digunakan ekstrak metanol akar adventif *G. procumbens* hasil kultur in vitro dalam bioreaktor. Selain itu juga dilakukan studi potensinya dalam menghambat proliferasi sel karsinoma hepatoseluler secara in vitro. Dalam preparasinya, *G. procumbens* tidak hanya dimanfaatkan dalam bentuk ekstrak tetapi juga dimodifikasi berupa nanokapsul. Hasil penelitian kelompok riset Biotanotrop menunjukkan bahwa modifikasi sistem penghantaran ekstrak *G. procumbens* melalui nanokapsul dapat meningkatkan bioaktivitasnya. Hal tersebut dibuktikan pada efek kemopreventif pada kanker payudara dan pengaruhnya dalam menekan virus Dengue. Penggunaan *nanohydrogel* akar adventif *G. procumbens* hasil kultur in vitro mampu meningkatkan transisi tahap inflamasi-proliferasi pada penyembuhan luka bakar derajat 2.

Pada kesempatan, ini kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pelaksanaan penelitian maupun publikasi hasil-hasil penelitian, terutama mahasiswa Program Studi Magister Biologi dan Kimia, serta Program Studi Doktor MIPA, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga,

yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat) Universitas Airlangga yang telah memberikan dana penelitian pada sebagian isi buku ini dengan No. kontrak 265/UN3.LPPM/PT.01.03/2024. Semoga buku ini dapat memberikan wawasan mengenai tanaman sambung nyawa yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai obat herbal.

Surabaya, Maret 2025
Tim Penulis

DAFTAR ISI

v PRAKATA

xiii DAFTAR GAMBAR

xix DAFTAR TABEL

1 Bab 1
MANFAAT DAN PROFIL METABOLIT SEKUNDER TANAMAN SAMBUNG NYAWA *Gynura procumbens* (Lour.) Merr.

1.1 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Sambung Nyawa, 1
1.2 Manfaat Tanaman Sambung Nyawa, 3
1.3 Profil Metabolit Sekunder dan Senyawa Flavonoid pada Akar Adventif In Vitro dan Ex Vitro Tanaman Sambung Nyawa *Gynura procumbens*, 4
1.4 Analisis Metabolomik Tanaman Sambung Nyawa, 7
1.5 Profil Metabolome Pada Akar dan Daun Tanaman Sambung Nyawa, 9
1.6 Kaitan antara Kandungan Metabolit dengan Efek Terapeutik *Gynura procumbens*, 10
1.7 Daftar Rujukan, 11

15 Bab 2
KULTUR KALUS, TUNAS, DAN AKAR TANAMAN SAMBUNG NYAWA SECARA *IN VITRO*

2.1 Kultur *In Vitro* Tumbuhan, 15
2.2 Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh dan Tipe Eksplan Terhadap Induksi Kalus *Gynura procumbens* Lour. (Merr), 17
2.3 Pertumbuhan dan Produksi Flavonoid Kultur Tunas Aksiler *Gynura procumbens* (Lour.) Merr. yang Dipengaruhi oleh Konsentrasi Sukrosa dan Erythrosa 4-Fosfat, 21
2.4 Induksi Tunas dari Eksplan Batang *Gynura procumbens* pada Berbagai Jenis dan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh dalam Medium Padat dan Medium Cair, 28

2.5 Pengaruh Kadar Sukrosa dan Densitas Eksplan terhadap Multiplikasi Tunas dan Total Flavonoid *Gynura procumbens* dalam Medium Cair, 35
2.6 Produksi Biomassa dan Flavonoid Akar Adventif *Gynura procumbens* yang Dipengaruhi oleh Sukrosa, Phenylalanin, dan Tyrosin, 40
2.7 Daftar Rujukan, 47

55 **Bab 3**
PRODUKSI BIOMASSA DAN FLAVONOID AKAR ADVENTIF *Gynura procumbens* DALAM BIOREAKTOR

3.1 Kultur *In Vitro* dalam Bioreaktor, 55
3.2 Pengaruh Sukrosa dan Frekuensi Perendaman Terhadap Produksi Biomassa Akar Adventif dan Metabolit Sekunder *Gynura procumbens* dalam Bioreaktor Perendaman Berkala, 58
3.3 Produksi Biomassa dan Flavonoid Akar Adventif *Gynura procumbens* yang Dipengaruhi oleh Kadar Mineral dan Kadar Nitrogen Medium MS dalam Bioreaktor Bergelembung Tipe Balon, 70
3.4 Daftar Rujukan, 75

81 **Bab 4**
EFEKTIVITAS PRODUKSI BIOMASSA DAN FLAVONOID AKAR ADVENTIF *Gynura procumbens* (Lour.) Merr. DALAM KULTUR CAIR SECARA *IN VITRO*

4.1 Produksi Senyawa Bioaktif dalam Kultur *In Vitro*, 81
4.2 Pengaruh Variasi Volume Aerasi Terhadap Biomassa, Senyawa Bioaktif, Kadar MDA dan Prolin Akar Adventif *Gynura procumbens*, serta Kondisi Medium, 84
4.3 Pengaruh Inisial Inokulum (Eksplan) terhadap Biomassa, Senyawa Bioaktif, Kadar MDA dan Prolin Akar Adventif *Gynura procumbens*, 95
4.4 Pengaruh Starter Inokulum Akar dari Periode Subkultur yang Berbeda Terhadap Biomassa, Senyawa Bioaktif, Kadar MDA dan Prolin Akar Adventif *Gynura procumbens*, 104
4.5 Daftar Rujukan, 109

115 **Bab 5**
PENINGKATAN BIOMASSA AKAR ADVENTIF *Gynura procumbens* DALAM SKALA PILOT PLAN DI LABORATORIUM

5.1 Produksi Tanaman Obat Secara *In Vitro*, 115
5.2 Desain dan Konstruksi Modifikasi Bioreaktor Pilot Plan Serta Proses Inokulasi Akar Adventif *Gynura procumbens,* 118

5.3 Optimasi Kondisi Bioreaktor Pilot Plan untuk Kultur Akar Adventif *Gynura procumbens*, 126
5.3.1 Pengaruh variasi *grade* bahan kimia hara makro dan konsentrasi media MS terhadap biomassa akar adventif *Gynura procumbens*, 126
5.3.2 Pengaruh variasi grade bahan kimia hara makro dan konsentrasi media MS terhadap produktivitas senyawa bioaktif akar adventif *Gynura procumbens*, 129
5.3.3 Pengaruh variasi grade bahan kimia hara makro dan konsentrasi media MS terhadap kadar Malondialdehyde (MDA) dan prolin akar adventif *Gynura procumbens* serta kondisi medium, 131
5.4 Simulasi Perbandingan Biaya Media Kultur untuk Produksi Akar Adventif *Gynura procumbens* Menggunakan Bioreaktor, 135
5.5 Daftar Rujukan, 137

143 Bab 6
POTENSI SAMBUNG NYAWA (*Gynura procumbens*) SEBAGAI ANTIOKSIDAN, PENANGGULANGAN STRES OKSIDATIF, DAN STIMULATOR ENZIM ANTIOKSIDAN ENDOGEN

6.1 Stres Oksidatif dan Enzim Antioksidan Endogen, 143
6.2 Perbandingan Potensi Antioksidan Pada Kultur Akar Adventif *Gynura procumbens In vitro* dan *Ex vitro*, 145
6.3 Pengaruh Ekstrak Akar Adventif *Gynura procumbens* terhadap Ekspresi Gen Antioksidan dan Aktivitas Enzim Antioksidan di Hepar, 147
6.4 Potensi Akar Adventif *Gynura procumbens* dalam Mencegah Keracunan Logam Berat Kadmium dan Timbal Pada Mencit, 151
6.5 Daftar Rujukan, 157

163 Bab 7
STUDI *IN VITRO* POTENSI *Gynura procumbens* SEBAGAI OBAT HERBAL ANTIKANKER

7.1 Kanker Sebagai Akibat Stres Oksidatif, 163
7.2 Ekstrak Metanol Daun *Gynura procumbens* Menghambat Proliferasi Sel Karsinoma Hepatoseluler pada Studi In vitro, 164
7.3 Akar Adventif *Gynura procumbens* Mengurangi Stress Oksidatif dan Sifat Sitotoksiknya Terhadap Kanker, 167
7.4 Efek Kemopreventif Nano *Gynura procumbens* pada Kanker Payudara, 174
7.5 Daftar Rujukan, 182

189 **Bab 8**
POTENSI AKAR ADVENTIF DAN DAUN SAMBUNG NYAWA (*Gynura procumbens*) SEBAGAI OBAT HERBAL ANTIINFLAMASI

8.1 Pengertian Inflamasi, 189
8.2 Nanohidrogel Akar Adventif *In Vitro Gynura procumbens* Meningkatkan Transisi Tahap Inflamasi-Proliferasi pada Penyembuhan Luka Bakar Derajat 2, 190
8.3 Daftar Rujukan, 199

203 **Bab 9**
POTENSI EKSTRAK METANOL DAUN *Gynura procumbens* SEBAGAI BAHAN ANTIVIRUS *DENGUE*

9.1 Infeksi Virus *Dengue*, 203
9.2 Nanoenkapsulasi *Gynura procumbens* sebagai Pendekatan Menjanjikan untuk Menekan Infeksi Virus Dengue, 204
9.3 Daftar Rujukan, 212

215 **GLOSARIUM**

DAFTAR GAMBAR

2 **Gambar 1.1**
Habitus tanaman sambung nyawa (*Gynura procumbens*), A: Duduk daun tanaman sambung nyawa; B: Bentuk daun tanaman sambung nyawa; C: Akar adventif, akar berwarna ungu tumbuh di atas tanah (panah merah) dan akar berwarna coklat muda tumbuh di bawah tanah (panah biru); D: Bunga tanaman sambung nyawa.

6 **Gambar 1.2**
Grafik profil flavonoid pada akar adventif menggunakan HPLC, A: larutan standar; B: sampel akar adventif kultur *in vitro*; dan C: sampel akar *ex vitro*.

9 **Gambar 1.3**
Profil dan klasifikasi metabolit pada akar dan daun tanaman obat *G. procumbens*.

20 **Gambar 2.1**
Perbandingan biomassa segar kalus *Gynura procumbens* tertinggi dari empat macam tipe kalus.

20 **Gambar 2.2**
Morfologi kalus *Gynura procumbens* pada berbagai kombinasi zat pengatur tumbuh dan tipe eksplan setelah 28 hari kultur.

23 **Gambar 2.3**
Kurva pertumbuhan tunas aksiler selama 56 hari kultur berdasarkan data (a) biomassa segar, (b) biomassa kering, (c) tinggu tunas, (d) jumlah tunas.

25 **Gambar 2.4**
Pertumbuhan tunas aksiler *Gynura procumbens* setelah 42 hari kultur pada berbagai variasi kombinasi penambahan sukrosa dan *erythrose* 4-P.

34 **Gambar 2.5**
Pengaruh frekuensi perendaman dan zat pengatur tumbuh terhadap induksi tunas dari eksplan.

36 **Gambar 2.6**
Kultur tunas *Gynura procumbens* dalam biorektor bergelembung tipe balon, (a) penambahan sukrosa 10 g/L, (b) 30 g/L, (c) 50 g/L, dan densitas eksplan, (d) 5 eksplan, (e) 10 eksplan, (f) 15 eksplan. Bar = 1,4 cm.

42 **Gambar 2.7**
Morfologi akar adventif *Gynura procumbens* dalam medium MS padat ditambah dengan berbagai konsentrasi xay pengatur tumbuh IBA; (a) 1 mg/L, (b) 3 mg/L, (c) 5 mg/L, dan (d) 7 mg/L.

43 **Gambar 2.8**
Morfologi akar adventif *Gynura procumbens* pada perlakuan yang berbeda selama 28 hari kultur dalam Erlenmeyer teragitasi; (a) MS + sukrosa 50 g/L, (b) MS + fenilalanin 50 mg/L, (c) tirosin 50 mg/L.

59 **Gambar 3.1**
Desain dan sistem kerja bioreaktor perendaman sementara yang digunakan untuk kultur akar adventif sambung nyawa.

61 **Gambar 3.2**
Perbandingan morfologi akar adventif tanaman sambung nyawa setelah kultivasi sedurasi 21 hari di dalam bioreaktor dengan perlakuan variasi konsentrasi sukrosa dan variasi durasi dan interval perendaman.

66 **Gambar 3.3**
Perbandingan spektrum panjang gelombang noda pada KLT yang ditentukan menggunakan *TLC Sanner* dari hasil ekstraksi dari akar adventif tanaman sambung nyawa *in vitro* pada berbagai perlakuan variasi konsentrasi sukrosa dan variasi durasi dan interval perendaman dibandingkan dengan akar adventif tanaman sambung nyawa *ex vitro*.

72 **Gambar 3.4**
Pertumbuhan dan morfologi akar adventif *G. procumbens* dalam BTBB umur kultur 28 hari pada berbagai variasi kadar mineral medium MS.

73 **Gambar 3.5**
Pertumbuhan dan morfologi akar adventif *Gynura procumbens* dalam bioreaktor selama 28 hari pada berbagai variasi kadar mineral medium MS.

86 **Gambar 4.1**
Akar adventif *Gynura procumbens* dalam bioreaktor bergelembung tipe balon dengan perlakuan berbagai volume aerasi selama 28 hari periode kultur, A: volume aerasi dari kiri ke kanan 0,05 vvm, 0,1 vvm, 0,15 vvm, 0,2 vvm; B: busa yang terbentuk di dalam bioreaktor pada perlakuan volume aerasi 0,15 vvm dan 0,20 vvm.

91 **Gambar 4.2**
Diagram perubahan fisiologis akar akibat volume aerasi, A: Kadar *malondialdehyde* (MDA); B: Kadar prolin, akar segar hasil kultur dalam bioreaktor 3 liter selama 28 hari periode kultur. BS = berat segar, SD (n=3), ANOVA $p < 0,05$, a,b,c,d,e DMRT (*Duncan multiple range test*) $p < 0,05$.

94 **Gambar 4.3**
Grafik perubahan fisik – kimia media akibat volume aerasi, A: pH; B: Konduktivitas; dan C: Gula total media. SD (n=2).

97 **Gambar 4.4**
Akar adventif *Gynura procumbens* dalam bioreaktor 3 liter setelah 28 hari periode kultur dengan perlakuan densitas inokulum.

101 **Gambar 4.5**
Diagram perubahan fisiologis akar akibat perbedaan densitas inokulum.

104 **Gambar 4.6**
Skema proses persiapan starter inokulum untuk bioreaktor 3 liter, (A) Eksplan batang *G. procumbens*, (B) induksi akar adventif (stok akar adventif) pada media padat, (C) kultur cair starter akar adventif untuk inokulum bioreaktor, (D) kultur akar dalam bioreaktor 3 liter.

106 **Gambar 4.7**
Akar adventif Gynura procumbens dalam biorekator bergelembung tipe balon dengan perlakuan starter inokulum dari subkultur yang berbeda.

108 **Gambar 4.8**
Diagram perubahan fisiologis akar pada starter inokulum berbeda, A: Kadar *malondialdehyde* (MDA); B; Kadar prolin, akar segar dari bioreaktor 3 liter yang dipanen setelah 28 hari periode kultur.

119 **Gambar 5.1**
Bentuk dasar bioreaktor dari botol air mineral kapasitas 19 liter : A) silinder berdiameter besar dan B) silinder berdiameter kecil, dan skematis modifikasi bagian bioreaktor : 1) tubuh bioreaktor, 2) kompartemen tabung kaca untuk saluran masuk udara dan inokulasi, dan 3) set *water mur* kompartemen untuk aliran udara keluar.

119 **Gambar 5.2**
Konstruksi dan bagian-bagian modifikasi bioreaktor 19 liter.

122 **Gambar 5.3**
Sistem kerja modifikasi bioreaktor *airlift*, A : BTBB yang desain oleh Paek *et al*. (2001) dan B : Bioreaktor pilot plan 19 liter. TK = tabung konsentris; panah hitam = arah aliran udara; panah merah = area *riser* ; panah biru = area *downcomer*.

123 **Gambar 5.4**
Proses inokulasi pada bioreaktkor pilot plan 19 liter.

124 **Gambar 5.5**
Instalasi bioreaktor pilot plan 19 liter pada ruang inkubasi.

128 **Gambar 5.6**
Akar adventif *Gynura procumbens* dengan perlakuan variasi *grade* bahan kimia.

132 **Gambar 5.7**
Diagram perubahan fisiologis akar akibat grade media berbeda.

135 **Gambar 5.8**
Grafik perubahan fisik–kimia media akibat *grade* media berbeda, A : pH; B : Gula total; dan C : Konduktivitas media kultur.

150 **Gambar 6.1**
Pengaruh pemberian ekstrak methanol akar adventif *G. procumbens* pada pemeriksaan MDA, SOD, dan CAT yang dipapar Cd.

151 **Gambar 6.2**
Pengaruh pemberian ekstrak metanol akar adventif *G. procumbens* terhadap persentase ekspresi *relative* gen *SOD-1* dan *CAT* hepar yang dipapar Cd.

155 **Gambar 6.3**
Pengaruh pemberian ekstrak metanol akar adventif *G. procumbens* pada pemeriksaan kadar SOD dan CAT yang dipapar Pb di serum darah. .

166 **Gambar 7.1**
Grafik efek toksisitas ekstrak metanol *G. procumbens* terhadap proliferasi sel Huh7it setelah paparan 24 dan 48 jam.

170 **Gambar 7.2**
Pengaruh pemberian ekstrak methanol akar adventif *G. procumbens* pada pemeriksaan parameter darah.

171 **Gambar 7.3**
Pengaruh pemberian ekstrak methanol akar adventif *G. procumbens* pada penurunan kadar MDA serum darah (A), homogenat hepar (B) dan ginjal (C).

171 **Gambar 7.4**
Pengaruh pemberian ekstrak methanol akar adventif *G. procumbens* pada ekspresi relatif *GPx-4*.

172 **Gambar 7.5**
Indeks korelasi Pearson menunjukkan hubungan antara *GPx4* dan MDA darah (A), *GPx4* dan MDA hepar (B), *GPx4* dan MDA ginjal (C), MDA darah dan MDA hepar (D), MDA darah dan MDA ginjal (E), serta MDA hepar dan MDA ginjal (F). MDA = *malondialdehyde*, $p<0.05$ (significant)

174 **Gambar 7.6**
Pengaruh pemberian ekstrak methanol akar adventif *G. procumbens* terhadap viabilitas sel hepatosit karsinoma Huh7it.

177 **Gambar 7.7**
Morfologi Gi-NP (a) dan Gk-NP (b).

178 **Gambar 7.8**
Stabilitas Gi-NP dan Gk-NP terhadap suhu, pH, dan salinitas.

180 **Gambar 7.9**
Histologi jaringan payudara (perbesaran 100 ×) dari berbagai kelompok perlakuan.

181 **Gambar 7.10**
Kadar SOD, CAT, dan TNF-α pada masing-masing kelompok perlakuan.

192 **Gambar 8.1**
Produksi akar adventif *G. procumbens* secara in vitro: (A) *G. procumbens*, (B) induksi akar adventif in vitro dari daun, (C) kultur cair untuk mendapatkan akar dengan biomassa tinggi dalam waktu relatif singkat, (D) akar adventif *G. procumbens* in vitro yang telah dikeringkan, (E) ekstrak akar adventif *G. procumbens in vitro*.

194 **Gambar 8.2**
Sifat fisikokimia nanohidrogel akar adventif *G. procumbens* in vitro (Gr-nh): (A) distribusi ukuran partikel, (B) morfologi Gr-nh melalui pencitraan SEM, (C) spektrum FTIR membuktikan nanoenkapsulasi Gr-nh.

196 **Gambar 8.3**
Profil pelepasan Gr-nh: (A) jumlah pelepasan obat dalam waktu tertentu, (B) persentase pelepasan menunjukkan tren peningkatan seiring dengan meningkatnya pH.

197 **Gambar 8.4**
Tingkat IL6, PGE2, dan VEGF setelah 4 hari pasca luka bakar.

198 **Gambar 8.5**
Tingkat IL6, PGE2, dan VEGF setelah 10 hari pasca luka bakar.

207 **Gambar 9.1**
Spektrum FTIR (A) Ga-NPs dan (B) Gp-NPs.

208 **Gambar 9.2**
Termogram (A) Ga-NPs dan (B) Gp-NPs.

208 **Gambar 9.3**
Topografi (A) Ga-NPs dan (B) Gp-NPs.

209 **Gambar 9.4**
Level turbiditas ekstrak *G. procumbens*, Ga-NPs, dan Gp-NPs terhadap perbedaan (A) suhu, (B) pH, dan (C) kadar NaCl.

210 **Gambar 9.5**
Efek suhu terhadap perbedaan spektrum UV dari (A) ekstrak *G. procumbens*, (B) Ga-NPs, dan (C) Gp-NPs.

211 **Gambar 9.6**
Efek pH pada spektrum UV-Vis dari (A) ekstrak *G. procumbens*, (B) Ga-NPs, dan (C) Gp-NPs.

211 **Gambar 9.7**
Efek konsentrasi NaCl pada spektrum UV-Vis dari (A) *G. procumbens*, (B) Ga-NPs, dan (C) Gp-NPs.

212 **Gambar 9.8**
Persentase pelepasan (A) asam galat dan (B) kuersetin pada Ga-NPs dan Gp-NPs.

DAFTAR TABEL

5 **Tabel 1.1**
Identifikasi ekstrak etanol akar adventif *Gynura procumbens* menggunakan GC-MS (library Wiley version 8.0).

6 **Tabel 1.2**
Analisis profil flavonoid pada ekstrak metanol akar adventif menggunakan HPLC. Perbandingan profil flavonoid pada akar adventif *Gynura procumbens* dari kultur in vitro menggunakan bioreaktor 3 L selama 28 hari dan akar adventif *ex vitro* (dipanen setelah 8 bulan masa tanam).

17 **Tabel 2.1**
Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap induksi kalus dari eksplan daun *Gynura procumbens*

18 **Tabel 2.2**
Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap induksi kalus dari eksplan internodus batang *Gynura procumbens*

19 **Tabel 2.3**
Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap induksi kalus dari eksplan nodus batang *Gynura procumbens*

19 **Tabel 2.4**
Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap induksi kalus dari eksplan tangkai daun *Gynura procumbens*

24 **Tabel 2.5**
Pengaruh kombinasi sukrosa dan eritrosa 4-P terhadap pertumbuhan tunas aksiler *Gynura procumbens*

26 **Tabel 2.6**
Kadar flavonoid ekstrak etanol tunas aksiler *Gynura procumbens* pada berbagai variasi kombinasi sukrosa dan eritrosa 4-P.

29 **Tabel 2.7**
Pengaruh zat pengatur tumbuh terhadap biomassa segar, biomassa kering, jumlah tunas, tinggi tunas, dan jumlah daun eksplan nodus batang *Gynura procumbens* selama 28 hari kultur dalam medium MS padat.

32 **Tabel 2.8**
Pengaruh kombinasi perlakuan frekuensi perendaman dan zat pengatur tumbuh IAA dan BA terhadap induksi tunas *Gynura procumbens* dalam bioreactor perendaman berkala selama 28 hari.

33 **Tabel 2.9**
Pengaruh frekuensi perendaman dan zat pengatur tumbuh terhadap produksi flavonoid tunas *G. procumbens* dalam bioreaktor perendaman berkala

35 **Tabel 2.10**
Pengaruh konsentrasi sukrosa terhadap pertumbuhan dan multiplikasi tunas *G. procumbens* dalam bioreaktor bergelembung tipe balon.

37 **Tabel 2.11**
Pengaruh densitas inokulum terhadap pertumbuhan dan multiplikasi tunas *G. procumbens* dalam bioreaktor bergelembung tipe balon.

39 **Tabel 2.12**
Pengaruh kadar sukrosa terhadap kandungan flavonoid total kultur tunas *G. procumbens*.

40 **Tabel 2.13**
Pengaruh densitas inokulum (eksplan) terhadap kandungan flavonoid total kultur tunas *G. procumbens*.

42 **Tabel 2.14**
Pengaruh zat pengatur tumbuh IBA pada pertumbuhan akar adventif *Gynura procumbens*.

44 **Tabel 2.15**
Pengaruh sukrosa, fenilalanin, dan tirosin terhadap biomassa dan kandungan kaempferol dan kuersetin akar adventif *Gynura procumbens*.

46 **Tabel 2.16**
Rerata biomassa segar dan kering akar adventif *Gynura procumbens* pada tiga tipe kultur cair dan konsentrasi sukrosa yang berbeda

62 **Tabel 3.1**
Rerata biomassa akar adventif sambung nyawa akibat pengaruh variasi konsentrasi sukrosa dan frekuensi perendaman.

67 **Tabel 3.2**
Absorbansi dan panjang gelombang (nm) noda pada KLT dengan harga *Rf*1 = 0.85 yang ditentukan menggunakan *TLC Scanner*.

67 **Tabel 3.3**
Absorbansi dan panjang gelombang (nm) noda pada KLT dengan harga *Rf*2 = 0.64 yang ditentukan menggunakan *TLC Scanner*.

71 **Tabel 3.4**
Pengaruh kadar mineral dalam medium MS terhadap produksi biomassa dan flavonoid pada akar adventif *Gynura procumbens* dalam bioreaktor.

73 **Tabel 3.5**
Pengaruh komposisi nitrogen dalam media MS terhadap produksi biomassa dan flavonoid akar adventif *Gynura procumbens* dalam bioreaktor.

85 **Tabel 4.1**
Pengaruh variasi volume aerasi terhadap perolehan biomassa akar adventif *Gynura procumbens* setelah 28 hari periode kultur (n=2).

88 **Tabel 4.2**
Pengaruh variasi volume aerasi terhadap produktivitas senyawa bioaktif akar adventif *Gynura procumbens*.

96 **Tabel 4.3**
Pengaruh variasi densitas inokulum terhadap biomassa akar adventif. Akar dipanen dari bioreaktor 3 L setelah 28 hari periode kultur.

99 **Tabel 4.4**
Pengaruh variasi densitas inokulum terhadap produktivitas senyawa bioaktif akar adventif *Gynura procumbens*.

106 **Tabel 4.5**
Pengaruh variasi starter inokulum dari subkultur yang berbeda terhadap biomassa akar adventif. Akar dipanen dari bioreaktor 3 L setelah 28 hari periode kulur.

107 **Tabel 4.6**
Pengaruh variasi starter inokulum dari subkultur yang berbeda terhadap senyawa bioaktif akar adventif *Gynura procumbens*.

124 **Tabel 5.1**
Evaluasi sterilitas dan waktu kontaminasi bioreaktor 19 L. Media yang digunakan sebanyak 10 L.

126 **Tabel 5.2**
Pengaruh variasi *grade* bahan kimia hara makro dan konsentrasi media MS terhadap biomassa akar adventif. Akar dipanen dari bioreaktor 19 L setelah 35 hari periode kultur.

129 **Tabel 5.3**
Perbandingan biomassa akar dari bioreaktor 3 L dan 19 L.

130 **Tabel 5.4**
Pengaruh variasi *grade* bahan kimia hara makro dan konsentrasi media MS terhadap senyawa bioaktif akar adventif *Gynura procumbens*.

133 **Tabel 5.5**
Perbandingan produktivitas total senyawa bioaktif akar adventif dari hasil bioreaktor 3 L dan 19 L.

136 **Tabel 5.6**
Simulasi perbandingan efisiensi biaya media kultur untuk produksi biomassa akar adventif antara bioreaktor 3 L dan 19 L.

145 **Tabel 6.1**
Perbandingan hasil pengukuran total fenolik (TPC) dan flavonoid (TFC) dengan metode spektrofotometri dan HPLC.

146 **Tabel 6.2**
Perbandingan hasil pengukuran aktivitas antioksidan dengan metode DPPH.

156 **Tabel 6.3**
Pengaruh ekstrak metanol akar adventif *G. procumbens* pada pemeriksaan parameter darah yang dipapar Pb.

167 **Tabel 7.1**
Efek toksisitas ekstrak methanol *G. procumbens* terhadap proliferasi sel Huh7it dan nilai IC_{50} pada paparan waktu yang berbeda, dilengkapi dengan standar antikanker menurut United States National Cancer Institute.

206 **Tabel 9.1**
Karakter fisiko-kimia *nano G. procumbens*.

PROFIL PENULIS

Prof. Dr. YOSEPHINE SRI WULAN MANUHARA, M.Si

Guru besar Bidang Kultur Jaringan (Kultur In Vitro) Tumbuhan di Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga. Pendidikan S-1 di Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Airlangga tahun 1983-1987. Program S2 Biologi di Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada tahun 1992-1994 dan Program S3 di Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada tahun 2001-2005. Bekerja sebagai dosen di Departemen Biologi, Universitas Airlangga sejak tahun 1988-sekarang. Topik riset hingga saat ini adalah kultur in vitro tumbuhan berkhasiat obat untuk menghasilkan metabolit sekunder dan ekplorasi biodiversitas tanaman obat tropis, terutama di Indonesia Timur dan menjadi Ketua Riset Grup BIOTANOTROP (Bioteknologi Tanaman Obat Tropis). Hingga saat ini telah menghasilkan 59 artikel terindeks SCOPUS, dengan SINTA ID: 5984812 dan SCOPUS ID: 57008219500.

Prof. Dr. NANIK SITI AMINAH, M.Si.

Guru Besar Bidang Kimia Organik Bahan Alam di Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya. Pendidikan Sarjana Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Airlangga tahun 1986-1990. Program Magister (M.Si) tahun 1995-1997 dan Program Doktor (Dr.) tahun 1997-2003 di Institut Teknologi Bandung. Mendapat beasiswa Program Postdoktoral di Meijo University, Jepang tahun 2009-2010. Bekerja sebagai dosen di Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga sejak tahun 1991-sekarang. Riset yang ditekuni adalah di bidang Kimia Organik Bahan Alam, khususnya eksplorasi senyawa metabolit sekunder dari tumbuhan tropis dan tergabung Riset Grup BIOTANOTROP (Bioteknologi Tanaman Obat Tropis) Universitas Airlangga. Hingga saat ini telah menghasilkan 83 artikel yang dipublikasikan di berbagai

jurnal internasional bereputasi dan juga dipresentasikan pada beberapa seminar nasional dan internasional. Aktivitas ilmiah lain yaitu memberikan kuliah tamu di beberapa Universitas di luar negeri yaitu di China, Pakistan, Jordania, Timor Leste, Malaysia, dan Myanmar. Mitra kolaborasi penelitian dalam bidang Kimia Bahan Alam dilakukan bersama dengan ICCBS (International Center for Chemical dan Biological Sciences) Karachi, Pakistan dan Fakultas Farmasi, Universitas Meijo, Nagoya, Jepang.

Prof. Dr. ALFINDA NOVI KRISTANTI, DEA

Guru Besar di bidang Fitokimia di Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga dan tergabung dalam Riset Grup BIOTANOTROP (Bioteknologi Tanaman Obat Tropis) Universitas Airlangga. Profesi sebagai dosen dimulai sejak tahun 1991 di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Airlangga hingga sekarang. Pendidkan S-1 Kimia ditempuh di FMIPA Universitas Airlangga pada tahun 1986-1990. Program DEA Kimia Organik (setara dengan S2) dan Doktor Kimia Organik diselesaikan di Universite de Haute Alsace Mulhouse, Frace pada tahun 1993-1997. Fokus riset adalah Kimia Bahan Alami dan Sintesis Organik. Hingga saat ini telah menerbitkan 96 artikel ilmiah terindeks Scopus, 3 paten, sejumlah kolaborasi nasional dan internasional, serta aktif sebagai presenter di banyak konferensi/seminar internasional.

Dr. SUGIHARTO, S.Si., M.Si.

Merupakan Dosen tetap (PNS) di Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga sejak tahun 1994 – sekarang. Pendidikan formal yang ditempuh meliputi: S1 (1988 – 1993) dari Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Airlangga; S2 (1998 – 2001) dari Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada; dan S3 (2019 – 2022) dari Prodi S3 MIPA Universitas Airlangga. Bidang penelitian yang ditekuni adalah Fisiiologi Hewan dan Kultur Sel Hewan terutama terkait tanaman yang berpotensi sebagai antioksidan untuk menetralisir bahan toksik dan agen anti kanker dan tergabung Riset Grup BIOTANOTROP (Bioteknologi Tanaman Obat Tropis) Universitas Airlangga.. Sampai saat ini telah menghasilkan 27 artikel ilmiah yang terindeks Scopus (SCOPUS ID = 57190939669 dan SINTA ID = 5985822).

Dr. ANJAR TRI WIBOWO, M.Sc.

Dosen di Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga (Indonesia). Pendidikan S-1 Biologi di Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada (Indonesia) ditempuh pada tahun 2004-2009. Program S-2 Bioscience di King Abdullah University of Science and Technology (Arab Saudi) pada tahun 2009-2011 dan S-3 di School of Life Sciences, University of Warwick (Inggris) pada tahun 2011-2016. Riset fokus di bidang bioteknologi tanaman terutama pada mikrobioma, metabolomik, epigenetik, dan genomik tumbuhan dan tergabung dalam kelompok riset grup BIOTANOTROP (Bioteknologi Tanaman Obat Tropis). Hingga saat ini telah menghasilkan sebanyak 38 artikel terindeks scopus, dengan SINTA ID: 6718226, dan ID SCOPUS: 41862845000.

Dr. DANNIS YUDA KUSUMA, M.Si.

Pemilik, peneliti, dan pengembang produksi bioreaktor serta bibit tanaman kultur jaringan tumbuhan di home laboratorium "LABBIOREACTORS", (Bogor - Indonesia). Pendidikan S-1 Biologi di Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Surabaya pada tahun 2005 – 2011. Program S-2 Biologi (2012 – 2015) dan S-3 MIPA (2019 – 2023) di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga Surabaya. Riset fokus di bidang kultur jaringan tumbuhan. Hingga saat ini telah menghasilkan 8 artikel ilmiah bereputasi nasional/internasional, 1 buku, dan 1 paten sederhana (sebagai autor/co-author).

UMMI ZUBAIDAH, S.Si., M.Si

Merupakan peneliti di bidang Biologi dengan fokus utama pada tanaman obat dan bioaktivitasnya. Pendidikan Sarjana Biologi tahun 2018-2022 dan Magister Biologi tahun 2022-2024 di Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya. Hingga saat ini telah berkontribusi dalam penelitian terkait manfaat tanaman sambung nyawa (Gynura procumbens), khususnya sebagai antioksidan, antikanker, dan antiinflamasi. Saat ini bekerja sebagai Product Application Specialist dan Researcher di PT Dwimitra Mandiri Sampurno. Sepanjang karier akademiknya, telah menerbitkan 15 publikasi, yang terdiri dari 3 buku dan 12 artikel ilmiah, dengan rekam jejak publikasi yang terindeks di Scopus (Scopus ORCID: 0009-0005-7952-6842).

Tanaman Sambung Nyawa

Gynura procumbens (Lour.) Merr.

Kultur In Vitro dan Potensinya sebagai Bahan Obat Herbal

Airlangga University Press

ISBN 978-634-7123-31-2