

**RESPON FISIOLOGIS TANAMAN BAWANG MERAH AKIBAT  
KONSENTRASI BIOSTIMULAN EKSTRAK RUMPUT LAUT  
MERAH (*Gracilaria* spp.) PADA KONDISI KEKERINGAN**

---

**SKRIPSI**

---

**Oleh :**

**AZRIL PRAJA KUSUMA**



**PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2026**

RESPON FISIOLOGIS TANAMAN BAWANG MERAH AKIBAT  
KONSENTRASI BIOSTIMULAN EKSTRAK RUMPUT LAUT  
MERAH (*Gracilaria* spp.) PADA KONDISI KEKERINGAN

Oleh :

AZRIL PRAJA KUSUMA  
NIM : 23020222140150

Salah satu syarat untuk memperoleh  
gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi  
Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro

PROGRAM STUDI S-1 AGROEKOTEKNOLOGI  
FAKULTAS PETERNAKAN DAN PERTANIAN  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2026

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Azril Praja Kusuma  
N I M : 23020222140150  
Program Studi : S-1 Agroekoteknologi

dengan ini menyatakan sebagai berikut :

1. Skripsi yang berjudul: **Respon Fisiologis Tanaman Bawang Merah Akibat Konsentrasi Biostimulan Ekstrak Rumput Laut Merah (*Gracilaria spp.*) Pada Kondisi Kekeringan** dan penelitian yang terkait dengan skripsi ini merupakan karya penulis sendiri.
2. Setiap ide atau kutipan dari karya orang lain berupa publikasi atau bentuk lainnya dalam skripsi ini, telah diakui sesuai dengan standar prosedur disiplin ilmu.
3. Penulis juga mengakui bahwa skripsi ini dapat dihasilkan berkat bimbingan dan dukungan penuh dari Pembimbing yaitu: **Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc.** dan **Ir. Karno, M.Appl.Sc., Ph.D.**

Apabila di kemudian hari dalam skripsi ini ditemukan hal-hal yang menunjukkan telah dilakukannya kecurangan akademik maka penulis bersedia gelar sarjana yang telah penulis dapatkan ditarik sesuai dengan ketentuan dari Program Studi S-1 Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro.

Semarang, Juni 2026  
Penulis,



Azril Praja Kusuma

Mengetahui :

Pembimbing Utama

Pembimbing Anggota

Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc.

Ir. Karno, M. Appl.Sc., Ph.D.

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : RESPON FISILOGIS TANAMAN  
BAWANG MERAH AKIBAT  
KONSENTRASI BIOSTIMULAN  
EKSTRAK RUMPUT LAUT MERAH  
(*Gracilaria* spp.) PADA KONDISI  
KEKERINGAN

Nama Mahasiswa : AZRIL PRAJA KUSUMA

Nomor Induk Mahasiswa : 23020222140150

Program Studi/Departemen : S-1 AGROEKOTEKNOLOGI/PERTANIAN

Fakultas : PETERNAKAN DAN PERTANIAN

Telah disidangkan di hadapan Tim Penguji  
dan dinyatakan lulus pada tanggal 1.8 JUN 2026

Pembimbing Utama



Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc.

Pembimbing Anggota



Ir. Karno, M. Appl.Sc., Ph.D.

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si.

Ketua Panitia Ujian Akhir Program



Bagus Herwibawa, S.P., M.P., Ph.D.

Dekan



Prof. Sugiharto, S.Pt, M.Sc, Ph.D.

Ketua Departemen Pertanian



Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D.

## RINGKASAN

**AZRIL PRAJA KUSUMA.** 23020222140150. 2026. Respon Fisiologis Tanaman Bawang Merah Akibat Konsentrasi Biostimulan Ekstrak Rumput Laut Merah (*Gracilaria* spp.) Pada Kondisi Kekeringan. (Pembimbing: **Fajrin Pramana Putra** dan **Karno**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh cekaman kekeringan dan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah terhadap fisiologis tanaman bawang merah. Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 - Maret 2026. Penelitian dilaksanakan di *greenhouse* Balai Penerapan Modernisasi Pertanian (BRMP) Jawa Tengah dan di Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Program Studi Agroekoteknologi, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial  $2 \times 4$  dengan 4 ulangan yang disusun dalam pola Petak Terbagi (*Split Plot Design*). Petak utama adalah tingkat cekaman kekeringan yaitu 80% KL (K0) dan 40% KL (K1). Anak petak adalah konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah yaitu 0% (B0), 1% (B1), 2% (B2), dan 3% (B3), sehingga terdapat 8 kombinasi perlakuan dengan total 32 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi *leaf relative water content*, kerapatan stomata, lebar bukaan stomata, kebocoran elektrolit, *membrane stability index*, kadar klorofil, kadar karotenoid, *water use efficiency*, kadar prolin, kadar malondialdehide, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar biomassa tanaman, bobot kering biomassa tanaman, dan rasio akar tajuk. Kondisi lingkungan yang diamati adalah suhu, kelembaban udara, dan intensitas cahaya. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* dilanjutkan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan petak utama berupa cekaman kekeringan memberikan pengaruh nyata pada parameter *water use efficiency*, kadar prolin, kadar malondialdehide, jumlah daun, luas daun, dan bobot segar biomassa tanaman. Perlakuan anak petak berupa konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah berpengaruh nyata pada parameter lebar bukaan stomata, kadar malondialdehide, tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun. Interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh nyata pada parameter kadar prolin.

Simpulan dari penelitian ini adalah cekaman kekeringan 40% KL menurunkan jumlah daun, luas daun, dan bobot segar biomassa, serta meningkatkan kadar prolin, malondialdehide (MDA), dan *water use efficiency*. Biostimulan ekstrak rumput laut merah konsentrasi 3% meningkatkan lebar bukaan stomata, konsentrasi 2% meningkatkan luas daun, dan konsentrasi 1% meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, serta menurunkan kadar MDA. Interaksi cekaman kekeringan dan konsentrasi biostimulan terjadi pada kadar prolin, 40% KL pada konsentrasi 1% mampu menurunkan kadar prolin dibanding tanpa biostimulan.

## KATA PENGANTAR

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang bernilai ekonomi tinggi dan banyak dikonsumsi. Kondisi fisiologisnya sangat dipengaruhi kondisi lingkungan terutama ketersediaan air, karena kekeringan dapat menurunkan hasil secara signifikan. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah ini adalah pemanfaatan biostimulan, seperti ekstrak rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) yang diyakini dapat merangsang pertumbuhan, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan, dan mempengaruhi respon fisiologis tanaman. Pemberian berbagai konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah dilakukan untuk melihat respon fisiologis bawang merah pada kondisi kekeringan.

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian serta penyusunan skripsi dengan judul "Respon Fisiologis Tanaman Bawang Merah Akibat Konsentrasi Biostimulan Ekstrak Rumput Laut Merah (*Gracilaria* spp.) Pada Kondisi Kekeringan" dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program Sarjana Pertanian di Universitas Diponegoro.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian serta penyusunan skripsi:

1. Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc., Ir. Karno, M. Appl.Sc., Ph.D., dan Rosyida, S.P., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, saran dan masukan terkait penelitian dan penyusunan skripsi.

2. Prof. Sugiharto, S.Pt., M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Peternakan dan Pertanian, Ahmad Ni'matullah Al-Baarri, S.Pt., M.P., Ph.D., selaku Ketua Departemen Pertanian, dan Dr. Ir. Eny Fuskhah, M.Si. selaku Ketua Program Studi S-1 Agroekoteknologi beserta jajarannya di Fakultas Peternakan dan Pertanian atas kesempatan yang diberikan kepada penulis untuk menempuh pendidikan hingga melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi guna memenuhi syarat penyelesaian studi sebagai Sarjana Pertanian di Universitas Diponegoro, Semarang.
3. Fajrin Pramana Putra, S.P., M.Sc. selaku dosen wali yang telah membantu dan memberikan pengarahan akademik serta moral selama penulis menempuh studi.
4. Seluruh jajaran dosen pengajar pada Program Studi S-1 Agroekoteknologi Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Prof. Dr. Ir. Syaiful Anwar, M.Si., Prof. Dr. Ir. Florentina Kusmiyati, M.Sc., Dr. Ir. Susilo Budiyanto, M.Si., Prof. Ir. Didik Wisnu Widjajanto, M.Sc.Res., Ph.D., Bagus Herwibawa, S.P., M.P., Ph.D., A'isyah Surya Bintang, S.P., M.Sc., Septrial Arafat, S.P., M.P., Muhammad Iqbal Fauzan, S.P. M.Si., Muhamad Ghazi Agam Sas, S.P., M.Si., Dr. Dian Safitri, S.P., M.Si., Albertus Fajar Irawan, S.P., M.Agr., Ph.D., Nani Kitty Sihaloho, M.P., Chaieydhha Noer Afiefah, S.P., M.Sc., Anasrullah, S.P., M.S., Prof. Dr. Ir. Dwi Retno Lukiwati, M.S. (purna tugas), Dr. Ir. Sutarno, M.S. (purna tugas), Dr. Ir. Budi Adi Kristanto, M.S. (purna tugas), Prof. Dr. Ir. Endang Dwi Purbayanti, M.S. (purna tugas), dan

Prof. Dr. Ir. Sumarsono, M.S. (Almarhum) atas segala ilmu dan bimbingan selama masa kuliah.

5. Sri Bima Arya Teja, A.Md. selaku tenaga kependidikan, Ahmad Baroha, S.Pt. selaku pranata laboratorium Program Studi Agroekoteknologi, dan Iskandar, A.Md. serta seluruh staf dan pegawai di lingkungan Fakultas Peternakan dan Pertanian.
6. Kedua orang tua penulis Bapak Erwanto dan Ibu Margareta, adik-adik tercinta Al Khalifi Habsoro Saputro dan Gheadis Pritjatra Selwa, serta seluruh keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Penulis sampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang telah menjadi sumber kekuatan dan motivasi yang senantiasa mendorong penulis untuk terus berusaha hingga menyelesaikan tulisan ini.
7. Sahabat dan rekan seperjuangan yang telah mendampingi, membantu, dan menghibur penulis selama perkuliahan, penelitian, hingga penyusunan skripsi, Nugroho Fajar Arifin, Syahda Aulia Rahmah, Rahma Nabila Fauziah, Dewi Wulansari, Naila Faiquzhafira, Aliyah Alfita, Gischa Farissa, Fida Ghaisani Yusuf, dan Ammara Ratu Fadhillah. Kakak tingkat, Enrico Adip Septian, Sabrina Azalia Listuhayu, dan Raina Maulinda Putri, atas dukungan dan kebersamaan selama ini.
8. Teman-teman satu tim penelitian, Zhida Qurrotul Aini dan Tazkiya Januba Zahro', serta rekan-rekan di laboratorium, Sam Iful Aula Fajri, Riska Lutfiana Fakhira, dan teman-teman lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis ucapkan terima kasih atas kebersamaan, dukungan, dan bantuan selama penelitian, sehingga proses penelitian dapat berjalan dengan lancar.

9. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat, baik secara langsung maupun tidak langsung dalam proses perkuliahan hingga saat ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan turut berkontribusi pada kemajuan ilmu pengetahuan di bidang pertanian.

Semarang, Juni 2026

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                 | Halaman |
|-----------------------------------------------------------------|---------|
| KATA PENGANTAR.....                                             | vi      |
| DAFTAR ISI .....                                                | x       |
| DAFTAR TABEL.....                                               | xii     |
| DAFTAR ILUSTRASI.....                                           | xiii    |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                           | xiv     |
| BAB I PENDAHULUAN .....                                         | 1       |
| 1.1. Latar Belakang .....                                       | 1       |
| 1.2. Tujuan Penelitian.....                                     | 4       |
| 1.3. Manfaat Penelitian.....                                    | 4       |
| 1.4. Hipotesis.....                                             | 4       |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....                                   | 6       |
| 2.1. Tanaman Bawang Merah.....                                  | 6       |
| 2.2. Cekaman Kekeringan .....                                   | 8       |
| 2.3. Biostimulan .....                                          | 11      |
| 2.4. Ekstrak Rumput Laut Merah .....                            | 13      |
| BAB III MATERI DAN METODE .....                                 | 16      |
| 3.1. Materi Penelitian .....                                    | 16      |
| 3.2. Metode Penelitian.....                                     | 17      |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....                                | 34      |
| 4.1. Kondisi Lingkungan.....                                    | 34      |
| 4.2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam dan Uji Lanjut DMRT..... | 36      |
| 4.3. <i>Leaf Relative Water Content</i> .....                   | 37      |
| 4.4. Kerapatan Stomata .....                                    | 39      |
| 4.5. Lebar Bukaannya Stomata .....                              | 41      |

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 4.6. Kebocoran Elektrolit .....            | 43  |
| 4.7. <i>Membrane Stability Index</i> ..... | 45  |
| 4.8. Kadar Klorofil .....                  | 47  |
| 4.9. Kadar Karotenoid .....                | 49  |
| 4.10. <i>Water Use Efficiency</i> .....    | 51  |
| 4.11. Kadar Prolin .....                   | 52  |
| 4.12. Kadar Malondialdehyde .....          | 55  |
| 4.13. Tinggi Tanaman.....                  | 57  |
| 4.14. Jumlah Daun.....                     | 58  |
| 4.15. Luas Daun .....                      | 60  |
| 4.16. Bobot Segar Biomassa Tanaman.....    | 62  |
| 4.17. Bobot Kering Biomassa Tanaman.....   | 64  |
| 4.18. Rasio Akar Tajuk .....               | 66  |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....             | 69  |
| 5.1. Simpulan.....                         | 69  |
| 5.2. Saran.....                            | 69  |
| DAFTAR PUSTAKA .....                       | 70  |
| LAMPIRAN.....                              | 81  |
| RIWAYAT HIDUP .....                        | 195 |

## DAFTAR TABEL

| Nomor |                                                                                    | Halaman |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.    | Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam dan Uji Lanjut DMRT pada Seluruh Parameter ..... | 36      |
| 2.    | <i>Leaf Relative Water Content</i> Tanaman Bawang Merah .....                      | 37      |
| 3.    | Kerapatan Stomata Tanaman Bawang Merah .....                                       | 39      |
| 4.    | Lebar Bukaan Stomata Tanaman Bawang Merah .....                                    | 41      |
| 5.    | Kebocoran Elektrolit Tanaman Bawang Merah .....                                    | 43      |
| 6.    | <i>Membrane Stability Index</i> Tanaman Bawang Merah .....                         | 45      |
| 7.    | Kadar Klorofil Tanaman Bawang Merah .....                                          | 47      |
| 8.    | Kadar Karotenoid Tanaman Bawang Merah .....                                        | 49      |
| 9.    | <i>Water Use Efficiency</i> Tanaman Bawang Merah .....                             | 51      |
| 10.   | Kadar Malondialdehyde Tanaman Bawang Merah .....                                   | 55      |
| 11.   | Tinggi Tanaman Tanaman Bawang Merah.....                                           | 57      |
| 12.   | Jumlah Daun Tanaman Bawang Merah.....                                              | 59      |
| 13.   | Luas Daun Tanaman Bawang Merah .....                                               | 61      |
| 14.   | Bobot Segar Biomassa Tanaman Bawang Merah .....                                    | 62      |
| 15.   | Bobot Kering Biomassa Tanaman Bawang Merah .....                                   | 64      |
| 16.   | Rasio Akar Tajuk Tanaman Bawang Merah.....                                         | 66      |

## DAFTAR ILUSTRASI

| Nomor |                                                                                                                       | Halaman |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.    | Persiapan Media Tanam .....                                                                                           | 18      |
| 2.    | Persiapan Benih Bawang Merah .....                                                                                    | 18      |
| 3.    | Penanaman Bawang Merah .....                                                                                          | 19      |
| 4.    | Penyiraman Rutin .....                                                                                                | 19      |
| 5.    | Pemupukan .....                                                                                                       | 20      |
| 6.    | Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman .....                                                                       | 20      |
| 7.    | Pembuatan Ekstrak Rumput Laut Merah .....                                                                             | 21      |
| 8.    | Penyemprotan Ekstrak Rumput Laut Merah ke Tanaman.....                                                                | 22      |
| 9.    | Kondisi Lingkungan <i>Greenhouse</i> .....                                                                            | 34      |
| 10.   | Grafik Interaksi Kadar Prolin Perlakuan Cekaman Kekeringan dan Konsentrasi Biostimulan Ekstrak Rumput Laut Merah..... | 53      |

## DAFTAR LAMPIRAN

| Nomor |                                                                                            | Halaman |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1.    | <i>Layout</i> Percobaan .....                                                              | 81      |
| 2.    | Deskripsi Varietas.....                                                                    | 82      |
| 3.    | Perhitungan Pupuk .....                                                                    | 83      |
| 4.    | Perhitungan Konsentrasi Ekstrak Rumput Laut Merah.....                                     | 84      |
| 5.    | Uji Kandungan Unsur Hara Media Tanam.....                                                  | 85      |
| 6.    | Kandungan Unsur Hara Ekstrak Rumput Laut .....                                             | 86      |
| 7.    | Perhitungan Kadar Air.....                                                                 | 87      |
| 8.    | Suhu dan Kelembaban di <i>Greenhouse</i> BRMP Jateng .....                                 | 88      |
| 9.    | Data Intensitas Cahaya .....                                                               | 90      |
| 10.   | Dokumentasi Tanaman .....                                                                  | 91      |
| 11.   | Dokumentasi Penelitian.....                                                                | 93      |
| 12.   | Analisis Ragam Data <i>Leaf Relative Water Content</i> .....                               | 95      |
| 13.   | Analisis Ragam Data Kerapatan Stomata .....                                                | 99      |
| 14.   | Analisis Ragam Data Lebar Buka-an Stomata .....                                            | 103     |
| 15.   | Analisis Ragam Data Kebocoran Elektrolit .....                                             | 108     |
| 16.   | Analisis Ragam Data <i>Membrane Stability Index</i> .....                                  | 112     |
| 17.   | Analisis Ragam Data Kadar Klorofil .....                                                   | 116     |
| 18.   | Analisis Ragam Data Kadar Karotenoid .....                                                 | 120     |
| 19.   | Analisis Ragam Data <i>Water Use Efficiency</i> .....                                      | 124     |
| 20.   | Transformasi ke $\sqrt{\text{Data}}$ Analisis Ragam Data <i>Water Use Efficiency</i> ..... | 128     |
| 21.   | Analisis Ragam Data Kadar Prolin .....                                                     | 133     |

|     |                                                                                             |     |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 22. | Transformasi ke Log (data) Analisis Ragam Data Kadar Prolin .....                           | 137 |
| 23. | Analisis Ragam Data Malondialdehyde .....                                                   | 142 |
| 24. | Transformasi ke $\sqrt[3]{\text{Data}}$ Analisis Ragam Data Malondialdehyde .....           | 146 |
| 25. | Analisis Ragam Data Tinggi Tanaman .....                                                    | 151 |
| 26. | Analisis Ragam Data Jumlah Daun .....                                                       | 156 |
| 27. | Analisis Ragam Data Luas Daun .....                                                         | 161 |
| 28. | Transformasi ke $\sqrt{\text{Data}}$ Analisis Ragam Data Luas Daun .....                    | 165 |
| 29. | Analisis Ragam Data Bobot Segar Biomassa Tanaman .....                                      | 170 |
| 30. | Transformasi ke $\sqrt{\text{Data}}$ Analisis Ragam Data Bobot Segar Biomassa Tanaman ..... | 174 |
| 31. | Analisis Ragam Data Bobot Kering Biomassa Tanaman .....                                     | 179 |
| 32. | Transformasi ke $\sqrt{\text{Data}}$ Analisis Ragam Bobot Kering Biomassa Tanaman .....     | 183 |
| 33. | Analisis Ragam Data Rasio Akar Tajuk .....                                                  | 187 |
| 34. | Transformasi ke $\sqrt[3]{\text{Data}}$ Analisis Ragam Data Rasio Akar Tajuk .....          | 191 |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan salah satu komoditas sayur unggulan di Indonesia yang banyak dimanfaatkan sebagai bumbu penyedap makanan. Bawang merah memiliki nilai ekonomi tinggi karena menjadi sumber pendapatan petani yang berperan penting dalam konsumsi domestik, dan memiliki potensi sebagai komoditas ekspor (Fattah *et al.*, 2022). Konsumsi bawang merah di Indonesia pada tahun 2021 mengalami peningkatan sebesar 8,33% atau sebanyak 60,81 ribu ton dibanding tahun 2020 (BPS, 2022). Konsumsi domestik yang meningkat juga sejalan dengan nilai ekspor bawang merah yang juga meningkat setiap tahunnya. Nilai ekspor bawang merah pada tahun 2022 mencapai US\$ 4,18 juta dan mengalami kenaikan sebesar 181,97% menjadi US\$ 11,79 juta pada tahun 2023 dengan negara tujuan ekspor meliputi Thailand, Vietnam, Taiwan, Singapura, dan Malaysia (BPS, 2024). Produktivitas bawang merah di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 9,59 ton/ha (BPS, 2019). Produktivitas tersebut masih tergolong rendah karena dibawah potensi hasil yang bisa dicapai komoditas bawang merah yaitu 20 ton/ha (Juwanda dan Wadli, 2019).

Salah satu faktor yang menyebabkan produktivitas tanaman bawang merah belum optimal adalah lahan kering. Luas lahan kering di Indonesia mencapai sekitar 144,47 juta hektar atau 75,6% dari total luas daratan. Lahan kering ini disebabkan oleh curah hujan yang rendah, keterbatasan ketersediaan air, dan kondisi tanah yang

dangkal dan berbatu (Hikmat *et al.*, 2022). Masalah kekeringan tersebut memengaruhi pertumbuhan tanaman dan pada akhirnya dapat menyebabkan produktivitas bawang merah belum optimal. Cekaman kekeringan menyebabkan stres biologis yang ditandai dengan penutupan stomata akibat penurunan *bulk flow* dan peningkatan asam absisat bebas sehingga menghambat fotosintesis (Mudhor *et al.*, 2022). Kondisi tersebut juga memicu peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) sebagai penyebab stres oksidatif ketika terakumulasi secara berlebihan. Akumulasi ROS yang tidak terkendali dapat merusak lipid membran, protein, dan asam nukleat sehingga mengganggu fungsi sel serta menurunkan pertumbuhan tanaman (Qi *et al.*, 2018). Ketersediaan air dapat dikatakan cukup ketika berada di titik kapasitas lapang. Kapasitas lapang merupakan kadar air maksimal yang dapat disimpan oleh tanah dalam keadaan cukup lembab setelah seluruh porinya terisi air, sebelum diserap oleh akar tanaman atau menguap (Siregar *et al.*, 2017). Setiap tanaman memiliki tingkat ketahanan yang berbeda terhadap kondisi cekaman kekeringan. Menurut Mugwanya *et al.* (2023) menunjukkan bahwa tanaman bawang merah masih toleran terhadap kondisi cekaman kekeringan 40% kapasitas lapang.

Biostimulan merupakan salah satu solusi yang dapat memitigasi dampak buruk dari cekaman kekeringan. Biostimulan adalah senyawa organik dari tanaman atau mikroorganisme yang dalam jumlah tertentu mampu menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan cara meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan toleransi terhadap cekaman abiotik seperti kekeringan (Suwirman *et al.*, 2023). Bidang pertanian telah mengembangkan berbagai jenis biostimulan, contohnya

inokulan mikroba, asam humat, asam fulvat, asam amino, serta ekstrak rumput laut (Shayen *et al.*, 2022). Salah satu rumput laut yang ekstraknya dapat digunakan sebagai biostimulan adalah rumput laut merah (*Gracilaria* spp.). Ekstrak rumput laut merah mengandung senyawa bioaktif seperti karbohidrat, peptida, senyawa alifatik, fenol, flavonoid, steroid, protein, karotenoid, fitohormon, serta mineral (K, P, Fe, Zn) yang mampu meningkatkan fotosintesis serta mengaktifkan ekspresi gen metabolisme dan sistem pertahanan tanaman untuk mendukung ketahanan terhadap stres abiotik (de Castro *et al.*, 2024). Ekstrak rumput laut merah dapat diaplikasikan ke tanaman dengan cara disemprotkan (*foliar spray*). Aplikasi ekstrak rumput laut merah secara *foliar spray* dapat meningkatkan *leaf relative water content* (LRWC), klorofil-a, klorofil-b dan total klorofil sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekurangan air (Mannan *et al.*, 2023). Konsentrasi ekstrak rumput laut merah yang efektif untuk setiap tanaman berbeda-beda. Menurut Al-Zubaidy (2024) menunjukkan bahwa konsentrasi yang paling efektif dalam mendukung fisiologis tanaman bawang adalah 2%.

Penelitian mengenai cekaman kekeringan pada tanaman bawang merah telah dilaporkan. Meskipun biostimulan ekstrak rumput laut merah sudah pernah dikaji, namun efektivitas konsentrasi untuk mitigasi dampak kekeringan belum dilaporkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah terhadap tanaman bawang merah pada kondisi cekaman kekeringan.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengkaji pengaruh cekaman kekeringan terhadap fisiologis tanaman bawang merah.
2. Mengkaji pengaruh konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) terhadap fisiologis tanaman bawang merah.
3. Mengkaji pengaruh interaksi antara cekaman kekeringan dan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) terhadap fisiologis tanaman bawang merah.

## **1.3. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah memberikan informasi tentang konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) pada kondisi cekaman kekeringan terhadap fisiologis tanaman bawang merah yang optimal.

## **1.4. Hipotesis**

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Fisiologis tanaman bawang merah masih toleran pada cekaman kekeringan 40% kapasitas lapang.
2. Biostimulan ekstrak rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) dengan konsentrasi 2% memberikan respon fisiologis tanaman bawang merah terbaik.

3. Terdapat interaksi antara tingkat cekaman kekeringan dan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) terhadap fisiologis tanaman bawang merah.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanaman Bawang Merah

Bawang merah merupakan komoditas hortikultura unggulan yang memiliki nilai ekonomi dan nilai gizi. Bawang merah berperan penting sebagai bumbu masakan serta menjadi sumber pendapatan dengan permintaan yang terus meningkat dan memiliki potensi besar dalam pemasaran baik di tingkat domestik maupun ekspor (Permana *et al.*, 2021). Menurut Linnaeus, 1753 klasifikasi tanaman bawang merah adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida  
Ordo : Liliales  
Famili : Liliaceae  
Genus : *Allium*  
Species : *Allium ascalonicum* L.

Tanaman bawang merah termasuk dalam kelas Liliopsida yaitu kelompok tumbuhan monokotil atau tanaman berkeping satu. Sistem perakarannya merupakan akar serabut yang padat, dangkal, dan tersebar ke seluruh arah yang berjumlah 20 – 200 akar per tanaman dengan diameter 0,5 – 2 mm (Sari *et al.*, 2022). Bawang merah memiliki daun berbentuk silindris, berongga, dan memanjang, sedangkan batangnya sangat pendek yang merupakan batang sejati

atau disebut juga *discus* dan hampir tidak tampak (Herwanda *et al.*, 2017). Umbi bawang merah adalah umbi lapis yang terbentuk dari pangkal daun yang menebal dan bersatu membentuk lapisan sebagai hasil metamorfosis batang semu dan daun, berfungsi menyimpan cadangan makanan (Anggara *et al.*, 2023). Bunga bawang merah tersusun dalam bentuk payung (umbel) dengan 50 – 200 kuntum bunga berwarna putih. Buahnya berbentuk bulat dengan pangkal umbi membentuk cakram yang ujungnya tumpul dan membungkus biji berwarna putih saat muda dan berubah menjadi hitam saat tua yang berjumlah 2 – 3 butir (Nanda *et al.*, 2022).

Syarat tumbuh bawang merah yaitu dapat tumbuh di dataran rendah hingga dataran tinggi. Bawang merah dapat tumbuh di dataran rendah hingga ketinggian 1000 mdpl, namun pertumbuhan optimalnya terjadi pada ketinggian 0 – 450 mdpl (Lestari dan Winahyu, 2021). Suhu optimal untuk bawang merah adalah 25 – 32°C dengan pencahayaan matahari minimal 70%, dan kelembaban 50 – 70% (Bagaskara *et al.*, 2023). Bawang merah masih dapat membentuk umbi pada suhu rata-rata 22°C, namun hasilnya akan lebih baik pada suhu yang lebih hangat karena suhu dibawah 22°C dapat menghambat pembentukan umbi (Alfiani *et al.*, 2021).

Budidaya tanaman bawang merah memiliki beberapa tahapan, yaitu mulai dari persiapan bahan tanam, persiapan lahan, penanaman, pemeliharaan, panen, dan pasca panen. Terdapat berbagai varietas bawang merah yang ditanam oleh petani, yaitu Kuning Tablet, Bima Juna, Bima Curut, Bima Brebes, Bima Karet, Batu, Tuk-tuk dan Samosir (Meutia *et al.*, 2022). Varietas unggul yang sering dibudidayakan oleh petani adalah Bima Brebes. Alasan varietas Bima Brebes banyak diminati adalah karena memiliki produktivitas sekitar 10 ton/ha, umur panen 55 – 60 HST,

ketahanan ditanam di musim hujan, ukuran umbi sedang hingga besar, warna umbi merah muda sampai tua, serta daya tarik di pasar (Cokrosudibyo *et al.*, 2023). Kebutuhan air tanaman bawang merah merupakan faktor penting dalam budidaya tanaman. Kebutuhan air bawang merah pada musim kering berkisar antara 2169,7 – 2549,3 m<sup>3</sup>/ha atau setara dengan 3,62 – 4,25 mm/hari, tergantung varietas yang ditanam (Aryani *et al.*, 2024). Tanaman bawang merah sendiri cukup sensitif terhadap kekurangan air. Bawang merah sensitif terhadap kekeringan karena perakarannya dangkal, sehingga cepat merespons kekurangan air dan berisiko gagal panen hingga 50% (Pusparani *et al.*, 2025).

## **2.2. Cekaman Kekeringan**

Air merupakan substansi penting bagi tanaman. Air berfungsi sebagai salah satu komponen utama fotosintesis, pengatur stabilitas suhu, dan menciptakan kelembaban tanah yang mendukung hampir seluruh proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Nalendra dan Mujiono, 2020). Kekurangan air dapat memicu cekaman kekeringan yang terjadi akibat keterbatasan ketersediaan air di sekitar perakaran atau tingginya kebutuhan air oleh daun ketika laju transpirasi melebihi kemampuan akar menyerap air (Dewi *et al.*, 2019). Cekaman ini dapat terjadi akibat musim kemarau berkepanjangan, perubahan iklim, atau kondisi tanah marginal. Kekeringan dapat disebabkan oleh faktor alami seperti curah hujan yang rendah, berkurangnya pasokan air permukaan maupun air tanah, serta rendahnya kelembaban tanah, maupun oleh intervensi manusia seperti kerusakan daerah resapan dan pola pemanfaatan air yang tidak sesuai (Sayaka *et al.*, 2022). Cekaman

kekeringan dapat berpengaruh secara langsung pada penurunan turgor tanaman, serta dapat berpengaruh secara tidak langsung terhadap proses fisiologis tanaman seperti proses fotosintesis, metabolisme nitrogen, absorpsi hara, dan translokasi fotosintat (Suryaningrum *et al.*, 2016).

Cekaman kekeringan menurunkan ketersediaan air di dalam tanah sehingga menghambat penyerapan air oleh akar dan menyebabkan penurunan tekanan turgor sel. Kondisi tersebut memicu akumulasi asam absisat (ABA) sebagai sinyal utama respons tanaman terhadap defisit air (Mudhor *et al.*, 2022). ABA kemudian mengaktifkan jalur pensinyalan yang melibatkan produksi *reactive oxygen species* (ROS) pada sel penjaga, sehingga memicu penutupan stomata untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi (Qi *et al.*, 2018). Penutupan stomata membatasi masuknya CO<sub>2</sub> ke dalam jaringan daun sehingga menurunkan laju fiksasi karbon dan fotosintesis. Kondisi ini menyebabkan terjadinya reduksi berlebih pada rantai transpor elektron fotosintesis yang mendorong pembentukan ROS seperti superoksida (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) dan hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Akumulasi ROS yang berlebihan mengakibatkan stres oksidatif dan kerusakan komponen sel, termasuk peroksidasi lipid membran yang ditandai dengan meningkatnya kadar malondialdehyde (MDA) (Khamis *et al.*, 2025). Sebagai mekanisme pertahanan, tanaman mengaktifkan sistem antioksidan dan mengakumulasi senyawa osmoregulator seperti prolin untuk mempertahankan keseimbangan osmotik, menstabilkan membran sel, serta membantu mengurangi dampak negatif ROS (Mohamed *et al.*, 2025).

Tanaman dapat dikatakan memiliki ketersediaan air yang cukup apabila berada diantara kapasitas lapang hingga titik layu yang masih dapat dimanfaatkan

oleh tanaman. Titik layu dibedakan menjadi dua yaitu titik layu sementara dan titik layu permanen. Titik layu sementara terjadi ketika kandungan air tanah sangat rendah sehingga akar tanaman tidak mampu menyerap air yang cukup yang dapat menyebabkan kelayuan yang masih dapat pulih. Titik layu permanen adalah kondisi dimana kadar air tanah berada di bawah kebutuhan minimum tanaman untuk mempertahankan aktivitas fisiologis dan tekanan turgor sel yang mengakibatkan kelayuan yang tidak dapat pulih (Hariyanti *et al.*, 2019). Kapasitas lapang dapat digunakan sebagai modifikasi cekaman kekeringan ke tanaman. Kapasitas lapang merupakan kadar air maksimal yang dapat disimpan oleh tanah dalam keadaan cukup lembab setelah seluruh porinya terisi air sebelum diserap oleh akar tanaman atau menguap (Siregar *et al.*, 2017).

Bawang merah yang mengalami cekaman kekeringan akan berpengaruh terhadap fisiologi dan pertumbuhan. Menurut Mugwanya *et al.* (2023) cekaman kekeringan taraf 40% Kapasitas Lapang (KL) masih dapat ditoleransi tanaman bawang merah dengan meningkatkan *Irrigation Water Use Efficiency* (IWUE) hingga 73,30% dibanding taraf 70% dan 100% KL. Menurut Angelaki dan Golia (2024) taraf 40% KL masih dapat ditoleransi oleh tanaman bawang merah meskipun menghasilkan pertumbuhan dan biomassa paling minimum yaitu dengan rata-rata bobot biomassa berkisar antara 7,54 g hingga 7,92 g per tanaman. Menurut penelitian oleh Lestari dan Siswanti (2024) perlakuan cekaman kekeringan 50% KL masih dapat ditoleransi oleh tanaman bawang merah dengan penurunan diameter umbi dibandingkan 75% KL. Menurut Purbajanti *et al.* (2025) cekaman kekeringan 50% KL masih dapat ditoleransi oleh tanaman bawang merah dengan penurunan

tinggi tanaman, jumlah daun, bobot biomassa, bobot umbi, RLWC (66,8%), serta WUE (2342,4 mL g<sup>-1</sup> tanaman) dibandingkan kondisi 75% KL. Menurut penelitian oleh Ginting *et al.* (2024) bawang merah masih toleran terhadap cekaman kekeringan 60% kapasitas lapang melalui parameter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah anakan, serta bobot basah dan kering tajuk maupun akar. Menurut penelitian oleh Ghodke *et al.* (2020) tanaman bawang merah masih toleran terhadap cekaman kekeringan pada tingkat 60% kapasitas lapang dengan mempertahankan *leaf relative water content* serta peningkatan kandungan prolin sebagai mekanisme adaptasi terhadap stres kekeringan. Menurut penelitian oleh Singh *et al.* (2024) kapasitas lapang 80% merupakan tingkat kelembaban tanah yang ideal dalam strategi irigasi defisit tanaman bawang merah ditandai dengan fungsi fisiologis masih berjalan normal seperti *leaf relative water content* dan kadar klorofil yang tidak jauh berbeda dibandingkan perlakuan 100% kapasitas lapang.

### **2.3. Biostimulan**

Biostimulan secara umum merupakan senyawa organik alami maupun sintetik yang berasal dari tanaman, mikroorganisme, atau ekstrak alami. Senyawa tersebut berfungsi meningkatkan pertumbuhan serta toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik (Noli dan Idris, 2023). Berbeda dengan pupuk yang menyediakan unsur hara, biostimulan mengandung senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif yang terkandung dalam biostimulan seperti fitohormon (auksin, sitokinin, giberelin), vitamin, asam amino, serta metabolit lain yang berperan dalam meningkatkan

pertumbuhan tanaman dan toleransi terhadap cekaman abiotik tanpa memberikan tambahan unsur hara secara langsung (Hindersah *et al.*, 2025).

Biostimulan dapat diberikan ke tanaman dengan cara disemprotkan ke tajuk tanaman yang memiliki beberapa mekanisme kerja. Aplikasi biostimulan dapat meningkatkan penyerapan nutrisi dan efisiensi fotosintesis melalui peningkatan kandungan klorofil, perbaikan laju fotosintesis dan konduktansi stomata (Raza *et al.*, 2022). Mekanisme biostimulan yang lain adalah berperan dalam aktivitas enzim. Biostimulan berperan dengan mengaktifkan enzim antioksidan utama seperti superoksida dismutase (SOD), katalase (CAT), dan askorbat peroksidase (APX). Enzim tersebut berfungsi menetralkan *reactive oxygen species* (ROS), sehingga mampu menekan akumulasi  $H_2O_2$  dan malondialdehida (MDA), menjaga stabilitas membran sel, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap berbagai cekaman abiotik (Pyae *et al.*, 2025). Bidang pertanian telah mengembangkan berbagai jenis biostimulan. Contoh biostimulan yang dapat digunakan antara lain inokulan mikroba, asam humat, asam fulvat, asam amino, serta ekstrak rumput laut (Shayen *et al.*, 2022). Salah satu biostimulan yang berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut adalah ekstrak rumput laut, termasuk di antaranya rumput laut merah. Pemanfaatan biostimulan ekstrak rumput laut sangat prospektif karena Indonesia merupakan negara kepulauan dengan wilayah pesisir yang luas dan kaya akan keanekaragaman jenis rumput laut (Yourga *et al.*, 2024).

## 2.4. Ekstrak Rumput Laut Merah

Rumput laut adalah makroalga berukuran besar dengan struktur tubuh berupa talus. Rumput laut hidup menempel pada substrat di perairan pantai agar tidak hanyut, berperan dalam ekosistem, penjaga keseimbangan laut, dan memiliki nilai ekonomi untuk industri pangan dan non-pangan (Tarigan, 2020). Rumput laut berpotensi tinggi untuk dimanfaatkan sebagai biostimulan karena mengandung senyawa bioaktif. Salah satu jenis rumput laut yang dapat dimanfaatkan sebagai biostimulan adalah rumput laut merah (*Rhodophyta*) (van der Weide *et al.*, 2022). Berbeda dengan rumput laut hijau (*Chlorophyta*) yang kaya akan ulvan serta rumput laut cokelat (*Phaeophyceae*) yang banyak mengandung alginat dan fucoidan, rumput laut merah (*Rhodophyta*) dicirikan oleh kandungan polisakarida tersulfatasi seperti karagenan dan agar yang diketahui memiliki aktivitas antioksidan serta berpotensi meningkatkan respons pertahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan (El-Beltagi *et al.*, 2022). Ekstrak rumput laut merah juga mengandung berbagai senyawa bioaktif lain seperti alkaloid, flavonoid, triterpenoid, dan saponin, serta kaya akan vitamin (A, B kompleks, C, K) dan mineral penting seperti Ca, Na, K, Fe, dan iodium (Syafitri *et al.*, 2022).

Ekstrak rumput laut merah sebagai biostimulan dapat diaplikasikan ke tanaman dengan cara disemprotkan (*foliar spray*) ke tajuk tanaman. Ekstrak rumput laut yang disemprotkan ke bagian atas tanaman dapat diserap oleh tanaman melalui stomata dan kutikula hidrofilik (Melo *et al.*, 2020). Aplikasi ekstrak rumput laut merah dapat meningkatkan ketahanan terhadap cekaman kekeringan melalui beberapa mekanisme, salah satunya efisiensi fotosintesis. Aplikasi ekstrak rumput

laut merah dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis melalui peningkatan kadar klorofil daun yang membantu meringankan efek negatif dari kondisi kekeringan (Mannan *et al.*, 2023). Aplikasi ekstrak rumput laut merah juga berperan dalam aktivitas enzim. Aplikasinya secara *foliar* terbukti menurunkan akumulasi *reactive oxygen species* (ROS) seperti  $H_2O_2$  dan  $O_2^-$ , melalui aktivasi enzim antioksidan yaitu katalase (CAT), askorbat peroksidase (APX), superoksida dismutase (SOD), peroksidase (POD), dan glutathione reductase (GR) serta membantu menstabilkan suhu daun dan menjaga pembukaan stomata saat tanaman mengalami stres (Banakar *et al.*, 2022).

Ekstrak rumput laut merah dapat dimanfaatkan sebagai biostimulan untuk mengatasi efek buruk dari cekaman kekeringan. Menurut penelitian oleh Mannan *et al.* (2023) pemberian ekstrak rumput laut merah secara *foliar* dengan konsentrasi 10% dapat meningkatkan ketahanan terhadap cekaman kekeringan 40% Kapasitas Lapang melalui peningkatan *Leaf Relative Water Content* (LRWC) sebesar 12,36%, penurunan defisit kejenuhan air sebesar 17,85%, dan peningkatan kandungan total klorofil sebesar 34,12%. Biostimulan ekstrak rumput laut berpengaruh terhadap fisiologis dan pertumbuhan tanaman bawang merah. Menurut penelitian oleh Abbas *et al.* (2020) aplikasi ekstrak rumput laut dengan konsentrasi 0,5% - 3% dapat meningkatkan tinggi tanaman, panjang daun, bobot dan diameter umbi, kandungan nutrisi, total padatan terlarut, serta kadar asam askorbat pada berbagai kultivar bawang merah. Menurut penelitian oleh Al-Zubaidy (2024) aplikasi *foliar* ekstrak rumput laut pada konsentrasi 2% ( $2\text{ ml L}^{-1}$ ) memberikan peningkatan terbaik terhadap pertumbuhan vegetatif dan hasil umbi tanaman bawang. Aplikasi *foliar*

ekstrak rumput laut merah juga dapat meningkatkan kandungan klorofil dan karotenoid. Menurut penelitian oleh Nunes *et al.* (2025) aplikasi *foliar* ekstrak rumput laut merah dengan konsentrasi 5% dapat meningkatkan kandungan klorofil total hingga 1,39 mg/g, dan karotenoid total hingga 0,1787 mg/g.

## BAB III

### MATERI DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 – Maret 2026 di *Greenhouse* Balai Penerapan Modernisasi Pertanian (BRMP) Jawa Tengah yang berlokasi pada koordinat -7.139263,110.416320. Analisis sampel dilanjutkan di Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Program Studi Agroekoteknologi, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

#### 3.1. Materi Penelitian

Bahan yang digunakan yaitu benih Bawang Merah varietas Bima Brebes (Lampiran 2.), rumput laut merah yaitu *Gracilaria* spp., air, *polybag* 35 x 35 cm, media tanam campuran tanah : sekam, pupuk Urea, SP-36, KCl, fungisida bahan aktif yang berbeda (karbendazim, prokloraz, tebukonazol, mankozeb, propineb, dan klorotanol), insektisida bahan aktif furadan dan imidakloprid, akuades, cat kuku bening, tisu, selotip bening, aseton 80%, buffer PBS 100 mM (pH 7,8), tube 1,5 ml, asam sulfosalisilat 3%, asam asetat, asam ninhydrin 2,5%, TBA 0,25%, TCA 10%, dan NaOH 1 M. Alat yang digunakan yaitu, sekop, gelas ukur, grinder, botol lab, saringan kain, *plant tag*, *hand sprayer*, meteran, timbangan analitik, oven, *ImageJ*, tabung gelap, kaca preparat, mikroskop, tabung reaksi, *orbital shaker*, autoklaf, EC meter, mortar, alu, spektrofotometer, *cooling centrifuge*, mikropipet, alat tulis, dan *handphone*.

### 3.2. Metode Penelitian

**Rancangan Percobaan.** Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial  $2 \times 4$  dengan 4 ulangan yang disusun dalam pola Petak Terbagi (*Split Plot Design*). Terdapat 8 kombinasi perlakuan dengan total 32 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri atas 3 *polybag* dengan 2 tanaman per *polybag*, sehingga terdapat 192 populasi tanaman bawang merah.

Petak Utama yaitu tingkat cekaman kekeringan, yang terdiri atas 2 taraf:

K0 : 80% Kapasitas Lapang (Kontrol)

K1 : 40% Kapasitas Lapang

Anak petak yaitu konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut, yang terdiri atas 4 taraf:

B0 : 0%

B1 : 1%

B2 : 2%

B3 : 3%

**Prosedur Penelitian.** Prosedur yang dilaksanakan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan meliputi persiapan media tanam, penanaman, pemeliharaan, pembuatan dan aplikasi ekstrak rumput laut, aplikasi cekaman kekeringan, pengamatan parameter, dan analisis data.

**Persiapan Media Tanam.** Persiapan media tanam dilakukan dengan mencampurkan tanah dan arang sekam dengan perbandingan volume 2 : 1 hingga homogen. Media tanam disterilisasi menggunakan  $H_2O_2$  dan fungisida bahan aktif Mankozeb. Media tanam kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 35 x

35 cm dengan bobot media tanam sebesar 6 kg per *polybag* (Ilustrasi 1). Total media tanam yang disiapkan adalah sebanyak 96 *polybag*.



Ilustrasi 1. Persiapan Media Tanam

**Persiapan Benih.** Persiapan benih dilakukan dengan menyiapkan benih bawang merah varietas Bima Brebes. Benih kemudian dipotong pada bagian ujungnya sebesar  $\frac{1}{3}$  bagian. Benih direndam dengan fungisida bahan aktif Karbendazim 0,8 g/kg benih selama 10 menit (Ilustrasi 2.).



Ilustrasi 2. Persiapan Benih Bawang Merah

**Penanaman.** Penanaman dilakukan pada pagi hari antara pukul 06.00 - 08.00 WIB. Bibit yang digunakan adalah umbi bawang merah dengan ukuran seragam sekitar 5 g yang sehat. Umbi ditanam pada *polybag* yang telah disiapkan dengan dua lubang tanam sedalam 3-5 cm, setiap lubang diisi dengan satu umbi (Ilustrasi 3.). Setiap lubang tanam diberi insektisida bahan aktif karbofuran 0,06 g/tanaman.



Ilustrasi 3. Penanaman Bawang Merah

**Pemeliharaan.** Pemeliharaan dilakukan dengan penyiraman rutin, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit.

**Penyiraman.** Penyiraman dilakukan secara rutin setiap hari pada pagi hari untuk menjaga ketersediaan air bagi tanaman. Penyiraman diatur menyesuaikan dengan taraf kapasitas lapang (KL) yang telah ditentukan yaitu 40% KL dan 80% KL (Ilustrasi 4).



Ilustrasi 4. Penyiraman Rutin

**Pemupukan.** Pemupukan diberikan sesuai rekomendasi yaitu Urea 150 kg/ha, SP-36 185 kg/ha, dan KCl 100 kg/ha (Solagracya dan Hanum, 2025) dengan dosis masing-masing sebesar Urea 0,45 g/tanaman, SP-36 0,56 g/tanaman, dan KCl 0,30 g/tanaman (Lampiran 3.). Pupuk SP-36 diberikan satu kali seminggu sebelum tanam, sedangkan pupuk Urea dan KCl diberikan dua kali pada umur 15 dan 30 HST dengan dosis masing-masing setengah dari dosis yang telah ditetapkan (Ilustrasi 5.)



Ilustrasi 5. Pemupukan

**Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).** Pengendalian OPT dilakukan ketika muncul tanda dan gejala serangan (Ilustrasi 6). Pengendalian hama dilakukan dengan penyemprotan insektisida bahan aktif Imidakloprid apabila ditemukan adanya gejala serangan hama pada tanaman. Pengendalian penyakit dilakukan melalui penyemprotan fungisida seminggu sekali dengan rotasi bahan aktif yang berbeda. Pengendalian gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma menggunakan tangan (penyiangan).



Ilustrasi 6. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman

**Pembuatan Ekstrak Rumput Laut Merah.** Rumput laut merah (*Gracilaria* spp.) diekstrak dengan metode ekstraksi berbasis pemanasan (*heat-assisted extraction*) dalam bentuk ekstrak cair (Mannan *et al.*, 2023). Tahapan ekstraksi adalah sebagai berikut (Ilustrasi 7.):

### 1. Persiapan Sampel

Rumput laut merah segar dibersihkan menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari.

### 2. Penghalusan

Rumput laut kering digiling menggunakan *grinder stainless steel* hingga menjadi serbuk. Serbuk tersebut langsung digunakan untuk proses ekstraksi.

### 3. Proses Ekstraksi

Sebanyak 50 g serbuk rumput laut dimasukkan ke dalam 1 L akuades. Campuran dipanaskan pada suhu 60°C selama 45 menit dengan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* agar homogen.

### 4. Penyaringan

Larutan hasil ekstraksi disaring menggunakan kain muslin untuk memisahkan padatan dari filtrat.

### 5. Penyimpanan

Filtrat dimasukkan ke dalam botol kaca bersih yang dilapisi aluminium foil, diberi label dan disimpan dalam lemari pendingin pada suhu  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  sebagai stok ekstrak rumput laut merah.



Ilustrasi 7. Pembuatan Ekstrak Rumput Laut Merah

**Aplikasi Ekstrak Rumput Laut.** Ekstrak rumput laut merah dengan konsentrasi 0% (B0), 1% (B1), 2% (B2), dan 3% (B3) (Lampiran 4.) diaplikasikan dengan cara disemprotkan menggunakan *hand sprayer* pada bagian tajuk tanaman hingga seluruh permukaan tajuk basah (Ilustrasi 8.). Dosis yang diberikan sebanyak 50 ml/tanaman dan aplikasi dilakukan tujuh kali, yaitu pada 7 HST (5 ml/tanaman), 14 HST (5 ml/tanaman), 21 HST (5 ml/tanaman), 28 HST (5 ml/tanaman), 35 HST (10 ml/tanaman), 42 HST (10 ml/tanaman), dan 49 HST (10 ml/tanaman).



Ilustrasi 8. Penyemprotan Ekstrak Rumput Laut Merah ke Tanaman

**Aplikasi cekaman kekeringan.** Cekaman kekeringan didasarkan pada kapasitas lapang 80% dan 40%. Kadar air tanah pada kondisi kapasitas lapang diukur dengan menggunakan metode gravimetri (Haridjaja *et al.*, 2013) (Ilustrasi 9.). Aplikasi cekaman kekeringan dilakukan setiap hari (1 kali sehari) dimulai pada saat setelah penanaman. Tanah dengan kadar air 100% dari kapasitas lapang dilakukan dengan cara:

- a. Media tanam yang terdiri atas tanah dan arang sekam disiapkan. Air ditambahkan hingga mencapai titik jenuh, kemudian dibiarkan sampai kondisi kapasitas lapang (air tidak menetes lagi).

- b. Sampel media tanam diambil dan ditimbang berat basah (B), lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C selama 24 jam untuk mendapatkan berat kering (A). Pengukuran kapasitas lapang dapat dilihat pada Ilustrasi 9.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Ilustrasi 9. Pengukuran Kadar Air Kapasitas Lapang: (a) persiapan media tanam; (b) penyiraman air hingga titik jenuh; (c) penimbangan sampel berat basah; (d) pengeringan sampel dalam oven; (e) penimbangan sampel berat kering.

- c. Jumlah air dan kadar air pada kondisi kapasitas lapang 100% dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{KA Kapasitas Lapang (\%)} = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

Keterangan :

A : Bobot sampel setelah di oven (g)

B : Bobot sampel setelah diberi air sampai kapasitas lapang (g)

- d. Kadar air 80% dan 40% pada kapasitas lapang ditentukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KA\ 80\% KL = 80\% \times KA\ KL\ 100\%$$

$$KA\ 40\% KL = 40\% \times KA\ KL\ 100\%$$

- e. Kadar air campuran tanah dan arang sekam (X) dihitung dengan cara sampel dioven pada suhu 105 °C selama 24 jam. Setelah 24 jam, sampel ditimbang (Y), kemudian perhitungan kadar air dilakukan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KA\ Tanah\ (\%) = \frac{X-Y}{Y} \times 100\%$$

- f. Volume air yang ditambahkan hingga mencapai 80% dan 40% kapasitas lapang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Air (ml)} = (KA\ 80\%,\ 40\% KL - KA\ tanah) \times \text{berat contoh tanah kering oven}$$

**Pengamatan.** Pengamatan dilakukan mulai tanaman berumur 7 HST, meliputi parameter fisiologi dan parameter pertumbuhan tanaman bawang merah (Ilustrasi 10).



(a)



(b)

Ilustrasi 10. Pengamatan Parameter: (a) pengamatan parameter fisiologi; (b) pengamatan parameter pertumbuhan.

**Parameter Pengamatan.** Pengamatan pada parameter dilakukan untuk mengevaluasi tanaman bawang merah terhadap konsentrasi ekstrak rumput laut merah pada kondisi cekaman kekeringan yang mencakup:

## A. Parameter Fisiologi

### 1. *Leaf Relative Water Content* (RWC)

Pengukuran parameter ini dilakukan saat tanaman berumur 28 HST. Pengukuran dilakukan dengan metode penimbangan dan pengeringan. Massa segar daun sampel ditimbang (FW). Daun direndam dalam akuades dalam tabung gelap selama 24 jam. Daun yang direndam dikeluarkan dari tabung gelap dan air permukaan dibersihkan menggunakan tissue dan ditimbang (TW). Sampel dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C selama 48 jam lalu ditimbang (DW) (Patanè *et al.*, 2022). Kandungan air relatif daun dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{RWC (\%)} = \frac{\text{FW}-\text{DW}}{\text{TW}-\text{DW}} \times 100$$

### 2. Kerapatan Stomata (mm<sup>2</sup>)

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 28 HST dengan cara bagian epidermis bawah sebelah kiri sepanjang 3 cm diolesi cat kuku bening. Setelah kering, potongan selotip bening ditempelkan hingga tidak terdapat gelembung udara dan kemudian dikelupaskan secara perlahan. Cetakan stomata yang diperoleh diletakkan pada kaca preparat dan diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x. Menurut Setiawati dan Syamsi (2019) kerapatan stomata dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Kerapatan Stomata} = \frac{\text{Jumlah Stomata}}{\text{Luas Bidang Pandang}}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned} \text{Luas bidang pandang perbesaran 400x} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3.14 \times (0.5)^2 = 0.19625 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

### 3. Lebar Bukaan Stomata ( $\mu\text{m}$ )

Pengamatan dilakukan pada saat tanaman berumur 28 HST. Sampel daun diambil dari bagian epidermis bawah sepanjang 3 cm, kemudian dibuat preparat dengan metode cetakan menggunakan cat kuku bening yang telah dikeringkan dan dilepaskan dengan selotip bening. Preparat yang diperoleh ditempatkan pada kaca objek dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran  $400\times$  lalu didokumentasikan. Dokumentasi hasil pengamatan selanjutnya dianalisis menggunakan *software Image Raster* untuk pengukuran lebar bukaan stomata.

### 4. Kebocoran Elektrolit dan *Membrane Stability Index* (%)

Pengukuran dilakukan saat tanaman berumur 28 HST. Daun ditimbang sebanyak 0,25 g kemudian dipotong menjadi lima bagian. Potongan daun dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan direndam dalam 20 ml akuades selama 10 menit. Seluruh akuades dibuang, lalu 15 ml akuades baru ditambahkan. Tabung reaksi diguncang menggunakan *orbital shaker* dengan kecepatan 120 rpm selama 90 menit. Konduktivitas larutan diukur sebagai nilai awal (C1). Selanjutnya, tabung reaksi dipanaskan di dalam autoklaf pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  selama 30 menit. Setelah sampel mencapai suhu ruang, konduktivitas larutan diukur kembali sebagai nilai akhir (C2). Menurut Hassani dan Karimi (2016) persentase kebocoran elektrolit dan *membrane stability index* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

#### a. Kebocoran Elektrolit (%)

$$\text{Kebocoran Elektrolit (\%)} = \frac{C1}{C2} \times 100\%$$

b. *Membrane Stability Index (%)*

$$\text{MSI (\%)} = 1 - \frac{C_1}{C_2} \times 100\%$$

5. Kadar Klorofil dan Karotenoid (mg/g)

Pengamatan kadar klorofil dan karotenoid dilakukan pada umur 21 HST. Sampel diambil dengan cara daun bawang merah seberat 0,25 gram ditimbang. Daun yang digunakan dipilih dengan kriteria tertentu, yaitu merupakan daun terluar, tidak tertutup oleh daun lain, dan berada pada fase menjelang dewasa. Daun yang telah diambil ditumbuk menggunakan mortar dan dilarutkan dalam 25 ml aseton 80%. Larutan tersebut kemudian disaring menggunakan kertas saring, lalu dimasukkan ke dalam kuvet untuk selanjutnya dianalisis menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm untuk menghitung kadar klorofil, serta pada panjang gelombang 480 nm, 645 nm, dan 663 nm untuk menghitung kadar karotenoid. Menurut Arnon (1949) kadar klorofil dan kadar karotenoid dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

a. Kadar Klorofil

$$\text{Klorofil a (mg/g)} = [12,7 \times A_{663} - 2,69 \times A_{645}] \times (V/1000) \times (1/W)$$

$$\text{Klorofil b (mg/g)} = [22,9 \times A_{645} - 4,68 \times A_{663}] \times (V/1000) \times (1/W)$$

$$\text{Klorofil Total (mg/g)} = [20,2 \times A_{645} - 8,02 \times A_{663}] \times (V/1000) \times (1/W)$$

Keterangan :

V = Volume dari ekstrak (ml)

W = Berat segar sampel (g)

b. Kadar Karotenoid

$$\text{Kadar Karotenoid} = \frac{(A_{480} + 0,114 \times A_{663} - 0,630 \times A_{645}) \times V \times 103}{112,5 \times W}$$

$$1 \mu\text{mol/L} = 27,25 \text{ mg/L}$$

Keterangan :

A<sub>480</sub> = absorbansi pada panjang gelombang 480 nm

A<sub>645</sub> = absorbansi pada panjang gelombang 645 nm

A<sub>663</sub> = absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

V = volume ekstrak (mL)

W = berat sampel (g)

6. *Water Use Efficiency* (kg/m<sup>3</sup>)

Pengukuran parameter *Water Use Efficiency* dilakukan pada akhir penelitian.

Menurut Chávez *et al.* (2020) WUE dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{WUE (kg/m}^3\text{)} = \frac{\text{Total Biomassa Kering Tanaman (Kg)}}{\text{Volume air yang diberikan (m}^3\text{)}}$$

7. Kadar Prolin (μg/mg protein)

Pengukuran kandungan prolin dilakukan pada saat 35 HST dengan mengikuti protokol Chen dan Zhang (2016). Analisis dimulai dengan ekstraksi protein menggunakan 0,2 g jaringan daun segar yang digerus menggunakan mortar dan alu dalam nitrogen cair hingga menjadi bubuk halus. Sampel daun yang sudah halus kemudian dihomogenkan dengan 3 ml buffer PBS 100 mM (pH 7,8). Sampel yang sudah homogen lalu dimasukkan ke dalam *tube* 1,5 ml dan disentrifugasi pada kecepatan 10.000 x g selama 20 menit pada suhu 4°C. Supernatan yang dihasilkan diambil sebagai ekstrak protein dan disimpan pada

suhu  $-21^{\circ}\text{C}$  untuk analisis lebih lanjut. Analisis kadar prolin dilanjutkan dengan menambahkan 50  $\mu\text{l}$  ekstrak ke dalam 1 ml larutan reaksi yang terdiri dari asam sulfosalisilat 3%, asam asetat, dan asam ninhydrin 2,5%. Campuran reaksi tersebut direbus dalam air mendidih selama 15 menit hingga berubah warna menjadi merah, lalu didinginkan di atas es selama 5 menit. Nilai absorbansi sampel kemudian diukur pada panjang gelombang 520 nm menggunakan spektrofotometer. Penentuan kadar prolin dilakukan dengan membandingkan nilai absorbansi sampel terhadap kurva standar L-proline. Berdasarkan persamaan linear dari kurva standar, yakni:

$$y = 0,0379x - 0,0202$$

Keterangan :

y = nilai absorbansi sampel pada panjang gelombang 520 nm

x = berat prolin ( $\mu\text{g}$ )

Setelah nilai x ditemukan, hasil tersebut dinormalisasi terhadap kandungan protein dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Prolin} = \frac{x \text{ (berat prolin)}}{\text{Konsentrasi protein} \times \text{volume ekstrak yang digunakan (ml)}}$$

#### 8. Kadar Malondialdehyde (nmol/mg protein)

Pengukuran kandungan Malondialdehyde (MDA) dilakukan pada saat 35 HST dengan mengikuti protokol Chen dan Zhang (2016). Analisis kadar MDA dilakukan dengan menambahkan 100  $\mu\text{l}$  ekstrak protein ke dalam 1 ml larutan reaksi TBA 0,25% (yang dilarutkan dalam TCA 10%). Campuran reaksi tersebut direbus dalam air mendidih selama 15 menit hingga berubah warna menjadi merah, lalu didinginkan di atas es selama 5 menit. Nilai absorbansi

sampel kemudian diukur pada panjang gelombang 532 nm dan 600 nm menggunakan spektrofotometer. Penentuan kadar MDA dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{MDA} = \frac{A_{532} - A_{600} \times V_r \times (V/V_t)/155 \times 1000}{C_p}$$

Keterangan:

A<sub>532</sub> : Nilai absorbansi pada panjang gelombang 532 nm

A<sub>600</sub> : Nilai absorbansi pada panjang gelombang 600 nm

V<sub>r</sub> : Volume total campuran reaksi

V : Volume total larutan enzim kasar

V<sub>t</sub> : Volume enzim kasar yang digunakan dalam pengujian.

C<sub>p</sub> : Konsentrasi protein kasar (mg/ml).

155 : Koefisien ekstingsi MDA-TBA pada 532 nm (mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>)

## **B. Parameter Pertumbuhan**

### **1. Tinggi Tanaman (cm)**

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang sampai batas teratas pertumbuhan tanaman yaitu ujung daun paling tinggi. Pengukuran dilakukan menggunakan penggaris setiap minggu mulai umur 7 HST.

### **2. Jumlah Daun (Helai)**

Diukur dalam satuan helai, dihitung setiap minggu hingga panen.

### **3. Luas Daun (cm<sup>2</sup>)**

Luas daun diukur pada umur 49 HST dengan cara seluruh daun yang tumbuh di bagian atas setiap tanaman diambil dan selanjutnya diukur menggunakan

aplikasi *ImageJ*, yaitu aplikasi berbasis android yang digunakan untuk menghitung luas daun melalui pengolahan citra digital.

4. Bobot Segar Biomassa Tanaman (g)

Bobot segar biomassa tanaman bawang merah diukur pada saat tanaman berumur 49 HST dengan cara seluruh bagian tanaman ditimbang.

5. Bobot Kering Biomassa Tanaman (g)

Pengukuran bobot kering biomassa tanaman bawang merah dilakukan pada saat tanaman berumur 49 HST. Tanaman dikeringkan menggunakan oven dan ditimbang sehingga diperoleh bobot kering.

6. Rasio Akar Tajuk

Pengukuran rasio akar tajuk tanaman bawang merah dilakukan saat tanaman berumur 49 HST. Bagian akar dan tajuk dipisahkan, dikeringkan menggunakan oven lalu ditimbang untuk mendapatkan berat keringnya. Rasio akar tajuk dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rasio Akar Tajuk} = \frac{\text{Berat Kering Akar}}{\text{Berat Kering Tajuk}}$$

### Analisis Data

Model linier yang diterapkan pada *Split-Plot* dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + K_i + \gamma_{ik} + B_j + (KB)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = Nilai pengamatan faktor perlakuan cekaman kekeringan ke-i dan faktor perlakuan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah ke-j dan ulangan ke-k terhadap fisiologis tanaman bawang merah

$\mu$  = Nilai rata-rata umum

- $K_i$  = Pengaruh faktor perlakuan cekaman kekeringan pada taraf ke-i (1,2)
- $\gamma_{ik}$  = Pengaruh acak dari petak utama, yang muncul pada taraf ke-i dari faktor cekaman kekeringan dalam ulangan ke-k.
- $B_j$  = Pengaruh faktor konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah pada taraf ke-j (1,2,3,4)
- $(KB)_{ij}$  = Pengaruh interaksi antara faktor perlakuan cekaman kekeringan ke-i dan faktor perlakuan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah ke-j
- $\epsilon_{ijk}$  = Galat sampling/pengaruh perlakuan cekaman kekeringan ke-I (1,2) dan perlakuan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah ke-J (1,2,3,4)

### Hipotesis statistika

Hipotesis statistik yang diuji dalam penelitian :

#### 1. Pengaruh utama faktor perlakuan cekaman kekeringan

$H_0: K_0 = K_1 = 0$  (Tidak ada pengaruh cekaman kekeringan terhadap fisiologis tanaman bawang merah).

$H_1$ : Minimal ada satu  $K \neq 0$  ( $i = 1,2$ ) (Terdapat pengaruh cekaman kekeringan terhadap fisiologis tanaman bawang merah).

#### 2. Pengaruh utama faktor perlakuan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah

$H_0: B_0 = B_1 = B_2 = B_3 = 0$  (Tidak ada pengaruh konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah terhadap fisiologis tanaman bawang merah).

H1: Minimal ada satu  $B_j \neq 0$  ( $I = 1,2,3,4$ ) (Terdapat pengaruh konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah terhadap fisiologis tanaman bawang merah).

### **3. Pengaruh interaksi antara cekaman kekeringan dan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah**

H0:  $(KB)_{ij} = 0$  (Tidak ada pengaruh interaksi antara faktor perlakuan cekaman kekeringan dan faktor perlakuan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah terhadap fisiologis tanaman bawang merah).

H1: Minimal ada satu  $(KB)_{ij} \neq 0$  (Terdapat pengaruh interaksi antara faktor perlakuan cekaman kekeringan dan faktor perlakuan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah terhadap fisiologis tanaman bawang merah).

Data hasil penelitian selanjutnya dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) dengan taraf signifikansi 5% untuk menentukan apakah terdapat pengaruh dari faktor perlakuan (cekaman kekeringan dan konsentrasi biostimulan ekstrak rumput laut merah) serta interaksinya pada parameter yang diamati. Jika terdapat pengaruh yang signifikan, maka analisis dilanjutkan dengan uji pembandingan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%.