

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinggi Bibit

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap tinggi bibit gambir. Data tinggi bibit gambir disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tinggi bibit gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

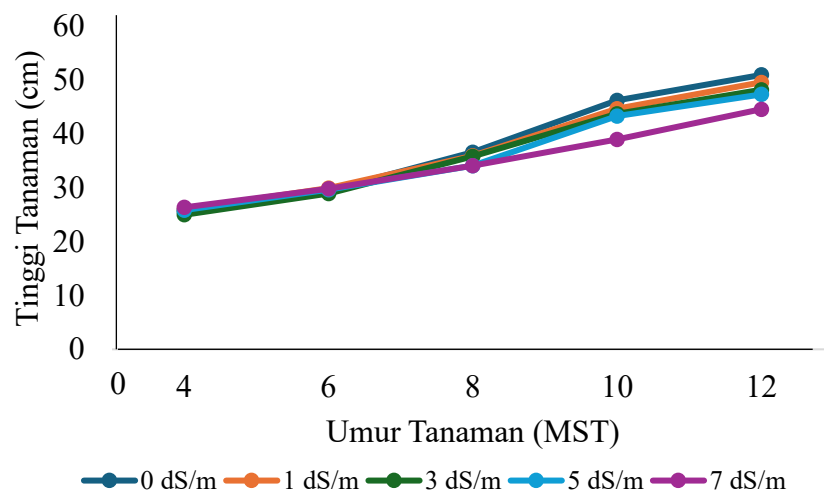
Perlakuan Salinitas	Tinggi Bibit (cm)
0 dS/m	51,00 ± 2,27
1 dS/m	49,62 ± 2,49
3 dS/m	48,25 ± 3,77
5 dS/m	47,38 ± 4,44
7 dS/m	44,62 ± 1,54
KK : 6,42%	

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi bibit gambir pada berbagai taraf cekaman salinitas NaCl, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian NaCl hingga taraf 7 dS/m belum memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap tinggi bibit gambir. Nilai tinggi bibit yang disajikan merupakan tinggi aktual tanaman pada umur 12 MST, sehingga angka tersebut menggambarkan kondisi tinggi bibit yang sesungguhnya pada akhir pengamatan. Pada 0 dS/m menghasilkan rata-rata tinggi bibit sebesar 51,00 cm, pada 1 dS/m sebesar 49,62 cm, pada 3 dS/m sebesar 48,25 cm, pada 5 dS/m sebesar 47,38 cm, dan pada 7 dS/m sebesar 44,62 cm. Hasil statistik yang tidak berbeda nyata ini mengindikasikan bahwa bibit gambir masih mampu mempertahankan pertumbuhan tinggi yang relatif sama pada seluruh taraf salinitas yang diberikan. Kemampuan tersebut diduga berkaitan dengan mekanisme adaptasi tanaman terhadap cekaman salinitas melalui penyesuaian osmotik dan pengaturan keseimbangan ion sehingga proses pemanjangan sel masih dapat berlangsung dengan baik (Munns dan Tester, 2008).

Secara umum terdapat kecenderungan penurunan tinggi bibit seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaCl yang diberikan. Kecenderungan penurunan tersebut menunjukkan bahwa pengaruh salinitas terhadap pertumbuhan tinggi bibit

mulai terlihat secara biologis, namun besarnya respons antar perlakuan masih berada dalam kisaran yang relatif sama sehingga belum menghasilkan perbedaan yang nyata secara statistik (Isayenkov dan Maathuis, 2019). Meskipun hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perbedaan antar perlakuan tidak berbeda nyata, kecenderungan perubahan tinggi bibit pada setiap taraf cekaman salinitas selama periode pengamatan dapat diamati secara lebih rinci melalui grafik pertumbuhan tinggi bibit yang disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik laju pertumbuhan tinggi bibit gambir akibat pemberian salinitas NaCl.

Pola pertumbuhan tinggi bibit gambir dari 4 MST hingga 12 MST menunjukkan tren peningkatan yang konsisten pada semua perlakuan, namun dengan laju pertumbuhan yang berbeda-beda. Pada awal pengamatan (4 MST), tinggi bibit antar perlakuan masih relatif berdekatan, namun seiring bertambahnya umur tanaman, perbedaan tinggi antar perlakuan mulai terlihat semakin jelas. Perlakuan 0 dS/m secara konsisten menunjukkan pertumbuhan tertinggi sepanjang periode pengamatan, sedangkan pada perlakuan salinitas tinggi (5 dS/m dan 7 dS/m) laju pertambahan tinggi bibit terlihat lebih lambat, terutama pada minggu-minggu akhir pengamatan (10–12 MST). Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama tanaman terpapar cekaman salinitas, semakin besar dampak negatif yang ditimbulkan terhadap pertumbuhan, yang mengindikasikan bahwa efek salinitas bersifat kumulatif seiring waktu.

Secara fisiologis, kecenderungan penurunan ini diduga terkait dengan efek osmotik NaCl yang menurunkan potensial osmotik larutan tanah sehingga menyulitkan akar menyerap air, serta efek toksik akibat akumulasi ion Na^+ yang berkompetisi dengan K^+ dalam jaringan tanaman untuk aktivasi enzim dan osmoregulasi (Alam dan Nur, 2007; Ariffudin, 2021). Gangguan penyerapan air dan hara ini pada akhirnya berdampak pada terhambatnya pembelahan dan pemanjangan sel, yang merupakan proses dasar dalam pertumbuhan tinggi tanaman.

Meskipun terjadi kecenderungan penurunan tinggi bibit seiring meningkatnya taraf cekaman salinitas, seluruh perlakuan menghasilkan tinggi bibit berkisar antara 44,62–51,00 cm pada akhir pengamatan, dengan umur bibit mencapai 7 bulan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bibit gambir yang digunakan telah memenuhi kriteria bibit siap salur berdasarkan pedoman produksi benih gambir, yang menyatakan bahwa bibit siap salur umumnya berumur 6–8 bulan dengan tinggi sekitar 40–60 cm (Kepmen, 2018). Hal ini mengindikasikan bahwa cekaman salinitas hingga 7 dS/m selama periode penelitian belum menghambat pertumbuhan tinggi bibit hingga berada di bawah standar mutu bibit siap salur.

B. Jumlah Daun

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap jumlah daun gambir. Data jumlah daun gambir disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah daun gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

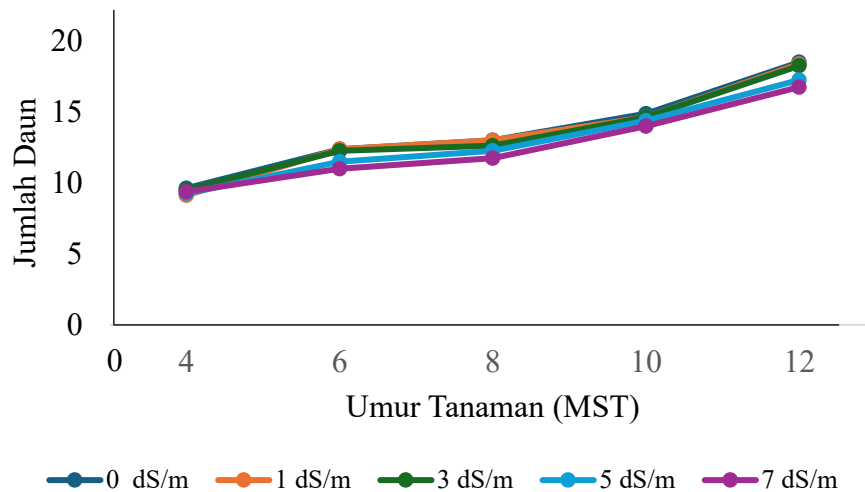
Perlakuan Salinitas	Jumlah Daun
0 dS/m	18,50 ± 1,91
1 dS/m	18,38 ± 3,30
3 dS/m	18,25 ± 2,36
5 dS/m	17,25 ± 1,50
7 dS/m	16,75 ± 3,30

KK : 14,48%

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil pengamatan jumlah daun bibit gambir pada berbagai taraf cekaman salinitas NaCl, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian NaCl hingga taraf 7 dS/m belum memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap jumlah daun gambir. Nilai jumlah daun yang disajikan merupakan jumlah daun aktual pada tanaman saat umur 12 MST, sehingga angka tersebut mencerminkan jumlah daun yang dimiliki tanaman pada akhir pengamatan. Pada perlakuan 0 dS/m menghasilkan jumlah daun rata-rata sebesar 18,50 helai, pada 1 dS/m sebesar 18,38 helai, pada 3 dS/m sebesar 18,25 helai, pada 5 dS/m sebesar 17,25 helai, dan pada 7 dS/m sebesar 16,75 helai. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada kisaran salinitas tersebut bibit gambir masih mampu mempertahankan pembentukan daun sehingga jumlah daun yang dihasilkan relatif sama pada setiap perlakuan, diduga karena tanaman masih mampu melakukan penyesuaian fisiologis melalui pengaturan keseimbangan air dan mempertahankan aktivitas jaringan meristem pucuk (Gupta dan Huang, 2014).

Secara umum terdapat kecenderungan penurunan jumlah daun bibit gambir pada setiap perlakuan seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaCl yang diberikan. Adanya kecenderungan penurunan jumlah daun sejalan dengan meningkatnya konsentrasi NaCl mengindikasikan bahwa proses inisiasi dan perkembangan daun pada bibit gambir terganggu oleh cekaman salinitas, meskipun secara statistik perbedaan antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Kecenderungan tersebut menunjukkan bahwa pengaruh salinitas terhadap pembentukan daun mulai terjadi secara bertahap, namun besarnya penurunan pada setiap taraf perlakuan masih relatif kecil sehingga belum menghasilkan perbedaan yang nyata secara statistik. Menurut Parihar *et al.* (2015), respons morfologi tanaman terhadap cekaman salinitas umumnya berkembang secara progresif, di mana penurunan jumlah daun akan semakin jelas seiring meningkatnya intensitas dan lamanya cekaman yang diterima tanaman. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dinamika pertumbuhan jumlah daun bibit gambir pada masing-masing taraf cekaman salinitas NaCl selama periode pengamatan, perubahan jumlah daun disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik laju pertumbuhan jumlah daun gambir akibat pemberian salinitas NaCl.

Dinamika jumlah daun dari 4 MST hingga 12 MST memperlihatkan pola yang khas pada setiap perlakuan. Meskipun seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan jumlah daun seiring berjalannya waktu, laju pertambahan daun pada perlakuan 0 dS/m terlihat lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan salinitas tinggi (5 dan 7 dS/m), terutama pada minggu-minggu akhir pengamatan (10–12 MST). Kondisi ini menunjukkan bahwa cekaman salinitas tidak hanya mempengaruhi jumlah daun secara keseluruhan, tetapi juga memperlambat laju pembentukan daun baru seiring bertambahnya durasi paparan garam. Semakin lama tanaman berada dalam kondisi tercekam garam, semakin nyata penurunan kemampuan tanaman untuk memproduksi daun-daun baru, yang mengindikasikan bahwa efek salinitas terhadap organ daun bersifat akumulatif sepanjang waktu.

Secara fisiologis, penurunan jumlah daun akibat cekaman salinitas erat kaitannya dengan terganggunya ketersediaan air dan hara bagi tanaman. Keberadaan garam terlarut dalam konsentrasi tinggi di sekitar perakaran menyebabkan potensial osmotik larutan tanah menjadi lebih rendah dibandingkan potensial osmotik sel akar, sehingga akar kehilangan kemampuannya untuk menyerap air secara optimal (Alam dan Nur, 2007). Kondisi defisit air yang berkepanjangan ini menghambat pembelahan sel pada meristem pucuk dan diferensiasi primordial daun, yang berakibat pada terhambatnya inisiasi daun baru (Ariffudin, 2021). Di sisi lain, akumulasi ion Na^+ dan Cl^- yang berlebihan dalam jaringan daun dapat menyebabkan terganggunya metabolisme seluler dan memicu

proses klorosis serta *abscission* atau pengguguran daun, sehingga jumlah daun yang tetap bertahan pada tanaman menjadi semakin berkurang (Nufus *et al.*, 2022).

C. Diameter Batang

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap diameter batang gambir. Data diameter batang gambir disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Diameter batang gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Diameter Batang (mm)
0 dS/m	4,85 ± 0,56
1 dS/m	4,74 ± 0,24
3 dS/m	4,61 ± 0,54
5 dS/m	4,54 ± 0,22
7 dS/m	4,30 ± 0,41

KK : 9,13%

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan diameter batang bibit gambir menunjukkan kecenderungan penurunan seiring peningkatan konsentrasi NaCl, dengan nilai rata-rata 4,85 mm pada perlakuan 0 dS/m, 4,74 mm pada 1 dS/m, 4,61 mm pada 3 dS/m, 4,54 mm pada 5 dS/m, dan 4,30 mm pada 7 dS/m, meskipun secara statistik perbedaan antar perlakuan tidak berbeda nyata. Meskipun demikian, nilai rata-rata diameter batang yang semakin kecil pada taraf salinitas yang lebih tinggi menunjukkan bahwa cekaman NaCl mulai memengaruhi aktivitas pembesaran batang, namun pengaruh tersebut masih berlangsung secara bertahap sehingga variasi antar perlakuan belum cukup besar untuk menghasilkan perbedaan yang nyata secara statistik. Menurut Parihar *et al.* (2015), respons pertumbuhan morfologi tanaman terhadap cekaman salinitas berkembang secara progresif, di mana penghambatan pertumbuhan akan semakin nyata seiring meningkatnya intensitas dan lamanya cekaman. Pola ini mengindikasikan bahwa cekaman salinitas memberikan dampak negatif terhadap pertumbuhan diameter batang bibit gambir secara bertahap. Salinitas menekan proses pertumbuhan tanaman dengan

cara menghambat pembesaran dan pembelahan sel, produksi protein, serta penambahan biomassa tanaman (Sari *et al.*, 2019), sehingga diameter batang yang merupakan hasil dari aktivitas kambium vaskuler ikut terhambat.

Hal ini sejalan dengan penelitian pada tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) yang menunjukkan bahwa kadar NaCl yang semakin meningkat ternyata semakin memperburuk pertumbuhan diameter batang (Kurniasari, 2010). Pada tanaman tebu, salinitas mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sel sehingga diameter batang pada perlakuan NaCl terukur lebih kecil dibandingkan kontrol (Sari *et al.*, 2019). Demikian pula pada jenis invasif *Derris trifoliata* Lour., peningkatan konsentrasi NaCl menyebabkan penurunan diameter batang secara bertahap (Hafidya, 2023).

D. Total Luas Daun

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl berpengaruh nyata terhadap total luas daun gambir. Data total luas daun bibit gambir disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Total luas daun gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Total Luas Daun (cm ²)
0 dS/m	772,55 a
1 dS/m	767,82 a
3 dS/m	717,67 ab
5 dS/m	635,00 bc
7 dS/m	547,63 c

KK : 11,22%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan total luas daun bibit gambir menunjukkan bahwa perlakuan cekaman salinitas NaCl memberikan pengaruh yang semakin menekan seiring peningkatan konsentrasi NaCl yang diberikan. Total luas daun tertinggi dicapai pada perlakuan 0 dS/m yaitu 772,55 cm², kemudian diikuti oleh 1 dS/m sebesar 767,82 cm², 3 dS/m sebesar 717,67 cm², 5 dS/m sebesar 635,00 cm², dan 7 dS/m menghasilkan total luas daun terkecil yaitu 547,63 cm². Berdasarkan hasil uji

statistik, perlakuan 0 dS/m, 1 dS/m, dan 3 dS/m menunjukkan pengaruh yang sama yang ditandai dengan notasi yang sama, sedangkan perlakuan 5 dS/m dan 7 dS/m menunjukkan penurunan yang lebih tajam dengan notasi yang berbeda, yang mengindikasikan bahwa konsentrasi NaCl 5 dS/m ke atas telah memberikan dampak yang nyata terhadap penurunan total luas daun bibit gambir.

Penurunan total luas daun merupakan salah satu respons morfologis yang paling umum terjadi pada tanaman yang mengalami cekaman salinitas. Hal ini terjadi karena tanaman memerlukan lebih banyak energi untuk menyerap air dan mempertahankan turgor sel dalam kondisi salin, sehingga jika energi tidak mencukupi, penyerapan air dan aliran transpirasi akan menurun yang berdampak pada terganggunya pertumbuhan dan produksi tanaman (Halim, 2020). Selain itu, penelitian Hastuti *et al.* (2024) juga melaporkan bahwa peningkatan salinitas menyebabkan penurunan pertumbuhan luas daun tanaman *Rhizophora stylosa*, di mana salinitas tertinggi (30 ppt) menunjukkan pertumbuhan luas daun yang paling rendah akibat cekaman garam yang kuat. Salinitas yang tinggi menghambat laju fotosintesis karena mengurangi pembukaan stomata, sehingga penyerapan karbon dioksida berkurang dan produksi fotosintat untuk perluasan daun pun menurun.

Secara fisiologis, penurunan total luas daun disebabkan oleh beberapa mekanisme yang saling terkait. Keberadaan garam dalam konsentrasi tinggi di zona perakaran menurunkan ketersediaan air bagi tanaman, sehingga sel-sel daun kehilangan turgor dan proses pembelahan serta pembesarannya terhambat. Kondisi ini diperparah dengan akumulasi ion Na^+ dan Cl^- yang bersifat toksik dalam jaringan daun, yang mengganggu metabolisme seluler dan menghambat sintesis protein. Selain itu, salinitas juga menurunkan aktivitas fotosintesis karena terganggunya sistem fotosistem II, sehingga produksi fotosintat untuk pertumbuhan daun semakin berkurang (Fadilanza, 2024). Penelitian pada tanaman bayam merah menunjukkan bahwa pada kondisi salin, tanaman merespons dengan mengurangi ukuran daun sebagai strategi untuk mempertahankan turgor sel dan keseimbangan air dalam tanaman (Halim, 2020).

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa peningkatan konsentrasi cekaman salinitas NaCl berdampak negatif terhadap total luas daun bibit gambir,

terutama pada konsentrasi 5 dS/m dan 7 dS/m yang menunjukkan penurunan yang cukup signifikan.

E. Panjang Akar

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl berpengaruh nyata terhadap panjang akar gambir. Data total panjang akar gambir disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Panjang akar gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Panjang Akar (cm)
0 dS/m	29,75 ab
1 dS/m	31,25 a
3 dS/m	27,75 abc
5 dS/m	25,88 bc
7 dS/m	24,75 c

KK : 11,47%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan panjang akar bibit gambir menunjukkan pola yang menarik, di mana perlakuan 1 dS/m menghasilkan panjang akar rata-rata 31,25 cm yang secara nyata lebih tinggi dibandingkan 0 dS/m sebesar 29,75 cm. Sementara itu, peningkatan konsentrasi NaCl lebih lanjut pada 3 dS/m sebesar 27,75 cm, pada 5 dS/m sebesar 25,88 cm, dan pada 7 dS/m sebesar 24,75 cm menunjukkan penurunan panjang akar yang semakin nyata. Berdasarkan uji statistik, perlakuan 1 dS/m menunjukkan notasi a yang berbeda dengan 7 dS/m yang menunjukkan notasi c, yang mengindikasikan bahwa konsentrasi NaCl rendah justru merangsang pemanjangan akar, sementara konsentrasi tinggi menghambatnya secara nyata. Untuk memperjelas respons panjang akar bibit gambir terhadap peningkatan konsentrasi NaCl, pola perubahan panjang akar pada setiap taraf salinitas disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kondisi akar tanaman gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST. a. (0 dS/m); b. (1 dS/m); c. (3 dS/m); d. (5 dS/m); e. (7 dS/m).

Fenomena meningkatnya panjang akar pada konsentrasi NaCl rendah sebelum mengalami penurunan pada konsentrasi lebih tinggi dikenal sebagai *hormesis*, yaitu respons adaptif tanaman di mana paparan zat toksik pada dosis rendah justru merangsang pertumbuhan dan metabolisme, sementara dosis tinggi bersifat menghambat (Nouman, 2024). Hal ini sejalan dengan penelitian Santoso *et al.* (2012) pada tanaman terung kopek yang menunjukkan bahwa perlakuan NaCl 5% (2-3 dS/m) menghasilkan rata-rata panjang akar rambut yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, sedangkan semakin tinggi tingkat cekaman (10 dan 15%) semakin rendah rata-rata panjang akar pokok.

Secara fisiologis, peningkatan panjang akar pada konsentrasi NaCl rendah merupakan strategi adaptasi tanaman untuk memperluas area penyerapan air dan unsur hara di bawah kondisi cekaman. Sistem akar menunjukkan plastisitas morfologis yang tinggi dalam merespons cekaman salinitas dengan meningkatkan konfigurasi, panjang, dan ukuran akar untuk memperoleh nutrisi pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Penelitian pada tanaman halofit menunjukkan bahwa pada kondisi salin, tanaman merespons dengan memperbanyak panjang akar lateral untuk menyerap lebih banyak air dan nutrisi guna mengatasi kondisi cekaman (Munns dan Tester, 2008). Unsur mikro Cl^- yang terkandung dalam NaCl berperan penting dalam pembelahan sel akar dan daun, sehingga pada konsentrasi rendah dapat mempengaruhi pertumbuhan akar secara

positif. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman memiliki kemampuan untuk mengkompensasi cekaman lingkungan melalui modifikasi sistem perakaran.

Namun, kemampuan adaptasi ini memiliki batas. Pada konsentrasi NaCl yang lebih tinggi (≥ 3 dS/m), efek toksik ion Na^+ dan Cl^- mulai mendominasi dan menekan pertumbuhan akar secara nyata. Penelitian pada tanaman terung kopek menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat cekaman salinitas, semakin rendah rata-rata panjang akar pokok (rata-rata berkurang 1,78 cm per tanaman) (Santoso *et al.*, 2012). Penurunan panjang akar pada konsentrasi salinitas tinggi terjadi karena dua kemungkinan alasan. Pertama, hilangnya tekanan turgor pertumbuhan sel karena potensi osmotik media nutrisi lebih rendah dari potensi osmotik di dalam sel, sehingga sel-sel akar tidak dapat membesar dan memanjang. Kedua, akumulasi ion Na^+ dan Cl^- yang berlebihan dalam jaringan akar dapat menyebabkan keracunan yang memicu kematian sel (Utama dan Violita, 2024). Sel-sel meristem akar sensitif terhadap mineral garam dimana pembelahan sel mitosis tersebut berlangsung sangat tinggi dalam pertumbuhan akar, sehingga garam yang berlebihan akan mengganggu proses tersebut (Kusumiyati *et al.*, 2017).

F. Volume Akar

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl berpengaruh nyata terhadap volume akar gambir. Data volume akar gambir disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Volume akar gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Volume Akar (mL)
0 dS/m	6,75 a
1 dS/m	6,50 ab
3 dS/m	6,25 ab
5 dS/m	5,75 bc
7 dS/m	5,25 c

KK: 8,47%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan volume akar bibit gambir menunjukkan bahwa perlakuan 0 dS/m menghasilkan volume akar tertinggi sebesar 6,75 mL, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1 dS/m (6,50 mL) dan 3 dS/m (6,25 mL) yang ditunjukkan dengan notasi huruf yang sama (a dan ab). Sementara itu, peningkatan perlakuan hingga 5 dS/m (5,75 mL) dan 7 dS/m (5,25 mL) menunjukkan penurunan volume akar yang cenderung semakin kecil. Berdasarkan uji DMRT taraf 5%, perlakuan 7 dS/m dengan notasi c berbeda nyata lebih rendah dibandingkan perlakuan 0 dS/m (a) dan perlakuan 3 dS/m (ab), namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan 5 dS/m (bc). Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian NaCl pada konsentrasi rendah (1–3 dS/m) belum memberikan efek penurunan yang signifikan terhadap volume akar, sedangkan konsentrasi tinggi (≥ 5 dS/m) mulai menekan pertumbuhan volume akar secara nyata.

Pola respons volume akar terhadap pemberian NaCl menunjukkan kecenderungan yang berbeda dengan panjang akar. Pada volume akar, perlakuan 0 dS/m menghasilkan volume tertinggi (6,75 mL) yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan 1 dS/m (6,50 mL) dan 3 dS/m (6,25 mL), sedangkan pada panjang akar justru perlakuan 1 dS/m menghasilkan panjang tertinggi (31,25 cm) dan berbeda nyata dengan 0 dS/m (29,75 cm). Meskipun demikian, kedua variabel menunjukkan pola yang sama pada konsentrasi tinggi, yaitu penurunan yang semakin nyata seiring peningkatan NaCl hingga 7 dS/m, di mana panjang akar (24,75 cm) dan volume akar (5,25 mL) keduanya memperoleh notasi c yang berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah hingga sedang, NaCl cenderung merangsang pemanjangan akar (*hormesis*), namun tidak diikuti oleh peningkatan volume akar secara signifikan. Sementara itu, pada konsentrasi tinggi, hambatan terhadap pemanjangan akar berdampak langsung pada penurunan volume akar, karena volume akar sangat ditentukan oleh dimensi memanjang akar; ketika pertumbuhan memanjang terhambat akibat salinitas tinggi, ekspansi volume total akar pun ikut menurun secara nyata (Karjunita *et al.*, 2016). Pada penelitian cabai rawit, peningkatan salinitas dilaporkan menurunkan panjang akar, bobot basah akar, dan bobot kering akar secara signifikan, sehingga menunjukkan bahwa cekaman salinitas menghambat perkembangan sistem perakaran tanaman (Badi'ah, 2022).

Hal ini menunjukkan bahwa volume akar merupakan parameter yang sensitif terhadap cekaman salinitas.

Namun, kemampuan adaptasi tersebut memiliki batas. Pada konsentrasi salinitas yang semakin meningkat, efek toksik ion Na^+ dan Cl^- secara bertahap menjadi lebih dominan dibandingkan efek osmotiknya, sehingga pertumbuhan akar tertekan secara nyata (Munns dan Tester, 2008). Penurunan volume akar pada kondisi salinitas tinggi terjadi karena hilangnya tekanan turgor pertumbuhan sel, sebab potensi osmotik media nutrisi menjadi lebih rendah dibandingkan potensi osmotik di dalam sel, sehingga sel-sel akar tidak dapat membesar dan memanjang secara optimal (Utama dan Violita, 2024). Selain itu, akumulasi ion Na^+ dan Cl^- yang berlebihan dalam jaringan akar dapat menimbulkan efek toksik yang mengganggu metabolisme sel dan menghambat aktivitas enzim, yang dapat memicu kerusakan dan kematian sel serta mengganggu pertumbuhan dan perkembangan akar (Munns dan Tester, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa volume akar dan panjang akar merupakan parameter yang sensitif terhadap cekaman salinitas.

G. Bobot Segar Akar dan Tajuk

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap bobot segar akar dan bobot segar tajuk gambir. Data bobot segar akar dan bobot segar tajuk gambir disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Bobot segar akar dan tajuk gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Bobot Segar Akar (g)	Bobot Segar Tajuk (g)
0 dS/m	$7,67 \pm 1,02$	$23,50 \pm 3,05$
1 dS/m	$7,47 \pm 1,16$	$23,64 \pm 1,42$
3 dS/m	$6,25 \pm 2,14$	$22,84 \pm 1,33$
5 dS/m	$5,67 \pm 0,38$	$21,71 \pm 2,13$
7 dS/m	$5,26 \pm 1,02$	$20,76 \pm 1,27$
KK :	19,78%	6,61%

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan bobot segar akar dan tajuk bibit gambir menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi NaCl memberikan pengaruh yang semakin menekan terhadap kedua parameter tersebut. Perlakuan 0 dS/m menghasilkan bobot segar akar sebesar 7,67 g, perlakuan 1 dS/m sebesar 7,47 g, perlakuan 3 dS/m sebesar 6,25 g, 5 dS/m sebesar 5,67 g, dan perlakuan 7 dS/m menghasilkan bobot sebesar 5,26 g. Pada pengamatan bobot segar tajuk bibit gambir menunjukkan bahwa perlakuan 0 dS/m menghasilkan bobot segar tajuk sebesar 23,50 g, sementara pada 1 dS/m menunjukkan peningkatan menjadi 23,64 g, yang berarti terjadi peningkatan sebesar 0,6% dibandingkan 0 dS/m. Namun, seiring peningkatan konsentrasi NaCl lebih lanjut, bobot segar tajuk menunjukkan penurunan berturut-turut pada 3 dS/m sebesar 22,84 g, perlakuan 5 dS/m sebesar 21,71 g, dan pada 7 dS/m menghasilkan bobot sebesar 20,76 g. Meskipun secara statistik perbedaan antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, terdapat kecenderungan penurunan bobot segar akar dan tajuk seiring dengan meningkatnya konsentrasi NaCl yang diberikan.

Bobot segar akar merupakan indikator pertumbuhan dan perkembangan sistem perakaran yang berperan penting dalam penyerapan air serta unsur hara dari tanah. Penurunan bobot segar akar seiring meningkatnya tingkat salinitas menunjukkan bahwa cekaman salinitas menghambat pertumbuhan akar sehingga kemampuan tanaman dalam menyerap air dan hara menjadi terganggu (Handayani, 2023). Selain dipengaruhi oleh pertumbuhan biomassa, bobot segar akar juga sangat ditentukan oleh kandungan air di dalam jaringan akar. Semakin tinggi konsentrasi garam di daerah perakaran, semakin rendah potensial air tanah sehingga gradien potensial air antara tanah dan akar menurun. Akibatnya, akar mengalami kesulitan menyerap air dan kandungan air di dalam jaringan berkurang, sehingga bobot segar akar ikut menurun (Munns dan Tester, 2008). Pada bibit gambir, penurunan bobot segar akar akibat salinitas terjadi melalui dua mekanisme utama, yaitu efek osmotik dan toksisitas ion. Efek osmotik muncul karena keberadaan NaCl di daerah perakaran menurunkan potensial osmotik larutan tanah, sehingga penyerapan air dan unsur hara oleh akar menjadi lebih sulit (Munns, 2002). Kondisi ini menyebabkan defisit air yang menghambat pembelahan dan pembesaran sel akar, sehingga pertumbuhan akar dan akumulasi biomassa segarnya menurun.

Bobot segar tajuk merupakan indikator penting yang menggambarkan akumulasi biomassa bagian atas tanaman yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Menurunnya bobot segar tajuk seiring peningkatan salinitas mengindikasikan bahwa cekaman garam mengganggu proses fotosintesis dan distribusi asimilat ke organ-organ tajuk (Putri, 2022). Selain akumulasi biomassa, bobot segar tajuk juga dipengaruhi oleh kandungan air dalam jaringan batang dan daun. Pada kondisi salinitas tinggi, tanaman mengalami penurunan kandungan air relatif (*relative water content*) karena penyerapan air oleh akar terhambat. Berkurangnya kandungan air menyebabkan tekanan turgor sel menurun sehingga jaringan tanaman kehilangan sebagian massa airnya dan bobot segar tajuk menjadi lebih rendah (Gupta dan Huang, 2014). Penurunan bobot segar tajuk pada bibit gambir yang terpapar salinitas disebabkan oleh beberapa faktor yang saling terkait, seperti efek osmotik menyebabkan tanaman mengalami kekurangan air sehingga stomata menutup dan laju fotosintesis menurun, yang berakibat pada berkurangnya produksi fotosintat untuk pertumbuhan tajuk.

H. Bobot Kering Akar dan Tajuk

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl berbeda nyata terhadap bobot kering akar dan bobot kering tajuk gambir. Data bobot kering akar dan bobot kering tajuk gambir disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Bobot kering akar dan tajuk akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Bobot Kering Akar (g)	Bobot Kering Tajuk (g)
0 dS/m	1,98 b	6,73 a
1 dS/m	2,41 a	6,82 a
3 dS/m	1,73 b	6,66 a
5 dS/m	1,15 c	6,50 a
7 dS/m	1,01 c	6,10 b
KK :	10,91%	9,26%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan hasil pengamatan bobot kering akar bibit gambir, terlihat bahwa peningkatan konsentrasi NaCl memberikan pengaruh terhadap bobot kering akar. Perlakuan 0 dS/m menghasilkan bobot kering akar tertinggi yaitu sebesar 2,41 g, dan pada 7 dS/m menghasilkan bobot terendah yaitu 1,01 g. Jika dibandingkan dengan panjang dan volume akar, terlihat bahwa pada 1 dS/m panjang dan volume akar justru meningkat, namun bobot kering akar sudah mulai menurun. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ukuran akar bertambah pada konsentrasi NaCl rendah, akumulasi biomassa keringnya tidak sebanding, diduga karena energi lebih banyak dialokasikan untuk osmoregulasi daripada sintesis bahan kering (Munns dan Tester, 2008). Pada konsentrasi lebih tinggi yaitu pada 5 dS/m dan 7 dS/m, penurunan bobot kering akar sejalan dengan penurunan panjang dan volume akar, yang mengindikasikan bahwa terhambatnya pertumbuhan akar secara langsung membatasi akumulasi biomassa.

Penurunan bobot kering akar yang cukup signifikan ini mengindikasikan bahwa sistem perakaran gambir sangat sensitif terhadap cekaman salinitas, di mana semakin tinggi konsentrasi NaCl yang diberikan, semakin besar hambatan terhadap pertumbuhan dan perkembangan akar. Hal ini sejalan dengan penelitian pada tanaman kacang tanah yang melaporkan bahwa cekaman salinitas berpengaruh nyata terhadap berat kering akar, di mana perlakuan salinitas sedang menyebabkan penurunan bobot kering akar yang signifikan bahkan beberapa genotipe mengalami kematian pada saat memasuki fase generatif (Prayoga *et al.*, 2018).

Penurunan bobot kering akar ini diduga disebabkan oleh terganggunya proses fisiologis akar akibat cekaman salinitas. Kondisi cekaman salinitas menyebabkan ketersediaan air berkurang, namun laju respirasi tanaman justru meningkat, yang kemudian menyebabkan terjadinya penurunan bobot kering tanaman. Peningkatan respirasi di atas normal ini merupakan indikasi bahwa tanaman membakar lebih banyak energi untuk bertahan hidup, sehingga energi yang seharusnya digunakan untuk pertumbuhan dan pembentukan biomassa menjadi berkurang. Akumulasi ion Na^+ dan Cl^- yang berlebihan dalam jaringan akar juga dapat menyebabkan keracunan yang mengganggu metabolisme seluler dan menghambat pertumbuhan akar (Halim *et al.*, 2022). Selain itu, kondisi salin menghambat penyerapan air oleh akar karena potensial osmotik larutan tanah

meningkat, akibatnya pergerakan air dari tanah ke akar menjadi terhambat (Prayoga *et al.*, 2018).

Pada variabel bobot kering tajuk, hasil pengamatan menunjukkan pola yang sedikit berbeda. Perlakuan 0 dS/m menghasilkan bobot kering tajuk sebesar 6,73 g, pada 1 dS/m justru menunjukkan peningkatan menjadi 6,82 g, pada 3 dS/m sebesar 6,66 g, pada 5 dS/m sebesar 6,50 g, dan pada 7 dS/m menghasilkan bobot terendah yaitu 6,10 g. Berdasarkan uji statistik, perlakuan 1 dS/m menunjukkan notasi a yang sama dengan 0 dS/m, yang mengindikasikan bahwa konsentrasi NaCl (1 dS/m) tidak memberikan efek negatif yang nyata terhadap bobot kering tajuk. Fenomena peningkatan kecil pada 1 dS/m ini mengindikasikan adanya respons adaptif tanaman terhadap cekaman ringan, di mana tanaman masih mampu mempertahankan bahkan sedikit meningkatkan akumulasi biomassa tajuk sebagai bentuk kompensasi terhadap kondisi lingkungan yang sedikit terganggu. Hal ini sejalan dengan penelitian pada kedelai yang melaporkan bahwa salinitas tidak mempengaruhi pertumbuhan pada kultivar tertentu, bahkan induksi benih dengan NaCl pada konsentrasi 80 mM secara signifikan meningkatkan bobot segar tajuk pada kondisi tercekam salinitas (Prakoso dan Kurniasih, 2020).

Pada konsentrasi NaCl yang lebih tinggi (3 dS/m), bobot kering tajuk menunjukkan penurunan yang semakin nyata, terutama pada 7 dS/m yang menunjukkan notasi b berbeda dengan perlakuan lainnya. Penurunan bobot kering tajuk pada salinitas tinggi terjadi karena cekaman salinitas menyebabkan tanaman mengalami toksisitas garam sehingga tanaman menjadi kekurangan air. Hal ini diperparah dengan akumulasi Na^+ dan Cl^- yang berlebihan dalam sitoplasma yang menyebabkan penurunan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penurunan bobot kering tajuk dan akar merupakan indikasi bahwa nilai kritis terhadap cekaman salinitas telah tercapai (Prayoga *et al.*, 2018).

I. Rasio Tajuk dan Akar

Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl berbeda nyata terhadap rasio tajuk akar gambir. Data rasio tajuk akar disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Rasio tajuk akar bibit gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Rasio Tajuk Akar (g)
0 dS/m	3,42 c
1 dS/m	2,83 c
3 dS/m	3,88 bc
5 dS/m	5,78 a
7 dS/m	5,28 ab

KK : 23,16%

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Rasio tajuk akar merupakan perbandingan antara bobot kering bagian atas tanaman (tajuk) dengan bobot kering bagian bawah tanaman (akar), yang menggambarkan distribusi biomassa tanaman sebagai respons terhadap kondisi lingkungan. Secara umum, nilai rasio tajuk akar >1 menunjukkan bahwa akumulasi biomassa lebih banyak dialokasikan ke bagian tajuk dibandingkan akar, nilai $=1$ menunjukkan distribusi biomassa yang seimbang antara tajuk dan akar, sedangkan nilai <1 menunjukkan bahwa biomassa lebih banyak dialokasikan ke sistem perakaran. Oleh karena itu, rasio tajuk akar sering digunakan sebagai indikator strategi alokasi biomassa tanaman dalam merespons kondisi lingkungan, termasuk cekaman salinitas (Poorter *et al.*, 2012). Hasil pengamatan rasio tajuk akar bibit gambir menunjukkan pola yang menarik, di mana perlakuan 0 dS/m menghasilkan nilai 3,42, pada 1 dS/m sebesar 2,83, pada 3 dS/m sebesar 3,88, pada 5 dS/m sebesar 5,78, dan pada 7 dS/m sebesar 5,28. Berdasarkan uji statistik, perlakuan 5 dS/m menunjukkan notasi a yang berbeda nyata dengan 0 dS/m dan 1 dS/m, yang mengindikasikan bahwa pada konsentrasi NaCl 5 dS/m terjadi peningkatan rasio tajuk akar yang signifikan. Meskipun demikian, seluruh nilai rasio tajuk akar pada penelitian ini masih berada di atas satu (>1). Hal ini menunjukkan bahwa pada semua taraf salinitas, biomassa tajuk masih lebih besar dibandingkan biomassa akar. Peningkatan rasio tajuk akar pada perlakuan 5 dS/m dan 7 dS/m terjadi karena penurunan bobot kering akar berlangsung lebih tajam dibandingkan penurunan bobot kering tajuk. Berdasarkan Tabel 8, bobot kering akar menurun dari 1,98 g pada 0 dS/m menjadi 1,15 g pada 5 dS/m dan 1,01 g pada 7 dS/m (masing-masing

turun sekitar 42% dan 49%), sedangkan bobot kering tajuk hanya menurun dari 6,73 g menjadi 6,50 g dan 6,10 g pada taraf yang sama (masing-masing turun sekitar 3% dan 9%). Perbedaan besaran penurunan tersebut menunjukkan bahwa cekaman salinitas lebih menekan pertumbuhan akar dibandingkan tajuk, sehingga proporsi biomassa tajuk terhadap akar menjadi semakin besar seiring meningkatnya konsentrasi NaCl.

Peningkatan rasio tajuk akar pada perlakuan 5 dS/m dan 7 dS/m ini diduga merupakan respons adaptif tanaman terhadap cekaman salinitas. Semakin tinggi konsentrasi NaCl, semakin besar peningkatan rasio tajuk akar, yang mengindikasikan bahwa pertumbuhan akar mengalami hambatan yang lebih besar dibandingkan pertumbuhan tajuk. Kondisi tersebut menyebabkan proporsi biomassa tajuk terhadap akar semakin meningkat meskipun kedua organ sama-sama mengalami penurunan pertumbuhan. Hal ini diperkuat oleh temuan pada tanaman padi, di mana perlakuan salinitas 4 dS/m sudah cukup berpengaruh dalam meningkatkan rasio akar/tajuk secara nyata dibandingkan dengan tanaman non salin (Ikhsanti *et al.*, 2018). Dengan kata lain, tanaman menanggapi kondisi tercekam garam dengan cara memfokuskan pertumbuhan pada akar atau menghambat pertumbuhan tajuk sebagai mekanisme penghindaran terhadap cekaman salinitas yang diberikan.

Secara fisiologis, peningkatan rasio akar/tajuk pada kondisi salin terjadi karena cekaman salinitas lebih menekan pertumbuhan tajuk daripada akar. Rasio tajuk akar yang tinggi dapat mengurangi laju penyerapan garam melalui aliran transpirasi dan akumulasinya di tajuk. Hal ini sejalan dengan Mulyandari (2019) yang menyatakan bahwa genotipe kedelai toleran salin menunjukkan rasio akar/tajuk yang lebih rendah dibandingkan genotipe rentan. Namun, pada konsentrasi salinitas yang sangat tinggi, peningkatan rasio tajuk akar menjadi sangat nyata, yang mengindikasikan bahwa tanaman berada dalam kondisi stres berat dan memfokuskan seluruh energinya untuk mempertahankan sistem perakaran.

J. Laju Asimilasi Bersih

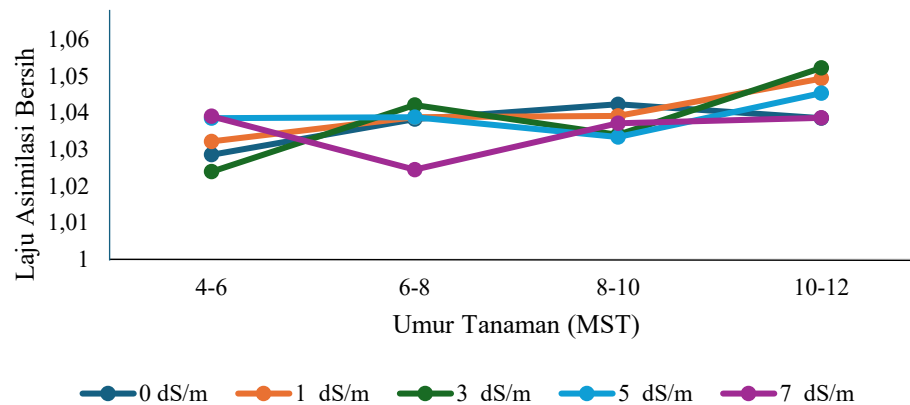
Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap laju asimilasi bersih gambir. Data laju asimilasi bersih gambir disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Laju asimilasi bersih gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Umur Tanaman (MST)			
	4-6	6-8	8-10	10-12
0 dS/m	1,03 ± 0,02	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,00
1 dS/m	1,03 ± 0,00	1,04 ± 0,01	1,04 ± 0,01	1,05 ± 0,00
3 dS/m	1,02 ± 0,01	1,04 ± 0,00	1,03 ± 0,00	1,05 ± 0,01
5 dS/m	1,04 ± 0,02	1,04 ± 0,01	1,03 ± 0,00	1,05 ± 0,00
7 dS/m	1,04 ± 0,01	1,02 ± 0,01	1,03 ± 0,01	1,04 ± 0,00
KK :	1,37%	1,19%	0,94%	0,75%

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%. Data ini ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat ($\sqrt{Y} + 1$).

Hasil pengamatan laju asimilasi bersih (LAB) bibit gambir pada berbagai interval umur menunjukkan nilai yang relatif stabil antar perlakuan dan antar periode pengamatan sehingga memberikan pengaruh yang sama untuk setiap perlakuan. Pada interval 4-6 MST, nilai LAB berkisar antara 1,02 hingga 1,04 mg/cm²/minggu, pada interval 6-8 MST berkisar 1,04 mg/cm²/minggu, pada interval 8-10 MST berkisar 1,03 hingga 1,04 mg/cm²/minggu, dan pada interval 10-12 MST berkisar 1,04 hingga 1,05 mg/cm²/minggu. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai dinamika laju asimilasi bersih bibit gambir pada setiap interval pengamatan, pola perubahan nilai LAB pada masing-masing taraf cekaman salinitas disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pola perubahan nilai LAB gambir akibat pemberian salinitas NaCl.

Laju asimilasi bersih (LAB) merupakan parameter pertumbuhan yang menggambarkan efisiensi daun dalam menghasilkan bahan kering melalui proses fotosintesis per satuan luas daun per satuan waktu. LAB yang relatif stabil antar perlakuan ini menarik untuk dicermati, karena berbeda dengan variabel pertumbuhan lainnya yang umumnya menunjukkan penurunan seiring peningkatan salinitas. Fenomena ini diduga terjadi karena tanaman gambir merespons cekaman salinitas dengan melakukan penyesuaian pada tingkat pertumbuhan tanaman secara keseluruhan, namun efisiensi fotosintesis per satuan luas daun tetap dipertahankan. Dugaan ini diperkuat oleh penelitian pada padi lokal aksesori PH 1 yang menunjukkan bahwa peningkatan cekaman salinitas sampai 12 dS/m tidak berpengaruh nyata terhadap laju asimilasi bersih tanaman (Nasrudin dan Rosmala, 2020).

Nilai LAB yang tidak berbeda nyata antar perlakuan ini mengindikasikan bahwa meskipun tanaman mengalami cekaman salinitas, daun yang terbentuk tetap memiliki efisiensi fotosintesis yang relatif sama dalam menghasilkan asimilat per satuan luasnya. Hasil ini sejalan dengan penelitian pada tanaman kacang kedelai yang menunjukkan bahwa pemberian NaCl 7,5 g/tanaman justru menghasilkan laju asimilasi bersih terbaik pada umur 7-14 hari, sementara NaCl dengan dosis yang lebih tinggi menyebabkan rendahnya laju asimilasi bersih (Irawan *et al.*, 2021).

Stabilitas nilai LAB pada penelitian ini menunjukkan bahwa komponen fotosintesis per unit luas daun masih berfungsi dengan baik meskipun tanaman mengalami cekaman salinitas. Hal ini diduga karena pada konsentrasi NaCl yang diberikan, belum terjadi gangguan signifikan terhadap mekanisme fotosintesis pada

tingkat kloroplas. Penurunan pertumbuhan yang teramati pada variabel lain seperti tinggi, jumlah daun, dan bobot kering lebih disebabkan oleh berkurangnya luas daun (total area fotosintesis) daripada menurunnya efisiensi fotosintesis per satuan luas daun (Irawan *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil dan kajian literatur tersebut, dapat dilihat bahwa cekaman salinitas NaCl pada kisaran 1-7 dS/m tidak berpengaruh nyata terhadap laju asimilasi bersih bibit gambir. Hal ini mengindikasikan bahwa efisiensi fotosintesis per satuan luas daun tetap sama pada setiap perlakuan dan tetap terjaga.

K. Laju Tumbuh Relatif

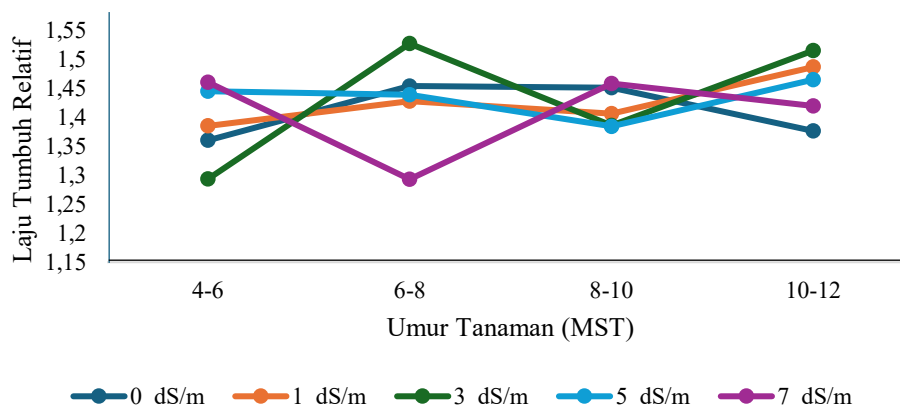
Berdasarkan analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap laju tumbuh relatif gambir. Data laju tumbuh relatif gambir disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Laju tumbuh relatif gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Umur Tanaman (MST)			
	4-6	6-8	8-10	10-12
0 dS/m	1,36 ± 0,20	1,45 ± 0,12	1,45 ± 0,13	1,38 ± 0,06
1 dS/m	1,38 ± 0,05	1,43 ± 0,15	1,41 ± 0,11	1,49 ± 0,04
3 dS/m	1,29 ± 0,12	1,53 ± 0,03	1,39 ± 0,08	1,51 ± 0,10
5 dS/m	1,44 ± 0,22	1,44 ± 0,18	1,38 ± 0,03	1,46 ± 0,03
7 dS/m	1,46 ± 0,15	1,29 ± 0,17	1,46 ± 0,18	1,42 ± 0,10
KK :	11,60%	9,90%	8,20%	5,04%

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%. Data ini ditransformasi menggunakan transformasi akar kuadrat ($\sqrt{Y} + 1$).

Hasil pengamatan laju tumbuh relatif (LTR) bibit gambir pada berbagai interval umur menunjukkan nilai yang bervariasi antar perlakuan dan antar periode pengamatan. Pada interval 4-6 MST, nilai LTR berkisar antara 1,29 hingga 1,46 g/minggu, pada interval 6-8 MST berkisar 1,29 hingga 1,53 g/minggu, pada interval 8-10 MST berkisar 1,38 hingga 1,46 g/minggu, dan pada interval 10-12 MST berkisar 1,41 hingga 1,51 g/minggu. Meskipun nilai laju tumbuh relatif menunjukkan variasi antar perlakuan dan antarperiode pengamatan, pola perubahan LTR selama penelitian dapat diamati secara lebih rinci melalui Gambar 6.



Gambar 6. Pola perubahan nilai LTR gambir akibat pemberian salinitas NaCl.

Laju tumbuh relatif (LTR) merupakan parameter pertumbuhan yang menggambarkan pertambahan bobot kering tanaman per satuan bobot kering awal per satuan waktu. Pola nilai LTR yang bervariasi antar perlakuan dan antar periode pengamatan ini menarik untuk dicermati. Pada interval 4-6 MST, perlakuan 7 dS/m menunjukkan nilai LTR sebesar 1,46 g/minggu yang lebih tinggi dibandingkan 0 dS/m sebesar 1,36 g/minggu, sementara pada 3 dS/m menunjukkan nilai 1,29 g/minggu. Hal ini mengindikasikan bahwa pada tahap awal pertumbuhan, bibit gambir masih mampu merespons cekaman salinitas dengan mempertahankan laju pertumbuhan relatifnya, bahkan pada perlakuan salinitas tertinggi sekalipun. Dugaan ini diperkuat oleh penelitian pada tanaman padi yang menunjukkan bahwa cekaman garam hingga 2 dS/m justru meningkatkan pertumbuhan padi. Namun, pada konsentrasi yang lebih tinggi (4 dan 8 dS/m), pertumbuhan tanaman mulai terhambat secara nyata (Krismiratsih *et al.*, 2020).

Pada interval 6-8 MST, perlakuan 3 dS/m menunjukkan nilai LTR sebesar 1,53 g/minggu yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya, sementara pada 7 dS/m menunjukkan nilai 1,29 g/minggu. Pola ini diduga terjadi karena tanaman pada perlakuan 3 dS/m mulai menunjukkan kemampuan adaptasi terhadap cekaman salinitas sedang, sehingga laju pertumbuhan relatifnya justru meningkat. Hal ini sejalan dengan penelitian pada tanaman jagung dan kacang tanah yang menunjukkan bahwa tanaman umumnya tumbuh baik pada tingkat salinitas tanah 2 mmhos/cm, 3,5 mmhos/cm, dan 5,5 mmhos/cm, dengan pengaruh yang tidak berbeda nyata (Zen *et al.*, 1979).

Pada interval 8-10 MST, nilai LTR antar perlakuan menunjukkan kisaran yang relatif sempit yaitu antara 1,38 hingga 1,46 g/minggu. Hal ini mengindikasikan bahwa pada fase pertumbuhan ini, semua perlakuan menunjukkan laju tumbuh relatif yang relatif sama, yang berarti tanaman telah mencapai fase pertumbuhan yang stabil meskipun dengan perlakuan salinitas yang berbeda. Pada interval 10-12 MST, perlakuan 3 dS/m kembali menunjukkan nilai LTR sebesar 1,51 g/minggu yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan 0 dS/m sebesar 1,41 g/minggu. Pola ini semakin menguatkan dugaan bahwa tanaman gambir memiliki kemampuan adaptasi terhadap cekaman salinitas pada kisaran konsentrasi 3 dS/m, di mana laju tumbuh relatifnya justru lebih tinggi dibandingkan perlakuan 0 dS/m.

Secara fisiologis, kemampuan tanaman untuk mempertahankan atau meningkatkan laju tumbuh relatif pada kondisi salinitas rendah hingga sedang diduga terkait dengan mekanisme adaptasi terhadap cekaman salinitas. Tanaman yang toleran memiliki selektivitas tinggi terhadap ion Na^+ dan Cl^- dengan membatasi penyerapannya, serta dapat mengakumulasi ion-ion garam tersebut pada jaringan akar untuk mencegah translokasi ke bagian atas tanaman, sehingga mengurangi toksisitas di tajuk (Wulandari dan Candra, 2025). Namun, pada konsentrasi garam yang sangat tinggi, mekanisme adaptasi ini tidak lagi efektif sehingga laju tumbuh relatif mengalami penurunan.

Berdasarkan hasil tersebut, cekaman salinitas NaCl pada kisaran 1–7 dS/m memberikan pengaruh yang bervariasi terhadap laju tumbuh relatif (LTR) bibit gambir. Pada konsentrasi rendah hingga sedang (1–3 dS/m), tanaman masih mampu mempertahankan bahkan meningkatkan LTR sebagai bentuk adaptasi. Namun, variasi nilai LTR antar perlakuan dan periode pengamatan menunjukkan bahwa respons tanaman bersifat dinamis, dipengaruhi oleh fase pertumbuhan dan tingkat konsentrasi garam yang diberikan.

L. Panjang dan Lebar Stomata

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap panjang dan lebar stomata gambir. Data panjang dan lebar stomata gambir disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Panjang dan lebar stomata akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Panjang Stomata (μm)	Lebar Stomata (μm)
0 dS/m	$24,88 \pm 1,10$	$14,00 \pm 0,72$
1 dS/m	$24,37 \pm 0,62$	$13,64 \pm 0,37$
3 dS/m	$22,01 \pm 3,08$	$12,34 \pm 1,11$
5 dS/m	$21,64 \pm 3,42$	$11,30 \pm 1,90$
7 dS/m	$21,04 \pm 3,87$	$9,95 \pm 4,05$
KK :	12,06%	17,11%

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%.

Hasil pengamatan panjang dan lebar stomata daun bibit gambir menunjukkan kecenderungan penurunan nilai seiring dengan peningkatan konsentrasi NaCl yang diberikan. Pada parameter panjang stomata, perlakuan 0 dS/m menunjukkan nilai $24,88 \mu\text{m}$, kemudian menurun pada 1 dS/m menjadi $24,37 \mu\text{m}$, pada 3 dS/m sebesar $22,01 \mu\text{m}$, pada 5 dS/m sebesar $21,64 \mu\text{m}$, dan pada 7 dS/m sebesar $21,04 \mu\text{m}$. Pola yang serupa juga teramati pada lebar stomata, di mana perlakuan 0 dS/m menunjukkan nilai $14,00 \mu\text{m}$, kemudian menurun pada 1 dS/m menjadi $13,64 \mu\text{m}$, pada 3 dS/m sebesar $12,34 \mu\text{m}$, pada 5 dS/m sebesar $11,30 \mu\text{m}$, dan pada 7 dS/m sebesar $9,95 \mu\text{m}$. Meskipun secara statistik perbedaan antar perlakuan tidak berbeda nyata, terdapat kecenderungan yang konsisten bahwa semakin tinggi konsentrasi NaCl, semakin kecil ukuran stomata yang terbentuk.

Kecenderungan penurunan panjang dan lebar stomata akibat peningkatan salinitas ini diduga merupakan salah satu bentuk respons adaptif tanaman terhadap cekaman lingkungan. Penelitian pada tanaman selada melaporkan bahwa aplikasi cekaman garam menyebabkan penurunan nilai seluruh parameter morfologi stomata, di mana panjang stomata terpendek dan lebar stomata terkecil diamati pada perlakuan dengan dosis garam tertinggi (Trusca *et al.*, 2025).

Penurunan bukaan stomata diduga disebabkan oleh menurunnya turgor sel penjaga akibat akumulasi ion Na^+ dan Cl^- di sekitar sel penjaga, yang kemudian memicu penutupan stomata sebagai bentuk adaptasi tanaman terhadap cekaman salinitas. Mekanisme penutupan ini bertujuan untuk mengurangi kehilangan air yang berlebihan di bawah kondisi cekaman salinitas. Hasil ini sejalan dengan

penelitian pada kelapa sawit yang menunjukkan bahwa penutupan stomata merupakan strategi menghindar (*avoidance*) untuk mencegah masuknya Na^+ ke dalam jaringan tanaman. Hibrida kelapa sawit toleran (PPKS 239 dan Dumpy) mampu menghadapi cekaman salinitas lebih baik melalui kemampuannya dalam penurunan densitas, lebar, panjang bukaan, dan konduktansi stomata, serta laju transpirasi (Yeza *et al.*, 2024).

Penutupan stomata berhubungan dengan peningkatan asam absisat (ABA), yang disebabkan oleh pengangkutan ion K^+ keluar dari sel penutup stomata, termasuk anion dan ion lain, sehingga tekanan turgor berkurang dan stomata menutup. Ketika tumbuhan mulai layu akibat cekaman salinitas, ABA terakumulasi di daun dan menyebabkan stomata menutup dengan cepat, sehingga mengurangi transpirasi dan mencegah kehilangan air lebih banyak lagi (Lestari, 2006). Cekaman kadar garam akan merangsang proses sintesis ABA di akar, kemudian akan diangkut oleh xilem dan menimbulkan reaksi pada stomata menyebabkan penutupan. Respons penutupan stomata sebagai adaptasi terhadap cekaman dilakukan dengan memproduksi hormon ABA dari sel-sel mesofil daun (Sujinah & Jamil, 2016). Dalam lingkungan dengan konsentrasi garam lebih tinggi (hipertonik), air keluar melalui osmosis dari sel penjaga, mengurangi tekanan osmotik dan menyebabkan plasmolisis sel penjaga, sehingga menghasilkan penutupan stomata untuk mencegah proses transpirasi.

Pada penelitian ini, cekaman salinitas menyebabkan penurunan panjang dan lebar stomata yang semakin nyata seiring peningkatan konsentrasi NaCl , mengindikasikan bahwa bibit gambir merespons dengan mengurangi ukuran stomata sebagai strategi adaptif untuk menekan transpirasi dan mempertahankan keseimbangan air. Secara umum, pemberian NaCl pada kisaran 1–7 dS/m menunjukkan kecenderungan penurunan dimensi stomata yang konsisten sebagai bentuk respons fisiologis untuk mengurangi kehilangan air dan mempertahankan kelangsungan hidup di bawah cekaman salinitas.

M. Kerapatan Stomata

Berdasarkan hasil analisis statistik menggunakan uji F taraf nyata 5%, menunjukkan bahwa pemberian NaCl tidak berbeda nyata terhadap kerapatan stomata gambir. Data kerapatan stomata gambir disajikan pada Tabel 13.

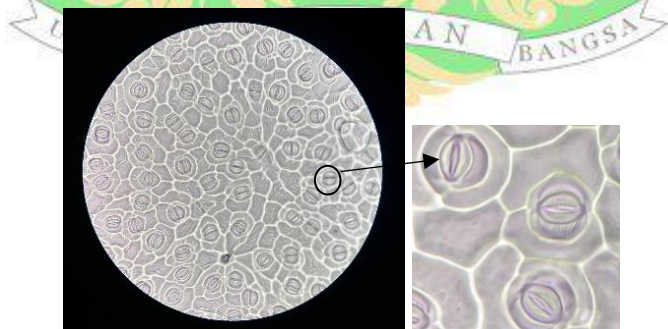
Tabel 13. Kerapatan stomata gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Kerapatan Stomata (stomata/mm ²)	Klasifikasi*
0 dS/m	397,96 ± 115,33	Sedang
1 dS/m	384,35 ± 56,20	Sedang
3 dS/m	365,65 ± 76,42	Sedang
5 dS/m	324,83 ± 69,64	Sedang
7 dS/m	307,83 ± 7,79	Sedang
KK : 20,72%		

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F taraf nyata 5%.

* : Kategori klasifikasi menurut Susilowati *et al.* (2022).

Hasil pengamatan kerapatan stomata daun bibit gambir menunjukkan adanya kecenderungan penurunan nilai seiring dengan peningkatan konsentrasi NaCl yang diberikan. Perlakuan 0 dS/m memiliki kerapatan stomata sebesar 397,96 stomata/mm², kemudian menurun pada 1 dS/m menjadi 384,35 stomata/mm², pada 3 dS/m sebesar 365,65 stomata/mm², pada 5 dS/m sebesar 324,83 stomata/mm², dan pada 7 dS/m sebesar 307,83 stomata/mm². Berdasarkan kriteria klasifikasi, seluruh perlakuan termasuk dalam kategori kerapatan stomata sedang, yang menunjukkan bahwa secara umum bibit gambir memiliki kerapatan stomata yang tergolong cukup. Gambar stomata pada bibit gambir dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 7. Representatif stomata daun gambir pada perlakuan salinitas dengan perbesaran 400x.

Penurunan kerapatan stomata akibat peningkatan salinitas ini diduga merupakan salah satu bentuk respons adaptif tanaman terhadap cekaman lingkungan. Semakin tinggi konsentrasi NaCl yang diberikan, semakin rendah

kerapatan stomata yang terbentuk pada daun. Dugaan ini diperkuat oleh penelitian pada mangrove yang menunjukkan bahwa kerapatan stomata menurun secara signifikan seiring dengan peningkatan salinitas (Krishanthiny *et al.*, 2025). Penurunan kerapatan stomata ini merupakan mekanisme tanaman untuk mengurangi kehilangan air melalui transpirasi, sehingga tanaman dapat mempertahankan keseimbangan air dalam jaringan daun.

Secara fisiologis, penurunan kerapatan stomata ini terjadi karena tanaman merespons cekaman salinitas dengan mengurangi jumlah stomata per satuan luas daun (Purwaningrahyu dan Taufik, 2017). Stomata berfungsi sebagai tempat pertukaran gas, seperti CO₂ yang diperlukan dalam proses fotosintesis dan uap air yang dilepaskan melalui transpirasi (Firzana, 2025). Pada kondisi salin, tanaman cenderung mengurangi jumlah stomata untuk menekan laju transpirasi dan menjaga keseimbangan air dalam jaringan. Selain itu, cekaman salinitas juga memengaruhi proses pembelahan sel dan diferensiasi stomata selama perkembangan daun, sehingga jumlah stomata yang terbentuk menjadi lebih sedikit (Nurfazirah, 2022).

Hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa penurunan kerapatan stomata diikuti oleh penurunan panjang dan lebar stomata seiring meningkatnya konsentrasi NaCl. Panjang stomata menurun dari 24,88 μm pada 0 dS/m menjadi 21,04 μm pada perlakuan 7 dS/m, sedangkan lebar stomata menurun dari 14,00 μm menjadi 9,95 μm . Pola ini mengindikasikan bahwa cekaman salinitas tidak hanya memengaruhi jumlah stomata yang terbentuk, tetapi juga menghambat perkembangan ukuran stomata. Secara fisiologis, stres osmotik dan toksisitas ion Na⁺ serta Cl⁻ dapat menghambat pembelahan dan pembesaran sel epidermis, termasuk diferensiasi sel penjaga stomata. Akibatnya, stomata yang terbentuk berukuran lebih kecil dan perkembangan stomata secara keseluruhan menjadi terhambat. Meskipun secara umum beberapa spesies menunjukkan hubungan berbanding terbalik antara ukuran stomata dan kerapatan stomata, hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa pada bibit gambir kedua karakter tersebut sama-sama mengalami penurunan seiring meningkatnya konsentrasi salinitas. Hal ini mengindikasikan bahwa cekaman salinitas pada bibit gambir tidak hanya membatasi ekspansi sel penyusun stomata, tetapi juga memengaruhi proses pembentukan stomata selama perkembangan daun.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat dilihat bahwa cekaman salinitas NaCl pada kisaran 1-7 dS/m menunjukkan kecenderungan menurunkan kerapatan stomata bibit gambir seiring peningkatan konsentrasi NaCl sebagai bentuk adaptasi tanaman untuk mengurangi kehilangan air dan mempertahankan kelangsungan hidup di bawah kondisi cekaman .

N. Kadar Klorofil

Klorofil merupakan pigmen hijau yang berperan vital dalam proses fotosintesis, berfungsi menangkap energi cahaya matahari untuk diubah menjadi energi kimia bagi pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hasil uji laboratorium, pemberian NaCl pada kadar klorofil bibit gambir dapat disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Kadar klorofil gambir akibat pemberian salinitas NaCl pada umur 12 MST.

Perlakuan Salinitas	Klorofil a	Klorofil b ($\mu\text{g}/\text{mg BS}$)	Klorofil total
0 dS/m	0,235	0,114	0,349
1 dS/m	0,244	0,123	0,366
3 dS/m	0,248	0,126	0,373
5 dS/m	0,262	0,140	0,402
7 dS/m	0,234	0,111	0,345

Hasil pengamatan kadar klorofil daun bibit gambir menunjukkan pola yang bervariasi pada berbagai taraf cekaman salinitas NaCl. Pada klorofil a, nilai yang diperoleh berkisar antara 0,234 hingga 0,262 $\mu\text{g}/\text{mg BS}$. Sementara itu, klorofil b memiliki kisaran nilai antara 0,111 hingga 0,140 $\mu\text{g}/\text{mg BS}$. Adapun klorofil total menunjukkan nilai antara 0,345 hingga 0,402 $\mu\text{g}/\text{mg BS}$.

Pola yang menarik terlihat pada klorofil a yang meningkat pada konsentrasi NaCl rendah hingga sedang (1 dS/m hingga 5 dS/m), kemudian menurun tajam pada konsentrasi tertinggi (7 dS/m). Hal ini mengindikasikan bahwa pada konsentrasi NaCl tertentu, tanaman gambir masih mampu mempertahankan bahkan meningkatkan kandungan klorofil a sebagai bentuk respons adaptif terhadap cekaman salinitas. Peningkatan klorofil a pada konsentrasi rendah hingga sedang diduga terkait dengan mekanisme adaptasi tanaman untuk mempertahankan

kapasitas fotosintetiknya, di mana tanaman yang toleran terhadap salinitas cenderung mengembangkan mekanisme untuk menjaga kadar klorofil tetap stabil atau bahkan meningkat sebagai bentuk respons fisiologis terhadap lingkungan yang kurang menguntungkan (Santoso *et al.*, 2012).

Penurunan drastis klorofil a pada 5 dS/m menunjukkan bahwa pada konsentrasi NaCl yang lebih tinggi, efek toksik ion Na^+ dan Cl^- diduga mulai mendominasi dan merusak struktur kloroplas, sehingga sintesis klorofil a terganggu (Munns dan Tester, 2008). Hal ini sejalan dengan penelitian pada kedelai yang menunjukkan bahwa peningkatan salinitas tanah di atas 5,8 dS/m sudah mulai menurunkan kadar klorofil pada semua genotipe kedelai (Purwaningrahayu *et al.*, 2016).

Sementara itu, klorofil b dan klorofil total pada 7 dS/m justru menunjukkan nilai tertinggi. Pola ini perlu dimaknai secara hati-hati mengingat data yang diperoleh bersifat deskriptif tanpa ulangan, sehingga kenaikan tersebut belum dapat dipastikan mencerminkan mekanisme biologis yang konsisten. Meski demikian, kemungkinan tanaman melakukan penyesuaian dengan mempertahankan klorofil b sebagai antena penangkap cahaya tidak dapat diabaikan begitu saja (Taiz dan Zeiger, 2010).

Secara umum, kandungan klorofil yang masih dapat dipertahankan atau meningkat pada konsentrasi NaCl rendah hingga sedang menunjukkan indikasi bahwa bibit gambir memiliki kemampuan adaptasi terhadap cekaman salinitas pada tingkat tertentu. Namun, pada konsentrasi NaCl yang lebih tinggi, kemampuan ini mulai menurun karena efek toksik mulai mendominasi dan menyebabkan penurunan kadar klorofil, yang mengindikasikan terganggunya proses fotosintesis.