

Pertumbuhan dan Kandungan Klorofil Mangrove *Rhizophora Stylosa* Griff pada Salinitas yang Berbeda

Growth and Chlorophyll Content of Mangrove *Rhizophora stylosa* Griff at Different Salinities

Endah Dwi Hastuti*, Mahatma Narendra Niti, Erma Prihastanti

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang 50275

*Email: endah_pdil@yahoo.com

Diterima 12 November 2024 / Disetujui 26 November 2024

ABSTRAK

Permasalahan yang dialami vegetasi mangrove adalah populasinya yang kian menyusut drastis. Pengujian pertumbuhan dan kandungan klorofil *R. stylosa* harus dilakukan agar proses rehabilitasi di alam liar bisa sesuai dengan kondisi salinitas yang ada. Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penanaman *R. stylosa* dilakukan menggunakan ember yang diberi larutan salinitas dengan variasi: 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, dan 30 ppt masing-masing tiga kali ulangan. Parameter penelitian adalah: diameter batang, tinggi batang, jumlah daun, luas daun, dan kandungan klorofil. Data dianalisis dengan ANOVA, apabila terdapat perbedaan nyata maka dilakukan uji DMRT dengan kepercayaan 95%. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan pada pertumbuhan diameter batang, tinggi batang, jumlah daun, dan luas daun, namun terdapat kecenderungan hasil terbaik terdapat pada salinitas 15 ppt dengan diameter batang (1,68 mm²), tinggi batang (15,53 cm), jumlah daun (5,33), dan luas daun (1650,79 mm²). Hasil uji ANOVA pada kandungan klorofil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antar perlakuan. Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa kandungan klorofil paling tinggi terdapat pada salinitas 15 ppt (11,015 mg/L).

Kata kunci: filtrasi, cekaman osmotik, turgor, fotosintesis

ABSTRACT

The problem experienced by mangrove vegetation is that its population is decreasing drastically. Testing of the growth and chlorophyll content of *R. stylosa* must be carried out so that the rehabilitation process in the wild can be in accordance with existing salinity conditions. This research was conducted in a completely randomised design (CRD). Planting of *R. stylosa* was done using a bucket that was given a salinity solution with variations: 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, and 30 ppt each with three replications. The research parameters were stem diameter, stem height, number of leaves, leaf area, and chlorophyll content. Data were analysed by ANOVA, if there were significant differences then DMRT test was conducted with 95% confidence. ANOVA results showed that there were no significant differences between treatments on the growth of stem diameter, stem height, number of leaves, and leaf area, but there was a tendency that the best results were in 15 ppt salinity with stem diameter (1.68 mm²), stem height (15.53 cm), number of leaves (5.33), and leaf area (1650.79 mm²). ANOVA test results on chlorophyll content showed that there were significant differences between treatments. The DMRT test results showed that the highest chlorophyll content was found at 15 ppt salinity (11.015 mg/L).

Keywords: filtration, osmotic stress, turgour, photosynthesis

PENDAHULUAN

Mangrove adalah kelompok tumbuhan yang berhabitat di wilayah pesisir dan hilir sungai. Menurut Ritohardoyo dan Galuh (2014), mangrove memiliki habitat yang tersebar di rawa-rawa hingga sepanjang garis pantai. Vegetasi mangrove didominasi oleh spesies-spesies tumbuhan yang mampu bertahan pada zona pasang surut dengan substrat berpasir dan berlumpur. Permasalahan yang dialami vegetasi mangrove adalah populasinya yang kian menyusut drastis. Menurunnya populasi mangrove diakibatkan oleh aktivitas manusia yang mengalihfungsikan lahan mangrove. Menurut Umayah *et al.* (2016), 42% atau sekitar 7,6 juta hutan mangrove di Indonesia mengalami kerusakan akibat alih fungsi lahan mangrove menjadi: pemukiman, budidaya, dan wahana rekreasi. Kerusakan ini semakin parah akibat kenaikan perubahan iklim yang menyebabkan masifnya intrusi air laut, sehingga pertumbuhan mangrove tertangu. Berdasarkan pernyataan Armis (2017), Perubahan iklim menyebabkan penurunan curah hujan, penurunan kelembaban, dan kenaikan suhu. Perubahan iklim juga membuat intrusi air laut melalui gelombang pasang semakin agresif. Efek intrusi air laut adalah menurunnya kadar oksigen terlarut dan meningkatkan salinitas perairan, sehingga pertumbuhan dan fotosintesis mangrove terhambat.

Menurut Noprianti *et al.* (2018), *Rhizophora stylosa* tersebar di berbagai pulau di Indonesia meliputi: Sumatra, Jawa, Kalimantan, dan Sulawesi. Populasi *Rhizophora stylosa* juga terus menurun akibat pemanfaatan berlebih dan kenaikan salinitas air laut. Berdasarkan pernyataan Kurniawan (2018), *R. stylosa* terus mengalami penurunan populasi akibat terlalu sering ditebang dan dimanfaatkan oleh masyarakat. Pertumbuhan *R. stylosa* juga semakin sulit dikarenakan salinitas muara di Indonesia semakin tinggi akibat intrusi air laut yang semakin meningkat. Pengujian pertumbuhan dan kandungan klorofil *R. stylosa* harus dilakukan agar proses rehabilitasi di alam liar bisa sesuai dengan kondisi salinitas yang ada. Alasan mengapa perlu meneliti kandungan klorofil adalah salinitas merusak keseimbangan ion, nutrien, oksidatif, dan tekanan osmotik dalam tanah

sehingga menghambat sintesis klorofil pada daun. Menurut pernyataan Nurcahyani, dkk (2022), penurunan kandungan klorofil disebabkan salinitas berlebih yang menjadi faktor ketidakstabilan potensi osmotik, ion/hara, dan oksidatif dalam jaringan tanaman sehingga sintesis klorofil terhambat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022-Januari 2023. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit *R. stylosa*, garam, sedimen, humus, dan air ledeng. Rancangan percobaan yang dipakai adalah Rancangan Acak Lengkap satu faktor (perbedaan salinitas) dengan 5 taraf perlakuan yaitu: 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, dan 30 ppt dengan 3 ulangan. Data yang dihasilkan dianalisis menggunakan Analysis of Variance (ANOVA) dan uji lanjut DMRT (Duncan's Multiple Range Test) dengan taraf signifikansi 5%.

Pembuatan Larutan Salinitas

Pembuatan larutan salinitas dilakukan dengan cara garam kasar disiapkan untuk membuat larutan salinitas. Garam kasar juga diasumsikan memiliki tingkat kemurnian 90%. Garam kasar dilarutkan ke dalam air dengan rumus :

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$$

Keterangan:

V_1 = volume air yang diinginkan

N_1 = konsentrasi garam yang diinginkan

V_2 = volume air yang ditambahkan

N_2 = konsentrasi garam laut (kemurnian dianggap 90%)

Penyiapan Media, Bibit dan Penanaman

Sedimen laut dan pupuk dicampurkan dengan perbandingan 3:1, Artinya setiap 4,95 kg sedimen dicampur dengan 1,65 kg pupuk. Medium tanaman diukur salinitasnya, jika salinitas terlalu tinggi dengan perlakuan penelitian maka dibilas dengan air hingga salinitasnya turun. Seleksi bibit *R. stylosa* dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: Bibit *R. stylosa* digunakan berumur 5 bulan. Bibit yang dipilih harus bebas dari gangguan hewan, bakteri, fungi, protista, dan virus patogen. Bibit *R. stylosa* memiliki ukuran yang seragam (diameter batang \pm 8 cm, tinggi batang \pm 35 cm, dan

jumlah daun 5-7 cm). Bibit yang dipilih hendaknya juga mempunyai fenotipe yang sehat, bewarna hijau cerah, batangnya tegak, dan tidak ada bekas gigitan hewan. Proses penanaman *R. stylosa* dilakukan cara sedimen laut dan pupuk yang sudah dicampurkan ditaruh ke ember sampai 1/3 isinya. Bibit *R. stylosa* dikeluarkan dari *polybag* dan ditanam ke dalam media tanam. Ember diisi dengan larutan salinitas dengan tingkatan: 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, dan 30 ppt. Ketinggian air untuk setiap ember adalah 15 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Salinitas 15 ppt menyebabkan pertumbuhan diameter batang tertinggi karena salinitasnya yang paling rendah, sehingga akar masih efektif mengekskresi garam dan tekanan osmotik tetap terjaga. Berdasarkan pernyataan Kumar *et al.* (2021) rendahnya garam pada air dan substrat turut meminimalkan stres pada tanaman. Sedikitnya garam yang diserap tanaman membuat rendahnya akumulasi ion Na^+ dan Cl^- , sehingga menjaga tekanan osmotik masih tetap stabil. Pertumbuhan diameter batang terendah ada pada salinitas 30 ppt karena memiliki konsentrasi garam yang tinggi. Salinitas yang terlalu tinggi membuat akar tidak bisa memfiltrasi secara efektif, sehingga banyak ion Na^+ dan Cl^- yang lolos ke dalam tubuh dan menyebabkan gangguan osmotik. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lu dan Fricke (2023) yang menyatakan bahwa saat cekaman salinitas terlalu kuat maka endodermis akar kesulitan untuk memfiltrasi ion Na^+ dan Cl^- yang nantinya ditransportasikan xylem untuk diakumulasi di dalam tubuh. Penumpukan ion-ion garam berlebihan menyebabkan kenaikan tekanan osmotik yang menyebabkan hilangnya tekanan turgor. Sel-sel mengalami kematian karena dinding selnya robek akibat tekanan turgor yang menurun. Sel epidermis sebagai filter garam rusak dikarenakan tidak mampu menahan tingginya salinitas.

Salinitas 15 ppt memiliki pertumbuhan tinggi batang tertinggi karena salinitasnya yang paling rendah, sehingga aquaporin bisa berfungsi optimal. Aquaporin adalah struktur protein yang sangat selektif dalam penyerapan zat, sehingga hanya air yang bisa masuk ke dalam sel. Berdasarkan pernyataan Kurniadi (2012) membran sel memiliki

protein yang membentuk pori-pori dengan nama aquaporin. Fungsi dari aquaporin adalah untuk mentransportasikan air ke dalam sel dan menahan zat-zat yang tidak diinginkan. Hasil pertumbuhan tinggi batang terendah ada pada Salinitas 30 ppt. Tingginya salinitas membuat gangguan osmotik, sehingga *R. stylosa* gagal memanfaatkan sistem hidrolik untuk transportasi air dan zat hara melalui xylem. Berdasarkan pernyataan Hameed *et al.* (2014) dan Yan *et al.* (2021) tingginya salinitas akibat pengendapan garam yang dibawa air laut membuat proses pengambilan air dan nutrisi tidak optimal. Tekanan yang osmotik naik akibat absorpsi ion Na^+ dan Cl^- berlebih menyebabkan mekanisme hidrolik untuk membawa air dan zat-zat esensial melalui pembuluh xylem ikut terganggu. Kurangnya makronutrien (N, P, K, Mg, dan S) terutama N dan mikronutrien (B, Cu, Mn, dan Mo) mengakibatkan pertumbuhan tinggi tanaman menjadi sulit.

Perubahan jumlah daun tertinggi ada pada salinitas 15 ppt dikarenakan salinitas yang rendah dapat meningkatkan sintesis auksin dan sitokinin banyak dan menghambat sintesis asam absisat. Pengaruh salinitas juga terlihat dalam kinerja fitohormon yang berperan dalam pertumbuhan tanaman. Rendahnya salinitas menyebabkan penurunan asam absisat yang disintesis di akar sedikit. Sintesis auksin dan sitokinin masih bisa merangsang pertumbuhan tanaman. Berdasarkan pernyataan Cackett *et al.* (2022), rendahnya salinitas membuat tanaman hanya sedikit mensintesis asam absisat di akar untuk menjaga kestabilan osmotik. Tanaman bisa memfokuskan meristemnya untuk mensintesis auksin dan sitokinin untuk pertumbuhan tanaman karena sel-sel dalam keadaan turgor, sehingga mudah untuk melakukan perpanjangan dan pembelahan.

Salinitas 30 ppt memiliki perubahan jumlah daun terendah akibat tingginya cekaman garam. Stres salinitas juga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena mengurangi efektivitas fitohormon. Terhambatnya sintesis auksin dan sitokinin terjadi akibat akumulasi garam dalam tubuh terlalu tinggi. Berdasarkan pernyataan Quamruzzaman *et al.* (2021), auksin diproduksi di ujung batang untuk memacu pertumbuhan jumlah daun dan bekerja secara sinergis bersama sitokinin.

Saat cekaman garam tinggi maka tanaman menggunakan energinya untuk mempertahankan sel agar tetap turgor. Pengaruh lain saat tingginya cekaman garam adalah berkurangnya akumulasi auksin, sitokinin, sel-sel sulit memanjang, dan membelah, sehingga pertumbuhan jumlah daun melambat.

Pertumbuhan luas daun tertinggi ada di Salinitas 15 ppt dikarenakan memiliki salinitas terendah, sehingga memudahkan proses fotosintesis untuk menghasilkan fotosintat. Berdasarkan pernyataan Maeda *et al.* (2020), bahwa salinitas menghambat laju fotosintesis tanaman, sehingga hasil fotosintat bisa digunakan untuk perluasan daun. Auksin dan sitokinin juga berperan dalam perpanjangan dan pelebaran daun, sehingga areanya menjadi lebih besar. Berdasarkan pernyataan Sosnowski *et al.* (2023), auksin dan sitokinin berguna dalam perpanjangan dan pelebaran daun, sehingga membuat permukaannya menjadi lebih luas.

Salinitas 30 ppt menunjukkan pertumbuhan luas daun yang paling rendah. Kuatnya salinitas juga berpengaruh terhadap laju fotosintesis karena mengurangi pembukaan stomata, sehingga penyerapan karbon dioksida berkurang. Kurangnya pasokan air dan zat hara juga membuat proses fotosintesis terhambat. Berdasarkan pernyataan Koubouris *et al.* (2015) kecepatan fotosintesis di daun berkurang saat salinitas terlalu tinggi dikarenakan Na^+ dan Cl^- yang ditimbun merangsang penutupan stomata. Kurangnya produksi fotosintat mengakibatkan pertumbuhan tanaman melambat. Akhoundnejad *et al.* (2018) menambahkan bahwa konsentrasi garam dalam tubuh yang terlalu kuat menyebabkan kegagalan untuk merehabilitasi

membran seluler, sehingga tanaman menjadi stres. Tingginya akumulasi garam di dalam tanaman juga menyebabkan pasokan air, makronutrien (N,P, K, Mg, dan S) terutama N dan mikronutrien (B, Cu, Mn, dan Mo) berkurang, sehingga menghambat proses fotosintesis yang berakibat pertumbuhan luas daun melambat.

Kandungan klorofil tertinggi ada pada salinitas 15 ppt dikarenakan salinitas tersebut belum menyebabkan cekaman, sehingga transportasi air dan mineral pada tanaman berjalan normal. Kondisi tersebut menyebabkan penyerapan magnesium dan besi yang mengakibatkan proses sintesis klorofil berjalan lancar. Berdasarkan pernyataan Farooq *et al.* (2017), salinitas rendah membuat mangrove mampu menjaga keseimbangan tekanan osmotiknya. Sedikitnya konsentrasi ion Na^+ dan Cl^- yang terlarut dalam air membuat akar bisa menyerap magnesium dan besi secara optimal.

Kandungan klorofil terendah ada pada salinitas 30 ppt dikarenakan gangguan penyerapan akibat cekaman garam berlebih. Gangguan absorpsi air maupun nutrien terutama Fe dan Mg membuat sintesis klorofil menurun. Sintesis klorofil melambat akibat kurangnya zat besi. Berdasarkan pernyataan Ebrahimi *et al.* (2023), klorofil a ($\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{MgO}_5\text{N}_4$) dan klorofil b ($\text{C}_{55}\text{H}_{70}\text{MgN}_4\text{O}_6$) menggunakan magnesium sebagai titik sentral ikatan senyawanya. Encarnação *et al.* (2012) menambahkan bahwa kekurangan besi (Fe) menghambat penyusunan ikatan klorofil. Menurut Tarigan *et al.* (2017), salinitas tinggi menyebabkan pengambilan air, magnesium (Mg), nitrogen (N), besi (Fe), dan karbon dioksida (CO_2) terhambat, sehingga sintesis klorofil ikut menurun.

Tabel 1. Pertumbuhan diameter batang, tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, kandungan klorofil *r. stylosa* pada berbagai perlakuan salinitas

Salinitas (PPT)	Diameter batang (mm ²)	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Luas daun (mm ²)	Kandungan klorofil (mg/L)
15	1,68	15,53	5,33	1650,79	11,015 ^a
20	1,57	10,93	2,67	1165,17	10,103 ^a
25	1,03	9,77	1,33	1189,90	5,779 ^b
30	0,63	10,30	1,67	930,36	5,829 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada taraf 95% ($\alpha=5\%$)

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, salinitas berpengaruh terhadap penurunan pertumbuhan dan kandungan klorofil *R. stylosa* seiring peningkatan konsentrasinya mulai dari: 15 ppt, 20 ppt, 25 ppt, dan 30 ppt secara berturut-turut. Salinitas yang menghasilkan pertumbuhan dan kandungan klorofil *R. stylosa* tertinggi terdapat pada salinitas 15 ppt.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Mangrove Research Project yang didanai melalui hibah penelitian Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro dengan No 24.G/UN7.F8/PP/II/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhoundnejad, Y., Altuntas, O., & Dasgan, H. Y. (2018). Silicon-Induced Salinity Tolerance Improves Photosynthesis, Leaf Water Status, Membrane Stability, and Growth in Pepper (*Capsicum annum* L.). *HortScience*, 53(12), 1820–1826. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13411-18>
- Armis, A. (2017). *Analisis Salinitas Air pada Down Stream dan Middle Stream Sungai Pampang Makassar* [Journal]. Universitas Hasanuddin.
- Cackett, L., Cannistraci, C. V., Meier, S., Ferrandi, P., Pěňčík, A., Gehring, C., Novák, O., Ingle, R. A., & Donaldson, L. (2022). Salt-Specific Gene Expression Reveals Elevated Auxin Levels in *Arabidopsis thaliana* Plants Grown Under Saline Conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.804716>
- Ebrahimi, P., Shokramraji, Z., Tavakkoli, S., Mihaylova, D., & Lante, A. (2023). Chlorophylls as Natural Bioactive Compounds Existing in Food By-Products: A Critical Review. In *Plants* (Vol. 12, Issue 7). MDPI. <https://doi.org/10.3390/plants12071533>
- Encarnação, T., Burrows, H. D., Pais, A. A. C. C., Campos, M. G., Pais, A. C., & Kremer, A. (2012). Effect of N and P on the Uptake of Magnesium and Iron and on the Production of Carotenoids and Chlorophyll by the Microalgae *Nannochloropsis* sp. In *Article in Journal of Agricultural Science and Technology* (Vol. 2). <https://www.researchgate.net/publication/279995875>
- Farooq, M., Gogoi, N., Hussain, M., Barthakur, S., Paul, S., Bharadwaj, N., Migdadi, H. M., Alghamdi, S. S., & Siddique, K. H. M. (2017). Effects, Tolerance Mechanisms and Management of Salt Stress in Grain Legumes. In *Plant Physiology and Biochemistry* (Vol. 118, pp. 199–217). Elsevier Masson SAS. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.020>
- Hameed, A., Rasheed, A., Gul, B., & Khan, M. A. (2014). Salinity Inhibits Seed Germination of Perennial Halophytes *Limonium stocksii* and *Suaeda fruticosa* by Reducing Water Uptake and Ascorbate Dependent Antioxidant System. *Environmental and Experimental Botany*, 107, 32–38. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.04.005>
- Koubouris, G. C., Tzortzakis, N., Kourgialas, N. N., Darioti, M., & Metzidakis, I. (2015). Growth, Photosynthesis and Pollen Performance in Saline Water Treated Olive Plants Under High Temperature. *International Journal of Plant Biology*, 6(1). <https://doi.org/10.4081/pb.2015.6038>
- Kumar, S., Li, G., Yang, J., Huang, X., Ji, Q., Liu, Z., Ke, W., & Hou, H. (2021). Effect of Salt Stress on Growth, Physiological Parameters, and Ionic Concentration of Water Dropwort (*Oenanthe javanica*) Cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.660409>
- Kurniadi. (2012). Peran Aquaporin dalam Pengaturan Transportasi Air. *Jurnal Kesehatan Prima*, 6(2), 976–981.
- Kurniawan, P. (2018). Analisa Pengaruh Tingkat Salinitas Genangan Akibat Pasang Surut terhadap Karakteristik dan Stabilitas Lapis Permukaan Perkerasan Beraspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(1), 1–16.
- Lu, Y., & Fricke, W. (2023). Salt Stress—Regulation of Root Water Uptake in a Whole-Plant and Diurnal Context. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 9). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms24098070>
- Maeda, K., Johkan, M., Tsukagoshi, S., & Maruo, T. (2020). Effect of Salinity on Photosynthesis and Distribution of Photosynthates in the Japanese Tomato ‘cf momotaro york’ and the Dutch Tomato

- 'endeavour' with Low Node-Order Pinching and a High-Density Planting System. *Horticulture Journal*, 89(4), 454–459. <https://doi.org/10.2503/hortj.UTD-167>
- Noprianti, M., Andi Nur Samsi, & Alin Liana. (2018). Studi Pemanfaatan Mangrove *Rhizophora Stylosa* oleh Masyarakat Pulau Bauluang Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Biologi*, 2(1), 9–13.
- Quamruzzaman, M., Manik, S. M. N., Shabala, S., & Zhou, M. (2021). Improving Performance of Salt-Grown Crops by Exogenous Application of Plant Growth Regulators. In *Biomolecules* (Vol. 11, Issue 6). NLM (Medline). <https://doi.org/10.3390/biom11060788>
- Ritohardoyo, S., & Galuh Bayu Ardi. (2014). Arahan Kebijakan Pengelolaan Hutan Mangrove: Kasus Pesisir Kecamatan Teluk Pakedai, Kabupaten Kuburaya, Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Geografi*, 11(1), 43–57.
- Sosnowski, J., Truba, M., & Vasileva, V. (2023). The Impact of Auxin and Cytokinin on the Growth and Development of Selected Crops. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture13030724>
- Tarigan, D. M., Irna Syofia, & Sri Utami. (2017). Chlorophyll Content of Wheat Plant on Some Nitrogen Interaction with Potassium in the Karo Highlands. *7th AIC-ICMR on Health and Life Sciences*, 300–306.
- Umayah, S., Gunawan, H., Biologi, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2016). Tingkat Kerusakan Ekosistem Mangrove di Desa Teluk Belitung Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti. In *Jurnal Riau Biologia* (Vol. 1, Issue 4).
- Yan, S., Gao, Y., Tian, M., Tian, Y., & Li, J. (2021). Comprehensive Evaluation of Effects of Various Carbon-Rich Amendments on Tomato Production under Continuous Saline Water Irrigation: Overall Soil Quality, Plant Nutrient Uptake, Crop Yields and Fruit Quality. *Agricultural Water Management*, 255. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106995>