

SERAPAN NATRIUM DAN KLOLIN OLEH AKAR KIARA PAYUNG (*Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites) PADA KONDISI CEKAMAN NATRIUM HIPOKLORIT

Joko Widhodho¹⁾, Elly Proklamasiningsih²⁾, Pudji Widodo³⁾
^{1,2,3)} Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto
joko.widhodho@mhs.unsoed.ac.id
elly.proklamasi@gmail.com
pudjiunsoed@gmail.com

Abstract

Sodium hypochlorite (NaClO) was a chemical compound commonly used as a whitening and disinfectant agent. Kiara payung (*Filicium decipiens*), or the fern tree, was chosen as the object of research because it is easily obtained, has rapid growth, and thought to respond to alien substances' stress. The main purpose of this study was to find out the response of the fern tree plant, which is given stress from sodium hypochlorite. The experiment was conducted using complete randomized design with three replicates. Treatments were four concentration of sodium hypochlorite (0, 0.1, 0.3, and 0.5 %). The independent variable in this study was Sodium Hypochlorite Concentration, and the dependent variable was Sodium Hypochlorite Uptake Value. This study showed that the concentration of sodium hypochlorite had a positive effect on the uptake of sodium hypochlorite. In the future, the study should check the absorption based on soil level and examine other parts of the plant, as well as to evaluate the correlation between genetic factor of kiara payung and various sodium hypochlorite concentration.

Keywords: Fern tree, Root, Sodium Hypochlorite, Stress

1. PENDAHULUAN

Kiara payung (*Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites) atau ki sabun merupakan salah satu spesies tumbuhan termasuk dalam suku lerak-lerakan (Sapindaceae) yang berasal dari Asia dan Afrika (Pow Science Kew, 2021). Di Indonesia, kiara payung banyak ditanam di pinggir jalan, halaman kantor, dan sekolah sebagai pohon peneduh, tujuan estetika, peredam kebisingan, penyerap logam berat, dan pemecah angin (Prinajati, 2019).

Penanaman kiara payung di kawasan pinggir jalan diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2008 Tahun 2008 tentang Pedoman Penyediaan dan Pemanfaatan Ruang Terbuka Hijau di Kawasan Perkotaan. Meskipun kiara payung memiliki fungsi yang beragam, namun adanya penyerapan senyawa kimia asing yang berlebihan diduga dapat merusak dan mengubah bentuk sistem perakaran kiara payung, khususnya pada fase *juvenil*. Akar yang berubah sistem akarnya dapat meningkatkan potensi pohon mudah tumbang, erosi tanah, atau tubuh pohon cepat mati karena penyerapan nutrisi yang terganggu (Ramos-Rivera *et al.*, 2020). Salah satu senyawa kimia asing yang dimaksud adalah larutan disinfektan.

Disinfektan sering dipakai untuk disinfeksi rumah, jalan, atau tempat-tempat publik seperti yang dilakukan saat pandemi COVID-19 (Andrasto *et al.*, 2021). Pohon-pohon yang ditanam di sepanjang pinggir jalan ikut terkena dari cairan disinfektan, tidak terkecuali pohon kiara payung (Suryandari dan

Haidarravy, 2020). Saat ini, disinfektan banyak digunakan di industri pertanian, kimia, makanan, gelas, kertas, farmasi, sintetik, dan pembuangan air. Bahan disinfektan umumnya terdiri atas natrium hipoklorit, klorin, dan pemutih (Nabi *et al.*, 2020).

Senyawa klorin juga dapat digunakan untuk pengolahan elektrokimia air yang terkontaminasi pewarna. Terkadang, NaClO ditambahkan ke air limbah industri untuk mengurangi bau (Fargašová, 2017a). Klorin di dalam air dapat dalam bentuk gas terlarut (Cl₂), asam hipoklorit (HOCl), atau ion hipoklorit (OCl⁻). Klorin yang larut dan terurai juga dapat terjadi ikatan dengan amina (amonia atau nitrogen) atau senyawa organik lainnya. Air dengan produk natrium hipoklorit komersial yang dilepaskan ke lingkungan memiliki konsentrasi yang cukup rendah, namun efek toksik yang kuat pada invertebrata air tawar dan bakteri dapat muncul (Fargašová, 2017a).

Saat ini, sangat sedikit pelaporan dan penelitian mengenai dampak yang ditimbulkan oleh disinfektan terhadap tumbuhan. Namun demikian, ada penelitian yang menunjukkan bahwa disinfektan (NaClO 10%) toksik bagi pertumbuhan semai *Sinapsis alba* (Fargašová, 2017b). Sementara itu, penelitian lainnya menunjukkan bahwa penggunaan natrium hipoklorit (NaClO 10%) sebagai zat kimia dengan tujuan sterilisasi menyebabkan panjang akar sorgum paling pendek dan kolonisasi akar sorgum paling sedikit (Dewi *et al.*, 2017). Toksisitas ion klorin (Cl⁻) dan natrium (Na⁺) dianggap sebagai penyebab utama zat yang akan

melakukan kerusakan jaringan tumbuhan sehingga pertumbuhan terganggu.

Natrium hipoklorit adalah zat oksidan yang memiliki daya pengoksidasi kuat dan potensial redoks tinggi. Dengan menambahkan natrium hipoklorit ke dalam air, asam hipoklorit (HClO) dan ion hipoklorit (ClO) terbentuk. Keseimbangan bentuk ini hanya bergantung pada pH air (pKa untuk HClO atau ClO adalah ~7,4). Saat NaClO dalam air, secara bertahap zat akan habis untuk oksidasi senyawa anorganik dan organik. Namun, hipoklorit adalah oksidan selektif yang sangat merusak yang bereaksi mudah dengan semua biomolekul (Muslim dan Inayah, 2018).

Dalam keadaan bubuk anhidrat, natrium hipoklorit memiliki berat molekul 74,5 g/mol dengan rona warna putih agak kekuningan. Nilai densitas 1,21-1,23 g/cm³ menyatakan bahwa natrium hipoklorit dapat disimpan hingga 2 minggu pada temperatur di bawah 20°C. Natrium hipoklorit terkenal sebagai bahan kimia pemutih pengoksidasi yang digunakan dalam proses pemutihan untuk memecah warna yang natural pada serat kapas, menyebabkan *fiber* menjadi menjadi putih (Urban, 2007). Oksigen bebas yang bereaksi secara beruntun, dapat mengoksidasi rantai molekul tidak jenuh, semisal ikatan-ikatan ganda pada zat warna, selulosa, dan pigmen (Cockett dan Hilton, 1961).

Klorin (Cl) diklasifikasikan sebagai mikronutrien tanaman yang penting untuk pertumbuhan tanaman yang tepat dan dibutuhkan dalam jumlah kecil. Zat ini penting untuk fotosintesis yang bertindak sebagai faktor pendukung yang terlibat dalam kontrol stomata, memainkan beberapa peran penting dalam penyesuaian osmotik, dan penekanan penyakit tanaman. Bahan kimia ini juga terlibat dalam pengendalian aktivitas enzim dalam sitoplasma, beroperasi sebagai anion lawan untuk menstabilkan potensial membran, mengatur turgor, dan pH. Kekurangan klorin memicu klorosis dan nekrosis. Nekrosis muncul di sepanjang tepi dan ujung daun, dengan daun lebih kecil dari biasanya dan pertumbuhan tanaman juga berkurang. Gejala biasanya terlihat pertama kali pada daun yang lebih tua (Fargašová, 2017b).

Ketika natrium hipoklorit muncul di tanah, zat ini umumnya bekerja sebagai pelarut organik dan pelarut lipid, lalu mendegradasi asam lemak bahan organik dan mengubahnya menjadi bentuk senyawa garam asam lemak (sabun) dan gliserol (alkohol). Kadar nilai tegangan permukaan larutan sisa akan berkurang sebagai akibat dari reaksi ini (reaksi saponifikasi). Asam amino juga dinetralkan oleh natrium hipoklorit, menghasilkan pembentukan air dan garam (reaksi netralisasi). Akar tanaman mengeluarkan ion hidroksil, menyebabkan penurunan pH dan pembentukan asam hipoklorit. Saat asam ini bersentuhan dengan jaringan organik, zat ini melepaskan klorin, yang digabungkan

dengan gugus protein amino (NH) untuk menghasilkan kloramin (reaksi kloraminasi). Hidrolisis terjadi karena pemecahan asam amino yang disebabkan oleh asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl). Kloramin terbentuk sebagai hasil reaksi kloraminasi antara klorin dan gugus amino (NH) (Estrela *et al.*, 2002).

Natrium hipoklorit diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk senyawa natrium (Na), klorin (Cl), dan hipoklorit (OCl atau ClO). Beberapa tumbuhan melakukan akumulasi Na di batang dan daun yang dipercepat oleh konsentrasi Na yang tinggi dalam media tanah atau dapat dihasilkan dari suplai selama periode waktu yang lama (Cooil, de la Fuente, dan de la Pena, 1965). Ion Na yang berlebihan akan mengganggu ion kalium (K) dan kalsium (Ca), sehingga menyebabkan tumbuhan menutup stomata, menurunkan fotosintesis, dan menekan pertumbuhan (Tavakkoli, Rengasamy, dan McDonald, 2010).

Terjadinya hal ini disebabkan karena Na mirip dengan K dalam sifat fisika-kimia dan bersaing dengan K sebagai faktor utama dalam proses transpor aktif (Hasegawa *et al.*, 2000). Selain itu, Na juga memiliki efek toksik pada sel tanaman dan homeostasis ion di seluruh tanaman dan juga menginduksi pengeluaran K dari sel akar (Munns dan Tester, 2008). Sementara itu, klorin dan hipoklorit diangkut ke xylem melalui dua jalur, yakni jalur simplastik (sitoplasma) dan jalur apoplastik (ekstraseluler). Proses pemberian kedua zat ini kepada tumbuhan akan mempengaruhi fluks dan akumulasinya ke dalam tumbuhan dan distribusinya di dalam tumbuhan (Fargašová, 2017b).

Klorin berada di tanah terutama sebagai ion (Cl), yang tidak mudah membentuk kompleks dan ditolak dari permukaan mineral yang bermuatan negatif pada banyak partikel tanah. Fakta ini mengubah pergerakan (Cl) di dalam tanah dan konsekuensi dari adsorpsi yang sedikit ke komponen tanah. Pergerakannya di dalam tanah sangat ditentukan oleh aliran air (Fargašová, 2017a). Selain itu, klorin terlarut yang terdisosiasi menjadi ion hipoklorit dan menembus membran sel, dapat menyebabkan pembentukan genotoksik, mutagenik, dan karsinogenik serta juga terkait dengan kerugian produktivitas (Sapone *et al.*, 2016).

Dari penelitian terdahulu, diperoleh fakta bahwa natrium hipoklorit cukup memberikan pengaruh signifikan terhadap aspek-aspek akar. Asumsi penelitian ini yakni natrium hipoklorit mampu memberikan pengaruh terhadap akar kiara payung. Kiara payung dipilih sebagai objek penelitian karena mudah diperoleh, memiliki pertumbuhan yang cepat, dan diduga memiliki respon cekaman zat asing, salah satunya adalah natrium hipoklorit. Sehingga, tujuan dari penelitian ini yakni untuk mengetahui pengaruh konsentrasi natrium hipoklorit terhadap respon akar

kiara payung. Berdasarkan tujuan ini, diperoleh hipotesis:

H0: Konsentrasi natrium hipoklorit tidak memberikan pengaruh positif terhadap nilai serapan natrium hipoklorit

H1: Konsentrasi natrium hipoklorit memberikan pengaruh positif terhadap nilai serapan natrium hipoklorit

2. METODE PENELITIAN

a. Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam penelitian ini yakni pendekatan eksperimen dengan model Rancangan Acak Lengkap (Fisher, 1992) dengan 3 ulangan, sehingga didapatkan 12 unit percobaan dari 4 konsentrasi berbeda. Parameter yang diamati pada penelitian ini yakni nilai serapan klorin (Cl) dan nilai serapan natrium (Na), yang kemudian nilai keduanya ditotal. Parameter tanah seperti pH, kelembapan, dan temperatur tanah diukur pada setiap unit percobaan.

b. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan selama enam bulan, yakni tiga bulan untuk masa pembibitan sampai usia semai dan tiga bulan untuk proses perlakuan (30 September 2021 – 30 Maret 2022). Lokasi penelitian dilaksanakan di CV. Agro Bibit (Agro Bibit ID), Nganjuk, Jawa Timur untuk masa pembibitan sampai semai dan instalasi rumah kaca (*greenhouse*) milik peneliti untuk proses perlakuan. Analisis argentometri dilakukan di laboratorium Kimia Farmasi Universitas Al-Irsyad Al-Islamiyyah Cilacap (UNAIC) dan analisis *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia (UII), Yogyakarta.

c. Bahan dan Alat Utama Penelitian

Bahan utama yang diperlukan dalam penelitian ini yakni 12 bibit kiara payung (*Filicium decipiens*) yang ditumbuhkan dari biji menjadi bibit semai sampai usia tiga bulan (*juvenil*), natrium hipoklorit (produk komersil), dan media tanah-humus. Alat utama yang diperlukan dalam penelitian ini yakni perangkat berkebun, rumah kaca (*greenhouse*), *software* analisis ragam (IBM SPSS 26), laptop, set analisis untuk argentometri dan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS).

d. Prosedur Penelitian

Sebanyak tiga stok konsentrasi natrium hipoklorit yakni 0,1%; 0,3%; dan 0,5% dibuat dengan cara mencampurkan natrium hipoklorit dengan akuades sesuai dengan rumus pengenceran, sementara konsentrasi 0% hanya berupa akuades. Penelitian ini menggunakan produk pemutih komersil, dimana memiliki kandungan natrium hipoklorit (NaClO) sebesar 5,25%. Untuk setiap pembuatan 1 liter (1000 mL) larutan perlakuan natrium hipoklorit, diperlukan 20 mL untuk natrium hipoklorit 0,3%, 60 mL untuk natrium hipoklorit 0,5%, dan 100 mL untuk natrium hipoklorit 0,5%.

Perlakuan penyiraman dengan larutan natrium hipoklorit dilakukan setiap sebulan sekali selama tiga bulan terhitung dari proses aklimatisasi. Semua individu tanaman disiram air sumur setiap sore hari. Individu tanaman juga diberi pupuk cair “Black Gold” dan vitamin B-1 pada dua minggu pertama aklimatisasi. Pengamatan dilakukan pada tanaman umur tiga bulan sampai dengan tanaman umur enam bulan. Pengamatan dilakukan sampai tanaman berusia enam bulan.

e. Analisis Data Penelitian

Analisis kandungan klorin (Cl) dalam akar menggunakan metode kuantitatif berupa argentometri. Argentometri adalah jenis titrasi yang digunakan untuk menentukan jumlah klorida yang ada dalam sampel melalui reaksi perak nitrat (Sudarma, et al., 2018). Uji serapan lainnya ialah menggunakan *atomic absorption spectrophotometry* (AAS). Uji serapan ini untuk mengukur nilai serapan logam natrium (Na). Data korelasi utama didasarkan dari total serapan natrium hipoklorit. Komputasi dilakukan menggunakan IBM SPSS 26 versi Windows (Payadnya & Jayantika, 2018).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Parameter Fisika dan Kimia

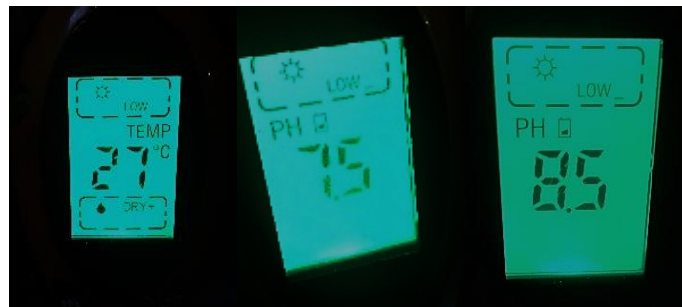
Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan, menunjukkan bahwa sebanyak 12 unit percobaan tanaman kiara payung (*Filicium decipiens*) yang disusun dalam unit-unit percobaan. Setelah enam bulan perlakuan dengan natrium hipoklorit, diperoleh data bahwa dari 8 unit percobaan, sebanyak 6 (enam) unit percobaan mengalami kematian dini di bulan ke-5 dan awal bulan ke-6. Tanaman yang mati segera dilakukan preservasi prosedur herbarium (Gambar 1.).



Gambar 1. Kematian Individu dan Preservasi Spesimen Kiara Payung (*Filicium decipiens*)

Untuk mengukur parameter fisik dan kimiawi, digunakan dua alat pendukung yakni termometer ruangan dan *soil tester*. Termometer ruangan digunakan sebagai alat untuk menilai besaran temperatur udara pada ruangan rumah kaca (*greenhouse*) (Gambar 1.). *Soil tester* digital digunakan untuk mengukur pH, kelembapan (*humidity*), intensitas cahaya (*light*

intensity), dan temperatur tanah. Hasil menunjukkan bahwa interval temperatur udara dalam rentang 25-35°C, sementara interval temperatur tanah dalam kisaran 24-28°C. Untuk pH tanah berkisar 7,5-8,5 dan intensitas cahaya dalam kategori *low* saat perlakuan (Gambar 2.). Pengukuran temperatur udara dilakukan secara manual dengan pencatatan harian.



Gambar 2. Pengukuran Kelembapan Tanah, Temperatur Tanah, pH Tanah, dan Intensitas Cahaya

b. Analisis Fitokimia

Berdasarkan uji argentometri dan uji *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), diperoleh data rerata nilai serapan natrium hipoklorit pada empat perlakuan (Tabel 1.). Uji argentometri menunjukkan bahwa serapan klorin (dalam bentuk klorida) yang diserap oleh akar kiara payung mencapai rerata 0,21% pada konsentrasi 0% dan tertinggi mencapai 1,45% pada konsentrasi 0,5%. Sementara itu, uji *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) menunjukkan bahwa serapan natrium (Na) tertinggi pada perlakuan dengan konsentrasi 0,5% yakni sebesar 138,60 mg/L.

Hasil uji korelasi antara nilai konsentrasi natrium hipoklorit terhadap nilai serapan natrium hipoklorit didapatkan beberapa hasil. *Model Summary* yang disajikan pertama (Tabel 2.), menunjukkan bahwa jika mengacu pada nilai *R Square*, diperoleh nilai 0,657 atau 65,7%. Nilai ini mengindikasikan bahwa faktor konsentrasi natrium hipoklorit mempengaruhi nilai serapan natrium hipoklorit sebesar 65,7%, sementara 34,3% dipengaruhi oleh faktor lain, seperti genetik dan faktor lingkungan lain.

Hasil korelasi selanjutnya ialah berupa ANOVA (Tabel 3.), dimana pada tabel tersebut menunjukkan interpretasi bahwa penelitian ini memiliki nilai

signifikansi 0,001 dimana memenuhi kriteria $0,001 < 0,05$. Hal ini dapat diartikan bahwa korelasi memenuhi konsep linearitas. Signifikasi ini juga menjelaskan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, dimana dinyatakan “Konsentrasi natrium hipoklorit memberikan pengaruh positif terhadap nilai serapan natrium hipoklorit”. Untuk memastikan hal ini, peneliti juga melakukan uji lain berupa Uji T (Tabel 4.). Nilai signifikansi Uji T juga memenuhi kriteria $0,001 < 0,05$ yang mana menegaskan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Uji lanjut dilakukan dengan Uji Fisher’s LSD atau Beda Nyata Terkecil (Tabel 5.). Berdasarkan uji ini dapat diketahui jika perlakuan ke-4 (Konsentrasi 0,5%) memiliki signifikansi yang tertinggi diantara keempat uji. Nilai beda nyata terkecil antara perlakuan ke-4 (konsentrasi 0,5%) dengan perlakuan ke-1 (konsentrasi 0,1%) sebesar 3,9033. Hal ini diartikan bahwa pengaruh konsentrasi natrium hipoklorit sebesar 0,5% memiliki pengaruh terbesar terhadap nilai serapan natrium hipoklorit. Dengan demikian, dapat diartikan pula bahwa semakin tinggi konsentrasi natrium hipoklorit, semakin besar pula nilai serapan natrium hipoklorit.

Tabel 1. Rerata Hasil Uji Argentometri dan Uji Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

No.	Perlakuan	Kadar Klorida (Cl) dalam mg/L	Kadar Natrium (Na) dalam mg/L
1.	Konsentrasi 0%	105	35,11
2.	Konsentrasi 0,1%	375	91,15
3.	Konsentrasi 0,3%	590	138,60
4.	Konsentrasi 0,5%	725	142,40

(Sumber: Data diolah oleh peneliti)

Tabel 2. Model Summary Analisis Fitokimia

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	R Square Change	Change Statistics			Sig. F Change	Durbin-Watson
						F Change	df1	df2		
1	.811 ^a	.657	.623	.92766	.657	19.181	1	10	.001	1.128

a. Predictors: (Constant), Konsentrasi_Hipoklorit

b. Dependent Variable: Total_Serapan_Hipoklorit

(Sumber: Data diolah oleh peneliti)

Tabel 3. ANOVA Analisis Fitokimia

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	16.506	1	16.506	19.181	.001 ^b
Residual	8.605	10	.861		
Total	25.111	11			

a. Dependent Variable: Total_Serapan_Hipoklorit

b. Predictors: (Constant), Konsentrasi_Hipoklorit

(Sumber: Data diolah oleh peneliti)

Tabel 4. Coefficients Analisis Fitokimia

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Correlations			Collinearity Statistics	
	B	Std. Error	Beta	t	Sig.	Zero-order	Partial	Part	Tolerance VIF
1 (Constant)	3.688	.656		5.623	.000				
Konsentrasi_Hipoklorit	1.049	.240	.811	4.380	.001	.811	.811	.811	1.000 1.000

a. Dependent Variable: Total_Serapan_Hipoklorit

(Sumber: Data diolah oleh peneliti)

Tabel 5. Multiple Comparisons Analisis Fitokimia

Dependent Variable: Total_Serapan_Hipoklorit								
(I) Konsentrasi_Hipoklorit	(J) Konsentrasi_Hipoklorit	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval			
					Lower Bound	Upper Bound		
LSD	1.00	2.00	-2.4733*	.01106	.000	-2.4988	-2.4478	
		3.00	-1.2533*	.01106	.000	-1.2788	-1.2278	
		4.00	-3.9033*	.01106	.000	-3.9288	-3.8778	
	2.00	1.00	2.4733*	.01106	.000	2.4478	2.4988	
		3.00	1.2200*	.01106	.000	1.1945	1.2455	
		4.00	-1.4300*	.01106	.000	-1.4555	-1.4045	
	3.00	1.00	1.2533*	.01106	.000	1.2278	1.2788	
		2.00	-1.2200*	.01106	.000	-1.2455	-1.1945	
		4.00	-2.6500*	.01106	.000	-2.6755	-2.6245	
	4.00	1.00	3.9033*	.01106	.000	3.8778	3.9288	
		2.00	1.4300*	.01106	.000	1.4045	1.4555	
		3.00	2.6500*	.01106	.000	2.6245	2.6755	

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = .000.

*. The mean difference is significant at the .05 level.

(Sumber: Data diolah oleh peneliti)

Karena sangat sedikit Cl yang dibutuhkan dalam jaringan tanaman untuk pertumbuhan, ketiadaan pemupukan Cl biasanya tidak menjadi masalah dalam produksi pertanian. Kisaran Cl yang ditemukan dalam jaringan tanaman berkisar antara 200 sampai 20.000 ppm (mg/L) dan bervariasi tergantung pada tanaman dan kesuburan tanah tempat tanaman itu tumbuh. Tanaman yang lebih aktif dan dipupuk dengan baik memiliki konsentrasi Cl yang lebih tinggi dalam

jaringannya. Secara umum, konsentrasi Cl jaringan tumbuhan mencapai <100 ppm (mg/L), 100-500 ppm (mg/L), dan 500-1000 ppm (mg/L) masing-masing dianggap taraf kurang, taraf sedang, dan taraf beracun (lingkungan tercekam) (Chun, 2017).

Meskipun termasuk nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman, kadar klorin yang beracun dalam air dapat membatasi pertumbuhan tanaman. Konsentrasi klorida air hingga 70 ppm (mg/L) dianggap aman untuk

semua tanaman. Dari 70 hingga 140 ppm (mg/L) klorida, tanaman yang sensitif dapat mengalami cekaman. Dari 140 hingga 350 ppm (mg/L) klorida, tanaman yang cukup toleran kemungkinan akan mengalami cekaman. Masalah parah dapat terjadi pada konsentrasi di atas 350 ppm (mg/L) klorida (Vaughan, 2022).

Tanaman biasanya akan terluka oleh klorida jika melebihi 350 mg/L dalam air atau 1 % dalam jaringan tanaman dan 250 mg/L dalam tanah (dalam bentuk ekstrak) (WateReuse Foundation, 2007). Berdasarkan regulasi Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, terdapat aturan mengenai baku mutu air nasional khususnya baku mutu air sungai dan sejenisnya, yang memiliki nilai batas klorin/klorida (Cl) dengan rentang 300-600 mg/L.

Data analisis argentometri menunjukkan bahwa untuk nilai serapan klorida (Cl) oleh akar tanaman kiara payung senilai 105 mg/L (0%), 375 mg/L (0,1%), 590 mg/L (0,3%), dan 725 mg/L (0,5%), Nilai yang besar pada serapan klorida akar mengindikasikan adanya penyerapan unsur klorida yang terakumulasi di dalam akar. Jika meninjau dari standar kadar klorin/klorida (Cl) dalam tubuh tumbuhan, unit percobaan kontrol (0%) masih dalam kategori taraf sedang atau akumulasi klorin/klorida (Cl) normal, sementara semua unit perlakuan masuk dalam taraf beracun atau tanaman dalam kondisi tercekam.

Natrium merupakan unsur penting dalam kesuburan tanah dan nutrisi tanaman. Natrium membantu mengatur penyerapan air dan transportasi nutrisi. Sebagian besar tanaman biasanya akan mengalami cekaman jika natrium melebihi 70 mg/L dalam air (5 % dalam jaringan tanaman). Karena kadar natrium yang tinggi dalam sistem akar dapat mengakibatkan daun layu dan pertumbuhan kerdil. Tanaman dapat tumbuh lambat jika kadar natriumnya sedang, tetapi tidak jarang tanaman menunjukkan gejala malnutrisi lainnya (WateReuse Foundation, 2007).

Data yang ditampilkan menunjukkan bahwa nilai serapan natrium (Na) dari sampel akar kiara payung menunjukkan bahwa rentang tidak jauh berbeda. Nilai serapan natrium untuk sampel akar kiara payung mencapai 30-200 mg/L. Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat dinyatakan bahwa untuk sampel akar kiara payung pada semua unit perlakuan (konsentrasi natrium hipoklorit 0,1%; 0,3%; dan 0,5%) menunjukkan bahwa nilai serapan natrium (Na) dalam jaringan tumbuhan menyatakan lebih dari 70 mg/L. Hal ini tentu menyimpulkan bahwa sampel akar kiara payung mengalami cekaman natrium yang berlebihan.

Penggunaan natrium hipoklorit di seluruh dunia sebagai larutan irigasi saluran, terutama karena

kemanjurannya aktivitas antimikroba. Mekanisme aksi natrium hipoklorit dapat diamati dengan memverifikasi karakteristik fisiko-kimia dan reaksinya dengan jaringan organik. Mempertimbangkan pengetahuan tentang proses pH dan aktivitas terisolasi di situs enzimatis penting, seperti yang ada di membran, adalah jawaban untuk mengaitkan natrium hipoklorit dengan efek biologis berbahaya pada sel, yang menjelaskan mekanisme aksi.

Karena situs enzimatis terletak di membran sitoplasma, yang bertanggung jawab untuk fungsi penting seperti metabolisme, pembelahan sel, pertumbuhan sel, pembentukan dinding sel, biosintesis lipid, pengangkutan elektron dan fosforilasi oksidatif, peneliti menduga bahwa ion hidroksil dari mengembangkan mekanisme kerjanya di membran sitoplasma. Enzim ekstraseluler bekerja pada nutrisi, karbohidrat, protein, dan lipid yang melalui hidrolisis, mendukung pencernaan dalam sel. Enzim intraseluler yang terletak di dalam sel mendukung aktivitas pernapasan dari struktur dinding seluler.

Gradien pH membran sitoplasma diubah oleh konsentrasi tinggi ion hidroksil yang bekerja pada protein membran (denaturasi proteik). Pelepasan ion hidroksil mempengaruhi tingkat derajat keasaman (pH) yang tinggi. Stres kimia pada komponen organik dan transportasi nutrisi akan mengubah integritas membran sitoplasma. Dengan kata lain, proses ini dilakukan dengan saponifikasi fosfolipid atau asam lemak tak jenuh dari membran sitoplasma. Karena penghambatan enzim yang ireversibel, perubahan biosintetik dalam metabolisme sel, dan pemecahan fosfolipid, pH tinggi natrium hipoklorit membuat membran sitoplasma tidak stabil.

Reaksi kloraminasi asam amino membentuk kloramin mengganggu metabolisme sel. Oksidasi mendorong penghambatan enzimatis yang ireversibel menggantikan hidrogen dengan klorin. Inaktivasi enzim ini dapat diamati dalam reaksi klorin dengan gugus amino (NH₂) dan oksidasi ireversibel gugus *sulfhidryl* (SH) enzim. Dengan demikian, natrium hipoklorit menyajikan aktivitas destruktif dengan aksi pada situs enzimatis esensial yang mempromosikan inaktivasi ireversibel yang berasal dari ion hidroksil dan aksi kloraminasi. Penghancuran jaringan organik dapat diverifikasi dalam reaksi saponifikasi ketika natrium hipoklorit mendegradasi asam lemak dan lipid yang menghasilkan sabun dan gliserol.

Grossman dan Meiman dalam Fukuzaki (2006) melaporkan bahwa 5% natrium hipoklorit melarutkan jaringan *pulp* dalam 20 menit sampai 2 jam. Penghancuran jaringan *pulp* sapi dengan natrium hipoklorit dipelajari secara in vitro dalam kondisi yang berbeda. Kesimpulan penelitian tersebut adalah bahwa kecepatan disolusi fragmen *pulp* sapi berbanding lurus

dengan konsentrasi larutan natrium hipoklorit dan lebih besar tanpa surfaktan. Variasi persentase larutan natrium hipoklorit setelah dilarutkan, berbanding terbalik dengan konsentrasi awal larutan, atau dengan kata lain semakin besar konsentrasi awal larutan natrium hipoklorit maka semakin kecil penurunan pH-nya, seperti pada data penelitian yang tersaji.

Fakta juga dapat dilihat dalam skema reaksi hipoklorit bahwa natrium hipoklorit berfungsi sebagai pelarut organik dan pelarut lipid yang memecah asam lemak. Kemudian, hal ini dilanjutkan dengan mengubahnya menjadi garam asam lemak (sabun) dan gliserol (alkohol), lalu menurunkan tegangan permukaan larutan residu (reaksi saponifikasi). Asam amino yang membentuk air dan garam juga muncul akibat dinetralkan oleh natrium hipoklorit (reaksi netralisasi) (Estrela *et al.*, 2002). Efek utama garam ini diduga akan meningkatkan salinitas pada tanaman yang mana akan membentuk efek osmotik yang menyebabkan defisit air karena konsentrasi zat terlarut yang tinggi di dalam tanah dan tekanan spesifik ion yang menyebabkan defisiensi K karena perubahan rasio K-Na. Perubahan rasio K-Na ini disebabkan oleh peningkatan masuknya Na.

Dalam kondisi salin, masuknya Na yang difasilitasi melalui jalur yang umumnya berfungsi untuk masuknya K, karena ion Na dan K dalam bentuk terhidrasinya serupa, membuat sortasi antara kedua ion menjadi sulit (Tavakkoli, Rengasamy, dan McDonald, 2010). Akibat kegagalan ini, tanaman kiara payung (*Filicium decipiens*) yang tumbuh di tanah salin menderita keracunan Na dan defisiensi K. Menurut Keisham, Mukherjee, dan Bhatla (2018), tingkat racun Na yang ada dalam sitoplasma pada konsentrasi tinggi harus diturunkan untuk mempertahankan konsentrasi Na sitosol yang rendah dan rasio K-Na yang tinggi melalui mekanisme aksi yang berfungsi untuk mengurangi masuknya Na ke dalam sel akar, yang mana mengumpulkan Na di vakuola, dan meningkatkan pengeluaran Na dari sel akar. Proses detoksifikasi Na dan penyesuaian osmotik seluler ini penting bagi tanaman untuk mentolerir cekaman garam akibat reaksi natrium hipoklorit.

Stres yang muncul mempengaruhi berbagai proses fisiologis dan metabolisme yang dapat menghambat produksi tanaman, tergantung pada tingkat dan tingkat keparahan stres. Proses di tahap awal menjelaskan bahwa konsentrasi zat terlarut natrium hipoklorit yang tinggi dalam tanah menyebabkan tekanan osmotik yang mengurangi kapasitas sistem akar untuk menyerap air dan mempercepat hilangnya air dari daun. Hal ini disertai dengan efek spesifik ion yang menyebabkan akumulasi konsentrasi racun Na dan Cl di dalam sel, yang bermanifestasi dalam bentuk klorosis dan nekrosis pada daun.

Konsentrasi zat cekaman yang tinggi menimbulkan gejala defisiensi yang serupa dengan yang disebabkan oleh defisiensi nutrisi. Hal ini dikarenakan adanya gangguan ion-ion pada fungsi membran yang mempengaruhi penyerapan nutrisi dan keseimbangan zat terlarut di dalam sel. Umumnya, tanaman memiliki tingkat toleransi cekaman yang berbeda-beda, dan hal ini menimbulkan berbagai tingkat keterbatasan pertumbuhan tanaman antara kultivar, varietas, dan spesies (Boege dan Marquis, 2005).

Tanaman yang toleran cekaman dengan cepat menyerap zat asing dalam vakuola, yang perlahan-lahan menyebabkan perubahan dalam fungsi seluler vitalnya, seperti yang ditunjukkan tanaman kiara payung (*Filicium decipiens*). Faktanya, tanaman yang peka cekaman natrium (Na) tidak mampu menyerap zat dalam vakuola dan terakumulasi dengan cepat di sitoplasma, kemudian diikuti dengan pengurangan fotosintesis dan asimilasi. Cekaman natrium (Na) ini menyebabkan berbagai perubahan fisiologis (Munns dan Tester, 2008).

Natrium yang berasal dari tanah melintasi epidermis, lalu Na secara radial diangkut ke xilem melalui jalur apoplastik dan simplastik. Sebagian dari Na yang bergerak melalui jalur apoplastik terikat pada apoplas akar dan sisanya umumnya mencapai endodermis di mana transpor melintasi membran plasma diperlukan untuk transpor radial lebih lanjut. Penghalang apoplastik seperti pita *casparian* dan *lamela suberin* di endodermis dan eksodermis, yang memfasilitasi pergerakan ion yang sangat selektif masuk dan keluar dari stele (Cooil, de la Fuente, dan de la Pena, 1965).

Namun dalam beberapa kasus, Na mungkin melintasi endodermis melalui jalur apoplastik melalui aliran *bypass*. Aliran *bypass* adalah aliran yang melewati simplas di daerah di mana hambatan apoplastik kurang berkembang atau kurang, seperti di akar muda dan ujung akar atau di tempat asal akar lateral. Baik pada halofit maupun glikofit, enzim di apoplas juga dikenal lebih toleran terhadap garam daripada yang ada di sitoplasma, yang membantu apoplas menahan konsentrasi Na yang tinggi (Keisham, Mukherjee, dan Bhatla, 2018).

Pada kondisi salin tinggi, pemuatan Na di xilem kemungkinan besar merupakan proses pasif, karena konsentrasi Na sitosol yang tinggi dalam sel parenkim xilem dan membran plasma yang relatif terdepolarisasi akan mendukung pergerakan Na ke dalam xilem. Tanaman dapat mengambil Na dari xilem ke dalam sel akar sehingga dapat mencegah tingginya konsentrasi Na pada jaringan di atas tanah. Batas knockout menunjukkan tingkat Na yang lebih tinggi tetapi tingkat K yang rendah berada di pucuk (Fargašová, 2017b). Hal

ini merupakan salah satu mekanisme untuk mempertahankan rasio K-Na yang lebih tinggi pada tunas selama cekaman natrium pada tanaman, di samping proses cekaman oleh kloridan/klorin.

Eksperimen yang menegaskan bahwa ion klorin umumnya beracun bagi pertumbuhan tanaman pada konsentrasi yang relatif rendah dan dapat menyebabkan kerusakan permanen pada perkembangannya. Klorin bebas sering ditambahkan ke air irigasi untuk penghancuran alga, jamur, dan bakteri. Klorinasi digunakan terutama untuk air irigasi permukaan dari sungai, kanal, waduk dan kolam, serta untuk pencegahan penyumbatan pipa oleh bahan organik. Seperti yang telah disampaikan sebelumnya, penggunaan disinfektan berbahan dasar natrium hipoklorit (NaClO) sangat efektif untuk pencegahan tersebut, karena kadar klorin bebas yang menghancurkan alga setidaknya 10 kali lebih rendah namun efektif dalam eliminasi pertumbuhan alga hingga 50%.

Perbedaan besar antara kandungan klorin di berbagai bagian tanaman dan hubungannya dengan manifestasi efek toksik juga dikonfirmasi jauh sebelumnya. Klorin, sebagai elemen penting, mendukung pertumbuhan tanaman dibawa ke xilem dan dengan demikian dikirim ke pucuk. Umumnya, ada dua jalur untuk pemasukan Cl dalam bentuk anion ke dalam xilem, yakni secara simplastik (sitoplasma) dan apoplastik (ekstraseluler). Proses asupan air dan hara mempengaruhi fluks dan akumulasi klorin ke dalam tanaman dan distribusinya di dalam tanaman. Klorin tidak memiliki efek fitotoksik atau pertumbuhan pada semua tanaman dan penghambatan pertumbuhan tergantung pada kandungan klorin aktif bebas (Fargašová, 2017a).

Ketika larutan NaOCl (natrium hipoklorit) digunakan untuk tujuan sterilisasi, zat aktif diyakini sebagai asam hipoklorus (hipoklorit) bereaksi menjadi tak terdisosiasi (HOCl) dan hipoklorit terdisosiasi (OCI). HOCl adalah asam lemah dan terdisosiasi HOCl menjadi H^+ dan OCI^- bergantung pada pH. Nilai pH optimal pembentukan HOCl berada pada daerah asam lemah. HOCl dan OCI telah dilaporkan bereaksi dengan berbagai molekul biologis seperti protein, asam amino, peptida, lipid, dan DNA pada kondisi pH fisiologis. Diduga bahwa HOCl bertindak secara langsung atau tidak langsung sebagai radikal hidroksil pada kerusakan membran, DNA, mengganggu aktivitas enzim, dan mungkin pada hilangnya regulasi ion tanaman (Teakle dan Tyerman, 2010).

Larutan NaOCl pekat adalah larutan basa kuat karena adanya NaOH . Semakin rendah pH larutan NaOCl , semakin banyak HOCl yang terbentuk, dan aktivitas biologis tanaman, dalam hal ini kiara payung (*Filicium decipiens*), turut meningkat. NaOH dalam

larutan NaOCl dianggap menstabilkan klorin bebas yang tersedia dalam bentuk OCI dan mengurangi efek korosif OCI pada logam. Selain itu, konsentrasi OH^- yang tinggi dapat melarutkan berbagai bahan organik, misalnya protein, polisakarida, dan lemak. Oleh sebab itu, pada tingkat serapan klorida (Cl^-) yang diukur pada sampel akar nilai yang lebih tinggi terdapat pada media tanah-pasir, karena media tanah-humus memiliki pH yang lebih rendah sebelum perlakuan. Imbas rendahnya pH pada tanah-humus menyebabkan larutan perlakuan menjadi tidak optimal.

Ketergantungan pH pada efikasi NaOCl dapat dijelaskan berdasarkan kesetimbangan HOCl-OCI . Temuan ini menyiratkan bahwa keberadaan OCI memainkan peran penting dalam munculnya aksi NaOCl . Jelas ditunjukkan bahwa OCI adalah senyawa aktif dalam penghilangan lipid. HOCl yang tidak terdisosiasi memberikan sedikit destruksi lipid. Fungsi utama OCI dalam sel-sel akar tanaman kiara payung adalah untuk menguraikan molekul sel menjadi fragmen dengan berat molekul rendah melalui aksi oksidatifnya. Atom Cl dalam HOCl dan OCI berperilaku sebagai elektrofil kuat, dan bergabung dengan sepasang elektron di bagian substrat yang memiliki kerapatan elektron tinggi. Fakta lain menunjukkan antara gugus fungsi residu asam amino pada molekul protein, ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$, gugus amino, dan gugus tiol rentan terhadap serangan elektrofilik Cl^+ . Ikatan peptida (ikatan amida) juga menjadi target serangan Cl^+ karena memiliki karakter ikatan rangkap parsial (Estrela *et al.*, 2002).

Ikatan disulfida dalam tanah akan diputus oleh aksi oksidatif Cl^+ yang berasal dari HOCl/OCI . Reaksi klorinasi protein dengan HOCl/OCI terjadi terutama pada gugus amino bebas dari residu asam amino untuk memberikan kloramin dalam kondisi fisiologis. Gugus amino bebas dari residu lisin, yang terdapat dalam banyak protein pada tingkat yang jauh lebih tinggi daripada residu reaktif lainnya, diubah menjadi kloramin yang tidak stabil melalui reaksi dengan HOCl/OCI . Akibatnya, senyawa ini dipecah menjadi radikal yang berpusat pada nitrogen melalui homolisis ikatan N-Cl . Pembentukan chloramine dan radikal yang berpusat pada nitrogen adalah senyawa kunci yang terlibat dalam fragmentasi gugus protein yang diinduksi HOCl/OCI (Fukuzaki, 2006).

Ada kemungkinan bahwa beberapa target, misalnya, gugus amino, pada protein menjadi lebih sensitif terhadap OCI daripada HOCl dengan konsentrasi OH^- yang bervariasi. Sebagian besar gugus amino rantai samping pada protein dianggap terprotonasi pada pH di bawah 10 karena nilai pK_b nya yang tinggi (Estrela *et al.*, 2002). Gugus NH_3 amino bebas terprotonasi cenderung mudah diklorinasi oleh OCI , karena kecenderungan yang lebih besar dari gugus

amino untuk bergabung dengan anion. Selain itu, ikatan peptida menjadi lebih rentan terhadap serangan Cl^+ pada daerah pH basa tinggi karena kerapatan elektron atom N meningkat melalui deprotonasi. Temuan ini menunjukkan bahwa aksi elektrofilik Cl^+ yang berasal dari OCl menuju atom N nukleofilik pada molekul akar dapat meningkatkan penghilangan komponen asam amino di akar kiara payung.

Selain disosiasi HOCl menjadi OCl , peran lain OH adalah memfasilitasi perpindahan massa OCl ke lapisan teradsorpsi. Ion hidroksil menimbulkan disosiasi (deprotonasi) gugus fungsi pada permukaan protein. Hal ini memungkinkan akses yang lebih mudah bagi larutan OCl untuk berdifusi ke dalam lapisan yang teradsorpsi dan untuk mencapai permukaan kontak antara permukaan protein, menghasilkan fasilitasi serangan Cl^+ yang berasal dari OCl (Fukuzaki, 2006). Peningkatan konsentrasi OH juga mempercepat dispersi fragmen yang terdekomposisi ke dalam fase air dengan mengatasi interaksi intramolekul pada sel tanaman. Padahal di sisi lain, konsentrasi OH yang rendah tidak mampu melarutkan fragmen yang terdekomposisi meskipun HOCl yang tidak terdisosiasi atau OCl minor menguraikan sebagian molekul protein di tubuh kiara payung.

Asupan natrium dan klorin berhubungan erat dengan penyerapan air dan translokasi melalui tanaman. Tanaman mencoba untuk memasok toksisitas natrium dengan pergerakannya melalui air ke bagian atas tanaman. Dengan cara ini, tanaman mencoba untuk mengurangi toksisitas natrium di akar yang bertanggung jawab untuk penerimaan nutrisi. Mode aksi dan mekanisme aksi klorin sebagai agen destruktif dicegah melalui serangkaian proses berupa pengaturan elektrokimia di sitoplasma. Tubuh tanaman tidak mengalami defisit air, sementara pada tingkat jaringan melakukan proses eksudasi yang menghasilkan eksudat metabolit sekunder dan juga kalus untuk menutup luka (Tavakkoli, Rengasamy, dan McDonald, 2010).

Natrium dan klorin adalah mikronutrien esensial untuk tanaman tingkat tinggi (Keisham, Mukherjee, dan Bhatla, 2018). Namun, konsentrasi yang tinggi dalam jaringan dapat menjadi racun bagi tanaman dan membatasi produktivitas pertanian, terutama jika terjadi pembentukan garam sehingga meningkatkan salinitas. Natrium hipoklorit (NaClO) yang bereaksi dengan akar tanaman kiara payung (*Filicium decipiens*) sampai dengan akhir masa percobaan, sebanyak 12 tanaman hidup dan terindikasi toleran terhadap konsentrasi natrium hipoklorit yang diberikan.

4. SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan bahwa konsentrasi natrium hipoklorit memberikan pengaruh positif terhadap nilai

serapan natrium hipoklorit. Limitasi dan saran penelitian ini adalah ada baiknya untuk memeriksa serapan natrium hipoklorit di tanah berdasarkan strata dan memeriksa bagian lain tanaman selain akar, misalnya daun, apikal batang, dan batang. Penambahan faktor lain untuk variabel bebas, seperti genetik dan variasi konsentrasi natrium hipoklorit dilakukan agar analisis korelasi lebih optimal.

5. REFERENSI

- Andrasto, T. *et al.* (2021) “The effectiveness of disinfectant spraying based on drone technology,” *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 700(1), hal. 12012. doi: 10.1088/1755-1315/700/1/012012.
- Boege, K. dan Marquis, R. J. (2005) “Facing herbivory as you grow up: the ontogeny of resistance in plants,” *Trends in Ecology & Evolution*, 20(8), hal. 441–448. doi: 10.1016/j.tree.2005.05.001.
- Chun, W. (2017) *Chloride - For a Plant's Healthier Moments (Grower's Secret, Inc.)*. Tersedia pada: <https://www.growerssecret.com/blog/chloride-for-a-plants-healthier-moments>.
- Cockett, S. R. dan Hilton, K. A. (1961) “Dyeing of cellulosic fibres and related processes.”
- Cooil, B. J., de la Fuente, R. K. dan de la Pena, R. S. (1965) “Absorption and Transport of Sodium and Potassium in Squash,” *Plant physiology*, 40(4), hal. 625–632. doi: 10.1104/pp.40.4.625.
- Dewi, T. M. *et al.* (2017) “Efek Sterilisasi dan Komposisi Media Produksi Inokulan Fungi Mikoriza Arbuskula terhadap Kolonisasi Akar, Panjang Akar dan Bobot Kering Akar Sorgum,” *Jurnal Agro*, 4(1), hal. 24–31. doi: 10.15575/1205.
- Estrela, C. *et al.* (2002) “Mecanismo de ação do hipoclorito de sódio,” *Brazilian Dental Journal*, 13(2), hal. 113–117.
- Fargašová, A. (2017a) “A test battery approach for ecotoxicological evaluation of disinfectants prepared on the basis on sodium hypochlorite,” *Monatsh. Chem*, hal. 148.

- Fargašová, A. (2017b) "Plant stress activated by chlorine from disinfectants prepared on the base of sodium hypochlorite," *Nova Biotechnologica et Chimica*, 16(2), hal. 76–85. doi: 10.1515/nbec-2017-0011.
- Fisher, R. A. (1992) "The Arrangement of Field Experiments," *Springer Series in Statistics*. Springer New York, hal. 82–91. doi: 10.1007/978-1-4612-4380-9_8.
- Fukuzaki, S. (2006) "Mechanisms of Actions of Sodium Hypochlorite in Cleaning and Disinfection Processes," *Biocontrol Science*, 11(4), hal. 147–157. doi: 10.4265/bio.11.147.
- Hasegawa, P. M. *et al.* (2000) "Plant cellular and molecular responses to high salinity," *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51(1), hal. 463–499. doi: 10.1146/annurev.arplant.51.1.463.
- Keisham, M., Mukherjee, S. dan Bhatla, S. C. (2018) "Mechanisms of Sodium Transport in Plants-Progresses and Challenges," *International journal of molecular sciences*, 19(3), hal. 647. doi: 10.3390/ijms19030647.
- Munns, R. dan Tester, M. (2008) "Mechanisms of Salinity Tolerance," *Annual Review of Plant Biology*, 59(1), hal. 651–681. doi: 10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911.
- Muslim, I. dan Inayah, K. (2018) "Penggunaan Pemutih Pakaian Komersial (BAYCLIN) sebagai Zat Etsa Alternatif pada Pencapan Etsa Kain Kapas Yang Telah Dichelup Zat Warna Reaktif Dingin (Drimarene Blue K2-RL)," in *Prosiding Seminar Nasional Peran Sektor Industri dalam Percepatan dan Pemulihan Ekonomi Nasional*, hal. 15–20.
- Nabi, G. *et al.* (2020) "Massive use of disinfectants against COVID-19 poses potential risks to urban wildlife," *Environmental research*. 2020/07/09, 188, hal. 109916. doi: 10.1016/j.envres.2020.109916.
- Powo Science Kew (2021) *Filicium decipiens* (Wight & Arn.) Thwaites. Tersedia pada: <http://powo.science.kew.org/taxon/128045-1>.
- Prinajati, P. D. (2019) "Analisis Ruang Terbuka Hijau Terhadap Penyerapan Emisi Karbondioksida," *ENVIROSAN: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(1), hal. 34–41.
- Ramos-Rivera, J. *et al.* (2020) "Mechanical response of the real tree root architecture under lateral load," *Canadian Journal of Forest Research*, 50(7), hal. 595–607. doi: 10.1139/cjfr-2019-0332.
- Sapone, A. *et al.* (2016) "Perturbation of xenobiotic metabolism in *Dreissena polymorpha* model exposed in situ to surface water (Lake Trasimene) purified with various disinfectants," *Chemosphere*, 144, hal. 548–554. doi: 10.1016/j.chemosphere.2015.09.022.
- Suryandari, N. dan Haidarravy, S. (2020) "Pembuatan Cairan Desinfektan dan Bilik Desinfektan sebagai Upaya Pencegahan Virus Covid 19 di Mlajah Bangkalan Madura," *Jurnal Abdidas*, 1(5), hal. 345–351. doi: 10.31004/abdidas.v1i5.70.
- Tavakkoli, E., Rengasamy, P. dan McDonald, G. K. (2010) "High concentrations of Na⁺ and Cl⁻ ions in soil solution have simultaneous detrimental effects on growth of faba bean under salinity stress," *Journal of experimental botany*. 2010/08/16, 61(15), hal. 4449–4459. doi: 10.1093/jxb/erq251.
- Teakle, N. L. dan Tyerman, S. D. (2010) "Mechanisms of Cl-transport contributing to salt tolerance," *Plant, Cell & Environment*, 33(4), hal. 566–589. doi: 10.1111/j.1365-3040.2009.02060.x.
- Urban, P. G. (2007) "Preface to the Seventh Edition," *Bretherick's Handbook of Reactive Chemical Hazards*. Elsevier, hal. v–vi. doi: 10.1016/b978-0-12-372563-9.50003-3.
- Vaughan, R. (2022) *High Sodium Soil Effect On Plant Growth* (Crop Nutrition Laboratory Services Ltd.). Tersedia pada: <https://cropnuts.com/high-sodium-soil-effect-on-plant-growth/>.
- WateReuse Foundation (2007) *Salinity Management Guide - Learn about the effects of salt on plants*. Tersedia pada: https://watereuse.org/salinity-management/le/le_5.html.