

## **Analysis of Cocoa Seedling Growth (*Theobroma cacao* L.) in Applications Foliar Fertilizer and Frequency of Watering**

### **Analisis Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L) pada Aplikasi Pupuk Daun dan Frekuensi Pemberian Air**

**Charloq<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara,  
Jl. Prof. A Sofyan No.3 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia.

\*Corresponding author, email: charloq@usu.ac.id

#### **ABSTRACT**

*Growth response of cacao seedlings (*Theobroma cacao* L) on foliar fertilizer application and the right frequency of water application is done so that the needs of nutrients and water are met for cacao seedlings in the nursery. This study aims to analyze the growth of cacao seedlings (*Theobroma cacao* L) on foliar fertilizer application and frequency of water application. This research uses a Factorial Randomized Block Design with 2 treatment factors. Factor I: Foliar fertilizer dosage (ml/l water): 0, 4, 6, and 8 and factor II: Frequency of water application: 1, 3, 5 and 7 days. The parameters observed are plant height, stem diameter, number of leaves, total leaf area, leaf thickness, crown dry weight, root dry weight. The results showed that the application of foliar fertilizer at a dose of 8 ml/l water gave the best growth response with significant effect on all observed variables of cocoa seedling growth. Frequency of water application under field capacity conditions has a significant effect on total leaf area and leaf thickness with 1x/day water application. The interaction of the two treatments has no significant effect on all observed variables.*

**Keywords:** cocoa seedlings, foliar fertilizer, watering interval

#### **ABSTRAK**

*Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) pada aplikasi Pupuk daun dan frekuensi pemberian air yang tepat dilakukan agar kebutuhan unsur hara dan air terpenuhi bagi bibit kakao di pembibitan. Penelitian ini bertujuan menganalisis pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) pada aplikasi pupuk daun dan frekuensi pemberian air. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor I: Dosis pupuk daun (ml/l air air): 0, 4, 6, dan 8 dan faktor II : Frekuensi pemberian air: 1, 3, 5 dan 7 hari sekali. Parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, total luas daun, tebal daun, bobot kering tajuk, bobot kering akar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi pupuk daun dosis 8 ml/l air air memberikan respon pertumbuhan terbaik berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter pertumbuhan bibit kakao. Frekuensi pemberian air dalam kondisi kapasitas lapang berpengaruh signifikan terhadap total luas daun dan tebal daun dengan pemberian air 1x/hari. Interaksi kedua perlakuan berpengaruh tidak signifikan pada terhadap semua parameter.*

**Kata Kunci:** bibit kakao, pupuk daun, interval penyiraman

## PENDAHULUAN

Pemberian air dan pemupukan kebutuhan pada bibit kakao sangat menentukan pertumbuhan dan perkembangan fase pembibitan. Kebutuhan air dan unsur hara mutlak diperhatikan bila tidak tepat dapat mengganggu proses fisiologis yang mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan bibit kakao. Pupuk daun merupakan pupuk yang diaplikasi langsung disemprotkan melalui daun, daun dan batang dapat menyerap secara langsung karena bahan pupuk larut dalam air, sebelum mencapai sel tumbuhan, unsur hara masuk ke daun melalui stomata dan juga melalui epidermis. Keunggulan Pupuk Daun adalah biayanya yang murah dan respon tanaman yang cepat, dan ini sangat penting ketika masalah tanah terjadi dan pertumbuhan akar tidak memadai. Di sisi lain, ia memiliki kelemahan yaitu kemungkinan terjadinya luka bakar pada daun, masalah kelarutan, dan respon hasil yang bervariasi terhadap daun (Patil & Chetan, 2018); Santos et al., 2019; Kentelky et al., 2021 dan Khomphet et al., 2023). Pupuk daun yang diaplikasi pada penelitian ini merupakan pupuk daun ini terbuat dari bahan-bahan alami yang disusun secara ilmiah untuk mempercepat/meningkatkan pertumbuhan, pembungaan dan pembuahan, pupuk organik lengkap berbentuk cair yang mengandung unsur hara makro C 6%, N 4%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 3%, K<sub>2</sub>O 3%. Unsur mikro Cu, Fe, B, Mg, Mn, Zn, Co dan mengandung unsur *botanic* dengan pH 6-7 (Smagro. 2023).

Air sangat penting untuk semua proses fisiologis pada tanaman. Jaringan bukan kayu, seperti daun, dan akar mengandung 70–95% air. Air mengangkut metabolit dari sel ke luar. Karena strukturnya yang sangat polar, air mudah melarutkan ion, gula, asam amino, dan protein yang penting untuk metabolisme. Dubey et al., 2021; Iqbal et al., 2020; dan Bashir et al., 2021, melaporkan bahwa defisit air meningkatkan jumlah lilin kutikula dan mengubah komposisi menjadi rantai panjang yang lebih hidrofobik dan secara signifikan mengurangi penyerapan nutrisi yang diaplikasikan pada daun. Kutikula mewakili penghalang utama penyerapan dari pupuk daun. Hal ini didukung oleh (Seleiman et al., 2021; Wahab et al., 2022; dan Farooqi et al., 2020 bahwa cekaman kekeringan, menjadi faktor tak terelakkan yang ada di berbagai lingkungan tanpa mengenal batas dan tidak ada peringatan yang jelas sehingga menghambat produksi biomassa tanaman, kualitas, dan energi. Stres lingkungan utama yang penting yang terjadi karena dinamika suhu, intensitas cahaya, dan curah hujan yang rendah. Meskipun demikian menurut McElrone et al., 2013; Scoffoni et al., 2016; Berry et al., 2019 bahwa dampaknya yang kumulatif, tidak terlihat jelas, dan bersifat multidimensi sangat mempengaruhi atribut morfologi bibit. Air sangat penting bagi kehidupan tanaman, air adalah pelarut universal untuk metabolisme semua organisme hidup. Hampir semua reaksi biokimia melibatkan protein, asam nukleat dan metabolit terjadi dalam bentuk berbasis air pelarut. Pada bibit kakao, air memainkan peran tambahan baik pada tingkat subseluler maupun ekstraseluler, sel tumbuhan memiliki kompartemen besar berisi air, vakuola yang selain terlibat dalam metabolisme fungsi, berkontribusi untuk membangun tekanan turgor seluler. Berdasarkan hal diatas maka perlu melakukan penelitian analisis pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) pada aplikasi pupuk daun dan frekuensi pemberian air.

## BAHAN DAN METODE

Bahan penelitian, benih kakao lindak varietas TSH 858 produk Pusat Penelitian Kelapa sawit, air, pupuk daun organik, kompos, pupuk dasar NPK (16:16:16), fungisida *Dithane* M-45. top soil, pasir. Alat yang digunakan antara lain, cangkul, polibag hitam (25 x 30) cm, *handsprayer*, *thickness gauge*, speed suntik untuk pengambilan air, ember, beaker glass, pisau, pacak sampel, meteran, kalkulator, jangka sorong, timbangan analitik. timbangan digital, oven.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor I: Dosis pupuk daun (ml/l air air): 0, 4, 6, dan 8 dan faktor II: Frekuensi

pemberian air (hari sekali): 1, 3, 5 dan 7. Penelitian diulang 3 kali dengan jumlah tanaman per plot adalah 4 tanaman, sehingga total tanaman yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 204 tanaman. Data hasil penelitian dianalisis dengan Analisis Sidik Ragam (Ansira) dengan  $\alpha=5\%$ , dan jika hasil Ansira signifikan maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*) pada  $\alpha=5\%$ . Parameter yang diamati adalah: Tinggi tanaman (cm), diameter batang (cm), jumlah daun (Helai), total luas daun ( $\text{cm}^2$ ), tebal daun (mm), bobot kering tajuk (g), bobot kering akar (g).

Media tanam dihomogenkan terdiri dari topsoil, pasir, dan kompos dengan perbandingan 1: 1: 1, lalu bahan dimasukkan sebanyak 5kg / polibag. Pupuk Dasar NPK (16: 16: 16) diaplikasikan 7,5 g/polybag sesuai anjuran pemupukan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, 2008. Media perkecambahan adalah pasir steril setebal  $\pm 15$  cm, kecambah ditanam sedalam  $\pm 5$  cm dengan radikula menghadap ke bawah. Pemindahan kecambah ke dalam polibag dilakukan bila kotiledon sudah muncul di atas pasir ke atas yaitu saat berumur 4-5 hari. Kakao ditanam di media yang telah disiapkan. Penanaman dilakukan dengan hati-hati agar tidak merusak plumula dan radikula dari kakao. Setiap polibag diisi satu kecambah, dengan radikula menghadap kebawah dan membenamkannya sedalam  $\pm 5$  cm lalu ditutup dengan campuran media tanam.

Aplikasi pupuk daun dilakukan menggunakan handsprayer dengan cara menyemprotkannya ke seluruh bagian daun tanaman dilakukan pada bulan pertama setelah benih berkecambah (4 MST) waktu aplikasi pagi hari, menentukan konsentrasi pupuk organik cair digunakan alat ukur jarum suntik yang mempunyai ukuran (cc). Aplikasi pupuk dilakukan dua minggu sekali dengan dosis perlakuan masing-masing sampai 14 MST.

Penyiraman, untuk menentukan jumlah volume air yang diberikan dilakukan dengan menyiramkan air secara perlahan pada tanaman sampel hingga air menetes keluar polibag. Pada saat menetes pertama kali itulah ditandai kondisi air tanah pada polibag dalam kapasitas lapang 100%. Dengan demikian air yang diberikan merupakan jumlah air untuk kondisi kapasitas lapang. Angka volume yang didapat dari tiga sampel tiap perlakuan ini kemudian dirata-ratakan dan inilah sebagai patokan untuk menentukan jumlah air pada setiap dosis perlakuan.

Pengendalian hama dan penyakit menggunakan Marshal 200 EC dengan dosis 2 ml/l air, aplikasi dilakukan dua minggu sekali. Penyiangian gulma dilakukan setiap seminggu sekali. Penyiangian dilakukan dengan cara mencabut gulma menggunakan tangan.

Pengamatan parameter tinggi tanaman per 2 MST-16 MST, diukur dengan menggunakan meteran mulai 5 cm dari permukaan tanah hingga titik tumbuh bibit. Jumlah daun dihitung pada saat per 2-16 MST, berdasarkan daun yang telah membuka sempurna. Diameter batang diukur 5 cm dari permukaan tanah dengan menggunakan jangka sorong dihitung mulai dari 2 MST- 16 MST. Pengamatan Total Luas Daun dilakukan di akhir penelitian dengan menggunakan persamaan yang dibuat oleh *Asomaning and locard* yaitu:  $\text{Log } Y = -0,495 + 1,904 \text{ log } X$ .  $Y = \text{luas daun } (\text{cm}^2)$ .  $X = \text{panjang daun } (\text{cm})$ . Luas seluruh daun dari satu bibit kemudian ditotalkan sehingga diperoleh total luas daun yang dimaksud, didalam pengamatan terakhir. Pengukuran ketebalan daun diukur pada 16 MST dengan menggunakan alat *thickness gauge meter*. Berat kering tajuk diukur pada 16 MST dimana tanaman dibersihkan kemudian dimasukkan ke dalam amplop cokelat yang telah dilubangi, kemudian dikeringkan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  sampai beratnya konstan. Bahan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik. Bobot Kering Akar, diukur setelah tanaman berumur 16 MST dimana tanaman dibersihkan kemudian dimasukkan ke dalam amplop coklat yang telah dilubangi, kemudian dikeringkan pada suhu  $70^\circ\text{C}$  beratnya sampai beratnya konstan. Bahan kemudian ditimbang menggunakan timbangan analitik. Rasio Tajuk-Akar bibit kakao diperoleh dengan cara membagi bobot kering tajuk dengan bobot kering akar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis data menggunakan Analisis Sidik Ragam, pemberian pupuk daun berpengaruh nyata terhadap terhadap seluruh parameter: tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, total luas daun, tebal daun, berat kering tajuk dan berat kering akar dan perlakuan frekuensi pemberian air berpengaruh nyata terhadap total luas daun dan tebal daun. Interaksi kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap semua parameter.

Perlakuan pupuk daun berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman sampai dengan 16 MST, interval penyiraman berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman. Interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman kakao (Tabel 1).

Tabel 1. Rataan tinggi bibit tanaman kakao sampai dengan 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> (1/1 hari)	W <sub>1</sub> (1/3 hari)	W <sub>2</sub> (1/5 hari)	W <sub>3</sub> (1/7 hari)	
..... .cm.....					
6 MST					
F0 (0)	30,09	30,1	28	29,18	29,34b
F1 (4)	32,24	37,83	34,65	32,47	34,30a
F2 (6)	33,82	37,02	33,83	32,76	34,36a
F3 (8)	35,46	32,78	37,59	33,03	34,72a
Rataan	32,9	34,43	33,52	31,86	
8 MST					
F0 (0)	39,22	39,31	34,42	35,88	37,21b
F1 (4)	41,28	48,72	44,66	45,43	45,02a
F2 (6)	46,78	45,38	44,82	43,27	45,06a
F3 (8)	45,77	45,09	47,94	43,89	45,67a
Rataan	43,26	44,63	42,96	42,12	
10 MST					
F0 (0)	43,12	45,22	38,64	40,83	41,95b
F1 (4)	48,86	53,37	49,87	52,28	51,10a
F2 (6)	54,23	51,94	50,68	49,03	51,47a
F3 (8)	52,02	50,41	53,93	50,12	51,62a
Rataan	49,56	50,24	48,28	48,07	
12 MST					
F0 (0)	52,73	54,66	47,22	46,38	50,25b
F1 (4)	58,91	64,17	59,73	60,1	60,73a
F2 (6)	64,88	63,3	59,09	61,59	62,22a
F3 (8)	64,09	61,58	64,89	59,51	62,52a
Rataan	60,15	60,93	57,73	56,9	
14 MST					
F0 (0)	57,12	59,98	51,56	50,56	54,81b
F1 (4)	66,7	72,37	67,93	70,46	69,37a
F2 (6)	73,95	69,4	66,28	69,43	69,77a
F3 (8)	70	68,18	73,7	66,89	69,69a
Rataan	66,94	67,48	64,87	64,34	
16 MST					
F0 (0)	62,08	72,87	64,13	57,88	64,24b
F1 (4)	74,88	84,81	80,78	83,64	81,03a

F2 (6)	86,46	80,38	77,08	80,8	81,18a
F3 (8)	81,18	79,48	85,7	78,67	81,26a
Rataan	76,15	79,39	76,92	75,25	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Pada Tabel 1, menunjukkan bahwa semakin bertambah dosis pemberian pupuk daun maka pertumbuhan bibit kakao semakin tinggi. Pada tabel 1 diperoleh hasil rata-rata tertinggi pada pemberian pupuk 8ml/l air yaitu 81,26 cm dan rata-rata terendah pada perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0 ml/l air yaitu 62,24 cm. Perlakuan pemberian frekuensi pemberian air sampai dengan 16 MST menghasilkan tanaman tertinggi pada penyiraman 1 x 3 hari yaitu 79,39 cm dan terendah pada penyiraman 1 x 7 hari yaitu 75,25 cm.

Perlakuan pupuk daun berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah daun pada sampai dengan 16 MST, dimana perlakuan frekuensi pemberian air berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah daun sampai dengan 16 MST. Sedangkan interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap jumlah daun tanaman kakao (Tabel 2).

Tabel 2. Jumlah daun tanaman kakao sampai dengan 16 mst pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> (1/1 hari)	W <sub>1</sub> (1/3 hari)	W <sub>2</sub> (1/5 hari)	W <sub>3</sub> (1/7 hari)	
6 MST	.....helai.....				
F <sub>0</sub> (0)	6,42	6,83	6,83	6,42	6,63c
F <sub>1</sub> (4)	7,17	8,75	7,33	8	7,81b
F <sub>2</sub> (6)	8,17	8,25	7,83	7,25	7,88a
F <sub>3</sub> (8)	8,5	8,58	8,67	7,58	8,33a
Rataan	7,57a	8,10a	7,67a	7,31b	
8 MST	12,17	11,08	11,33	11,25	11,46b
F <sub>0</sub> (0)	11,58	13,33	12,17	2,02	9,78a
F <sub>1</sub> (4)	13,33	12,67	12,58	12,42	12,75a
F <sub>2</sub> (6)	12,67	13,5	13,58	11,67	12,86a
Rataan	12,44	12,65	12,42	9,34	
10 MST	14,58	14,25	13,92	15,58	14,58b
F <sub>0</sub> (0)	14,58	16,25	15,75	16	15,65a
F <sub>1</sub> (4)	16,25	15,58	15,17	15,5	15,63a
F <sub>2</sub> (6)	15,92	16	16,83	14,75	15,88a
Rataan	15,33	15,52	15,42	15,46	
12 MST	18	17,17	16,25	16,08	16,88b
F <sub>0</sub> (0)	18,75	19,92	19	20,17	19,46a
F <sub>1</sub> (4)	19,83	19,5	18,83	19,92	19,52a
F <sub>2</sub> (6)	19,83	20,83	20,42	18,25	19,83a
Rataan	19,10	19,36	18,63	18,61	
14 MST	20,50	20,33	19,00	20,42	20,06
F <sub>0</sub> (0)	22,58	23,42	22,42	23,17	22,90
F <sub>1</sub> (4)	23,92	22,75	21,92	23,25	22,96
F <sub>2</sub> (6)	24,00	24,83	26,75	22,25	24,46
Rataan	22,75	22,83	22,52	22,27	
16 MST	25,75	25,08	23,08	23,67	24,40
F <sub>0</sub> (0)	28,25	29,42	28,08	27,67	28,36
F <sub>1</sub> (4)	29,25	28,25	26,92	29,25	28,42
F <sub>2</sub> (6)	29,67	30,92	31,58	27,25	29,86
Rataan	28,23	28,42	27,42	26,96	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan pupuk daun sampai dengan 16 MST menghasilkan jumlah daun tertinggi pada pemberian pupuk daun dengan dosis 8ml/l air yaitu 29,86 berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0 ml/l air yaitu 24,40 helai yang merupakan rata-rata terendah pada jumlah daun bibit kakao. Perlakuan pemberian frekuensi pemberian air sampai dengan 16 MST menghasilkan jumlah daun tertinggi pada penyiraman 3x1hari yaitu 28,42 helai dan terendah pada penyiraman 1x7hari yaitu 26,96 helai.

Perlakuan pupuk daun berpengaruh nyata terhadap parameter diameter batang pada sampai dengan 16 MST, dimana perlakuan frekuensi pemberian air berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang pada sampai dengan 16 MST. Sedangkan interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang tanaman kakao (Tabel 3).

Tabel 3. Diameter batang tanaman kakao sampai dengan 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> (1/1 hari)	W <sub>1</sub> (1/3 hari)	W <sub>2</sub> (1/5 hari)	W <sub>3</sub> (1/7 hari)	
6 MST	.....helai.....				
F <sub>0</sub> (0)	4,32	4,29	4,2	4,31	4,28b
F <sub>1</sub> (4)	4,69	4,7	4,63	4,44	4,62a
F <sub>2</sub> (6)	4,59	4,63	4,69	4,85	4,69a
F <sub>3</sub> (8)	4,86	4,93	4,79	4,46	4,76a
Rataan	4,62	4,64	4,58	4,52	
8 MST	5,06	5,17	4,89	5,13	5,06b
F <sub>0</sub> (0)	5,55	5,88	5,78	5,73	5,74a
F <sub>1</sub> (4)	6,13	5,75	5,88	6,03	5,95a
F <sub>2</sub> (6)	6,1	5,99	6,11	5,61	5,95a
Rataan	5,71	5,70	5,67	5,63	
10 MST	6,03	6,16	6,04	6,13	6,09c
F <sub>0</sub> (0)	6,47	7,18	7,07	6,68	6,85b
F <sub>1</sub> (4)	7,34	6,88	6,82	6,89	6,98a
F <sub>2</sub> (6)	7,16	7,39	7,2	7,08	7,21a
Rataan	6,75	6,90	6,78	6,70	
12 MST	6,88	7,09	6,83	6,98	6,95b
F <sub>0</sub> (0)	7,83	8,53	8,26	8,12	8,19a
F <sub>1</sub> (4)	8,44	8,03	8,14	8,13	8,19a
F <sub>2</sub> (6)	8,69	8,26	8,41	8,31	8,42a
Rataan	7,96	7,98	7,91	7,89	
14 MST	7,81	8,34	7,27	7,94	7,84b
F <sub>0</sub> (0)	8,98	9,3	9,46	9	9,19a
F <sub>1</sub> (4)	9,58	9,19	9,14	9,03	9,24a
F <sub>2</sub> (6)	9,49	9,31	9,74	9,43	9,49a
Rataan	8,97	9,04	8,90	8,85	
16 MST	8,66	9,35	8,57	8,59	8,79b
F <sub>0</sub> (0)	10,24	10,87	10,53	10,47	10,53a
F <sub>1</sub> (4)	10,83	10,49	10,73	10,45	10,63a
F <sub>2</sub> (6)	11,29	10,77	11,08	11,07	11,05a
Rataan	10,26	10,37	10,23	10,15	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Pengamatan sampai dengan 16 MST menunjukkan bahwa semakin bertambah dosis pemberian pupuk daun semakin tinggi diameter batang bibit kakao. Pada tabel 1 diperoleh hasil rata-ran tertinggi pada pemberian pupuk 8ml/l air yaitu 11,05 mm dan rata-ran terendah pada perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0ml/l air yaitu 8,79 mm. Perlakuan pemberian frekuensi pemberian air sampai dengan 16 MST menghasilkan diameter batang tertinggi pada penyiraman 1x3hari yaitu 10,37 mm dan terendah pada penyiraman 1x7 hari yaitu 10,15 mm.

Hasil Analisis Sidik Ragam menunjukkan bahwa perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air berpengaruh nyata terhadap total luas daun. Sedangkan interaksi kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap total luas daun tanaman kakao (Tabel 4).

Tabel 4. Total luas daun tanaman kakao 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> (1/1 hari)	W <sub>1</sub> (1/3 hari)	W <sub>2</sub> (1/5 hari)	W <sub>3</sub> (1/7 hari)	
	..... mm.....				
F <sub>0</sub> (0)	2205,54	2074,38	1949,20	1915,16	2036,07b
F <sub>1</sub> (4)	3157,62	3003,52	3020,91	2410,96	2898,25a
F <sub>2</sub> (6)	3220,38	2902,65	2807,42	2748,00	2919,61a
F <sub>3</sub> (8)	3247,35	3437,55	3337,95	2779,68	3200,63a
Rataan	2957,72a	2854,53a	2778,87a	2463,45b	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Pengamatan sampai dengan 16 MST menunjukkan bahwa semakin bertambah dosis pemberian pupuk daun maka pertambahan luas daun bibit kakao semakin tinggi. Pada tabel 4 diperoleh hasil rata-ran tertinggi pada pemberian pupuk 8ml/l air yaitu 3200,63 cm<sup>2</sup> dan rata-ran terendah pada perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0ml/l air yaitu 2036,07 cm<sup>2</sup>. Perlakuan pemberian frekuensi pemberian air sampai dengan 16 MST menghasilkan luas daun tertinggi pada penyiraman 1x sehari yaitu 2778,87 cm<sup>2</sup> yang berbeda nyata terhadap penyiraman 1x7hari yaitu 2463,45 cm<sup>2</sup> yang merupakan rata-ran terendah total luas daun bibit kakao.

Hasil Analisis Sidik Ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi pemberian air berpengaruh nyata terhadap tebal daun, sedangkan perlakuan pupuk daun, interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap terhadap tebal daun (Tabel 5).

Tabel 5. Tebal daun tanaman kakao 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> (1/1 hari)	W <sub>1</sub> (1/3 hari)	W <sub>2</sub> (1/5 hari)	W (1/7 hari)	
	..... mm.....				
F <sub>0</sub> (0)	1,69	1,68	1,67	1,65	1,673
F <sub>1</sub> (4)	1,68	1,69	1,67	1,65	1,673
F <sub>2</sub> (6)	1,69	1,69	1,67	1,65	1,675
F <sub>3</sub> (8)	1,69	1,68	1,68	1,65	1,675
Rataan	1,688a	1,685a	1,673b	1,650b	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Pengamatan sampai dengan 16 MST menunjukkan bahwa semakin bertambah dosis pemberian pupuk daun maka pertambahan tebal daun bibit kakao semakin tinggi. Pada tabel 5 diperoleh hasil rata-ran tertinggi pada pemberian pupuk 8ml/l air yaitu 1,675 mm dan rata-ran terendah pada perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0ml/l air yaitu 1,673 mm. Perlakuan pemberian frekuensi pemberian air sampai dengan 16 MST menghasilkan tebal daun tertinggi

pada penyiraman 1x 3 hari yaitu 1,685 mm yang berbeda nyata terhadap penyiraman 1x7hari yaitu yaitu 1,650 mm yang merupakan rata-rata tebal daun terendah bibit tanaman kakao. Perlakuan pupuk daun dengan rata-rata tebal daun tertinggi terdapat pada perlakuan F<sub>3</sub>(8ml/l air) yaitu 1,675 mm dan terendah pada perlakuan F<sub>0</sub> (0ml/l air) yaitu 1,673 mm.

Hasil Analisis Sidik Ragam menunjukkan bahwa perlakuan pupuk daun berpengaruh nyata terhadap berat kering tajuk. Perlakuan frekuensi pemberian air, interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap berat kering tajuk (Tabel 6).

Tabel 6. Berat kering tajuk tanaman kakao 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> :1x1 hari	W <sub>1</sub> :1x3 hari	W <sub>2</sub> :1x5 hari	W <sub>3</sub> :1x7 hari	
.....g.....					
F <sub>0</sub> (0)	7,08	8,52	6,72	8,25	7,64c
F <sub>1</sub> (4)	15,4	15,92	14,19	13,99	14,88b
F <sub>2</sub> (6)	15,76	13,53	15,19	15,86	15,09a
F <sub>3</sub> (8)	15,49	16,38	17,95	15,36	16,30a
Rataan	13,43	13,59	13,51	13,37	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan pupuk daun menghasilkan berat kering tajuk tertinggi pada pemberian pupuk daun 8ml/l air yaitu 16,30 g berbeda nyata pada perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0ml/l air yaitu 7,64 g yang merupakan rata-rata berat kering tajuk terendah pada bibit kakao. Perlakuan frekuensi pemberian air dengan berat kering tajuk tertinggi terdapat pada penyiraman 1x3hari yaitu 13,59 g dan terendah pada penyiraman 1x7hari yaitu 13,37 g.

Berdasarkan hasil analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan pupuk daun berpengaruh nyata terhadap berat kering akar. Perlakuan frekuensi pemberian air, interaksi antara kedua perlakuan berpengaruh tidak nyata terhadap berat kering akar (Tabel 7).

Tabel 7. Berat kering akar tanaman kakao 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> :1/1 hari	W <sub>1</sub> :1/3 hari	W <sub>2</sub> :1/5 hari	W <sub>3</sub> :1/7 hari	
.....g.....					
F <sub>0</sub> (0)	2,49	2,53	2,57	2,61	2,55c
F <sub>1</sub> (4)	3,4	3,53	3,47	3,13	3,38b
F <sub>2</sub> (6)	3,39	3,4	3,34	3,37	3,38b
F <sub>3</sub> (8)	3,71	3,77	3,75	3,7	3,73a
Rataan	3,73	3,73	3,74	3,70	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Pengamatan sampai dengan 16 MST menunjukkan bahwa semakin bertambah dosis pemberian pupuk daun maka berat kering akar bibit kakao semakin tinggi. Perlakuan pemberian frekuensi pemberian air sampai dengan 16 MST menghasilkan berat kering akar

tertinggi pada penyiraman 1x 3 hari yaitu 3,73 g yang berbeda nyata terhadap penyiraman 1x7hari yaitu 3,70 g yang merupakan rata-rata terendah total luas daun bibit kakao.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa, perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air serta interaksi antara kedua perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap rasio tajuk akar (Tabel 8).

Tabel 8. Rasio tajuk akar tanaman kakao 16 MST pada perlakuan pupuk daun dan frekuensi pemberian air

Pupuk daun ml/l air	Waktu pemberian air				Rataan
	W <sub>0</sub> :1x1hari	W <sub>1</sub> :1x3 hari	W <sub>2</sub> :1x5 hari	W <sub>3</sub> :1x7 hari	
	g				
F <sub>0</sub> (0)	7,06	8,43	6,45	7,71	7,41
F <sub>1</sub> (4)	9,61	8,95	8,03	9,28	8,97
F <sub>2</sub> (6)	9,28	8,06	9,21	9,35	8,98
F <sub>3</sub> (8)	7,94	8,16	8,95	8,55	8,40
Rataan	8,47	8,40	8,16	8,72	

Keterangan: Huruf yang sama dalam satu kolom/baris menunjukkan arti signifikansi/nyata dengan uji jarak Duncan (UJD) pada  $\alpha=5\%$ .

Tabel 8 dapat dilihat bahwa pada pemberian pupuk daun dengan dosis 6ml/l air yaitu 8,98g dan terendah pada perlakuan tanpa pemberian pupuk daun 0ml/l air yaitu 7,41g. Rataan tertinggi pada perlakuan frekuensi pemberian air pada penyiraman 1x7hari yaitu 8,72g dan terendah pada penyiraman 1x5hari yaitu 8,16g.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk daun berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman dan diameter batang. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan nitrogen yang tinggi terdapat pada pupuk daun yaitu N: 4%, P: 3%, K: 3% mampu mencukupi kebutuhan hara tanaman. Dimana kandungan N akan dimanfaatkan tanaman untuk proses pembesaran sel dan pemanjangan sel dalam merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman seperti tinggi dan diameter batang. Hal ini didukung oleh laporan Yin et al., 2012; Gough, 2012; Leghari et al., 2016 bahwa Nitrogen sendiri diserap baik dalam bentuk ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) maupun nitrat (NH<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ketersediaan N dalam daun terserap oleh tanaman kemudian digunakan untuk merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti daun, batang dan akar. Unsur N berfungsi untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, menyehatkan pertumbuhan daun dengan warna yang lebih hijau.

Hasil analisis sidik ragam, pemberian pupuk daun berpengaruh nyata terhadap jumlah daun dan total luas daun. Jumlah daun dengan rata-rata tertinggi dihasilkan pada perlakuan F<sub>3</sub>(8ml/l air) yaitu 29,86 helai dan terendah terdapat pada perlakuan F<sub>0</sub> (0ml/l air) yaitu 24,40 helai. Sedangkan untuk total luas daun dengan rata-rata tertinggi dihasilkan pada perlakuan F<sub>3</sub> (8ml/l air) yaitu 3200,63 cm<sup>2</sup> dan terendah pada perlakuan F<sub>0</sub> (0ml/l air) yaitu 2036,07 cm<sup>2</sup>. Niu et al., 2021 dan Ishfaq et al., 2022, mendukung hasil ini, bahwa pemberian pupuk melalui daun diduga dapat mempercepat proses penyerapan unsur hara karena pupuk daun langsung masuk ke dalam stomata untuk selanjutnya segera dapat diproses melalui proses fotosintesis sehingga terbentuk karbohidrat. Hal ini didukung oleh Al-Juthery et al., 2019; Toman et al., 2021 dan Al-Taey et al., 2021 melaporkan bahwa pemupukan melalui daun akan mempercepat penyerapan unsur hara sehingga tanaman lebih cepat menumbuhkan tunas. Karbohidrat ini digunakan untuk memperpanjang dan meningkatkan sel – sel tanaman serta meningkatkan jumlah daun serta akan mempengaruhi luas daun tanaman.

Hasil analisis sidik ragam bahwa pemberian pupuk daun berpengaruh nyata terhadap berat kering tajuk dan berat kering akar. Hal ini menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan tinggi bibit, jumlah daun, diameter batang, tebal daun dan total luas daun. Pengaruh pemberian pupuk diukur berdasarkan pertumbuhan tanaman, dimana efek positif yang lebih baik terhadap aktivitas antioksidan, polifenol, flavonoid, karotenoid, dan kandungan klorofil

menmpengaruhi berat kering tajuk dan berat kering akar. Hal ini sesuai dengan laporan Abd El-Mageed et al., 2017; Adhikari et al., (2020) bahwa produksi berat kering tanaman merupakan hasil dari proses meningkatnya asimilat melalui proses fotosintesis, respirasi dan akumulasi senyawa organik.

Hasil analisis sidik ragam bahwa pemberian pupuk daun berpengaruh tidak nyata terhadap tebal daun dan rasio tajuk akar. Tebal daun dengan rata-rata tertinggi didapat pada perlakuan F<sub>3</sub>(8ml/l air) yaitu 1,675 mm dan terendah didapat pada perlakuan F<sub>0</sub>(0ml/l air) yaitu 1,673 mm. Sedangkan untuk rasio tajuk akar dengan rata-rata tertinggi didapat pada perlakuan F<sub>2</sub>(6ml/l air) yaitu 8,98 g dan terendah didapat pada perlakuan F<sub>0</sub>(0ml/l air) yaitu 7,41 g. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan yang terdapat pada pupuk daun N: 4%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 3%, K<sub>2</sub>O: 3%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk kalium 3% melalui daun tidak dapat membantu mengurangi dampak negatif cekaman air pada tahap awal pertumbuhan tebal daun dan rasio tajuk akar pada bibit kakao hal ini didukung oleh Phuphong et al., 2020; Tuiwong et al., 2022 melaporkan bahwa aplikasi pupuk daun mempunyai efek positif terhadap aktivitas antioksidan, polifenol, flavonoid, karotenoid, dan kandungan klorofil, namun kontribusinya tidak begitu berarti dibandingkan dengan perlakuan pupuk tanpa penyemprotan.

Hasil analisis sidik ragam bahwa menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi pemberian air berpengaruh nyata terhadap total luas daun dan tebal daun. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian air dengan interval sekali sehari dalam kapasitas lapang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman khususnya daun yang akan mempengaruhi total luas daun dan tebal daun. Sedangkan semakin menurunnya tingkat pemberian air, maka tanaman mulai menunjukkan penurunan pertumbuhan tanaman termasuk daun. Hal ini sesuai dengan pernyataan dengan pernyataan Denton et al., 2018; Davies et al., 2022 and Batbaatar et al., 2023 melaporkan bahwa tanaman yang mengalami kekurangan air secara umum mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh normal. akibat variasi intensitas dan frekuensi kekurangan air mengakibatkan defoliiasi bibit.

Hasil analisis sidik ragam bahwa diketahui bahwa perlakuan frekuensi pemberian air tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun 6-14 MST, diameter batang, berat kering akar, berat kering tajuk dan rasio tajuk akar. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian air dalam kapasitas lapang mampu mencukupi ketersediaan air tanaman, dimana jika kandungan air dalam jaringan tanaman cukup, maka proses metabolisme tanaman dapat berjalan sebagaimana mestinya. Hal ini sesuai dengan laporan Vanderlinden et al., 2005; Zhu et al., 2019; Liu et al., 2022 and Libohova et al., 2018, bahwa kapasitas penyimpanan air (KPA) adalah jumlah air maksimum yang dapat disimpan oleh tanah. Keadaan ini dapat dicapai jika memberi air sampai terjadi kelebihan air, maka semua rongga tanah terisi air. Karena itu kandungan air volume maksimum menggambarkan porositas total tanah. Setelah pori terisi air (tercapai kapasitas penyimpanan air maksimum), pemberian air kita hentikan. Pada keadaan ini tanah dalam keadaan kapasitas lapang. Tercukupinya kebutuhan air pada tanaman tidak menyebabkan perbedaan pertumbuhan yang signifikan dikarenakan pemberian frekuensi pemberian air dilakukan dengan menjaga kapasitas lapang tanaman.

Hasil analisis statistik bahwa perlakuan pupuk daun dengan frekuensi pemberian air memberikan respon yang nyata pada masing-masing faktor tunggal tanpa adanya interaksi pengaruh yang signifikan pada kedua perlakuan tersebut. Hal ini disebabkan masing-masing perlakuan tidak saling mempengaruhi sesuai dengan pernyataan Faloye et al., 2019; Yang et al., 2022; and Babalola et al., 2022, bahwa ikatan kimia dengan unsur lain, termasuk N, P, K, Ca, Mg, Fe, dan Zn dan menjadi tidak tersedia untuk serapan tanaman, meskipun unsur hara melimpah di dalam tanah, diduga ketersediaan hayatinya rendah akan membatasi pertumbuhan tanaman dan nutrisi yang tidak terpakai terakumulasi untuk sementara di dalam tanah atau hilang ke udara atau air.

## KESIMPULAN

Aplikasi pupuk daun dosis 8 ml/l air air memberikan respon pertumbuhan terbaik berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter pertumbuhan bibit kakao. Frekuensi pemberian air dalam kondisi kapasitas lapang berpengaruh signifikan terhadap total luas daun dan tebal daun dengan pemberian air 1x/hari. Interaksi kedua perlakuan berpengaruh tidak signifikan pada terhadap semua parameter.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abd El-Mageed, T. A., El-Sherif, A. M., Ali, M. M., & Abd El-Wahed, M. H. (2017). Combined effect of deficit irrigation and potassium fertilizer on physiological response, plant water status and yield of soybean in calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(6), 827-840.
- Adhikari, B., Dhungana, S. K., Kim, I. D., & Shin, D. H. (2020). Effect of foliar application of potassium fertilizers on soybean plants under salinity stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 19(4), 261-269.
- Al-Juthery, H. W. A., Hardan, H. M., Al-Swedi, F. G., Obaid, M. H., & Al-Shami, Q. M. N. (2019, November). Effect of foliar nutrition of nano-fertilizers and amino acids on growth and yield of wheat. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 388, No. 1, p. 012046). IOP publishing.
- Al-Taey, D. K., Al-Dirbil, K. M., & Al-Azawi, S. S. (2021, November). Study The Effect of Water Quality, Bio Booster (Zytonic F) and Nano NPK fertilizer on Tomato Growth and Yield. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 910, No. 1, p. 012063). IOP Publishing.
- Babalola, T. E., Adabembe, B. A., & Faloye, O. T. (2022). Water use-yield relationship of maize as influenced by biochar and inorganic fertilizer applications in a tropical sandy clay loam soil. *Agricultural water management*, 271, 107801.
- Bashir, S. S., Hussain, A., Hussain, S. J., Wani, O. A., Zahid Nabi, S., Dar, N. A., ... & Mansoor, S. (2021). Plant drought stress tolerance: Understanding its physiological, biochemical and molecular mechanisms. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1), 1912-1925.
- Batbaatar, A., Carlyle, C. N., Bork, E. W., Chang, S. X., & Cahill Jr, J. F. (2023). Differential sensitivity of above-and belowground plant biomass to drought and defoliation in temperate grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 356, 108660.
- Berry, Z. C., Emery, N. C., Gotsch, S. G., & Goldsmith, G. R. (2019). Foliar water uptake: processes, pathways, and integration into plant water budgets. *Plant, cell & environment*, 42(2), 410-423.
- Davies, K. W., Bates, J. D., & Svejcar, L. (2022). Reducing exotic annual grass competition did not improve shrub restoration success during a drought. *Rangeland Ecology & Management*, 85, 9-14.
- Denton, E. M., Smith, B. S., Hamerlynck, E. P., & Sheley, R. L. (2018). Seedling defoliation and drought stress: variation in intensity and frequency affect performance and survival. *Rangeland Ecology & Management*, 71(1), 25-34.
- Dubey, A., Kumar, A., Malla, M. A., Chowdhary, K., Singh, G., Gudasalamani Ravikanth, H., & Dames, J. F. (2021). Approaches for the amelioration of adverse effects of drought stress on crop plants.
- Faloye, O. T., Alatise, M. O., Ajayi, A. E., & Ewulo, B. S. (2019). Effects of biochar and inorganic fertiliser applications on growth, yield and water use efficiency of maize under deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 217, 165-178.

- Farooqi, Z. U. R., Ayub, M. A., ur Rehman, M. Z., Sohail, M. I., Usman, M., Khalid, H., & Naz, K. (2020). Regulation of drought stress in plants. In *Plant life under changing environment* (pp. 77-104). Academic Press.
- Gough, L., Gross, K. L., Cleland, E. E., Clark, C. M., Collins, S. L., Fargione, J. E., & Suding, K. N. (2012). Incorporating clonal growth form clarifies the role of plant height in response to nitrogen addition. *Oecologia*, *169*, 1053-1062.
- Iqbal, M. S., Singh, A. K., & Ansari, M. I. (2020). Effect of drought stress on crop production. *New frontiers in stress management for durable agriculture*, 35-47.
- Ishfaq, M., Kiran, A., ur Rehman, H., Farooq, M., Ijaz, N. H., Nadeem, F., & Wakeel, A. (2022). Foliar nutrition: Potential and challenges under multifaceted agriculture. *Environmental and Experimental Botany*, *200*, 104909.
- Kentelky, E., & Szekely-Varga, Z. (2021). Impact of foliar fertilization on growth, flowering, and corms production of five gladiolus varieties. *Plants*, *10*(9).
- Khomphet, T., Promwee, A., & Islam, S. S. (2023). Effects of foliar fertilizer application on the growth and fruit quality of commercial melon varieties grown in a soilless culture system. *PeerJ*, *11*, e14900.
- Leghari, S. J., Wahocho, N. A., Laghari, G. M., HafeezLaghari, A., Mustafa Bhabhan, G., HussainTalpur, K., & Lashari, A. A. (2016). Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*, *10*(9), 209-219.
- Libohova, Z., Seybold, C., Wysocki, D., Wills, S., Schoeneberger, P., Williams, C., & Owens, P. R. (2018). Reevaluating the effects of soil organic matter and other properties on available water-holding capacity using the National Cooperative Soil Survey Characterization Database. *Journal of soil and water conservation*, *73*(4), 411-421.
- Liu, H., Rezanezhad, F., & Lennartz, B. (2022). Impact of land management on available water capacity and water storage of peatlands. *Geoderma*, *406*, 115521.
- McElrone, A. J., Choat, B., Gambetta, G. A., & Brodersen, C. R. (2013). Water uptake and transport in vascular plants. *Nature Education Knowledge*, *4*(5), 6.
- Niu, J., Liu, C., Huang, M., Liu, K., & Yan, D. (2021). Effects of foliar fertilization: a review of current status and future perspectives. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *21*, 104-118.
- Patil, B., & Chetan, H. T. (2018). Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh*, *3*(1), 49-53.
- Phuphong, P., Cakmak, I., Yazici, A., Rerkasem, B., & Prom-u-Thai, C. (2020). Shoot and root growth of rice seedlings as affected by soil and foliar zinc applications. *Journal of plant nutrition*, *43*(9), 1259-1267.
- Santos, R. M. D., Serrano, L. A. L., Taniguchi, C. A. K., Artur, A. G., Natale, W., & Corrêa, M. C. D. M. (2019). Foliar fertilization on the production of grafted dwarf cashew seedlings. *Ciência e Agrotecnologia*, *43*, e028119.
- Scoffoni, C., Chatelet, D. S., Pasquet-Kok, J., Rawls, M., Donoghue, M. J., Edwards, E. J., & Sack, L. (2016). Hydraulic basis for the evolution of photosynthetic productivity. *Nature plants*, *2*(6), 1-8.
- Seleiman, M. F., Al-Suhaibani, N., Ali, N., Akmal, M., Alotaibi, M., Refay, Y., ... & Battaglia, M. L. (2021). Drought stress impacts on plants and different approaches to alleviate its adverse effects. *Plants*, *10*(2), 259.
- SMAGRO, 2022. SMAGRO for better agriculture. <https://smagro.co.id/id>
- Toman, S. S., Al-Taey, D. K. A., Al-Tawaha, A. R., Sirajuddin, S. N., Rasyid, I., & Hassan, A. A. A. H. (2020). Effect of foliar application and mineral fertilizer on growth parameters and content auxins, GA and CK in cucumber leaves. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 492, No. 1, p. 012009). IOP Publishing.
- Tuiwong, P., Lordkaew, S., Veeradittakit, J., Jamjod, S., & Prom-U-Thai, C. (2022). Efficacy of nitrogen and zinc application at different growth stages on yield, grain zinc, and nitrogen concentration in rice. *Agronomy*, *12*(9), 2093.

- Vanderlinden, K., Giráldez, J. V., & Van Meirvenne, M. (2005). Soil Water-Holding Capacity Assessment in Terms of the Rataan Annual Water Balance in Southern Spain. *Vadose Zone Journal*, 4(2), 317-328.
- Wahab, A., Abdi, G., Saleem, M. H., Ali, B., Ullah, S., Shah, W., & Marc, R. A. (2022). Plants' physio-biochemical and phyto-hormonal responses to alleviate the adverse effects of drought stress: A comprehensive review. *Plants*, 11(13), 1620.
- Yang, Z., Hu, Y., Zhang, S., Raza, S., Wei, X., & Zhao, X. (2022). The thresholds and management of irrigation and fertilization earning yields and water use efficiency in maize, wheat, and rice in China: A meta-analysis (1990–2020). *Agronomy*, 12(3), 709.
- Yin, X., Hayes, R. M., McClure, M. A., & Savoy, H. J. (2012). Assessment of plant biomass and nitrogen nutrition with plant height in early-to mid-season corn. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(13), 2611-2617.
- Zhu, Y., Jia, X., Qiao, J., Binley, A., Horton, R., Hu, W., & Shao, M. A. (2019). Capacity and distribution of water stored in the vadose zone of the Chinese Loess Plateau. *Vadose zone journal*, 18(1), 180203.