

EFISIENSI PENGGUNAAN RADIASI MATAHARI DAN PARTISI BAHAN KERING BIBIT KELAPA SAWIT PADA BERBAGAI DOSIS PUPUK KALIUM DAN MAGNESIUM

RADIATION USE EFFICIENCY AND DRY MATTER PARTITIONING OF OIL PALM SEEDLINGS ON VARIOUS LEVELS OF POTASSIUM AND MAGNESIUM FERTILIZERS

Adinda Nurul Huda Manurung^{1*}, Suwarto², Sudirman Yahya² dan Budi Nugroho³

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Depok

²Departemen Studi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor

³Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Bogor

*Corresponding Author. E-mail address: adinda.nhm@gmail.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 19 September 2023

Direvisi: 07 Oktober 2024

Disetujui: 18 November 2024

KEYWORDS:

Carbohydrate, main nursery, partition, productivity.

KATA KUNCI:

Karbohidrat, partisi, pembibitan utama, produktivitas

ABSTRACT

Optimization of radiation and dry matter partitioning is carried out to increase oil palm productivity. This study aimed to study the effect of various doses of K and Mg fertilization on the radiation use efficiency (RUE) and carbohydrate partitioning of oil palm seedlings in the main nursery. The study was conducted at the Leuwikopo IPB experimental garden, Bogor, from April 2021 to January 2022. The study used a non-factorial Randomized Block Design with five replications of 2 separate experiments. Experiment I consisted of five levels of K fertilization treatment (0%, 50%, 100%, 150%, and 200%). Experiment II consisted of five levels of Mg fertilization treatment (0%, 50%, 100%, 150%, and 200%). Differences in K and Mg fertilizer doses caused variations in dry weight, Leaf area index (LAI), RUE, and partitioning of oil palm seedlings. The best RUE value of oil palm seedlings during the main nursery was obtained in the K2 treatment (100% K dose), 1.24 g MJ⁻¹, and M2 (100% Mg dose), 0.94 g MJ⁻¹. Fluctuations in the partition of dry matter of roots, petioles, and leaves due to differences in K fertilization doses were 0.08-0.29%, 0.39-0.42%, and 0.31-0.50%. Fluctuations in the partition of dry matter of roots, petioles, and leaves due to differences in Mg fertilization doses were 0.04-0.16%, 0.40-0.50%, and 0.34-0.56%.

ABSTRAK

Pengoptimalan penggunaan radiasi matahari dan partisi bahan kering dilakukan untuk meningkatkan produktivitas kelapa sawit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari dari pengaruh berbagai dosis pemupukan K dan Mg terhadap efisiensi penggunaan radiasi matahari dan partisi karbohidrat bibit kelapa sawit di pembibitan utama. Penelitian dilaksanakan di kebun percobaan leuwikopo IPB, Bogor pada bulan April 2021 sampai dengan Januari 2022. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok non faktorial dengan lima ulangan yang terdiri atas 2 percobaan terpisah. Percobaan I terdiri atas lima taraf perlakuan pemupukan K (0%, 50%, 100%, 150%, dan 200%). Percobaan II terdiri atas lima taraf perlakuan pemupukan Mg (0%, 50%, 100%, 150%, dan 200%). Perbedaan dosis pupuk K dan Mg menyebabkan perbedaan bobot kering, Indeks luas daun (ILD), RUE dan partisi bibit kelapa sawit. Nilai RUE terbaik bibit kelapa sawit selama di pembibitan utama diperoleh pada perlakuan K2 (Dosis K 100%) yaitu 1,24 g MJ⁻¹ dan M2 (Dosis Mg 100%) yaitu 0,94 g MJ⁻¹. Fluktuasi partisi bahan kering akar, petiole dan daun akibat perbedaan dosis pemupukan K adalah 0,08-0,29%, 0,39-0,42% dan 0,31-0,50%. Fluktuasi partisi bahan kering akar, petiole dan daun akibat perbedaan dosis pemupukan Mg adalah 0,04-0,16%, 0,40-0,50% dan 0,34-0,56%.

1. PENDAHULUAN

Indonesia adalah produsen dan pengeksport kelapa sawit terbesar di dunia. Pada tahun 2022, area penanaman kelapa sawit terus meningkat. Menurut DJP (2023), luas areal penanaman kelapa sawit saat ini mencapai 15,38 juta Ha. Produktivitas kelapa sawit dipengaruhi oleh masalah tanah, kualitas bibit dan pengelolaan budidayanya, seperti pemupukan. Pemupukan yang optimal di pembibitan akan menentukan kualitas bibit dan percepatan pertumbuhannya di lapangan. Menurut Sudrajat *et al.*, (2014), bibit yang tumbuh optimal akan berkembang lebih cepat, sehingga dapat mulai memproduksi buah lebih awal dengan jumlah produksi yang lebih tinggi.

Kalium (K) dan magnesium (Mg) merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan bibit kelapa sawit dalam jumlah besar, sehingga perlu ditambahkan dalam bentuk pupuk. Kalium berperan dalam berbagai proses fisiologi penting, sintesis ATP, aktivitas enzim (Marschner 1995) dan sintesis minyak pada kelapa sawit (Mangoensoekarjo 2007). Mg merupakan pembentuk molekul klorofil, asam-asam organik dan kofaktor yang mengaktifkan berbagai reaksi fisiologi penting (Hewitt dan Smith 1975). Mg juga memegang peranan penting pada metabolisme N dan sintesis protein (Gardner *et al.*, 1991).

Pemupukan optimal K dan Mg menjadi penting dilakukan untuk mengoptimalkan fungsi masing-masing hara tersebut dalam menunjang pertumbuhan bibit. Penetapan dosis optimum K dan Mg serta respon morfologi dan fisiologinya di pembibitan utama telah banyak dilakukan. Namun, pengaruh pemupukan K dan Mg terhadap tingkat efisiensi penggunaan radiasi matahari (RUE) dan nilai partisi belum dilakukan.

RUE merupakan salah satu variabel penting pada pemodelan tanaman yang dapat memprediksi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Nilai RUE menentukan besarnya intersepsi energi matahari yang dapat digunakan tanaman untuk memproduksi bahan kering. Produksi bahan kering dihasilkan dari nilai asimilasi bersih (Pembengo *et al.*, 2012). Asimilasi bersih diperoleh dari akumulasi fotosintesis yang telah dikurangi akumulasi respirasi. Salah satu yang menentukan hasil fotosintesis adalah luas daun dan produksi luas daun dipengaruhi oleh ketersediaan dan keseimbangan hara.

Ketersediaan hara tidak hanya menentukan jumlah bahan kering yang dihasilkan, namun juga akan menentukan alokasi bahan kering ke masing-masing organ tanaman. Menurut Wardlaw (1990), distribusi bahan kering pada tanaman juga dipengaruhi oleh keadaan lingkungan tempat tumbuh seperti suhu, kondisi kekeringan maupun ketersediaan hara. Pada kondisi kekurangan K dan Mg, tanaman akan meningkatkan pertumbuhan tunas (pucuk) dengan mengurangi pertumbuhan akar (Cakmak *et al.*, 1994). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari berbagai dosis pemupukan K dan Mg terhadap nilai RUE dan partisi bahan kering bibit kelapa sawit di pembibitan utama.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan April 2021-Januari 2022 di kebun percobaan Leuwikopo IPB, Kab. Bogor. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok non faktorial dan diulang lima kali. Percobaan terdiri atas 2 percobaan terpisah. Percobaan I (Kalium) terdiri atas lima taraf perlakuan pemupukan K, yaitu: K0 = tanpa pemupukan; K1 = 50% pupuk rekomendasi pupuk K; K2 = 100% pupuk rekomendasi pupuk K; K3 = 150% pupuk rekomendasi pupuk K; K4 = 200% pupuk rekomendasi pupuk K.

Percobaan II (Magnesium), terdiri atas lima taraf perlakuan pemupukan Mg, yaitu: M0 = tanpa pemupukan; M1 = 50% pupuk rekomendasi pupuk Mg; M2 = 100% pupuk rekomendasi pupuk Mg; M3 = 150% pupuk rekomendasi pupuk Mg; M4 = 200% pupuk rekomendasi pupuk Mg.

Dosis pemupukan 100% menggunakan standar pemupukan untuk benih kelapa sawit varietas Damimas di pembibitan utama yaitu 33 g K/bibit dan 14 g Mg/bibit. Seluruh bibit pada percobaan I diberikan pemupukan N, P dan Mg sesuai dengan dosis standar untuk varietas Damimas, yaitu 28 g N, 28 g P dan 14 g Mg. Seluruh bibit pada percobaan II, diberikan pemupukan N, P dan K sesuai dengan dosis standar untuk varietas Damimas, yaitu 28 g N, 28 g K dan 33 g Mg.

Bibit kelapa sawit varietas Damimas hasil pembibitan awal (*prenursery*) yang telah berumur 3 bulan, diseleksi untuk memperoleh bibit dengan ukuran seragam dan pertumbuhan normal. Setiap petak percobaan terdiri atas 5 bibit sehingga jumlah keseluruhan bibit yang digunakan dalam penelitian adalah 250 bibit. Media tanam yang digunakan untuk pembibitan utama adalah *topsoil*. Media diisi pada *polybag* hitam dengan ukuran 50 cm x 40 cm. *Polybag* yang telah berisi bibit disusun sesuai blok perlakuan dengan jarak tanam 90 cm x 90 cm x 90 cm. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, pengendalian gulma, hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan setiap pagi dan sore hari. Pemupukan dilakukan sesuai dosis perlakuan setiap 2 minggu. Pemupukan dilakukan dengan cara tebar di permukaan tanah dengan jarak $\pm$ 5 cm dari bibit. Jenis pupuk yang berbeda diletakkan pada sisi tanaman yang berbeda. Data hasil pengamatan kemudian dianalisis ragam pada taraf 5% dan jika berbeda nyata, akan diuji lanjut dengan uji polynomial orthogonal.

Peubah bobot kering organ tanaman (akar, petiole dan daun), indeks luas daun (ILD), efisiensi penggunaan radiasi (RUE), dan koefisien partisi diukur pada umur 3, 6, 9 dan 12 bulan. Penghitungan bobot kering tanaman dilakukan secara destruktif dengan menimbang organ tanaman yang telah dikeringkan selama 48 jam dengan suhu 70°C. Nilai ILD diperoleh dari hasil perkalian antara bobot kering daun dan luas daun spesifik.

RUE dihitung dengan membandingkan bobot kering tanaman yang dihasilkan selama periode waktu tertentu (ΔBK) dengan jumlah energi radiasi matahari yang diintersepsi (Q_{int}) oleh tanaman. Q_{int} merupakan selisih antara jumlah radiasi yang datang di atas tajuk tanaman (Q_s) dengan radiasi yang diteruskan dibawah tajuk tanaman (Q_l) (Monteith, 1994).

$$RUE = \frac{\Delta BK}{Q_{int}}, \quad Q_{int} = Q_s - Q_l \quad (1)$$

Partisi (p_i) merupakan perbandingan antara pertambahan bobot kering organ tanaman tertentu (akar, petiole, daun) pada umur tertentu (dBK_i) dengan total pertambahan bobot kering tanaman secara total pada umur yang sama (dBK_{total}).

$$p_i = \frac{dBK_i}{dBK_{total}} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Bobot Kering (g)

Perbedaan dosis pemupukan K pada bibit kelapa sawit di pembibitan utama memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada bobot kering daun pada 9 bulan setelah tanam (BST) dan bobot kering akar, petiole, daun dan total pada 12 BST. Perbedaan dosis pupuk K juga telah memberikan respon yang membentuk kurva kuadratik pada bobot kering petiole, daun dan total pada umur 9 bulan dan bobot kering petiole pada umur 12 bulan. Menurut hasil penelitian Masjur dan Rusman (2008), kurva respon kuadratik adalah model yang paling umum digunakan untuk menggambarkan pengaruh pemupukan terhadap respon hasil suatu tanaman. Tanggapan kurva respon kuadratik dari bobot kering tanaman memberikan respon meningkat dengan tingkat pemupukan ke titik di mana hasil mendekati maksimum tetapi kemudian mungkin menurun pada tingkat yang lebih tinggi. Bobot kering akar, petiole, daun dan bobot kering total bibit dapat dilihat pada Tabel 1.

3.2 Indeks Luas Daun

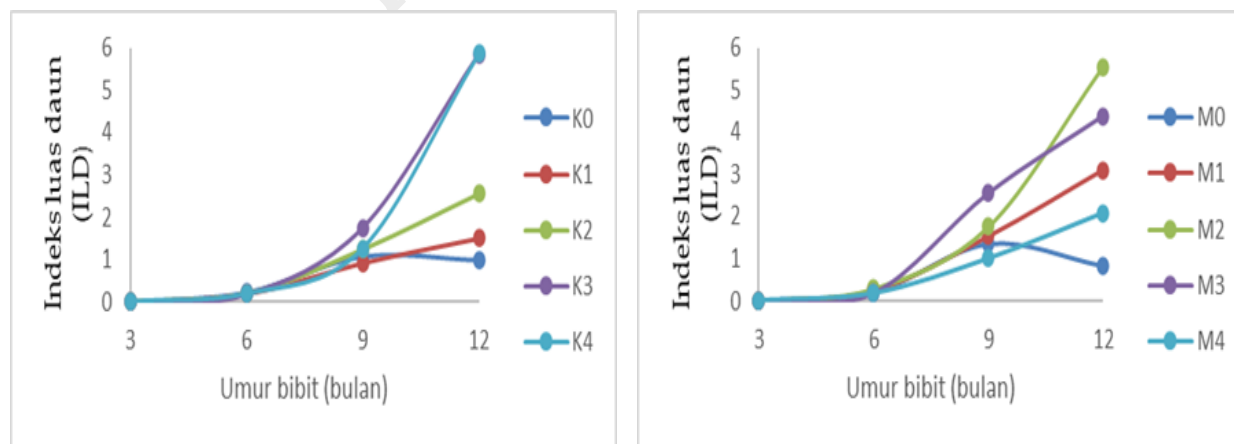
Salah satu peubah penting untuk melihat kemampuan penutupan lahan oleh tajuk tanaman dapat menggunakan nilai indeks luas daun (ILD). ILD bergantung pada bobot kering daun dan luas daun aktual pada bibit kelapa sawit. Perbedaan dosis pemupukan K dan Mg pada bibit kelapa sawit mengakibatkan perbedaan luas daun dan bobot kering. Perbedaan ini menyebabkan perbedaan penutupan lahan (ILD). Nilai ILD bibit kelapa sawit pada pemberian berbagai dosis pupuk K dan Mg dapat dilihat pada Tabel 2, dan Gambar 1. Pada Gambar 1, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan ILD selama pembibitan utama yang lebih tinggi terdapat pada perlakuan K3 dan K4. Peningkatan ILD diakibatkan oleh peningkatan bobot kering daun. Pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa perlakuan K3 dan K4 menghasilkan bobot kering daun yang tinggi. Bobot kering daun yang tinggi didapatkan sebagai akibat perluasan daun yang optimal (setara dengan K2) akibat ketersediaan K di tanah yang optimal.

Nilai ILD pada bibit kelapa sawit dengan perbedaan dosis Mg dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1. ILD tertinggi terdapat pada dosis 100% (M2) dan ILD terendah pada perlakuan tanpa pupuk magnesium (M0). Menurut Kurniawan *et al.*, (2014), peningkatan Mg berpengaruh pada peningkatan kandungan klorofil A, B dan total serta berinteraksi dengan N dalam peningkatan luas daun dan ILD pada bibit kelapa sawit.

Tabel 1. Bobot kering akar, petiole, daun dan total bibit kelapa sawit pada umur 6, 9 dan 12 bulan

Perlakuan	Bobot kering umur 6 BST (g)				Bobot kering umur 9 BST (g)				Bobot kering umur 12 BST (g)			
	Akar	Petiole	Daun	Total	Akar	Petiole	Daun	Total	Akar	Petiole	Daun	Total
K0	7,1	9,3	13,2	29,6	34,1	48,7	62,7	145,5	109,1	149,4	142,5	401,0
K1	8,2	9,3	13,9	31,4	40,5	47,5	60,7	148,7	135,8	219,3	166,7	521,8
K2	7,9	10,1	12,8	30,7	54,9	62,6	88,4	205,9	249,6	328,1	337,5	915,2
K3	7,8	8,6	12,0	28,3	48,8	63,8	98,6	211,2	127,8	288,8	330,2	746,8
K4	6,1	8,5	11,0	25,6	35,8	52,3	69,3	157,4	71,6	247,4	300,5	619,5
Respon	tn	tn	tn	tn	tn	tn	*	tn	*	*	*	*
Pola Respon	-	-	-	-	-	-	Q*	-	Q*	Q*	Q*	Q*
M0	6,5	8,5	13,6	28,6	42,5	55,7	74,5	172,7	47,1	102,7	139,8	289,6
M1	6,9	9,3	14,4	30,5	36,7	63,7	85,2	185,6	81,7	350,2	235,3	667,2
M2	10,1	12,7	17,0	39,8	49,9	69,0	97,2	216,0	159,4	427,7	314,4	901,5
M3	6,9	8,4	12,1	27,4	60,5	88,8	113,4	262,6	122,1	292,8	365,0	779,9
M4	6,5	7,6	12,1	26,3	32,0	45,8	62,0	139,9	88,8	222,6	181,0	492,4
Respon	*	*	tn	tn	*	*	*	*	tn	*	*	*
Pola Respon	Q*	Q*	-	-	Q*	Q*	Q*	Q*	-	Q*	Q*	Q*

Keterangan: *= berbeda nyata pada taraf 5%; tn = tidak nyata; Q = kuadratik; L = linier



Gambar 1. ILD bibit kelapa sawit di umur 6, 9 dan 12 bulan pada berbagai tingkat pemupukan K dan Mg

Tabel 2. Indeks luas daun bibit kelapa sawit pada umur 6, 9 dan 12 bulan pada berbagai tingkat pemupukan K dan Mg

Perlakuan	Indeks Luas Daun (ILD)		
	6 bulan	9 bulan	12 bulan
K0	0,23	1,08	1,00
K1	0,19	0,92	1,50
K2	0,19	1,24	2,56
K3	0,18	1,75	5,85
K4	0,18	1,25	5,86
M0	0,20	1,34	0,82
M1	0,25	1,54	3,10
M2	0,30	1,76	6,17
M3	0,19	2,56	4,38
M4	0,17	1,00	2,08

Tabel 3. Nilai efisiensi penggunaan radiasi matahari bibit kelapa sawit pada tingkat pemupukan K dan Mg

Perlakuan	Umur Tanaman (BST)		
	3-6	6-9	9-12
K0	0,64	0,63	1,13
K1	0,80	0,67	1,39
K2	0,74	0,95	2,02
K3	0,74	0,72	1,19
K4	0,64	0,62	1,11
Rataan K	0,71	0,72	1,37
M0	0,77	0,57	0,88
M1	0,67	0,64	1,14
M2	0,77	0,64	1,42
M3	0,77	0,62	1,32
M4	0,77	0,62	1,07
Rataan Mg	0,75	0,62	1,17
Rataan	0,73	0,67	1,27

3.3 Efisiensi penggunaan radiasi matahari (g MJ⁻¹).

Nilai efisiensi penggunaan radiasi matahari (*Radiation Use Efficiency*/RUE) bibit kelapa sawit pada rentang umur 3-6, 6-9 dan 9-12 bulan dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 juga menunjukkan bahwa pada percobaan K dan Mg, nilai RUE pada perlakuan K0 dan M0 menghasilkan nilai RUE lebih rendah. Perbedaan nilai RUE lebih jelas terlihat pada umur 12 BST. Hal ini disebabkan karena pada umur 12 BST, tanaman sudah mengakumulasi respon akibat perlakuan selama 9 bulan. Pemupukan dengan dosis 100% (K2 dan M2) menghasilkan nilai RUE tertinggi pada masing-masing percobaan. RUE merupakan salah satu peubah yang dapat menunjukkan pertumbuhan dan tingkat fotosintesis yang lebih optimal akibat pertumbuhan morfologi yang lebih baik, terutama pertumbuhan luas daun. Luas daun yang lebih tinggi mampu mengintersepsi radiasi matahari lebih tinggi.

3.4 Partisi Bahan Kering

Nilai partisi bahan kering bibit kelapa sawit dari umur 3-12 bulan pada perbedaan dosis pupuk K dan Mg dapat dilihat pada Tabel 4. Adapun nilai partisi awal pada umur 0-3 bulan untuk akar, batang dan daun adalah 0,23, 0,28 dan 0,49. Pada Tabel 4, dapat dilihat bahwa perbedaan dosis pupuk K cenderung tidak banyak merubah komposisi partisi organ bibit kelapa sawit pada umur 6 dan 9 bulan. Perbedaan partisi bibit mulai terlihat jelas pada umur 12 bulan. Sejalan dengan penelitian (Ningsih et al., 2015), bahwa respon morfologi pemupukan K dan Mg baru terlihat jelas pada umur 12 bulan.

Tabel 4. Partisi bobot kering bibit kelapa sawit pada umur 3-6, 6-9 dan 9-12 bulan pada berbagai tingkat pemupukan K

Organ Tanaman	Perlakuan	Umur Tanaman (bulan)		
		3-6	6-9	9-12
Akar	K0	0,24	0,23	0,29
	K1	0,27	0,28	0,26
	K2	0,26	0,27	0,27
	K3	0,28	0,22	0,15
	K4	0,24	0,23	0,08
Petiole	K0	0,32	0,34	0,39
	K1	0,30	0,33	0,46
	K2	0,34	0,30	0,37
	K3	0,31	0,30	0,42
	K4	0,34	0,33	0,42
Daun	K0	0,44	0,43	0,31
	K1	0,43	0,40	0,28
	K2	0,40	0,43	0,35
	K3	0,41	0,47	0,43
	K4	0,41	0,44	0,50

Tabel 5. Partisi bobot kering bibit kelapa sawit pada umur 6, 9 dan 12 bulan pada berbagai tingkat pemupukan Mg

Organ Tanaman	Perlakuan	Umur Tanaman (bulan)		
		3-6	6-9	9-12
Akar	M0	0,23	0,25	0,04
	M1	0,22	0,19	0,09
	M2	0,26	0,23	0,16
	M3	0,25	0,23	0,12
	M4	0,25	0,22	0,16
Petiole	M0	0,31	0,33	0,40
	M1	0,31	0,35	0,59
	M2	0,33	0,32	0,52
	M3	0,32	0,34	0,39
	M4	0,30	0,34	0,50
Daun	M0	0,47	0,42	0,56
	M1	0,46	0,46	0,31
	M2	0,42	0,45	0,32
	M3	0,43	0,43	0,49
	M4	0,45	0,44	0,34

Peningkatan dosis pupuk K menyebabkan partisi bobot kering lebih banyak dialokasikan ke daun. Perbedaan lebih terlihat nyata pada perlakuan K4, yaitu 50% bobot kering dipartisikan ke daun. Menurut Siang *et al.*, (2022), partisi bahan kering vegetatif di atas dan di bawah tanah pada kelapa sawit dapat bervariasi tergantung pada kondisi pertumbuhan. Kondisi pertumbuhan bergantung pada kondisi ketersediaan hara di tanah.

Partisi bahan kering bibit kelapa sawit pada berbagai dosis pemupukan Mg dapat dilihat pada Tabel 5. Pada umur 12 bulan, terlihat perbedaan partisi yang cukup nyata akibat perbedaan dosis Mg. Peningkatan dosis Mg hingga dosis 200% menyebabkan partisi bobot kering ke akar meningkat dan disertai menurunnya partisi bahan kering ke daun. Menurut Cakmak *et al.*, (1994), Mg merupakan hara penting untuk perkembangan akar, karena membantu pada suplai sukrosa ke akar. Tanaman yang kekurangan Mg akan mengakumulasi bahan kering leboh banyak dipucuk sehingga rasio pucuk/akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang cukup Mg (Ericsson 1994).

4. KESIMPULAN

Perbedaan dosis pupuk K dan Mg menyebabkan perbedaan bobot kering, ILD, RUE dan partisi bibit kelapa sawit. Nilai RUE terbaik bibit kelapa sawit selama di pembibitan utama diperoleh pada perlakuan K2 (Dosis K 100%) yaitu 1,24 g MJ⁻¹ dan M2 (Dosis Mg 100%) yaitu 0,94 g MJ⁻¹. Fluktuasi partisi bahan kering akar, petiole dan daun akibat perbedaan dosis pemupukan K adalah 0,08-0,29%, 0,39-0,42% dan 0,31-0,50%. Fluktuasi partisi bahan kering akar, petiole dan daun akibat perbedaan dosis pemupukan Mg adalah 0,04-0,16%, 0,40-0,50% dan 0,34-0,56%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) yang telah membantu pendanaan pendidikan dan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Cakmak I, Hengeler C, Marschner H. 1994. Partitioning of shoot and root dry matter and carbohydrates in bean plants suffering from phosphorus, potassium and magnesium deficiency. *J Exp Bot.* 45(278):1245–1250.
- DJP. 2023. *Statistik Unggulan 2020-2022*. Direktorat Jendral Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Jakarta.
- Ericsson T. 1994. Nutrient dynamics and requirements of forest crops. *N Z J For Sci.* 24(2):133–167.
- Fried G., G. Hademenos. 2000. *Scahum's Outlines Biology*. Second Edition. Jakarta: Erlangga.
- Gardner F. P., R. B. Pearce, R. L. Mitchell. 1991. *Fisiologi tanaman budidaya*. Herawati Susilo, editor. UI Press. Jakarta.
- Gransee A., H. Führs. 2013. Magnesium mobility in soils as a challenge for soil and plant analysis, magnesium fertilization and root uptake under adverse growth conditions. *Plant Soil.* 368(1–2):5–21.
- Hewitt E. J., T. A. Smith. 1975. *Plant mineral nutrition*. London: Hodder & Stoughton Ltd.
- Kasno A., Nurjaya. 2011. Pengaruh pupuk kiserit terhadap pertumbuhan kelapa sawit dan produktivitas tanah. *Jurnal Littri.* 17(4):133–139.
- Kurniawan M., P. L. Agustina, H. Hanum. 2014. *Studi Fluoresensi Klorofil dan Hubungannya Dengan Kandungan Hara Nitrogen dan Magnesium pada Tanaman Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Mangoensoekarjo S. 2007. *Manajemen Tanah dan Pemupukan Budidaya Perkebunan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Marschner H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. London: Academic Press.
- Maryani A. T. 2012. Pengaruh volume pemberian air terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit di pembibitan utama. *Bioplantae.* 1(2):64–74.
- Masjkur M., M. Rusman. 2008. Perbandingan model respon pemupukan nitrogen pada padi sawah. 13(1):16–22.
- Monteith J. L. 1994. Validity of the correlation between intercepted radiation and biomass. *Agric For Meteorol.* 68:213–220.
- Ningsih E. P, Sudradjat, Supijatno. 2015. Optimasi dosis pupuk kalsium dan magnesium pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama. *J. Agron. Indonesia.* 43(1):81–88.
- Pembengo W., Handoko, Suwanto. 2012. Efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tebu pada berbagai tingkat pemupukan nitrogen dan fosfor. *J. Agron. Indonesia.* 40(3):211–217.
- Römhelt V., E. A. Kirkby. 2010. Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil.* 335(1):155–180.

- Siang C. S., S. A. A. Wahid, C. T. B. Sung. 2022. Standing biomass, dry-matter production, and nutrient demand of tenera oil palm. *Agronomy*. 12(2).
- Sudradjat, A. Darwis, A. Wachjar. 2014. Optimasi dosis pupuk nitrogen dan fosfor pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama. *J. Agron. Indonesia*. 42(3):222–227.
- Wardlaw I. F. 1990. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytol*. 116:341–381.

PROOFREADING