

## **Pemupukan N.P.K.Ca.Mg Berimbang dengan Prinsip Empat Tepat terhadap Kakao Produktip (*Theobroma Cacao L.*) KLON TSH 858**

**Nurdin Sitohang<sup>\*1</sup>, Erwin M. Harahap<sup>2</sup>, Chairani Hanum<sup>3</sup>, Tumpal H.S. Siregar<sup>4</sup>, Hasril Siregar<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Program Study of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Katolik Santo Thomas, Jl. Setia Budi No.479-F, Medan 20132, Indonesia

<sup>2</sup>Program Study of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

<sup>3</sup>Sungei Putih Research Center, Sungei Putih-Galang Sumatera Utara P.O.Box 1415, Medan 20001, Indonesia

<sup>4</sup>Indonesian Oil Palm Research Institute, Jl. Brigjen Katamso No.51, Medan 20158, Indonesia

\*Korespondensi: [nurdinsitohang@yahoo.com](mailto:nurdinsitohang@yahoo.com)

### **ABSTRACT**

Cocoa productivity and its quality are still low ( $<2$  tons  $\text{ha}^{-1}$ ), in order to increase its productivity through fertilization, it is necessary to be tested by using balanced N.P.K.Ca.Mg fertilizer with right formula and dosage. The research was done by 3 field experimental series at the cocoa seed farm (TSH 858 clone) owned by IOPRI at Sei Pancur, Deli Serdang on the altitude of 72 m. The research studies were: (1) the influence of balanced N.P.K.Ca.Mg fertilization; (2) the influence of formula and dosage of N.P.K.Ca.Mg of 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 and 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8; and (3) the influence of the time of applying balanced N.P.K.Ca.Mg fertilization of 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 with pruning on cocoa flushing, flowering and pod reserves. The research method included: (1) non-factorial group random design with 6 levels of balanced N.P.K.Ca.Mg fertilization, for research-1; (2) nested factorial group random design with 2 levels (the best) of balanced fertilizer formula and 4 levels of dosage ratio (80%-140%), for research-2; and (3) non-factorial group random design with 4 levels of the time of applying balanced N.P.K.Ca.Mg fertilization related to heavy pruning, for research-3. Research-1 showed that, balanced N.P.K.Ca.Mg 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 and 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 fertilization indicated the better result on number of flower and pod reserves. Research-2 showed that, the formula of N.P.K.Ca.Mg fertilizer of 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 which tended to have the highest ratio of dosage (1,120 g  $\text{plant}^{-1}$ ) indicated the best result on number of flower and pod reserves. Research-3 showed that, application of fertilization 2 weeks after pruning indicated the best result. Potential yields can be increased from 680 kg  $\text{ha}^{-1}$  by tentative fertilization to 6,180 kg  $\text{ha}^{-1}$  by balanced N.P.K.Ca.Mg 12.9: 11.4: 16.8: 10.6: 4.8 fertilization.

**Keywords:** *balanced N.P.K.Ca.Mg, formula, dosage, time of applying*

### **Pendahuluan**

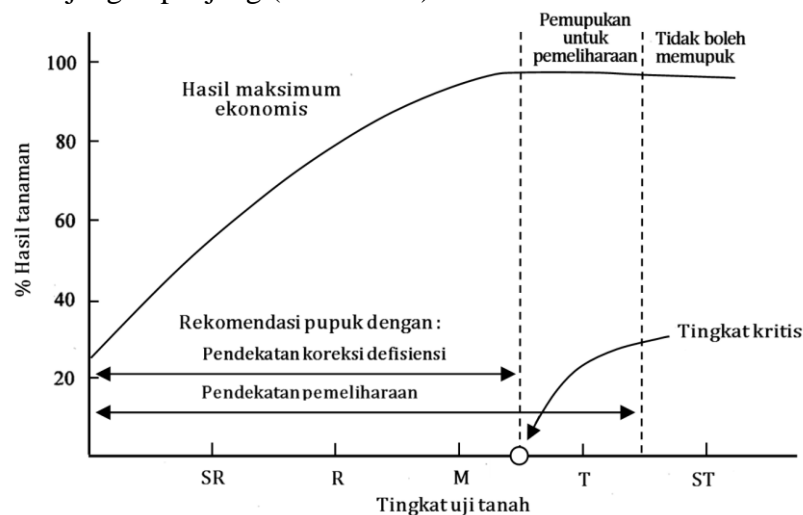
Produktivitas kakao masih rendah di beberapa negara ( $<2$  ton  $\text{ha}^{-1}$ ), yang disebabkan beberapa faktor antara lain; *Conopomorpha cramerella* (cacaomoth), *Helopheltis sp*, penyakit *vascular streak dieback*, *Phytophthora palmivora*, pemupukan, naungan, pangkasan, fermentasi biji dan pengeringan hasil (Rubiyo dan Siswanto 2012). Pada kondisi optimal, potensi produksi dapat dicapai 5.000 kg biji kering  $\text{ha}^{-1}$  tahun<sup>-1</sup> di Ghana dan 6.100 kg biji kering  $\text{ha}^{-1}$  tahun<sup>-1</sup> di Malaysia (Vliet *et al.* 2015). Melalui pemupukan, nutrisi disuplai untuk perkembangan flush/daun baru (Toxopeus, 1987), pertumbuhan dan peningkatan hasil panen (Snoeck *et al.* 2016).

Taksiran hara dalam 1 ton biji kering dan 1,4 ton kulit buah kering terdapat hara N.P.K.Ca.Mg dengan komposisi 36,6 : 6,2 : 61,2 : 7,2 : 6,3 kg (Vliet *et al.* 2015; dan ILSA

2014). Firmansyah (2010) merekomendasikan pemupukan tentatif untuk kakao umur >5 tahun dengan 220 g urea, 180 g TSP, 170 g MOP dan 120 g kieserit pokok<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>. Panjaitan *et al.* (1987) merekomendasikan 450 g urea, 150-200 g TSP, 200-250 g RP, 450 g MOP dan 250-300 g kieserit pokok<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> (kisaran dosis 1.500-1.650 g pokok<sup>-1</sup>) terhadap kakao umur 6-8 tahun dengan pencapaian produktivitas biji kering 1,5-3,0 ton ha<sup>-1</sup>. Beberapa jenis pupuk yang sering diaplikasi terhadap kakao adalah: urea, ZA, TSP, SP-36, MOP, kieserit dan dolomite (Pujiyanto dan Abdoellah, 2009). Pemupukan kakao berhubungan dengan pangkasan, menurut Firmansyah (2010) waktu pemupukan yang tepat dan efektif adalah saat tanaman membentuk daun baru. Pangkasan kakao mempengaruhi kondisi daun dan fotosintesis, mendorong pertunasan serentak (Prawoto, 2009a), merangsang pembungaan (Siregar *et al.* 2014) dan produksi buah (Lass, 1987).

Prinsip 4 tepat dalam pemupukan berimbang yaitu: tepat dosis, tepat waktu, tepat cara dan tepat formula (Jamilah *et al.* 2018). Pemupukan berimbang merupakan kombinasi pupuk (Magen, 2008) atau keseimbangan hara (Herath *et al.* 2010) dengan proporsi hara yang sesuai dengan kondisi tanah, tanaman dan iklim (Rosadi, 2015). Untuk tanaman buah-buahan, umumnya jumlah K diperlukan lebih banyak, diikuti dengan N dan sejumlah kecil P (Kumar *et al.* 2006). Pemupukan N perlu diimbangi dengan K untuk mencapai

Produktivitas berkelanjutan dan menguatkan tanaman beradaptasi dengan cekaman (Römheld, 2006). Menurut Hergert *et al.* (1997) rekomendasi pemupukan berimbang didasarkan pada: (1) pendekatan koreksi defisiensi yang sejalan dengan peningkatan hasil tanaman, dan (2) pendekatan pemeliharaan kesuburan tanah di atas titik defisiensi yang menguntungkan dalam jangka panjang (**Gambar 1**).



**Gambar 1.** Pendekatan rekomendasi pemupukan menurut Hergert *et al.* (1997)

Penentuan jenis dan dosis pupuk didasarkan pada analisis tanah dan daun, bila analisis tanah dan daun tidak ada maka rekomendasi tentatif (sementara) dapat diterapkan (Abdoellah, 2007). Pengelolaan perkebunan berkelanjutan dikembangkan ke arah pertanian yang presisi, teknik terbaik, mitigasi rumah kaca, pengendalian hama penyakit terpadu dan daur ulang limbah (Rival, 2018). Dalam upaya meningkatkan produksi kakao, maka diuji beberapa pemupukan N.P.K.Ca.Mg berimbang dengan prinsip 4 tepat untuk meningkatkan perkembangan *flush*, jumlah bunga, cherelle dan hasil kakao klon TSH 858.

### Metode Penelitian

Penelitian berlangsung dari bulan Maret 2017 sampai Juli 2018 di kebun kakao klon TSH 858 Sei Pancur Deliserdang Indonesia milik IOPRI (Indonesian Oil Palm Research

Institute), pada ketinggian 72 m dpl, dengan jenis tanah ultisol. Pupuk yang digunakan yaitu phonska (15-15-15), urea (46% N), MOP (60% K<sub>2</sub>O), dolomite (40% CaO & 18% MgO) dan kieserit (27% MgO). Alat yang digunakan antara lain: altimeter, meteran, gelas ukur, oven, jangka sorong, timbangan digital dan alat ukur lainnya.

Penelitian terdiri dari 4 tahap, dengan perlakuan seperti pada **Tabel 1**. Pada penelitian-1: diuji 6 taraf **formula (F)** N.P.K.Ca.Mg berimbang, dengan rancangan acak kelompok non faktorial, diulang 4 kali sehingga terdapat 6x4=24 unit percobaan. Pada penelitian-2: diuji 2 taraf **formula (F)** terbaik dari penelitian-1 dan 4 taraf **dosis (D)**, dengan rancangan acak kelompok faktorial tersarang, diulang 4 kali sehingga terdapat 2x4x4=32 unit percobaan.

**Tabel 1.** Perlakuan pemupukan N.P.K.Ca.Mg berimbang dalam 4 tahap penelitian.

Perlakuan Pemupukan N.P.K.Ca.Mg	Jumlah (g pokok <sup>-1</sup> )	Phonska 15-15-15	Urea 46% N	MOP 60% K <sub>2</sub> O	Dolomit 40% CaO 18% MgO	Kieserit 27% MgO	Keterangan
Penelitian-1 (Mar 2017 - Sep 2017 - Feb 2018)							
F <sub>1</sub> = 13,7 : 11,0 : 13,8 : 0 : 4,4 *)	369,5	270,0	22,0	17,5	-	60,0	Aplikasi Mar 2017
F <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 **)	825,0	599,8	28,7	75,5	121,0	-	
F <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	800,0	608,0	26,1	72,1	93,8	-	
F <sub>4</sub> = 13,4 : 9,1 : 17,4 : 8,6 : 3,9 **)	775,0	470,5	72,4	106,9	125,2	-	
F <sub>5</sub> = 13,8 : 9,4 : 18,0 : 8,7 : 3,9 **)	750,0	470,3	71,7	107,5	100,5	-	
F <sub>6</sub> = 13,9 : 5,0 : 18,9 : 6,2 : 5,1 ***)	800,0	267,6	154,5	184,9	123,1	69,9	
F <sub>1</sub> = 13,7 : 11,0 : 13,8 : 0 : 4,4 *)	369,5	270,0	22,0	17,5	-	60,0	Aplikasi Sep 2017
F <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 **)	825,0	599,8	28,7	75,5	121,0	-	
F <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	800,0	608,0	26,1	72,1	93,8	-	
F <sub>4</sub> = 13,4 : 9,1 : 17,4 : 8,6 : 3,9 **)	775,0	470,5	72,4	106,9	125,2	-	
F <sub>5</sub> = 13,8 : 9,4 : 18,0 : 8,7 : 3,9 **)	750,0	470,3	71,7	107,5	100,5	-	
F <sub>6</sub> = 13,9 : 5,0 : 18,9 : 6,2 : 5,1 ***)	800,0	267,6	154,5	184,9	123,1	69,9	
Penelitian-2 (Sep 2017 - Feb 2018)							
F <sub>2</sub> D <sub>1</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 **)	660,0	479,8	23,0	60,5	96,8	-	Aplikasi Sep 2017
F <sub>2</sub> D <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 **)	825,0	599,8	28,7	75,6	121,0	-	
F <sub>2</sub> D <sub>3</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 **)	990,0	719,7	34,6	90,7	145,1	-	
F <sub>2</sub> D <sub>4</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6 **)	1.155,0	839,7	40,2	105,8	169,3	-	
F <sub>3</sub> D <sub>1</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	640,0	486,4	20,9	57,6	75,1	-	
F <sub>3</sub> D <sub>2</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	800,0	608,0	26,1	72,1	93,9	-	
F <sub>3</sub> D <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	960,0	729,6	31,3	86,5	112,7	-	
F <sub>3</sub> D <sub>4</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.120,0	851,2	36,5	100,9	131,4	-	
Penelitian-3 (Jan 2018 - Jun 2018)							
D <sub>1</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	896,0	681,0	29,2	80,7	105,1	-	Aplikasi Jan 2018
D <sub>2</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.120,0	851,2	36,5	100,9	131,4	-	
D <sub>3</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.344,0	1021,4	43,8	121,1	157,7	-	
D <sub>4</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.568,0	1191,7	51,1	141,3	183,9	-	
D <sub>1</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	896,0	681,0	29,2	80,7	105,1	-	
D <sub>2</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.120,0	851,2	36,5	100,9	131,4	-	
D <sub>3</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.344,0	1021,4	43,8	121,1	157,7	-	
D <sub>4</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 **)	1.568,0	1191,7	51,1	141,3	183,9	-	
Penelitian-4 (Jan 2018 - Jun 2018)							
A <sub>0</sub> = Tanpa pupuk (kontrol)	-	-	-	-	-	-	Aplikasi Januari
A <sub>1</sub> = 2 minggu sebelum pangkasan	1.120,0	851,2	36,5	100,9	131,4	-	
A <sub>2</sub> = Saat pangkasan	1.120,0	851,2	36,5	100,9	131,4	-	
A <sub>3</sub> = 2 minggu sesudah pangkasan	1.120,0	851,2	36,5	100,9	131,4	-	

Ket : \*) Firmansyah (2010); \*\*) Panjaitan *et al.* (1987) dan \*\*\*) Vliet *et al.* (2015)

Pada penelitian-3: terdiri dari 2 percobaan paralel, diuji 4 taraf peningkatan dosis pada tanaman produktif (DP) dan tanaman tidak produktif (DnP), dengan rancangan acak kelompok non faktorial, diulang 6 kali sehingga terdapat 4x6=24 unit percobaan. Pada penelitian-4: diuji 4 taraf waktu aplikasi (A), dengan rancangan acak kelompok non faktorial, diulang 6 kali sehingga terdapat 4x6=24 unit percobaan. Data penelitian dianalisis dengan sidik ragam dan uji beda rata-rata (Steel dan Torrie, 1995).

Unit-unit tanaman percobaan ditentukan berdasarkan ukuran lilit batang (Wessel, 1987), jarak tanaman 3x3 m<sup>2</sup> atau 1.100 tanaman ha<sup>-1</sup>, dan tanaman pelindung kelapa dan *Gliricidia*.

Pemeliharaan tanaman yang dilakukan yaitu: panen sering, pangkasan, dan perlindungan tanaman. Panen dilaksanakan sekali seminggu. Pangkasan antara lain: pangkasan berat, pangkasan pemeliharaan, dan pangkasan wiwilan. Pangkasan berat dilaksanakan di awal penelitian (untuk penelitian-1 dan penelitian-4), kanopi tanaman diatur agar tidak bersinggungan dan tingginya tidak lebih dari 4 m. Pangkasan pemeliharaan dilaksanakan sekali 3 bulan, dengan membuang tunas-tunas dan cabang-cabang yang tidak berguna. Pangkasan wiwilan dilaksanakan sekali sebulan, dengan membuang wiwilan yang tumbuh. Tanaman pelindung dipangkas setinggi 1 m di atas tajuk kakao, intensitas cahaya diatur sekitar 40-60% ditandai dengan spot cahaya di bawah tajuk tanaman. Pengendalian gulma secara manual (kriteria piringan bersih), dan pengendalian hama dengan insektisida metidation (Supracide 25 WP) (Wachjar dan Kadarisman 2007). Sebelum pemupukan, piringan (diameter 3 m) dibersihkan dengan cangkul hingga bebas gulma. Analisis tanah dan daun dilakukan di awal penelitian-1 (**Tabel 4**) dan aplikasi perlakuan pemupukan seperti pada **Tabel 1**. Pupuk phonska, urea, MOP, dolomite dan kieserit dicampur merata kemudian dibagi menjadi 4 bagian. Pupuk ditanam sedalam 5 cm pada 4 titik jarak 70 cm dari pokok tanaman untuk menghindari penguapan dan erosi pupuk. Khusus pada penelitian-2, buah muda ukuran <8 cm disarungi dengan plastik transparan untuk mencegah serangan cacaomoth sejak dini.

Pengukuran dilakukan terhadap variabel agronomis yaitu: jumlah *flush*, jumlah bunga, jumlah cherelle, volume buah, biji kering  $\text{pod}^{-1}$  dan bobot biji<sup>-1</sup>. Jumlah *flush*, bunga dan cherelle dihitung sekali 4 minggu selama penelitian (Prawoto, 2014a). Panen dilaksanakan sekali seminggu, volume buah diukur dengan metode *volumetric*, bobot biji kering  $\text{pod}^{-1}$  dan bobot biji<sup>-1</sup> ditimbang setelah biji dicuci dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 70°C selama 48 jam. Kandungan N.P.K.Ca.Mg pada daun diamati di akhir penelitian-1 dan penelitian-2.

## Hasil Dan Pembahasan

Formula Pupuk. Pada penelitian-1 (*aplikasi I Maret 2017*), menunjukkan bahwa dengan formula F<sub>3</sub> yaitu N.P.K.Ca.Mg 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 dihasilkan jumlah *flush*, bunga, dan cherelle lebih banyak dibandingkan dengan F<sub>1</sub> (sebagai kontrol) dan formula lainnya (**Tabel 2 dan Gambar 2**). Formula F<sub>2</sub> (N.P.K.Ca.Mg 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6) dan F<sub>3</sub> keduanya merupakan perlakuan terbaik dengan hasil yang tidak berbeda, selanjutnya diuji dan dibandingkan lebih lanjut pada penelitian-1 aplikasi II dan penelitian-2. Secara konsisten, formula F<sub>3</sub> cenderung lebih baik hasilnya dari F<sub>2</sub>. Jumlah *flush* relatif tinggi, karena didorong oleh pangkasan berat di awal penelitian dan curah hujan yang cukup. Jumlah bunga dan cherelle terlihat berbeda nyata dengan adanya pemupukan. Pada penelitian-1 (*aplikasi II September 2017*), terlihat peningkatan volume buah, bobot (mutu) biji, dan potensi hasil. Jumlah pupuk phonska bervariasi pada formula F<sub>1</sub> sampai F<sub>6</sub>, hal ini dimaksudkan untuk memenuhi unsur P dari pupuk phonska, sedangkan unsur N dan K masih ditambahkan dari pupuk urea dan MOP. Meskipun total dosis pupuk pada formula F<sub>3</sub> (800,0 g) lebih rendah dari F<sub>2</sub> (825,0 g) namun jenis pupuk phonska lebih banyak pada formula F<sub>3</sub> (608,0 g) dibandingkan dengan F<sub>2</sub> (599,8 g) (**Tabel 1**), hal ini membuktikan ketersediaan P lebih baik pada formula F<sub>3</sub>. Pada penelitian-2 (*aplikasi September 2017*), dengan perlakuan F<sub>3</sub>D<sub>4</sub> dihasilkan jumlah *flush*, bunga, cherelle, dan bobot (mutu) biji cenderung lebih baik (**Tabel 2 dan Gambar 2**).

**Tabel 2.** Rataan jumlah *flush*, bunga, cherelle, volume buah, biji kering dan potensi hasil pada berbagai perlakuan pemupukan N.P.K.Ca.Mg berimbang.

Perlakuan Pemupukan N.P.K.Ca.Mg	Dosis (g)	Jumlah <i>Flush</i>	Jumlah Bunga	Jumlah Cherelle	Volume Buah (mL)	Biji Kering $\text{Pod}^{-1}$ (g)	Bobot Biji <sup>-1</sup> (g)	Potensi Hasil <sup>a)</sup> (g pokok <sup>-1</sup> )
---------------------------------	-----------	---------------------	--------------	-----------------	------------------	-----------------------------------	------------------------------	--

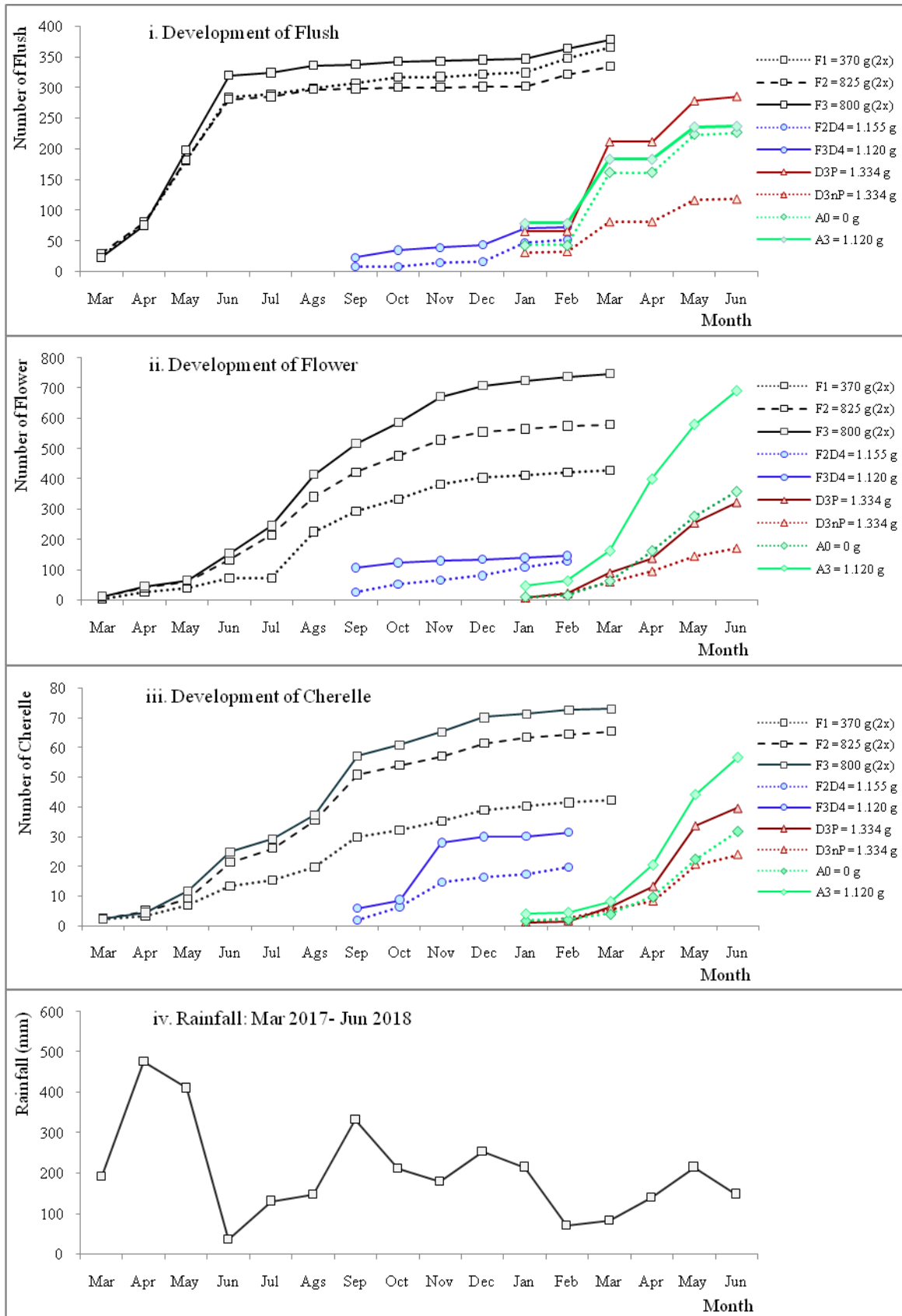
Penelitian-1: Aplikasi I (Mar 2017 - Ags 2017)



F <sub>1</sub> = 13,7 : 11,0 : 13,8 : 0 : 4,4	369,5	299,8 a	226,3 a	19,8 a	739,4 a	38,19 a	0,967 a	339,9
F <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	825,0	296,8 a	340,9 ab	35,6 a	605,8 a	37,53 a	0,981 a	649,3
F <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	800,0	336,9 a	416,0 b	37,5 a	621,3 a	25,89 a	0,793 a	416,8
F <sub>4</sub> = 13,4 : 9,1 : 17,4 : 8,6 : 3,9	775,0	285,4 a	247,0 a	16,0 a	618,0 a	31,84 a	0,829 a	184,7
F <sub>5</sub> = 13,8 : 9,4 : 18,0 : 8,7 : 3,9	750,0	287,0 a	308,6 ab	29,1 a	649,2 a	35,86 a	0,941 a	502,0
F <sub>6</sub> = 13,9 : 5,0 : 18,9 : 6,2 : 5,1	800,0	299,9 a	296,3 ab	27,1 a	721,8 a	40,68 a	1,049 a	561,4
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	162,56	NS	NS	NS	NS	NS	-
Penelitian-1: Aplikasi II (Sep 2017 - Feb 2018)								
F <sub>1</sub> = 13,7 : 11,0 : 13,8 : 0 : 4,4	369,5	66,0 a	201,8 a	22,6 a	749,87 a	44,23 a	1,012 a	1.000,7
F <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	825,0	37,3 a	237,8 a	29,8 a	690,51 a	41,74 a	0,963 a	1.241,8
F <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	800,0	40,4 a	332,1 a	35,6 a	679,82 a	39,08 a	0,920 a	1.392,2
F <sub>4</sub> = 13,4 : 9,1 : 17,4 : 8,6 : 3,9	775,0	48,3 a	310,9 a	25,3 a	719,80 a	42,32 a	0,975 a	1.068,6
F <sub>5</sub> = 13,8 : 9,4 : 18,0 : 8,7 : 3,9	750,0	38,3 a	292,5 a	23,9 a	688,88 a	43,96 a	1,017 a	1.049,6
F <sub>6</sub> = 13,9 : 5,0 : 18,9 : 6,2 : 5,1	800,0	38,0 a	257,0 a	26,1 a	739,31 a	47,11 a	1,055 a	1.230,8
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-
Penelitian-1: Aplikasi I dan II (Mar 2017 - Feb 2018)								
F <sub>1</sub> = 13,7 : 11,0 : 13,8 : 0 : 4,4	739,0	365,8 a	428,0 aA	42,4 a	-	-	-	-
F <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	1.650,0	334,0 a	578,6 abAB	65,4 a	-	-	-	-
F <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.600,0	377,3 a	748,1 bB	73,1 a	-	-	-	-
F <sub>4</sub> = 13,4 : 9,1 : 17,4 : 8,6 : 3,9	1.550,0	333,6 a	557,9 abAB	41,3 a	-	-	-	-
F <sub>5</sub> = 13,8 : 9,4 : 18,0 : 8,7 : 3,9	1.500,0	325,3 a	606,1 abAB	53,0 a	-	-	-	-
F <sub>6</sub> = 13,9 : 5,0 : 18,9 : 6,2 : 5,1	1.600,0	337,9 a	553,3 abAB	53,3 a	-	-	-	-
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	215,90	NS	NS	-	-	-	-
<i>HSD<sub>.01</sub></i>	-	272,22	-	-	-	-	-	-
Penelitian-2 (Sep 2017 - Feb 2018)								
F <sub>2</sub> D <sub>1</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	660,0	52,5 a	121,8 a	19,0 a	809,2 a	40,87 -	0,930 -	776,5
F <sub>2</sub> D <sub>2</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	825,0	54,3 a	112,3 a	20,0 a	804,2 a	42,83 -	0,949 -	856,6
F <sub>2</sub> D <sub>3</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	990,0	66,0 a	73,0 a	19,3 a	755,0 a	49,80 -	1,151 -	958,7
F <sub>2</sub> D <sub>4</sub> = 12,5 : 10,9 : 16,4 : 10,3 : 4,6	1.155,0	53,0 a	129,8 a	19,8 a	616,7 a	35,52 -	0,676 -	701,5
F <sub>3</sub> D <sub>1</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	640,0	50,8 a	52,0 a	13,8 a	831,0 a	51,96 -	1,120 -	714,5
F <sub>3</sub> D <sub>2</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	800,0	92,8 a	75,3 a	17,0 a	800,3 a	49,03 -	1,109 -	833,5
F <sub>3</sub> D <sub>3</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	960,0	79,8 a	101,5 a	23,0 a	839,4 a	55,02 -	1,147 -	1.265,5
F <sub>3</sub> D <sub>4</sub> = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.120,0	73,3 a	147,0 a	31,5 a	783,5 a	54,51 -	1,200 -	1.717,1
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	NS	NS	NS	NS	-	-	-
Penelitian-3 (Jan 2018 - Jun 2018)								
D <sub>1</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	896,0	297,8 a	336,5 a	34,2 a	774,5 a	47,1 a	1,097 a	1.610,8
D <sub>2</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.120,0	241,0 a	266,2 a	26,7 a	798,8 a	48,4 a	1,093 a	1.292,3
D <sub>3</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.344,0	285,5 a	321,7 a	39,7 a	919,8 a	49,0 a	1,075 a	1.945,3
D <sub>4</sub> P = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.568,0	256,5 a	326,8 a	34,2 a	779,1 a	41,9 a	0,912 a	1.433,0
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	-
D <sub>1</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	896,0	147,8 a	167,5 a	10,7 a	-	-	-	-
D <sub>2</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.120,0	119,8 a	170,0 a	13,2 a	-	-	-	-
D <sub>3</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.344,0	119,3 a	173,0 a	24,0 a	-	-	-	-
D <sub>4</sub> nP = 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8	1.568,0	137,3 a	233,8 a	19,3 a	-	-	-	-
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	NS	NS	NS	-	-	-	-
Penelitian-4 (Jan 2018 - Jun 2018)								
A <sub>0</sub> = Tanpa pupuk (kontrol)	-	226,8 a	360,3 a	31,8 aA	-	-	-	-
A <sub>1</sub> = 2 weeks before pruning	1.120,0	239,3 a	649,5 b	38,0 aAB	-	-	-	-
A <sub>2</sub> = Saat pangkasan	1.120,0	221,8 a	645,8 b	44,3abAB	-	-	-	-
A <sub>3</sub> = 2 weeks after pruning	1.120,0	237,3 a	691,0 b	56,7 bB	-	-	-	-
<i>HSD<sub>.05</sub></i>	NS	325,05	17,12	17,12	-	-	-	-
<i>HSD<sub>.01</sub></i>	-	-	22,03	22,03	-	-	-	-

<sup>a)</sup> Dried seed weight pod<sup>-1</sup> x cherrille; <sup>a,b,A,B</sup> The order of significance from higher to lower at  $\alpha=0.05$  and  $\alpha=0.01$  level probability; and NS:Not significant





**Gambar 2.** Perkembangan *flush*, bunga, cherelle dan curah hujan

**Dosis Pupuk.** Pada penelitian-2 (*aplikasi September 2017*), menunjukkan bahwa dengan dosis F<sub>3</sub>D<sub>4</sub> (1.120,0 g) sebagai dosis tertinggi dihasilkan jumlah flush, bunga, cherelle, dan bobot (mutu) biji cenderung lebih baik (**Tabel 2 dan Gambar 2**) sehingga perlu diuji lebih lanjut peningkatan dosis yang lebih tinggi pada penelitian-3. Jumlah flush dan jumlah bunga relatif rendah dibandingkan dengan penelitian-1, karena pangkasan berat tidak dilaksanakan di awal penelitian, namun jumlah buah cenderung meningkat dengan meningkatnya dosis pupuk. **Pengujian peningkatan dosis pupuk pada penelitian-3** (*aplikasi Januari 2018*), menunjukkan bahwa peningkatan dosis hingga 1.344,0 g pada tanaman produktif (D<sub>3</sub>P) dihasilkan jumlah cherelle dan bobot (mutu) biji cenderung lebih baik (**Tabel 2 dan Gambar 2**). Demikian juga, peningkatan dosis hingga 1.344,0 g pada tanaman non produktif (D<sub>3</sub>nP) dihasilkan jumlah cherelle cenderung lebih baik, namun lebih sedikit dibandingkan dengan tanaman produktif. Hal ini membuktikan bahwa tanaman kakao produktif lebih respon terhadap dosis tinggi (1.344,0 g) dibandingkan dengan tanaman non produktif. Pada tanaman produktif, peningkatan dosis pupuk diikuti dengan peningkatan potensi hasil, sehingga dapat ditentukan dosis optimum (biasanya di bawah dosis maksimum) yang menguntungkan secara ekonomi dan sekaligus menjaga kualitas lingkungan. Pada tanaman non produktif, peningkatan dosis pupuk dapat meningkatkan jumlah cherelle namun tidak menguntungkan, karena tidak sebaik respon tanaman produktif. Penerapan dosis pupuk yang tepat harus dipertimbangkan untuk mencapai hasil optimum. Tepat dosis untuk setiap pokok ditentukan berdasarkan keseimbangan hara, analisis tanah, analisis daun tanaman, hasil percobaan, dan analisis produksi (Vliet *et al.* 2015). Ketepatan dosis pupuk diukur dengan takaran dan untilan (Budiargo dan Purwanto 2015), dan selanjutnya ketepatan dosis diawasi sewaktu aplikasi (Gumayanti, 2016).

**Waktu Aplikasi Pupuk.** Pada penelitian-4 (*aplikasi Januari 2018*), menunjukkan bahwa dengan aplikasi pupuk 2 minggu setelah pangkasan (A<sub>3</sub>) dihasilkan jumlah bunga dan cherelle yang lebih baik (**Tabel 2 dan Gambar 2**). Pangkasan berat tanpa pemupukan (A<sub>0</sub>) tidak dianjurkan, pangkasan akan mendorong pembentukan flush, bunga dan cherelle tetapi tidak meningkatkan ukuran daun, pembentukan bunga, pembentukan cherelle dan buah, hal ini menegaskan pentingnya pemupukan setelah pangkasan berat. Aplikasi pupuk 2 minggu sebelum pangkasan (A<sub>1</sub>) cenderung meningkatkan jumlah flush, wiwilan, dan ukuran daun. Aplikasi pupuk bersamaan dengan pangkasan (A<sub>2</sub>) meningkatkan jumlah bunga dan cherelle, dan hasil terbaik dengan waktu aplikasi pupuk 2 minggu setelah pangkasan (A<sub>3</sub>). Masih perlu pengujian lebih lanjut untuk menentukan waktu aplikasi pupuk yang terbaik, apakah sebelum atau sesudah 2 minggu setelah pangkasan. Faktor pangkasan sebaiknya menjadi acuan dalam penentuan waktu aplikasi pupuk, selain faktor-faktor lain seperti curah hujan, siklus perkembangan tanaman, gulma, hama dan penyakit. Pangkasan kakao sebaiknya disusul dengan pemupukan supaya ukuran daun lebih baik, jumlah bunga dan cherelle lebih banyak. Pangkasan kakao menghilangkan dominasi pucuk dan mendorong tunas lateral yang baru, selanjutnya meningkatkan jumlah bunga, cherelle, bobot buah, dan bobot biji (Uchoi *et al.* 2018). Pangkasan kakao secara teratur dan rutin penting untuk meningkatkan produktivitas (Susanti *et al.* 2017). Pada tanaman *karet*, waktu pemupukan yang baik adalah saat pembentukan daun baru setelah gugur daun (Firmansyah, 2010).

**Cara Aplikasi Pupuk.** Pada penelitian tahap-1, 2, 3, dan 4 dilaksanakan dengan sistem tanam atau pocket, campuran pupuk ditanam sedalam 5 cm pada 4 titik jarak 70 cm dari pokok tanaman. Pupuk diaplikasi langsung ke dalam tanah dekat dengan perakaran. Aplikasi pupuk secara pocket atau spot placement baik dilakukan bila jarak tanam cukup lebar, metode ini dapat diterapkan pada kakao dengan kerapatan <1.000 tanaman ha<sup>-1</sup>. Letak

tebar pupuk tepat di bawah kanopi dan zona perakaran mempermudah intersepsi akar untuk menyerap hara (Budiargo dan Purwanto 2015). Metode ini lebih tepat pada tanah yang kurang subur, karena pupuk lebih mudah diakses sistem perakaran. Dengan membenam (pocket) pupuk ke dalam tanah diharapkan untuk mencegah kehilangan pupuk karena penguapan dan erosi (Gumayanti, 2016; dan Ginting *et al.* 2021). Kelemahannya ialah diperlukan waktu tambahan untuk menentukan takaran pupuk dan menguntit agar seragam untuk tiap lubangnya (Sapruwan, 2011).

**Perkembangan Flush, Bunga, dan Buah.** Pada periode Maret 2017 - Agustus 2017 (penelitian-1), pangkasan berat di awal penelitian berperan penting mendorong pembentukan *flush*, dan curah hujan yang meningkat pada bulan April diperkirakan turut mendorong pembentukan *flush* pada bulan Mei 2017. Menurut Omolaja *et al.* (2009) peningkatan curah hujan setelah bulan kering memicu pertunasan dan inisiasi bunga tanaman kakao. Perkembangan flush diikuti oleh perkembangan bunga, dan perkembangan bunga diikuti oleh peningkatan jumlah cherelle. Pada periode September 2017 - Februari 2018 (penelitian-1 dan penelitian-2), jumlah *flush* sedikit terbentuk dan perkembangan bunga menjadi cherelle juga sedikit. Pada periode Februari 2018 - Juni 2018 (penelitian-3 dan penelitian-4), jumlah *flush*, bunga dan cherelle kembali mengalami peningkatan (seperti pada penelitian-1). Pemupukan N.P.K.Ca.Mg 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 berimbang pada tanaman produktif menunjukkan jumlah flush, bunga dan cherelle yang lebih baik pada semua tahap pengujian; dosis terbaik 1.120,0 g pokok<sup>-1</sup> (maksimum 1.344,0 g pokok<sup>-1</sup>); dan waktu aplikasi terbaik 2 minggu setelah pangkasan. Pengujian pemupukan berimbang pada tanaman non produktif tidak menunjukkan hasil yang baik (**Gambar 2**). **Waktu aplikasi pupuk** baik dilakukan pada curah hujan 100-250 mm per bulan, saat kondisi tanah cukup basah (tetapi belum jenuh) untuk tanaman. Pada curah hujan <100 mm per bulan memungkinkan pupuk seperti urea mengalami penguapan, dan pada curah hujan >250 mm per bulan memungkinkan pupuk seperti urea dan MOP mengalami erosi (Budiargo dan Purwanto 2015).

**Analisis Tanah dan Daun.** Sebelum penelitian, hasil analisis tanah menunjukkan status N agak rendah, P rendah, K sedang, Ca agak rendah, dan Mg agak rendah. Selanjutnya, hasil analisis daun (F<sub>0</sub>) menunjukkan status N normal, P rendah, K rendah, Ca normal dan Mg rendah. Setelah penelitian-1, penelitian-2, dan penelitian-3, hasil analisis daun menunjukkan status N normal, P rendah, K rendah, Ca normal, dan Mg pada batas normal (**Tabel 4**). Secara keseluruhan pemupukan N.P.K.Ca.Mg 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 menyebabkan kandungan hara N, Ca dan Mg normal, tetapi kandungan hara P dan K masih rendah. Snoeck *et al.* (2016) mengemukakan batas optimum hara makro pada daun kakao adalah : nitrogen (N) 1,8-2,5%; fosfor (P) 0,17-0,25%; kalium (K) 1,2-2,4%; kalsium (Ca) 0,3-1,5%; magnesium (Mg) 0,2-0,8%; dan sulfur (S) 0,10-0,25%. Pada penelitian-1 dan penelitian-2 analisis

daun di akhir penelitian menunjukkan bahwa kandungan hara N, Ca dan Mg normal, kandungan hara K mendekati batas bawah, dan kandungan hara P sebagian di bawah batas rendah. Sehingga peningkatan dosis P dan K masih diperlukan melalui pemupukan ekstra.

Dalam kondisi jumlah P dan K di dalam tanah dianggap agak rendah, Oberthür *et al.* (2018) menerapkan pemupukan P lebih banyak diberikan pada tahun pertama kemudian pemberian K secara bertahap ditingkatkan kemudian. Firmansyah (2010) menganjurkan perlunya pemupukan ekstra untuk mengatasi kekurangan unsur hara tertentu, seperti N, P, K, Mg, Zn, Cu dan Fe. Jika tanaman kekurangan N ditambah urea 265 g, kekurangan P ditambah TSP 262 g atau SP-36 340 g, kekurangan K ditambah KCl 205 g dan kekurangan Mg ditambah kieserit 145 g pokok<sup>-1</sup>tahun<sup>-1</sup>.



**Pertimbangan Ekonomi Pemupukan.** Jumlah cherelle terbaik 56,7 cherelle (**Tabel 2**) yang setara dengan potensi hasil sebesar 3.090,7 g pokok<sup>-1</sup> untuk masa 6 bulan dapat dicapai dengan formulasi N.P.K.Ca.Mg berimbang 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 dosis 1.120,0 g pokok<sup>-1</sup>, waktu aplikasi 2 minggu setelah pangkasan (A<sub>3</sub>), dan cara aplikasi sistem tanam atau spot placement. Secara praktis, pemupukan yang paling respon terhadap produksi akan lebih menguntungkan, selanjutnya hal-hal lain dipertimbangkan seperti: harga pupuk, hasil panen, transportasi dan lainnya (Shand, 2007). Untuk jangka panjang, keuntungan maksimum dapat dicapai dengan jenis/formulasi pupuk yang tepat, dan penerapan dosis sedikit di bawah dosis maksimum untuk mengelola kehilangan hara yang lebih rendah bagi lingkungan. Sehingga agronomi yang lebih baik dicapai sejalan dengan ekonomi yang lebih baik dan lingkungan yang baik pula (Reetz, 2016).

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan setelah pengujian pemupukan N.P.K.Ca.Mg berimbang terhadap tanaman kakao produktif dengan prinsip 4 tepat, diuraikan pada bagian berikut. Formula pupuk N.P.K.Ca.Mg 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 berimbang menghasilkan jumlah flush, bunga, cherelle dan bobot biji<sup>-1</sup> yang terbaik. Jumlah cherelle meningkat dari 19,8 pada F<sub>1</sub> menjadi 37,5 cherelle pada F<sub>3</sub> (penelitian-1 aplikasi I) dan dari 22,6 pada F<sub>1</sub> menjadi 35,6 cherelle pada F<sub>2</sub> (penelitian-1 aplikasi II). Dosis 1.120,0 g pokok<sup>-1</sup> meningkatkan jumlah cherelle menjadi 31,5 buah (penelitian-2) dan 39,7 buah (penelitian-3). Pada dosis yang lebih tinggi yaitu 1.344,0 g pokok<sup>-1</sup> (penelitian-3) terjadi penurunan jumlah cherelle menjadi 34,2 buah. Aplikasi pupuk N.P.K.Ca.Mg 12,9 : 11,4 : 16,8 : 10,6 : 4,8 berimbang dengan dosis 1.120,0 g pokok<sup>-1</sup> pada saat 2 minggu setelah pangkasan meningkatkan jumlah cherelle sangat nyata menjadi 56,7 cherelle pokok<sup>-1</sup>. Khusus pada tanaman non produktif, jumlah cherelle yang terbentuk antara 10,7 hingga 24,0 cherelle, angka ini rendah dibandingkan dengan jumlah cherelle pada tanaman produktif. Cara aplikasi pupuk dengan sistem tanam (pocket), dapat diterapkan pada kakao dengan kerapatan >1.000 tanaman ha<sup>-1</sup> untuk meningkatkan efektivitas pupuk.

### Daftar Pustaka

- Abdoellah, S. 2007. Manajemen Tanah dan Pemupukan Perkebunan Kakao *dalam* Manajemen Tanah dan Pemupukan Budidaya Perkebunan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia
- Budiargo, A. and R. Purwanto, 2015. Manajemen Pemupukan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Perkebunan Kelapa Sawit, Kalimantan Barat. *Buletin Agrohorti*, 3(2), 221-231
- Fageria, V.D. 2001. Nutrient Interactions in Crop Plants. *J. of Plant Nutr.*, 24: 1269-1290
- Sapruwan, M. 2011. Manajemen Pengeluaran Pupuk dengan Sistem Untilan dari Gudang Central untuk Menunjang Aplikasi Pemupukan Yang Benar. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 3(2), 14-19
- Firmansyah, M.A. 2010. Rekomendasi pemupukan umum karet, kelapa sawit, kopi dan kakao, pp: 1-11. *Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah*. Available at: <http://kalteng.litbang.pertanian.go.id/>
- Ginting, E. N., S. Rahutomo and E.S. Sutarta, 2021. Efisiensi Relatif Pemupukan Metode Benam (Pocket) terhadap Metode Tebar (Broadcast) di Perkebunan Kelapa Sawit. *WARTA Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 26(2), 81-92
- Gumayanti, F. 2016. Pemupukan Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) Menghasilkan di Kebun Sembawa, Sumatera Selatan. *Buletin Agrohorti*, 4(2), 233-240

- Herath, S., D. Kumaragamage and S. Indraratne, 2010. A Complete Balanced Fertilizer Recommendation for Tomato Grown in Sri Lanka. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World 1-6 August 2010, Brisbane, Australia
- Hergert, G.W., W.L. Pan, D.R. Huggins, J.H. Grove and T.R. Peck, 1997. Adequacy of Current Fertilizer Recommendations for Site-specific Management. *The state of site-specific management for agriculture*, (thestateofsites), 283-300.
- ILSA. 2014. Nutrition Aspects and Fertilizer Recommendations on Cacao (*Theobroma cacao*). ILSA Agrotecnologie (Available from [http://www.nasmartin.com/wp-content/uploads/2014/03/Plan-de-nutricion\\_Cacao.pdf](http://www.nasmartin.com/wp-content/uploads/2014/03/Plan-de-nutricion_Cacao.pdf))
- Jamilah, W.H., A.S. Thesiwati and W. Herman, 2018. Pemupukan Berimbang dan Terpadu pada Tanaman Pangan di Kelompok Tani Karya Maju Korong Indarung Nagari Aie Tajun. *J. Pengabdian Kepada Masyarakat Dewantara*, 1(1 September), 34-40.
- Kaya, E. 2018. Pengaruh Kompos Jerami dan Pupuk NPK Terhadap N-tersedia Tanah, Serapan-N, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L). *Agrologia*, 2: 43-50
- Kumar, N., M. Kavino and A.R. Kumar, 2006. Balanced Fertilization for Sustainable Yield and Quality in Tropical Fruit Crops. *Balanced fertilization for sustaining crop productivity. International Potash Institute, Horgen*, 387-405
- Lass, R.A. 1987. Maintenance and Improvement of Mature Cocoa Farm in Cocoa (by G.A.R. Wood and R.A. Lass) pp: 198-204. Longman Scientific & Technical John Wiley & Sons Inc, New York, USA
- Magen, H. 2008. Balanced Crop Nutrition: Fertilizing for Crop and Food Quality. *Turkish J. of Agric. & For.*, 32: 183-193
- Oberthür, T., M. Samson, N. Janetski and K. Janetski, 2018. Cocoa Yield under Good Agricultural Practices and 4R Nutrient Management in Indonesian Smallholder Systems. *Better Crops with Plant Food*, 102: 3-7
- Omolaja, S.S., P. Aikpokpodion, S. Adedeji and D.E. Vwioko, 2009. Rainfall and Temperature Effects on Flowering and Pollen Productions in Cocoa. *African Crops Sci. J.*, 17: 41-48
- Panjaitan, A., Erwin and Z. Abidin, 1987. Rekomendasi Pemupukan Coklat Kebun Mariendal PT. Perkebunan IX Tahun 1987, pp: 34. Bagian Penelitian PT. Perkebunan IX kerjasama dengan Balai Penelitian Perkebunan Medan, Indonesia
- Prawoto, A.A. 2009a. Pemangkasan dalam Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir oleh Wahyudi, T., T.R. Panggabean, dan Pujiyanto, pp: 123-132. Penebar Swadaya, Jakarta, Indonesia
- Prawoto, A.A. 2009b. Botani dan Fisiologi dalam Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir oleh Wahyudi, T., T.R. Panggabean, dan Pujiyanto, pp: 39-62. Penebar Swadaya, Jakarta, Indonesia
- Pujiyanto and S. Abdoellah, 2009. Pemupukan dalam Panduan Lengkap Kakao Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir oleh Wahyudi, T., T.R. Panggabean, dan Pujiyanto, pp: 133-137. Penebar Swadaya, Jakarta, Indonesia
- Reetz, H.F. 2016. Fertilizers and their efficient use, pp: 110. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris (Available from: [https://www.fertilizer.org/images/Library\\_Downloads/2016\\_ifa\\_reetz.pdf](https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2016_ifa_reetz.pdf))
- Rival, A. 2018. Sustainable plantation management: Conciliating plantation crops and sustainable development goals. [Abstract]. In: International Conference on Agribusiness Food & Agro-Technology (ICAFAT), Medan 20 Sep 2018
- Romheld, V. 2006. Balanced fertilization for crop sustainability: The Neglect of Potassium. *Balanced fertilization for sustaining crop productivity. International Potash Institute*,

- Horgen, 205-217 (Available from: [https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/BALANCED\\_FERTILIZATION\\_FOR\\_SUSTAINING\\_CROP\\_PRODUCTIVITY.pdf](https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/BALANCED_FERTILIZATION_FOR_SUSTAINING_CROP_PRODUCTIVITY.pdf))
- Rosadi, A.H.Y. 2015. Kebijakan Pemupukan Berimbang untuk Meningkatkan Ketersediaan Pangan Nasional (Balanced Fertilization Policy to Improve Availability of National Food). *J. Pangan*, 24: 1-14
- Rubiyo, R. and S. Siswanto, 2012. Peningkatan Produksi dan Pengembangan Kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin RISTRI*, 3: 33-48
- Sari, I.A. and A.W. Susilo, 2013. Stability in Flowering, Flushing and Fruiting Characters of 21 Potential Cacao Clones in ICCRI Collection. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research J.)*, 29: 82-92
- Shand, C. 2007. Plant Nutrition for Food Security A Guide for Integrated Nutrient Management, by R.N. Roy, A. Finck, G.J. Blair and H.L.S. Tandon. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2006), pp. 348, *Exp. Agric.*, 43: 132-132.
- Siregar, T.H.S., S. Riyadi and L. Nuraeni, 2014. Budidaya, Pemasaran dan Pengolahan Cokelat, pp.170. Penebar Swadaya, Jakarta, Indonesia.
- Snoeck, D., L. Koko, J. Joffre, P. Bastide and P. Jagoret, 2016. Cacao Nutrition and Fertilization. In *Sustain. Agric. Rev.* pp: 155-202. Springer, Chambridge, England
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie, 1995. Prinsip dan Prosedur Statistik Suatu Pendekatan Biometrik (Alih bahasa: Bambang Sumantri), pp: 708. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, Indonesia
- Susanti, R.A., P. Hadley, A.J. Daymond, P. Bastide, S. Lambert, K. Ingram and J.C. Motamayor, 2017. The effect of pruning on photosynthetic rate of cacao tree in a novel cropping system. International Symposium on Cocoa Research (ISCR), Lima, Peru, 13-17 November 2017.
- Toxopeus, H. 1987. Botany, Types and Population in Cocoa (by G.A.R. Wood and R.A. Lass) pp: 18-24. Longman Scientific & Technical John Wiley & Sons Inc, New York, USA
- Uchoi, A., N. Shoba, S. Balakrishnan, N.O.Gopal and D. Uma, 2018. Effect of different pruning levels and growth retardants on growth, yield and quality of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(4), 3354-3357.
- Vliet, J.A.V., M. Slingerland and K.E. Giller, 2015. Mineral Nutrition of Cocoa : A Review. Wageningen University and Research Centre. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.017>.
- Wachjar, A. and L. Kadarisman, 2007. Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik Cair dan Pupuk Anorganik serta Frekuensi Aplikasinya terhadap Pertumbuhan Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L) Belum Menghasilkan. *J. Agron. Indo.*, 35: 212-216
- Wessel, M. 1987. Shade and Nutrition, in Cocoa edited by G.A.R. Wood and R.A. Lass, pp: 166-192. 4<sup>th</sup> Edition, Longman Scientific & Technical John Wiley & Sons Inc, New York, USA
- Wulandari, N.D.F. 2017. Uji Ketahanan Bibit Kakao Klon ICCRI 03 dan TSH 858 yang Sudah Diinduksi Dengan *Trichoderma harzianum* Secara Endofitik Terhadap *Phytophthora palmivora* Secara *In Vitro*. [Skripsi]. Jember: Fakultas Pertanian Universitas Jember, Program Studi Agroteknologi (Available at: <http://repository.unej.ac.id/handle/123456789/82030>)