Jurnal Penelitian Kelapa Sawit, 1995, 3(2): 101-118

KONTRIBUSI PEMUPUKAN PADA MASA TBM TERHADAP PRODUKSI DAN PERTUMBUHAN KELAPA SAWIT PADA TANAH DYSTROPEPTS

L. Erningpraja, L. Buana, Satyoso[1)], Siswo Suyanto[1)] dan Z. Poeloengan

ABSTRAK

Penelitian untuk melihat kontribusi pemupukan pada masa tanaman belum menghasilkan (TBM) terhadap produksi dan pertumbuhan vegetatif tanaman kelapa sawit di laksanakan pada tanah Dystropepts dengan menggunakan DxP Socfindo tahun tanam 1988.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh pemupukan selama masa TBM sangat nyata terhadap produksi tahun pertama dan pada tahun berikutnya cenderung menurun. Berdasarkan analisis menunjukkan bahwa peranan TSP sangat besar pada produksi. Pupuk TSP yang diberikan sampai dengan bulan ke 5 setelah penanaman berpengaruh pada produksi tahun pertama dan pupuk TSP yang diberikan hingga tahun pertama berpengaruh pada produksi tahun kedua dan ketiga.

Pupuk ZA yang diberikan selama masa TBM berpengaruh terhadap peubah pertumbuhan vegetatif pada tahun ketiga masa tanaman menghasilkan (TM), sedangkan pupuk MOP dan Kieserit tidak menunjukkan pengaruh yang nyata.

Hasil analisis menunjukkan bahwa hanya peubah kandungan hara daun yang diamati pada tahun pertama berkorelasi nyata dengan produksi tahun pertama dan tahun kedua.

Diketahui juga bahwa pupuk TSP berpengaruh terhadap produksi, baik secara langsung maupun secara tidak langsung melalui peubah vegetatif sedangkan ZA secara langsung berpengaruh terhadap peubah vegetatif.

Kata kunci : kelapa sawit, pemupukan, fosfor

PENDAHULUAN

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) umumnya ditanam di daerah tropis basah di tiga benua, yaitu Asia, Afrika dan Amerika Selatan. Saat ini, sebagian besar tanaman kelapa sawit ditanam di daerah Asia Tenggara, Afrika Barat dan Amerika Selatan Bagian tengah. Rerata produksi aktual tanaman kelapa sawit adalah 3,6 ton minyak/ha, atau hanya sepertiga dari potensi produksi. Tingkat produksi ini masih jauh di atas tingkat produksi dari tanaman penghasil minyak nabati lainnya (2).

Berdasarkan data tahun 1994, luas tanaman kelapa sawit dunia yang sudah menghasilkan hanya mencapai 4,5 juta ha atau hanya 2,5 % dari total luas areal tanaman penghasil minyak (175 juta ha). Produksi kelapa sawit dunia adalah 13.956 ribu ton minyak sawit mentah (MSM) dan 1.863 ribu ton minyak inti sawit (MIS) atau secara total sekitar 19,7 % dari total produksi minyak yang dihasilkan tanaman sayuran dunia. Negara penghasil utama MSM dan MIS berturut-turut adalah Malaysia, Indonesia, Pantai Gading, Zaire, Nigeria, Kolumbia dan Brazil (1).

1) Staf peneliti Departemen Riset PT SMART Corporation

Rerata produksi minyak kelapa sawit tahunan sekitar 2,0-4,0 ton MSM/ha/tahun dan bervariasi antara satu negara dengan negara lainnya tergantung kondisi iklim, tanah dan faktor agronomis. Produksi tertinggi dicapai di daerah Asia Tenggara dan Amerika Selatan Bagian Tengah. Untuk mencapai tingkat produksi yang tinggi sesuai dengan potensi genetisnya maka pemupukan merupakan faktor yang utama (3, 5). Dalam hal pemberian pupuk yang sangat tinggi belum tentu dapat menjamin produksi yang tinggi, namun keseimbangan pemberian dari berbagai jenis dan takaran pupuk harus lebih diutamakan (5).

Dalam merumuskan pemupukan yang efisien, konsep hara terangkut dan terkuras dalam ekosistem tanaman kelapa sawit perlu dipahami dengan benar. Dengan demikian maka pengaruh pemupukan selama masa TBM terhadap produksi akan dibahas dalam tulisan ini.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di kebun kelapa sawit pada tanah Dystropepts dengan menggunakan DxP Socfindo tahun tanam Desember 1988.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan faktorial Acak Kelompok Lengkap berulang tunggal, interaksi orde tertinggi dan sebagian dari interaksi orde kedua dikumpulkan dan berperan sebagai galat. Pupuk yang digunakan adalah ZA, TSP, MOP dan Kieserit, masing-masing terdiri atas tiga taraf. Setiap plot percobaan terdiri atas 19 pohon pengamatan (recording trees), maka seluruh pohon yang diamati berjumlah 1539 pohon. Pupuk diberikan setiap 3 bulan sekali. Perlakuan pemupukan secara lengkap disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal pemupukan dan takaran pupuk

Table 1. Fertilization schedule and dosage applied

Aplikasi ke *Application*	Bulan setelah tanam *Month after planted*	Takaran (g/pohon) *Dosages (g/palm)*											
		ZA			TSP			MOP			Kieserit		
		0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
1	1	0	30	120	0	10	40	0	20	80	0	10	40
2	3	0	40	160	0	10	40	0	30	120	0	20	80
3	5	0	60	240	0	20	80	0	50	200	0	30	120
4	7	0	170	680	0	40	160	0	120	480	0	60	240
5	10	0	340	1360	0	80	320	0	240	960	0	130	520
Total tahun ke-1 *Total 1st year*		0	640	2560	0	160	640	0	460	1840	0	250	1000
6	13	0	500	2000	0	150	600	0	300	1200	0	300	1200
7	16	0	500	2000	0	150	600	0	300	1200	0	300	1200
8	19	0	500	2000	0	150	600	0	300	1200	0	300	1200
9	22	0	500	2000	0	150	600	0	300	1200	0	300	1200
Total tahun ke-2 *Total 2nd year*		0	2000	8000	0	600	2400	0	1200	4800	0	1200	4800
Total 2 tahun *Total 2 years*		0	2640	10560	0	760	3040	0	1660	6640	0	1450	5800

Data yang diamati meliputi jumlah pelepah, *Petiole Cross Section* (PSC) pelepah, luas relatif pelepah, panjang pelepah, kandungan hara daun serta produksi. Pengamatan vegetatif dilakukan 6 bulan sekali, rotasi pengamatan produksi 1 minggu sekali. Peubah dan kode pengamatan secara rinci disajikan pada Lampiran 1, sedangkan skema pengamatan serta jadwal pemupukan disajikan pada Lampiran 2. Peubah-peubah tersebut diamati pada waktu yang berbeda.

Analisis statistik yang digunakan adalah *stepwise regression* dan analisis korelasi. Untuk menyederhanakan pembahasan, maka respon dari pemupukan dibatasi sampai dengan interaksi orde ke-2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengaruh pupuk terhadap produksi

Analisis statistik menunjukkan bahwa secara umum pengaruh pupuk yang diberikan selama masa TBM sangat nyata terhadap produksi tahun ke-1. Namun pengaruh pemberian pupuk berkurang terhadap produksi tahun berikutnya. Hal ini ditandai oleh nilai R yang merupakan cerminan dari kekuatan peubah bebas dari pemupukan terhadap produksi. Pada tahun ke-3, tidak ada satu peubah pun yang masuk ke dalam model, dengan kata lain bahwa pengaruh pemupukan pada masa TBM terhadap produksi TBS tahun ke-3 sangat kecil.

Hasil analisis *stepwise regression* menunjukkan bahwa pupuk TSP sangat nyata berpengaruh terhadap produksi, sebagaimana yang disajikan pada Tabel 2.

Ng melaporkan bahwa pengambilan hara P secara dinamis berkaitan dengan jumlah bahan kering yang diproduksi, begitu juga halnya pada unsur N dan K. Tingkat pengambilan hara akan berkurang pada tahun ke-2 setelah penanaman. Dengan demikian maka pemberian unsur hara P tersedia yang cukup pada periode tahun pertama setelah penanaman merupakan hal yang sangat utama agar periode pertumbuhan cepat tanaman selanjutnya tidak tertekan. Besarnya pengambilan unsur hara P berkaitan erat dengan perkembangan perakaran (4).

Lebih jauh lagi, Ng menyebutkan bahwa yang paling penting adalah menjaga keseimbangan antara unsur hara P dan N di tanah, terutama selama periode pertumbuhan cepat tanaman, yaitu mulai tahun ke-2 sampai dengan tahun ke-4 setelah penanaman. Rasio N dan P selama periode pertumbuhan cepat tersebut diusahakan stabil antara 8 - 10 (4). Dengan demikian pemupukan P harus diperhatikan dengan baik selama periode TBM, terutama pada tanah-tanah yang cadangan fosfornya rendah.

Tabel 2. Persamaan pemupukan terhadap produksi

Table 2. Response models of production to fertilizers

Persamaan *Models*
JTBST1 = 104.3700 + 0.1819 TSP_{22} - 0.0153 TSP_{52} Partial R^2= 59.64% 18.75% R^2 = 78.39%
BTBST1= 321.7150 + 16.3650 TSP_5 - 0.0701 TSP_{52} Partial R^2= 65.82% 16.26% R^2 = 82.08%
JTBST2 = 548.64 + 0.0608 TSP_{10} Partial R^2= 14.62% R^2 = 14.62%
BTBST2 = 2972.6600 + 0.0006 ZA_{10}*T_{10} Partial R^2= 32.43% R^2 = 32.43%
JTBST3 = 559.6600 - 0.0930 TSP_{10} Partial R^2= 21.75% R^2 = 21.75%
BTBST3 R^2=0

Persamaan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pemupukan TSP yang diberikan sampai dengan bulan ke-5 setelah penanaman berpengaruh pada produksi tahun pertama dan pupuk TSP yang diberikan sampai dengan 1 tahun setelah penanaman berpengaruh pada produksi tahun ke-2 dan tahun ke-3.

Uexkull dan Fairhurst melaporkan bahwa pupuk, terutama P yang mudah tersedia bagi tanaman, seperti TSP, selama 6 bulan pertama setelah penanaman diperlukan untuk memulihkan pengaruh *transplanting shock* dan selanjutnya diperlukan untuk perkembangan sistem perakaran. Lebih jauh lagi mereka mengamati bahwa pemupukan pada tahun pertama dapat berpengaruh terhadap produksi pada tahun ke-2 (9).

Interaksi antara ZA dan TSP berpengaruh kecil terhadap produksi pada tahun ke-2 (BTBST2), yaitu hanya 32%, sedangkan pengaruh seluruh pemupukan mandiri terhadap produksi tidak nyata.

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh pemupukan Kiserit tidak berpengaruh terhadap produksi. Ollagnier dan Olivin menjelaskan bahwa kebutuhan Mg pada tanaman kelapa sawit hanya 1/5 dari kebutuhan kalium. Respon tanaman terhadap pupuk Mg sangat bergantung pada tipe tanah (7).

2. Pengaruh pemupukan terhadap pertumbuhan vegetatif

Peubah vegetatif yang diamati meliputi jumlah pelepah, luas relatif pelepah, panjang pelepah dan *petiole cross section* (PCS) dari pelepah. Data diamati setiap 6 bulan.

Berdasarkan kekuatan dari peubah bebas (takaran pupuk) terhadap keragaman pertumbuhan vegetatif (R), kelihatan bahwa aplikasi pupuk selama masa TBM berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif. Berbeda terhadap produksi, ZA, MOP, dan Kiserit mempunyai peranan penting terhadap pertumbuhan vegetatif.

Beberapa persamaan pengaruh pemupukan terhadap peubah vegetatif yang dilengkapi dengan kontribusi parsial dan keragaman dari pemupukan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Persamaan pemupukan terhadap peubah vegetatif

Table 3. Statistical model of leaf variables response to fertilizers

Persamaan *Models*
JD1V1 = 123.5600 + 0.3212 ZA5 - 0.0005 ZA5Q Partial R^2 = 45.6% 27.6% R^2 = 73.21%
JD2V2 = 225.4240 + 0.0209 ZA10 + 0.1352 TSP10 Partial R^2 = 51.1% 19.6% R^2 = 70.64%
JD3V3 = 256.2592 - 0.0053 TSP5Q + 0.0685 TSP10 Partial R^2 = 10.12% 57.65% R^2 = 67.77%
JD4V4 = 351.8518 + 0.0750 TSP22 Partial R^2 = 48.73% R^2 = 48.73%
PCS3V1 = 42.3433 + 0.1008 ZA5 - 0.0001 ZA5Q Partial R^2 = 35.04% 13.84% R^2 = 48.87%
FA1V1 = 12.1490 + 0.0453 ZA5 Partial R^2 = 51.66% R^2 = 51.66%
PP1V1 = 2408.8518 + 2.3570 ZA5 - 0.0032 ZA5Q Partial R = 53.48% 19.35% R = 72.83%
PP3V1 = 2199.7777 + 3.5087 ZA5 - 0.0051 ZA5Q Partial R^2 = 51.13% 31.42% R^2 = 82.55%
PP9V4 = 4379.2970 + 0.9390 TSP22 - 0.0002 TSP22Q + 0.0514 ZA22 Partial R^2 = 43.82% 14.72% 11.99% R^2 = 70.44%
PCS1V2 = 53.9996 - 0.0207 ZA10 Partial R^2 = 31.63% R^2 = 31.63%
FA9V4 = 48.9993 - 0.0001 TSP10Q + 0.0173 TSP22 Partial R^2 = 15.00% 48.14% R^2 = 63.14%

Teoh and Chew melaporkan bahwa pemberian K (rerata 3 kg MOP/pohon/tahun) memperbaiki penyerapan K oleh tanaman sebesar 74 %. Di dalam tanaman, sebagian besar K yang diberikan digunakan untuk pertumbuhan bagian vegetatif, yang jumlahnya 2,2 kg K/pohon/tahun (8).

Mereka juga memperkirakan bahwa pada tanah yang cadangan K-nya cukup dapat memelihara kelangsungan pertumbuhan dan produksi kelapa sawit selama 2 sampai dengan 6 tahun (8).

Berdasarkan persamaan yang diperoleh, sangat jelas dapat dilihat bahwa peubah vegetatif pada pengamatan pertama (peubah dengan indeks V1) dipengaruhi oleh pemberian pupuk yang terakumulasi selama 5 bulan pertama (peubah pupuk dengan kode angka 5). Pada pengamatan ke-2 (peubah dengan indeks V2), peubah vegetatif dipengaruhi oleh pemberian pupuk yang terakumulasi selama 10 bulan pertama (peubah pupuk dengan kode angka 10). Pada pengamatan ke-3 (peubah dengan indeks V3), peubah vegetatif dipengaruhi oleh pemberian pupuk yang terakumulasi selama 5 dan 10 bulan pertama (peubah pupuk dengan kode angka 5 dan 10), sedangkan pada pengamatan ke-4 (peubah dengan indeks V4), peubah vegetatif dipengaruhi oleh pemberian pupuk yang terakumulasi selama 10 bulan pertama dan 22 bulan (peubah pupuk dengan kode angka 10 dan 22). Kenyataan ini menunjukkan bahwa pemupukan berpengaruh terhadap pertumbuhan vegetatif minimal 6 bulan setelah aplikasi dan kemudian akan memberikan pengaruh akumulasi pada tahun berikutnya.

3. Pengaruh pemupukan terhadap kandungan hara daun

Pengaruh pemupukan pada masa TBM terhadap kandungan hara daun seperti N, P, dan K terlihat hanya sampai dengan tahun pertama dan pada tahun berikutnya tidak terdeteksi. Pengaruh yang paling kelihatan adalah dari pemupukan 5 bulan dan atau 10 bulan pertama setelah penanaman. Pengaruh akumulasi pemupukan selama 2 tahun setelah tanam tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan hara daun. Hal ini diduga disebabkan oleh jumlah takaran pupuk yang sama pada tahun ke-3 (setelah Juli 1991). Perlakuan pemupukan yang seragam pada seluruh plot pada tahun ke-3 tersebut memperlemah pengaruh pemupukan pada tahun ke-2 terhadap kadar hara daun pada pengamatan tahun ke-2 (Februari 1992). Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pemupukan terhadap kandungan hara daun kelihatan 1 tahun setelah aplikasi.

Tabel 4. Persamaan pemupukan terhadap kandungan hara daun

Table 4. Statistical response models of leaf variables to fertilizer

Persamaan *Models*
P91 = 0.1404 + 0.0002 TSP5 R^2 = 49.35%
K91 = 1.5242 - 0.0018 TSP5 R^2 = 57.39%
Mg91 = 0.2730 + 0.0002 KIS5 + 0.003 TSP5 20.76% 13.93% R^2 = 34.69%
Ca91 = 0.5211 + 0.009 TSP5 R^2 = 50.53%
B91 = 13.6054 - 0.0036 MOP5 R^2 = 11.19%
Cu91 = 8.4482 - 0.0028 ZA5 - 0.0171 TSP5 14.24% 49.20% R = 63.47%
Zn91 = 22.9045 - 0.0246 TSP5 R^2 = 33.36%
Mn91 = 98.0313 + 0.1178 ZA5 R^2 = 50.09%
N92; P92; K92 R^2 = 0
Ca92 = 0.7874 + 0.0004 TSP5 R^2 = 13.11%
B92 = 12.5484 + 0.0075 TSP5 R^2 = 15.57%
Cu92 = 5.8646 - 0.0090 TSP5 R^2 = 31.01%
Zn92; R^2 = 0
Mn92 = 160.5042 + 0.0616 ZA5 R^2 = 29.80%
N93; P93; K93; Mg93; Ca93; B93; Cu93; Zn93; Mn93 ; R^2 = 0

Pengaruh pemupukan terhadap hara makro lainnya, seperti Ca dan Mg terdeteksi hingga produksi tahun ke-2. Hal ini berarti bahwa pengaruh pemupukan Ca dan Mg lebih lama di dalam daun.

Pengaruh pemupukan terhadap hara mikro seperti B, Cu, Zn dan Mn dapat dideteksi hingga produksi tahun ke-2 atau 2 tahun setelah pemupukan terakhir. Pada tahun ke-3, pengaruh pemupukan terhadap kandungan hara B, Cu, Zn dan Mn daun tidak kelihatan.

4. Korelasi antara peubah fisik daun dengan peubah produksi

Analisis korelasi statistik menunjukkan bahwa sebagian besar peubah daun pada pengamatan bulan ke-20 dan ke-26 setelah penanaman (diakhiri dengan kode V3 dan V4) mempunyai korelasi yang tinggi dengan produksi tahun pertama, namun berkorelasi sedang dengan produksi tahun ke-2 dan tidak ada korelasi dengan produksi tahun ke-3. Peubah daun yang diamati 13 bulan setelah penanaman juga menunjukkan korelasi yang nyata dengan produksi, walaupun koefisien korelasinya kecil. Peubah daun yang diamati 7 bulan setelah penanaman tidak berkorelasi dengan produksi. Koefisien korelasi disajikan pada Lampiran 3.

Sebagaimana disebutkan sebelumnya bahwa pemberian pupuk akan kelihatan pada peubah daun sekitar 6 bulan setelah aplikasi dan mempunyai efek akumulatif pada beberapa bulan berikutnya. Oleh karena itu adanya korelasi antara peubah fisik daun dan produksi diduga disebabkan oleh efek akumulasi pupuk terhadap kondisi peubah daun sebelumnya.

5. Korelasi antara kandungan hara daun dan produksi

Analisis korelasi statistik menunjukkan bahwa pada umumnya hanya peubah kandungan hara daun yang diamati pada tahun 1991 mempunyai korelasi produksi pada tahun pertama dan kedua. Peubah kandungan hara daun yang diamati pada tahun 1992 dan 1993 tidak berkorelasi jelas dengan peubah produksi. Hal ini diduga disebabkan oleh pemberian pupuk dengan takaran yang sama pada tahun ke-3.

6. Analisis bagian (Statistical causal relationship)

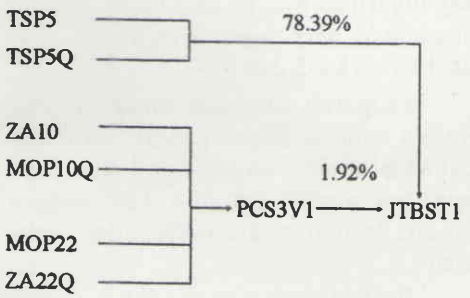
Berdasarkan analisis sebelumnya diketahui bahwa pupuk TSP secara nyata mempengaruhi peubah produksi, sedangkan pupuk ZA secara nyata mempengaruhi peubah vegetatif. Analisis korelasi dapat juga menyatakan hubungan antara peubah pertumbuhan vegetatif dengan peubah produksi. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa walaupun ZA, MOP dan Kiserit secara langsung tidak menunjukkan pengaruh terhadap produksi namun ada kemungkinan secara tidak langsung berpengaruh terhadap produksi melalui peubah vegetatif. Untuk mengetahui pengaruh langsung maupun tidak langsung dari pupuk terhadap produksi dapat menggunakan analisis regresi. Hasil analisis regresi disajikan pada Tabel 5 dan analisis statistik yang lengkap dari beberapa persamaan disajikan pada Lampiran 3.

Tabel 5. Persamaan standar dan kontribusi peubah bebas terhadap produksi

Table 5. Standardized models and contribution of independent variables to production

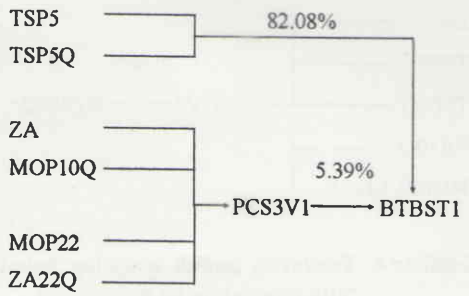
Persamaan *Models*
JTBST1 = 3.06 TSP5 - 2.34 TSP5Q + 0.14 PCS3V1
BTBST1 = 2.93 TSP5 - 2.18 TSP5Q + 0.23 PCS3V1
JTBST2 = 0.57 JD2V2
BTBST2 = 0.84 JD2V2
JTBST3 = -1.59 TSP10 + 1.33 TSP10Q + 0.44 PCS1V2 - 0.39 FA9V2
BTBST3 = 0.47 FA9V4

Berhubung TSP5 dan TSP5Q tidak mempengaruhi PCS3V1, maka dapat disimpulkan bahwa TSP5, TSP5Q dan PCS3V1 berpengaruh mandiri terhadap peubah produksi JTBST1 dan BTBST1. Diagram hipotetis untuk peubah JTBST1 dan BTBST1 berturut-turut disajikan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Pengaruh pupuk terhadap jumlah TBS 6 bulan pertama.

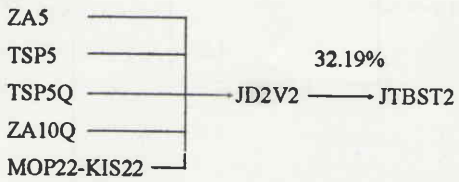
Figure 1. The influence of fertilizer on FFB number in the first six month production.



Gambar 2. Pengaruh pupuk terhadap bobot TBS 6 bulan pertama.

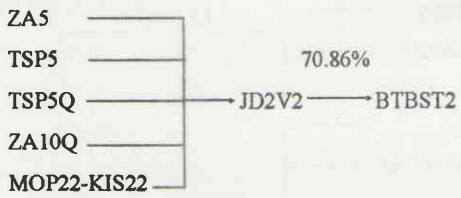
Figure 2. The influence of fertilizer on FFB weight in the first six month production.

Pada persamaan JTBST2, pupuk TSP10 berpengaruh secara tidak langsung, sehingga dikeluarkan dari persamaan dan yang berpengaruh langsung hanya peubah vegetatif, yaitu JD2V2. Analisis sebelumnya menunjukkan bahwa TSP10 merupakan pupuk yang cukup besar mempengaruhi peubah JD2V2. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pemupukan secara langsung terlihat pada pertumbuhan daun dan selanjutnya baru ke produksi. Dengan demikian maka peubah pemupukan tidak muncul pada persamaan tersebut, begitu juga halnya pada peubah BTBST2. Diagram hipotetis untuk peubah JTBST2 dan BTBST2 berturut-turut disajikan pada Gambar 3 dan 4.



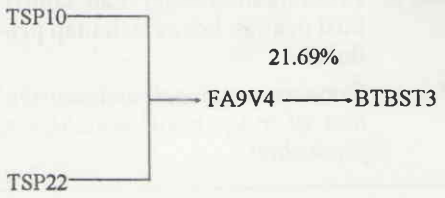
Gambar 3. Pengaruh pupuk terhadap jumlah TBS total tahun ke-2.

Figure 3. The influence of fertilizer on FFB total number in second year production.



Gambar 4. Pengaruh pupuk terhadap bobot TBS total tahun ke-2.

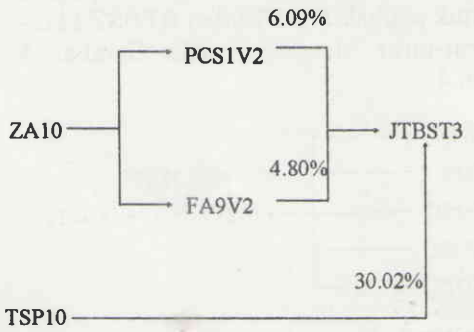
Figure 4. The influence of fertilizer on FFB weight in second year production.



Gambar 6. Pengaruh pupuk terhadap bobot total TBS tahun ke-3.

Figure 6. The influence of fertilizer on FFB weight in third year production.

Pada persamaan JTBST3, mengingat TSP10 tidak berpengaruh nyata terhadap PCS1V2 dan FA9V2, maka TSP10, PCS1V2 and FA9V2 hanya mempunyai pengaruh mandiri. Pada persamaan BTBST3, hanya FA9V4 yang muncul pada persamaan, mengingat tidak ada satupun peubah pupuk yang berpengaruh langsung terhadap peubah BTBST3. Peubah FA9V4 dipengaruhi langsung oleh TSP10. Hal ini menunjukkan bahwa pemupukan mempengaruhi produksi hanya melalui peubah FA9V4. Diagram hipotetis untuk peubah JTBST3 dan BTBST3 berturut-turut disajikan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Pengaruh pupuk terhadap total jumlah TBS tahun ke-3.

Figure 5. The influence of fertilizer on FFB total number in third year production.

KESIMPULAN

Analisis statistik menunjukkan bahwa secara umum pemupukan selama masa TBM berpengaruh sangat nyata terhadap produksi tahun pertama, namun pengaruhnya semakin menurun pada produksi tahun berikutnya.

Analisis menunjukkan juga bahwa fosfat yang dapat larut (seperti pupuk TSP) mempunyai peranan yang sangat penting terhadap produksi. Pengaruh pupuk TSP yang diberikan hingga 5 bulan setelah penanaman berpengaruh pada produksi tahun pertama dan pupuk TSP yang diberikan hingga satu tahun setelah penanaman berpengaruh terhadap produksi tahun ke-2 dan ke-3.

Pengaruh interaksi antara pupuk lainnya seperti ZA dan TSP terhadap peubah produksi sangat kecil dan juga pengaruh pupuk ZA dan TSP secara mandiri terhadap produksi tidak kelihatan.

Berbeda terhadap produksi, pupuk ZA yang diberikan selama masa TBM menentukan pertumbuhan vegetatif, sementara itu pengaruh pupuk MOP dan Kiserit secara langsung terhadap produksi sangat kecil.

Pengaruh pemupukan pada masa TBM terhadap kandungan hara daun

seperti N, P, dan K kelihatan hanya sampai tahun pertama dan pada tahun berikutnya tidak terdeteksi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi hara daun tahun berjalan hanya akan mempengaruhi produksi pada tahun berikutnya (terdapat perbedaan waktu satu tahun). Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa hanya peubah kandungan hara daun yang diamati tahun ke-1 mempunyai korelasi dengan peubah produksi tahun ke-1 dan ke-2.

Diketahui juga bahwa TSP berpengaruh sangat besar terhadap produksi, baik secara langsung maupun tidak langsung melalui peubah vegetatif, sementara itu ZA secara langsung dan berpengaruh besar terhadap pertumbuhan vegetatif.

DAFTAR PUSTAKA
REFERENCES

1. MIELKE, T. 1995. Oil World Annual 1995. ISTA Mielke GmbH Hamburg, Germany p : 112 - 118.

2. MUTERT, E. 1993. Oil palm a challenging crop for Indonesia. Kumpulan Makalah Seminar Ilmiah Kalium untuk Tanaman Kelapa Sawit. Medan.

3. NG, S.K. 1977. Review of oil palm nutrition and manuring-scope for greater economy in fertilizer usage. Oleagineux (32)5. : 197-209.

4. NG, S.K. 1986. Phosphorus nutrition and fertilization of oil palms. Oleagineux, (41)7 : 307-313.

5. NG, S.K. and K.C. THONG. 1985. Nutrient requirements for exploiting the genetic yield potentials in some plantation crops. Potassium. *In : Agricultural System of The Humid Tropics.* Int. Potash Inst., Barne.

6. NG, S.K., S. THAMBOO and P. SOUSA. 1968. Nutrient contents of oil palms in Malaya. II. Nutrient in vegetative tissue. Malay. Agric. J. 46. : 332-391.

7. OLLAGNIER, M. and J. OLIVIN. Effects of nutrition on yield. Genetic progress and effects of nutrition on the quality of palm oil. Oleagineux, (39)8-9 : 405-407.

8. TEOH, K.C. and P.S. CHEW. 1988. Potassium in the oil palm ecosystem and some implications to manuring practice. *In : Halim, A.H., Chew, P.S., Wood, B.J. and Pushparajah, E. (Eds.). Proc. 1987. International Oil Palm Conf. Progress and Prospects.* PORIM and Inc. Soc. of Planters. Kuala Lumpur. p. 277-286.

9. UEXKULL, H.R. VON and T.H. FAIRHURST. 1991. Fertilizing for high yield and quality. The oil palm. IPI Bulletin No. 12.

Lampiran 1. Peubah-peubah yang diamati dan kodenya

Appendix 1. Variables observed and their codes

	Peubah *Variables*	Kode *Codes*
Peubah fisik daun ***Leaf physical properties***		
1.	Jumlah pelepah - pengamatan ke-1 *Frond number-1st observation*	JD1V1
2.	Jumlah pelepah - pengamatan ke-2 *Frond number-2nd observation*	JD2V2
3.	Jumlah pelepah - pengamatan ke-3 *Frond number-3rd observation*	JD3V3
4.	Jumlah pelepah - pengamatan ke-4 *Frond number-4th observation*	JD4V4
5.	PCS pelepah 1 - pengamatan ke-1 *PCS frond no.1-1st observation*	PCS1V1
6.	PCS pelepah 1 - pengamatan ke-2 *PCS frond no.1-2nd observation*	PCS1V2
7.	PCS pelepah 3 - pengamatan ke-1 *PCS frond no.3-1st observation*	PCS3V1
8.	PCS pelepah 3 - pengamatan ke-2 *PCS frond no.3-2nd observation*	PCS3V2
9.	PCS pelapah 9 - pengamatan ke-2 *PCS frond no.9-2nd observation*	PCS9V2
10.	PCS pelepah 9 - pengamatan ke-3 *PCS frond no.9-3rd observation*	PCS9V3
11.	PCS pelepah 9 - pengamatan ke-4 *PCS frond no.9-4th observation*	PCS9V4
12.	Luas relatif pelepah 1 - pengamatan ke-1 *Relative area of frond no 1-1st observation*	FA1V1
13.	Luas relatif pelepah 3 - pengamatan ke-2 *Relative area of frond no 3-2nd observation*	FA3V2
14.	Luas relatif pelepah 9 - pengamatan ke-2 *Relative area of frond no 9-2nd observation*	FA9V2
15.	Luas relatif pelepah 9 - pengamatan ke-3 *Relative area of frond no 9-3rd observation*	FA9V3
16.	Luas relatif pelepah 9 - pengamatan ke-4 *Relative area of frond no 9-4th observation*	FA9V4
17.	Panjang pelepah 1 - pengamatan ke-1 *Length of frond no 1-1st observation*	PP1V1
18.	Panjang pelepah 3 - pengamatan ke-1 *Length of frond no 3-1st observation*	PP3V1
19.	Panjang pelepah 3 - pengamatan ke-2 *Length of frond no 3-2nd observation*	PP3V2
20.	Panjang pelepah 9 - pengamatan ke-2 *Length of frond no 9-2nd observation*	PP9V2
21.	Panjang pelepah 9 - pengamatan ke-3 *Length of frond no 9-3rd observation*	PP9V3
22.	Panjang pelepah 9 - pengamatan ke-4 *Length of frond no 9-4th observation*	PP9V4

Bersambung (*Continued*) ...

	Peubah *Variables*	Kode *Codes*
23.	Panjang pelepah 17- pengamatan ke-3 *Length of frond no 17-3rd observation*	PP17V3
24.	Panjang pelepah 17- pengamatan ke-4 *Length of frond no 17-4th observation*	PP17V4

Kandungan hara daun
Leaf nutrient content

1.	Kandungan N daun - pengamatan tahun 1991 *Nitrogen leaf content observed at 1991*	N91
2.	Kandungan P daun - pengamatan tahun 1991 *Phosphorus leaf content observed at 1991*	P91
3.	Kandungan K daun - pengamatan tahun 1991 *Potassium leaf content observed at 1991*	K91
4.	Kandungan Mg daun- pengamatan tahun 1991 *Magnesium leaf content observed at 1991*	Mg91
5.	Kandungan Ca daun- pengamatan tahun 1991 *Calsium leaf content observed at 1991*	Ca91
6.	Kandungan Cu daun- pengamatan tahun 1991 *Cuprum leaf content observed at 1991*	Cu91
7.	Kandungan Zn daun- pengamatan tahun 1991 *Zincum leaf content observed at 1991*	Zn91
8.	Kandungan Mn daun- pengamatan tahun 1991 *Manganese leaf content observed at 1991*	Mn91
9.	Kandungan B daun- pengamatan tahun 1991 *Boron leaf content observed at 1991*	B91

Peubah produksi
Production variables

1.	**Jumlah** TBS total 6 bulan pertama (Juli-Des 1991) ***First6monthsFFBnumber (July-December'91)***	JTBST1
2.	**Bobot** TBS total 6 bulan pertama (Juli-Des 1991) ***First 6 months FFB weight (July-December'91)***	BTBST1
3.	**Jumlah** TBS total tahun ke-2 (Jan-Des 1992) ***Second year FFB number (January-December'92)***	JTBST2
4.	**Bobot** TBS total tahun ke-2 (Jan-Des 1992) ***Second year FFB production (January-December'92)***	BTBST2
5.	**Jumlah** TBS total tahun ke-3 (Jan-Des 1993) ***Third year FFB number (January-December'93)***	JTBST3
6.	**Bobot** TBS total tahun ke-3 (Jan-Des 1993) ***Third year FFB production (January-December'93)***	BTBST3

Kode aplikasi pupuk
Fertilizer application codes

1.	Total pemberian pupuk selama 5 bulan *Total fertilizers application during 5 months*	ZA5, TSP5, MOP5, KIS5
2.	Total pemberian pupuk selama 10 bulan ***Total fertilizers application during 10 months***	ZA10, TSP10, MOP10, KIS10
3.	**Total pemberian** pupuk selama 22 bulan ***Total fertilizers application during 22 months***	ZA22, TSP22, MOP22, KIS22

Lihat Tabel 1 ***(See Table 1)***

Lampiran 2. Data pengamatan dan jadwal pemupukan

Appendix 2. Data observation and fertilization schedule

Month after planted

	Fertilizer application	Vegetative observation	Leaf analysis	Production observation
Des 88	0			
	1			
	3			
	5			
	7	7		
	10			
	13	13		
	16			
	19			
	20			
	22			
Feb 91	26	26	26	
Jul 91	30			
Des 91	36			
Feb 92	38			
Des 92	48			
Feb 93	50			
Des 93	60			

Lampiran 3. Analisis statistik dari persamaan standar dan kontribusi peubah bebas terhadap produksi

Appendix 3. Statistical analyses of standardized models and contribution of independent variables to production

Persamaan
Models

JTBST1 = 3.06 TSP3 - 2.34 TSP3Q + 0.14 X PCS3V1

		efek langsung *direct effect*	efek tidak langsung *indirect effect*	efek total *total effect*
1	TSP3	0.7839	0	0.7839
3	PCS3V1	0.0192	0	0.0192

BTBST1 = 2.93 TSP3 - 2.18 TSP3Q + 0.23 PCS3V1

		efek langsung *direct effect*	efek tidak langsung *indirect effect*	efek total *total effect*
1	TSP3	0.8208	0	0.8208
3	PCS3V1	0.0539	0	0.0539

JTBST2 = 0.57 JD2V2

		efek langsung *direct effect*	efek tidak langsung *indirect effect*	efek total *total effect*
1	JD2V2	0.3219	0	0.3219

BTST2 = 0.84 JD2V2

		efek langsung *direct effect*	efek tidak langsung *indirect effect*	efek total *total effect*
1	JD2V2	0.7086	0	0.7086

JTBST3 = - 1.59 TSP5 + 1.33 TSP5Q + 0.44 PCS1V2 - 0.39 FA9V2

		efek langsung *direct effect*	efek tidak langsung *indirect effect*	efek total *total effect*
1	TSP5	0.3002	0.0133	0.3135
2	PCS1V2	0.0609	0	0.0609
3	FA9V2	0.0480	0	0.0480

BTBST3 = 0.46572505 FA9V4

		efek langsung *direct effect*	efek tidak langsung *indirect effect*	efek total *total effect*
1	FA9V4	0.2169	0	0.2169

Contribution of fertilization during immature period to the production and oil palm growth on Dystropepts

L. Erningpraja, L. Buana, Satyoso [1], Siswo Suyanto [1] and Z. Poeloengan

Abstract

Experiment on contribution of fertilization during immature period to the production and vegetative growth of oil palm was conducted on Dystropepts using DxP Socfindo planted in December 1988.

The results show that the effect of fertilizers applied during immature period to the production was quite obvious in the first year of production and it tended to diminish afterward.

The analysis also show that TSP played a very important role in production. The effect of TSP applied to the fifth month after planting appeared on the first year of production and if given up to the first year appeared on the second to third year of production.

Differently, the ZA applied during immature period determined the vegetative growth performance even in the third year of mature period whereas MOP and Kieserite showed a very small effect.

Statistical correlation analysis show that only leaf nutrient content parameter observed in first year was correlated with the first and the second year production parameters.

TSP mainly influenced the production both directly and indirectly through vegetative variables whereas ZA, directly and mainly influenced the vegetative ones.

Key words : oil palm, fertilization, phosphorus

INTRODUCTION

Generally oil palm (*Elaeis guinensis*) is cultivated on humid tropical at three continents i.e. Asia, Africa and South America. At present, oil palm is mostly planted in the regions of South East Asia, West Africa and Central Latin America. Even though average actual production, i.e. 3.6 tons oil/ha, is only 1/3 of its potential productivity, yet, it is still far above oil productivity of other vegetable oil producing plants (2).

Based on 1993/1994 data, mature oil palm covers only 4.5 million ha or only 2.5 % of total area the world harvested area for major oil producing crops (175 million ha). Its share to production, however, is 13.930 million ton of CPO and 1.833 million ton of PKO or totally 19.7% out of total world vegetable oil production. The major palm oil and palm kernel producing countries are Malaysia, Indonesia, Ivory Coast, Zaire, Nigeria, Columbia and Brazil (1).

Average annual palm oil yield is around 2.0 - 4.0 ton CPO/ha/yr. It varies from country to country due to climatic, soil and agronomic factors. The highest productivity is found in South East Asia and Central America. In order to fully exploit the potential genetic yield, sound nutrition and fertilizer usage is

1) Researcher of Research Division of PT SMART Corporation

essential (3, 5). High fertilizer input alone will not guarantee good yield but balanced nutrition and fertilizer usage is more essential (5).

In order to formulate efficient fertilization, components of nutrient demand and supply in the oil palm ecosystem should be well understood. Among them is the effect of fertilization during immature period to its production, which will be discussed in this paper.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted on Dystropepts using DxP Socfindo planted on December 1988. It uses a 3^4 factorial block design with fertilizers ZA, TSP. MOP and Kiseriete as treatment, each with three levels. The ferti-lizers were applied every three months and shown in Table 1.

The trial was designed following an incomplete block design. Treatment factors were the ZA, TSP, MOP and Kieserite, consist of 3 levels respectively. So, there are 81 plots. Fertilizers were applied every three months. Fertilizers applied are listed in Table 1.

Data collected covering the physical and chemical leaf variables and production. Variables observed and their codes are listed in Appendix 1. These variables were observed at different time. Data observation and fertilization schedule are presented in Appendix 2.

Statistical analysis used were stepwise regression and correlation analysis. For simplicity, the response was limited to the second order.

RESULTS AND DISCUSSIONS

1. Effect of fertilizers on production

Statistical analysis showed that the effect of fertilizers on the production(in general) applied during immature period were quite obvious in the first year of production. The effect, however, tended to diminish afterward. It is indicated by the value of R which reflected the power of independent variables, the fertilizers, to the production. On the third year, there was no variable that could enter into the model for FFB production. It means that fertilizers applied during immature period had no effect to third year production.

The analysis also show that P (given as TSP) played a very important role to production (Table 2). Ng reported that P uptake is dynamically linked to dry matter production as well as the uptake of N and K and sort of diminishing on the second year of field planting forward. This indicates the critical importance of adequate supplies of available P in early years of planting, rapid growth will not suppressed. The steep increase in P uptake is closely related to root system development (4).

Furthermore, he mentioned that the importance of maintaining a good balance between P and N, particularly during the accelerating growth period from the second to fourth year of planting. The N/P ratio during this period is fairly stable within the 8 - 10 range (4). Thus, P nutrition during the immature period must be strongly considered, especially in soil with low P reserved.

The models show that effect of TSP applied up to the fifth month after planting appeared on the first year of production and TSP given up to the first year appeared on the second to third year of production.

Uexkull and Fairhurst reported that fertilizers, especially soluble P e.g. TSP, during the first 6 months after field

planting were needed to recover from "transplanting shock" and then to establish an effective root system. Furthermore, they observed that the effect of the first year fertilizers application could influence the second year production (9).

Interaction between ZA and TSP shows a little effect to the second year production (BTBST2) which contributed only 32%. Their single effect did not appear at all.

The analysis shows that, Kieserite did not effect the production at all. Ollagnier and Olivin explained that Mg requirements in oil palm is only 1/5 of K requirement. Response to Mg fertilizer is quite closely linked to type of soil (7).

2. Effect of fertilizers on leaf variables

Leaf variables observed were frond number, relative frond area, frond length and petiole cross section (PCS). Data were observed every 6 months.

Based on the power of dependent variables (fertilizer dosage) to explain the variability of vegetative growth (statistically called R), it seemed that fertilizers applied during immature period determined the vegetative growth performance. It was found that fertilizers actually influenced vegetative growth shortly after application. Affecting production differently, the ZA, MOP, and Kieserite played a more important role in the vegetative growth. It was seen from the fact that ZA, MOP and Kiserite always appear in the statistical model.

Some equations on fertilizer effect to vegetative variables which are provided with fertilizer partial contribution and variability is presented in Table 3.

Teoh and Chew showed that K application (average 3 kg MOP/palm/year) 74% improved K uptake by the palms. In the palm, most of the K applied goes for vegetative parts which totales to 2.2 kg K/palm/year (8).

They also estimated in the soil that was sufficient of K reserves can maintain the growth and yield of oil palm for 2 to 6 years (8).

Based on the models obtained, it was quite clearly seen that the vegetative variables in the first observation (variables with V1 index) were influenced by accumulative fertilization within the first 5 months (fertilizers suffixed with 5). For the second observation (variables with V2 index), it was influenced by the accumulative value of the first 10 month fertilization (fertilizers suffixed with 10). For the third observation (variables with V3 index) it was influenced by accumulative value of the first 5 months and 10 months fertilization (fertilizer suffixed with 5 and 10), whereas for the forth observation (variables with V4 index) it were influenced by accumulative of the 10 months and 22 months fertilization (fertilizers suffixed with 10 and 22). We concluded therefore, that fertilizers have influenced the vegetative growth at least 6 months after application and then the effect was carried over to the next year and/or added with successive fertilizer application.

3. Effect of fertilizers on leaf nutrient content

The effect of fertilization during immature period on the leaf nutrient content i.e. N, P, and K appeared only until the first year and it was not detected for the years afterward. The effect appeared was mostly from application of the first 5 months and/or 10 months after planting. The accumulative effect of fertilization up to 2 years has never been

expressed in the major leaf nutrient content. This might be due to the equal treatment applied on the third year (after July 1991). This equal treatment weakened the expression of the effect of the 2nd year application on 2nd nutrient content observation (February 1992).

This indicates that expression of the fertilizers in the leaf took place within "immediately" to 1 year after. The effect of fertilizers to other macro nutrients i.e. Ca and Mg was detected until the second year of production. This means that the influence Ca and Mg fertilizers exist longer in the leaf.

The effect of fertilizers on micro nutrients i.e. B, Cu, Zn, and Mn as was detected until the second year of production or two years after the last treatment. On the third year, the effect of fertilizers to B, Cu, Zn and Mn leaf content disappeared.

4. Correlation of leaf physical parameters and production

Statistical correlation analysis show that most leaf variables in 20th and 26th months after planting (suffixed with V3 and V4 codes) were highly correlated with the first year production, moderately correlated with second year's and insignificantly correlated with the third year's. Leaf variables in the 13th months after planting also showed a significant correlation with production although with a less correlation coefficient. The leaf variable in the 7th months after planting showed an insignificant correlation with production.

It was mentioned before that fertilizers applied will be expressed to the leaf variables around 6 months after application and carried over for several months. Hence, it was suspected that the existing correlation was partly due to carried over effect of the preceeding leaf condition.

5. Correlation between leaf nutrien content and production

Statistical correlation analysis show that (in general) only leaf content parameter observed in 1991 was correlated with the first and the second year production parameters. The others leaf content parameters which were observed in 1992 and 1993 did not correlate clearly with production parameters. This might due to the equal treatment on the third year.

6. Path analysis (Statistical causal relationship)

From previous analysis it was found that TSP mainly influenced the production variables whereas ZA, MOP and Kieserite mainly influenced the vegetative growth. The correlation analysis revealed the existance of relationship between vegetative growth and production. Thus, it was concluded that although ZA, MOP and Kieserite did not show a direct effect to production it might inderectly influence the production through their effect to vegetative growth characters. Therefore, in order to discover the direct and indirect effect of fertilizers, another regression analysis using both fertilizers and vegetative growth variables was done. The result is presented in Table 5 and complete statistical analysis of the models is presented in Appendix 3.

Since TSP5 and TSP5Q did not influece the PCS3V1, it was concluded that TSP5, TSP5Q and PPCS3V1 effected independently to both JTBST1 and BTBST1 production variables and the hypothetical path diagram are seen in Figure 1 and 2.

For the JTBST2 model, the TSP10 effect that existed in direct model was dropped out from the more comprehensive model and single vegetative variables appeared, namely JD2V2 appeared in the model. Previous analysis showed that TSP10 was considered as the major fertizer influencing JD2V2. This fact might indicate that the effect of fertilizers was absorbed for leaf growth and better express to production. Therefore, the fertilizer variables were unable to appear in the model. Similarly for the BTBST2 variable. The hypothetical path diagram for JTBST2 was presented in Figure 3 and for BTBST2 in Figure 4.

For JTBST3, due to insignificant influence of TSP10 to both PCS1V2 and FA9V2, the effect of TSP10, PCS1V2 and FA9V2 work independently. For the BTBST3, only FA9V4 apppeared in the model where as there were no fertilizer effect in the previous model. The FA9V4 itself was influenced by TSP10. This indicated that these fertilizers influenced the production only through FA9V4. The hypothetical path diagram for JTBST3 was presented in Figure 5 and for BTBST3 in Figure 6.

CONCLUSIONS

Statistical analysis showed that the effect of fertilizers (in general) applied during immature period to the production was quite obvious in the first year of production. The effect, however, tended to diminish afterward.

The analysis also show that the soluable phosphorus (given as TSP) played a very important role in production. The effect of TSP applied to the fifth month after planting appeared in the first year of production and TSP applied to the first year appeared in the second to third year of production.

Interaction between other fertilizers i.e. ZA and TSP show a little effect to the production parameters and their single effect did not appear at all.

Affecting the production differently, the ZA applied during immature period determined the vegetative growth performance whereas MOP, and Kieserite directly showed a very small effect.

The effect of fertilization within immature periode to the leaf nutrient content i.e. N, P, and K appeared only until the first year and it was not detected in the years afterward. This indicated that the current leaf condition will influence the next years production only (there was one year time lag). Statistical correlation analysis showed that only leaf content parameter were observed in first year correlated with the first and the second year production parameters.

It was found that TSP mainly influenced the production both directly and indirectly through vegetative variables whereas ZA, directly and mainly influenced the vegetative growth.

oooOooo

expressed in the major leaf nutrient content. This might be due to the equal treatment applied on the third year (after July 1991). This equal treatment weakened the expression of the effect of the 2nd year application on 2nd nutrient content observation (February 1992).

This indicates that expression of the fertilizers in the leaf took place within "immediately" to 1 year after. The effect of fertilizers to other macro nutrients i.e. Ca and Mg was detected until the second year of production. This means that the influence Ca and Mg fertilizers exist longer in the leaf.

The effect of fertilizers on micro nutrients i.e. B, Cu, Zn, and Mn as was detected until the second year of production or two years after the last treatment. On the third year, the effect of fertilizers to B, Cu, Zn and Mn leaf content disappeared.

4. Correlation of leaf physical parameters and production

Statistical correlation analysis show that most leaf variables in 20th and 26th months after planting (suffixed with V3 and V4 codes) were highly correlated with the first year production, moderately correlated with second year's and insignificantly correlated with the third year's. Leaf variables in the 13th months after planting also showed a significant correlation with production although with a less correlation coefficient. The leaf variable in the 7th months after planting showed an insignificant correlation with production.

It was mentioned before that fertilizers applied will be expressed to the leaf variables around 6 months after application and carried over for several months. Hence, it was suspected that the existing correlation was partly due to carried over effect of the preceeding leaf condition.

5. Correlation between leaf nutrien content and production

Statistical correlation analysis show that (in general) only leaf content parameter observed in 1991 was correlated with the first and the second year production parameters. The others leaf content parameters which were observed in 1992 and 1993 did not correlate clearly with production parameters. This might due to the equal treatment on the third year.

6. Path analysis (Statistical causal relationship)

From previous analysis it was found that TSP mainly influenced the production variables whereas ZA, MOP and Kieserite mainly influenced the vegetative growth. The correlation analysis revealed the existance of relationship between vegetative growth and production. Thus, it was concluded that although ZA, MOP and Kieserite did not show a direct effect to production it might inderectly influence the production through their effect to vegetative growth characters. Therefore, in order to discover the direct and indirect effect of fertilizers, another regression analysis using both fertilizers and vegetative growth variables was done. The result is presented in Table 5 and complete statistical analysis of the models is presented in Appendix 3.

Since TSP5 and TSP5Q did not influece the PCS3V1, it was concluded that TSP5, TSP5Q and PPCS3V1 effected independently to both JTBST1 and BTBST1 production variables and the hypothetical path diagram are seen in Figure 1 and 2.