

KERAGAAN DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFISIENSI PENGALIHAN ENERJI TANAMAN KELAPA SAWIT DURA DUMPY X PISIFERA

Subronto

ABSTRAK

Data pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit Dy x P pada percobaan dengan kerapatan tanam 116, 128, 143, 161 dan, 181 pohon/ha digunakan untuk menghitung efisiensi pengalihan energi (*e*). Peningkatan jumlah pohon/ha ternyata berpengaruh positif terhadap nilai *e*. Nilai *e* turun setelah tanaman berumur 7 tahun, kemudian tetap untuk 2-3 tahun, dan naik lagi ketika kanopi sudah menutup. Pengamatan selama 10 tahun menunjukkan bahwa nilai *e* untuk bahan tanaman Dy x P lebih rendah dibandingkan dengan beberapa tanaman lainnya. Nilai *e* tersebut sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan. Produksi tandan untuk kelima kerapatan tanam cenderung meningkat dengan naiknya nilai *e* dengan pola yang fluktuatif. Produksi tandan mencapai maksimum pada nilai fraksi intersep PAR atau *f* = 0,85, dan turun pada nilai *f* = 0,9. Produksi bahan kering total terus meningkat dengan naiknya nilai *f*. Berdasarkan hasil penelitian ini diusulkan suatu model tentatif bahan tanaman kelapa sawit yang produktif. Untuk meningkatkan produksi, ketiga faktor yakni intersepsi cahaya, laju pengalihan energi dan indek tandan harus bernilai tinggi. Hal ini dapat ditempuh melalui seleksi Nisbah Luas Daun yang tinggi dan produksi pelepas daun yang rendah, agar asimilat yang dibentuk lebih banyak diajukan ke pembentukan tandan buah.

Kata kunci: kelapa sawit , kerapatan tanam, pengalihan energi, indek tandan, Dy x P

PENDAHULUAN

Dengan semakin tingginya tingkat pendapatan penduduk di luar sektor pertanian maka akan sulit untuk mendapatkan tenaga kerja yang mau bekerja di perkebunan. Salah satu kegiatan di perkebunan kelapa sawit yang memerlukan banyak tenaga kerja adalah memanen tandan buah. Beberapa upaya dapat dilakukan untuk mengatasi masalah kekurangan tenaga kerja antara lain dengan menciptakan peralatan panen mekanik dan ringan, alat transport panen yang praktis dan mekanis selain itu juga mencari tanaman yang pendek dengan ideotipe tanaman

yang mudah dipanen (9). Dalam kaitannya dengan idiotipe tanaman, Jagoe (7) telah menemukan mutan tanaman kelapa sawit yang berbatang pendek (Dumpy). Taniputra (14) menyatakan bahwa dura dumpy (Dy) dapat dijadikan pohon ibu untuk menghasilkan benih komersil dengan bapak Pisifera turunan SP-540 (P).

Lingkungan dan keadaan fisiologis sangat mempengaruhi ukuran, bentuk, dan umur tajuk tanaman yang membentuk permukaan untuk menerima penceran sinar matahari. Air, gas CO₂ dan sinar matahari merupakan komponen penting untuk proses asimilasi. Asimilat sangat berguna untuk pertumbuhan dan peningkatan produksi tanaman. Produksi

asimilat biasanya diukur dengan berat kering tanaman. Untuk mengukur perbedaan laju dan besar dari pembentukan bahan kering digunakan besaran e (efisiensi pengalihan energi), yaitu besaran yang menunjukkan banyaknya bahan kering yang dihasilkan per satuan energi matahari yang diserap kanopi tanaman per satuan luas lahan dan waktu (12). Radiasi matahari yang jatuh ke permukaan tajuk (S) dapat dibedakan menjadi radiasi yang terefleksi (S_r), terabsorbsi (S_a) dan ditransmisikan (S_t). Radiasi yang terefleksi dari tajuk tanaman sangat bervariasi (biasanya sekitar 18 % dari radiasi total atau sekitar 4 % dari radiasi PAR) bergantung pada sudut sinar datang dan geometri dari tajuk. Radiasi yang diabsorbsi oleh tajuk besarnya adalah S_{Sr-St} , selisih antara S_{Sr-St} adalah radiasi matahari yang terpotong (intercepted) oleh tajuk. Karena S_r dari PAR sangatlah kecil dan proporsional terhadap S maka nilai S_{Sr-St} yang sangat penting untuk proses asimilasi. Fraksi dari sinar yang terpotong (S_{Sr-St}/S) disimbulkan dengan f , sedangkan fraksi yang ditransmisikan dengan simbol $1-f$ (12). Makalah ini mengemukakan (a) kemampuan bahan tanaman dura dumpy x pisifera dalam mengubah energi matahari menjadi asimilat, dan (b) menetapkan pengaruh kerapatan tanam dan pemupukan terhadap partisi asimilat dan efisiensi pengalihan energi (e). Informasi tersebut sangat diperlukan dalam menetapkan kegiatan budidaya dan program pemuliaan kelapa sawit di masa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di afdeling Pernantian kebun Padang Halaban de-

ngan bahan tanaman Dura dumpy x Pisifera yang ditanam dengan kerapatan tanam berturut-turut 116, 128, 143, 161 dan 181 pohon/ha dengan sistem segi tiga sama sisi dikombinasikan dengan tiga perlakuan pemupukan yakni 1/2, 1 dan 2 kali dosis pemupukan yang direkomendasikan untuk kebun yang bersangkutan. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah Rancangan Petak Terpisah dengan kerapatan tanam sebagai petak utama dan pemupukan sebagai anak petak. Setiap petak utama berukuran 1 ha dan anak petak berukuran 1/3 ha, dengan empat ulangan. Peubah yang diukur adalah produksi Tandan Buah Segar (TBS) dan pertumbuhan vegetatif. Berat kering vegetatif (BKV) dihitung berdasarkan pengukuran pertumbuhan vegetatif mengikuti metoda yang dikembangkan oleh Corley dan Breure (3) tanpa menyertakan berat akar, bunga jantan dan tandan gugur. Berat kering tandan (BT) dihitung dari produksi TBS $\times 0,53$. Produksi bahan kering total (BKT) adalah jumlah dari BKV dan BT. Efisiensi pengalihan energi matahari menjadi bahan kering (e) = $BKT/(S \times PAR \times f)$. S adalah radiasi tahunan yang jatuh ke bumi, dihitung dengan rumus yang diformulasikan oleh Robertson (10) berdasarkan rata-rata curah hujan bulanan di kebun Pernantian (lokasi percobaan) dan 3 kebun yang berdekatan dengan lokasi percobaan. Ketiga kebun tersebut adalah Padang Halaban, Perlabian dan Pangkatan. Fraksi PAR yang dipotong oleh kanopi (f) dihitung berdasarkan rumus : $\ln(1 - f) = -0,47$ (ILD - 0,3) yang diturunkan oleh Squire (12). Indek tandan (IT) adalah hasil bagi antara BT dengan BKT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis ternyata interaksi antara kerapatan tanam dan pemupukan tidak nyata pada semua peubah sehingga hasil dari setiap faktor perlakuan dapat disajikan secara terpisah. Data radiasi selama pengamatan di lokasi percobaan dan 3 kebun berdekatan diperoleh rata-rata per bulan 5,67 TJ/ha, dengan kisaran 4,99 - 6,64 TJ/ha. Angka radiasi global di areal percobaan masih dalam batas kisaran yang wajar sehingga dapat digunakan untuk menghitung efisiensi pengalihan energi (e). Pengaruh mandiri kerapatan tanam dan pemupukan pada nilai e dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 2 disajikan nilai indek tandan (IT) untuk setiap kerapatan tanaman. Serupa halnya dengan bahan tanaman DxP (11), nilai e cenderung naik dengan bertambahnya kerapatan tanaman. Corley dan Donough (4) pada percobaan jarak tanam dari berbagai klon juga menjumpai hal yang sama. Hal ini dapat dimengerti karena e adalah hasil bagi dari produksi bahan kering total yang dihasilkan dengan radiasi yang diterima per tahun. Sedangkan produksi bahan kering total akan naik dengan bertambahnya jumlah tanaman per ha. Squire dan Corley (13) menyatakan bahwa kenaikan e yang sejalan bertambahnya kerapatan tanaman disebabkan oleh terjadi ketidakseimbangan antara pertumbuhan vegetatif dan generatif.

Nilai e tertinggi tanaman Dy x P dicapai setelah tanaman berumur 10 tahun, sedangkan untuk tanaman DxP dicapai pada umur 8-9 tahun (11). Nilai e pada percobaan ini masih tergolong

rendah, karena nilai e untuk tanaman tahunan C3 di daerah tropis adalah sebesar 1,4 g/MJ, sedangkan nilai e untuk tanaman C4 di daerah empat musim lebih besar dari 2,5 g/MJ. Rendahnya nilai e pada tanaman kelapa sawit disebabkan besarnya respirasi untuk pemeliharaan dan pertumbuhan yang menghabiskan 67% dari hasil fotosintesa kotor (5).

Pemberian pupuk pada umumnya meningkatkan nilai e kecuali pada saat tanaman berumur 9 tahun. Foster & Barr (6) dari data percobaan pemupukan di Papua New Guinea menyatakan bahwa pemupukan N dan Cl meningkatkan produksi TBS melalui peningkatan nilai e dan indek tandan (IT), yaitu suatu perbandingan energi yang dikandung tandan buah dengan energi yang dihasilkan tanaman selama kurun waktu tertentu per satuan luas lahan. Seperti halnya bahan tanaman DP (11) nilai IT juga bervariasi menurut umur; pada usia remaja nilainya sedang, kemudian naik dan akhirnya turun. Sejalan dengan dengan bertambahnya usia tanaman, produksi TBS menurun, sedangkan BKV semakin bertambah. Nilai IT untuk kerapatan tanam tinggi lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai pada kerapatan tanam yang lebih rendah. IT mencapai maksimum pada tahun panen ke-5 pada saat ini ILD rata-rata adalah 4,2. Nilai IT sangat rendah pada kerapatan tanam 181 pohon/ha terutama ketika tanaman berumur 11 tahun. Hal ini dapat dimengerti karena produktivitas bahan kering tahunan yang dihasilkan paling banyak terdapat dalam daun (46%) dan hanya sebagian kecil saja (7,5%) terdapat dalam batang (2).

Tabel 1. Pengaruh kerapatan tanam dan pemupukan pada efisiensi pengalihan energi (e)

Perlakuan	Umur tanaman (tahun)										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
	g/MJ										
Kerapatan tanam (pohon/hektar)	116	0,70c	0,81c	0,94b	0,75b	0,99a	1,02a	1,01c	0,87b	1,00b	0,92c
	128	0,73c	0,86bc	1,00ab	0,78b	0,93b	0,94c	1,05bc	0,89b	1,00b	0,96c
	143	0,79b	0,90ab	0,99ab	0,83a	0,97ab	0,97b	1,06bc	1,00a	1,02b	1,04b
	161	0,82b	0,91ab	1,01ab	0,83a	0,96ab	0,99ab	1,12ab	1,01a	1,07b	1,07b
	181	0,87a	0,93a	1,05a	0,79ab	1,02a	1,05a	1,19a	1,05a	1,20a	1,16a
Dosis pemupukan ^{a)}	0,5 x DR	0,74b	0,81c	0,95b	0,76b	0,95b	1,03a	1,04b	0,94b	1,03b	0,97c
	1,0 x DR	0,76b	0,87b	0,97b	0,80a	0,95b	1,02a	1,09ab	0,95b	1,04b	1,03b
	2,0 x DR	0,85a	0,97a	1,07a	0,83a	1,02a	0,90b	1,13a	1,01a	0,11a	1,09a

^{a)}DR = dosis sesuai rekomendasi pemupukan

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P = 0,05 dengan uji DMRT

Tabel 2. Pengaruh kerapatan tanam dan pemupukan terhadap nilai IT(Indek Tandan)

Perlakuan	Umur tanaman (tahun)										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Kerapatan tanam (pohon/hektar)	116	0,42ab	0,53a	0,57ab	0,58a	0,64a	0,57a	0,53a	0,34a	0,41a	0,44a
	128	0,43ab	0,51b	0,59a	0,56ab	0,62b	0,54b	0,50b	0,31a	0,39a	0,41a
	143	0,44a	0,52ab	0,55bc	0,54b	0,59c	0,50c	0,44c	0,30a	0,37b	0,36b
	161	0,40b	0,50a	0,53cd	0,49c	0,54d	0,46d	0,44c	0,24b	0,33b	0,35b
	181	0,41b	0,51b	0,51d	0,46d	0,49d	0,42	0,39d	0,20c	0,28c	0,29c
Dosis pemupukan ^{a)}											
	0,5 x DR	0,41b	0,50b	0,54b	0,53	0,58ab	0,52a	0,47	0,29	0,35	0,37
	1,0 x DR	0,41b	0,51ab	0,55ab	0,52ns	0,59ab	0,50ab	0,46ns	0,28ns	0,36ns	0,38ns
	2,0 x DR	0,44a	0,53a	0,56a	0,53	0,56b	0,49b	0,45	0,27	0,36	0,36

^{a)}DR = dosis sesuai rekomendasi pemupukan

Angka dalam satu kolom yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada P = 0,05 dengan uji DMRT.

tn = tidak nyata

Dengan naiknya kerapatan tanam (jumlah pohon/ha), produksi tandan optimum tercapai pada luas daun yang lebih tinggi dari pada kerapatan tanam yang lebih rendah. Dufrene *et al.* (5) menemukan hal yang sama yaitu produksi tandan turun dengan naiknya ILD setelah kanopi menutup.

Implikasi dari fenomena ini yaitu mencari bahan tanaman dengan Nisbah Luas Daun (NLD = yaitu nisbah antara luas daun dengan berat daun) yang tinggi, yaitu tanaman dengan pelepas yang ringan, pelepas dan tangkai pelepas yang tipis dan pendek, lidi daun yang ringan, anak daun yang lebar dan panjang, atau-

jumlah anak daun per pelepasan lebih banyak agar BKV menjadi lebih kecil. Berbeda dengan bahan tanaman DP (11) pemupukan pada percobaan ini memberikan perbedaan yang sangat nyata pada nilai IT sampai tanaman berumur 7 tahun. Pemupukan takaran ganda memberikan nilai IT yang tertinggi sampai umur tanaman 7 tahun dan untuk umur yang lebih lanjut tidak ada pengaruh bahkan cenderung lebih rendah.

Dari data yang disajikan di atas maka arah penelitian untuk mendapatkan bahan tanaman kelapa sawit yang produktif dan efisien dapat dijabarkan dengan persamaan :

$e = (BT + BKV)/S.f \rightarrow BT = e.S.f - BKV$, dimana BT adalah produksi tandan dalam satuan berat kering, S adalah total radiasi tahunan yang jatuh ke permukaan bumi, f adalah fraksi PAR yang memotong kanopi, e adalah efisiensi energi matahari menjadi biomas dan BKV adalah produksi bahan kering vegetatif. Agar nilai BT menjadi besar maka S, f dan e harus besar, BKV harus lebih kecil. Nilai S dan f sangat dipengaruhi oleh jumlah radiasi terutama bagian PAR yang jatuh ke permukaan tajuk tanaman dan fraksi PAR yang memotong kanopi (f). Dengan menggunakan simulasi, Kraalingen *et al.* (8) mendapatkan bahwa perbedaan lama penyinaran matahari selama 1 jam/hari akan menyebabkan perbedaan BT sebesar 5-20 kg/pohon/tahun. Pendapat yang sama juga dilontarkan oleh Dufrene *et al.* (5) yang menghasilkan kenaikan TBS dari 23 menjadi 54,1 ton/ha/tahun dengan mengganti data masukan radiasi dari model yang digunakan di La Me (Pantai Gading) dengan data radiasi dari Banting

(Malaysia) tanpa mengganti data lainnya. Di lain pihak f sangat dipengaruhi oleh luas daun, susunan pelepasan daun dan nilai koefisien pemadaman cahaya (k) yang dalam percobaan ini digunakan nilai 0.47.

Dari peubah ini f dan BKV dapat dimanipulasi dengan mengubah bentuk kanopi atau keragaan tanaman. BKT adalah hasil pengurangan asimilasi kotor (GA) dengan respirasi pertumbuhan (GR) dan respirasi pemeliharaan (MR). $\{BKT = GA - (MR + GR)\}$. Hasil penelitian Dufrene *et al.* (5) menyatakan, hanya sebagian kecil saja (33%) dari total asimilasi digunakan untuk BKT. Dari hasil penelitian kerapatan tanam ini ternyata BKT sangat dipengaruhi oleh kerapatan tanam, BKT mencapai maksimum pada ILD = 10 dan f mendekati satu. Di lain pihak BT yang optimum tercapai sebelum BKT mencapai maksimum atau dengan perkataan lain BT optimum dicapai pada ILD yang lebih kecil untuk mencapai BKT maksimum.

Dari industri kelapa sawit yang diharapkan adalah hasil minyak yang bergantung pada IT (indeks tandan) dan persentase minyak/tandan, bukan BKT. Hasil minyak yang tinggi dapat dicapai bila nilai IT tinggi yaitu partisi asimilat yang lebih banyak dialokasikan untuk tandan buah. Dari kajian ini diperoleh bahwa ideotipe tanaman kelapa sawit yang produktif dan efisien adalah tanaman dengan sifat-sifat : batang ramping dan pendek, pelepasan daun pendek dan ringan, dan anak daun lebar untuk mendapatkan NLD tinggi. Pada waktu pertumbuhan awal, produksi daun per tahun besar agar nilai f yang mendekati satu lebih cepat tercapai dengan nilai ILD sekitar

5.5. Kemudian setelah mencapai ILD optimum untuk BT yang maksimum, produksi pelepah daun per tahun harus di bawah rata-rata. Jumlah daun merupakan batas maksimum dari jumlah tandan, tetapi karena adanya gugur bunga maka seakan-akan jumlah tandan tidak dipengaruhi oleh jumlah daun. Oleh karena itu, produksi daun/pohon/tahun pada tanaman yang sudah menutup kanopinya perlu dipertahankan secukupnya saja dengan ILD antara 5,5 - 6, agar kelebihan asimilat yang dihasilkan lebih banyak diagihkan ke pembentukan tandan buah. Untuk menghasilkan tanaman ideal tersebut perlu diolah data mengenai sifat tanaman dari hasil persilangan yang ada, heritabilitas dari sifat-sifat tersebut, dan tetua yang menurunkannya. Langkah berikutnya adalah merakit bahan tanaman yang memiliki ciri-ciri ideal tersebut dengan menyilangkan individu-individu yang memiliki sifat-sifat tersebut. Salah satu usaha yang mudah ditempuh adalah dengan teknik kultur jaringan. Untuk memilih ortet sebagai sumber eksplan digunakan teknik pemilihan *smoothing* (1) pada populasi yang ditanam pada kerapatan tanam tinggi dan memiliki IT tinggi tetapi pertumbuhan vegetatifnya kurang vigour.

KESIMPULAN

Efisiensi pengalihan energi (e) untuk bahan tanaman $Dy \times P$ pada percobaan kerapatan tanam menunjukkan bahwa nilai e semakin meningkat dengan meningkatnya kerapatan tanaman, sedangkan IT (partisi asimilat ke tandan buah) terjadi hal yang sebaliknya.

Tipe tanaman kelapa sawit yang efisien adalah tanaman yang menghasilkan energi untuk pembentukan bahan kering yang tinggi dan bahan kering tersebut haruslah lebih banyak dialokasikan ke pembentukan tandan buah, yaitu bahan tanaman yang memiliki Nisbah Luas Daun yang tinggi dan produksi pelepah daun yang rendah setelah kanopi saling menu-tup.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan peneliti di bagian Pemuliaan Tanaman, Pusat Penelitian Kelapa Sawit yang telah memberikan data mentah untuk penulisan makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. BAUDOIN, L. 1986. A method for correcting soil heterogeneity to estimate genotype value for the selection of adult ortet palm in oil palm experiment. Worksp. Proc. Palm Oil Res. Inst. Malaysia No.12 : 70-76.
2. CORLEY, R.H.V., B.S. GRAY AND NG, S.K. 1971. Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaya. Expl. Agric. 7:129-136.
3. CORLEY, R.H.V. and C. J. Breure. 1981. Measurements in oil palm experiments. Int. Rept. Unilever Plantation Group, London. 33 pp.
4. CORLEY, R.H.V. and C. R. DONOUGH. 1990. Potential yield of oil palm clones - the importance of planting density. Yield potential in the oil palm. ISOPB Worksp. Phuket Thailand 29-30 October 1990. 58-70.
5. DUFRENE, E., R. OCHS et B. SAUGIER. 1990. Photosynthese et productivité du palmier à huile en liaison avec les facteurs climatiques. Oleagineux 45 (8-9) : 345-355.

6. FOSTER, H.L. and J. BARR. 1990. Oil palm production in Papua New Guinea. Yield potential in the oil palm. ISOPB Worksp. Phuket Thailand 29-30 October 1990. 197-205.
7. JAGOE, R.B. 1952. The "dumpy" oil palm. Malay. Agric. J. 35 : 12 - 21.
8. KRAALINGEN VAN D.W.G., C.J. BREURE and C.J.T. SPITTERS. 1989. Simulation of oil palm growth and yield. Agric. Forest. Met. 46 : 227 - 244.
9. LE GUEN, V., S. QUATTARA et J.C. JACQUEMARD. 1990. Selection du palmier à huile en vue d'améliorer la facilité de récolte, premiers résultats. Oleagineux 45(12):523-531.
10. ROBERTSON, G.W., 1976. Daily global energy estimated from observations of bright sunshine and rainfall. Project Field Report Agrometeorology, A-3. UNDP-FAO-FELDA, Jerantut, 14 pp + app.
11. SUBRONTO, MASKUDDIN dan KABUL PAMIN. 1991. Efisiensi pengalihan energi pada tanaman kelapa sawit. Bul. Perkeb. 22 (1) : 33 - 49.
12. SQUIRE, G.R.. 1984. Light interception, productivity and yield of oil palm. Porim Occ. Report 37, 72 pp.
13. SQUIRE, G.R. and R.H.V. CORLEY. 1987. Oil Palm Di Dalam M. R. SETHURAJ and A.S. RAGHAVENDRA (Eds). Tree crop Physiology. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam, 141-167.
14. TANIPUTRA, B. 1984. Dumpy dura sebagai induk untuk menghasilkan benih komersiel. Rapat Team Penilai dan Pelepas Varietas. Badan Benih Nasional Deptan di Sub Balitri Pakuwon-Bogor 28 Juli 1984, 8 pp.

Performance and factors influencing energy conversion efficiency of the dumpy dura x pisifera oil palm

Subronto

Abstract

Yield and growth records of Dy x P oil palm formerly used for the planting density experiment, 116, 128, 143, 161, and 181 palms/ha were used to calculate the efficiency of energy conversion (e). The effect of planting density was significant to the e value. The e value started to decrease 7 years after planting, it was constant for 2-3 years, and then it increased again after the canopy development was completed. Within 10 years of observation, the value of e for Dy x P materials was lower than that for other materials. The e value was also sensitive to the changing of environment, especially when the canopy was already formed. The production of bunch dry matter of palm planted at five densities tended to increase with the increase of e value although with fluctuating pattern. Bunch dry matter production reached its maximum value at f (PAR fraction interception) equal to 0.85 and declined at f above 0.9. The dry matter production increased continuously in line with f value. Based on the result, a tentative model of productive oil palm planting material was suggested. To obtain high yielding plants, three factors (i.e., light interception, conversion rate, and bunch index) must be high. These may be obtained by selection of high Leaf Area Ratio (LAR) and low frond production, such that the assimilate produced can be more utilized for producing bunch.

Key words: oil palm, planting density, energy conversion, bunch index, Dy x P

Introduction

The estate sectors faced significant problem of human resources as the income per capita of non-agricultural sectors increased. One of the main activity in oil palm estate that absorbs many workers is harvesting fresh fruit bunches. To solve the lack of worker, some efforts were conducted such as creating mechanic and lighter harvesting tools, creating simple and mechanic transport tools, as well as developing short idiotype palms so that the harvesting become more efficient (9). Jagoe (7) found a mutant of oil palms with short idiotype, the so called Dumpy. According to Taniputra (14), dura dumpy (Dy) could be used as a mother palm on the production of Dy x P seeds, by using Pisifera derived from SP-540 as male parent.

The environmental and physiological aspect presumably influenced the shape, size, and age of the canopy that receive solar radiation. Water, CO_2 , and solar radiation are the most important components for assimilation process. The assimilate is needed for growth and development. Production of assimilate usually determined by measuring dry matter. The parameter of e (energy conversion efficiency) could be used to measure the differences and amount of dry matter production. This parameter reflected the amount of dry matter produced per unit of solar energy that was absorbed by palm canopy per area per unit of time (12). Solar radiation exposed to the surface of canopy (S) could be divided into : reflected (S_r), absorbed (S_a), and transmitted radiation (S_t). Reflected radiation varies for about 18 % from the

total radiation, or 4 % from the PAR radiation, depending on the angle of sun light and the geometry of the canopy. The radiation absorbed by canopy could be calculated by $S\text{-Sr-St}$, in which the $S\text{-St}$ is the solar radiation intercepted by canopy. Since the S_r from PAR is so small and proportional to the S value then the $S\text{-St}$ become very important for assimilation process. The fraction of intercepted radiation ($S\text{-St}/S$) can be symbolized by f while the fraction of transmitted radiation can be symbolized by $1-f$ (12).

This paper discusses (a) the ability of dura dumpy x pisifera in converting solar radiation to the assimilate, and (b) to determine the effect of planting density and the doses of fertilizer applications to the assimilate partition and energy conversion efficiency (e). The information should be useful for agronomic practices and oil palm breeding in the future.

Materials and Methods

The experiment was done at Pernantian, Padang Halaban Estate. The planting materials were Dura dumpy x Pisifera planted at five planting density of 116, 128, 143, 161, and 181 palms/ha and combined with three levels of fertilizers application: 1/2, 1 and 2 times of recommended fertilizer levels for the estate. The experimental design was a split plot design with planting density as a main plot and fertilizers application as subplot. Size of each main plot was 1 ha while the size of subplot was 1/3 ha. Each experimental unit was replicated four times.

Measured variables were fresh fruit bunches (FFB) and vegetative growth.

Vegetative dry matter (VDM) was calculated using the method developed by Corley dan Breure (3) excluding data of roots, male flowers, and aborted bunches. Dry bunch matter(BW) were calculated by multiplying FFB x 0,53. Total dry matter production (TDMP) was summed of VDM and BW. Energy conversion efficiency of solar radiation to dry matter was (e) = TDMP/(S x PAR x f), in which S was total annual of radiation calculated using a formula developed by Robertson (10) based on the means of monthly rainfall at Pernantian Estate (the experiment site) and 3 estates surrounding the site of experiment, which were Padang Halaban, Perlabian, and Pangkatan. The value of f was calculated from : $\ln(1 - f) = -0,47$ (ILD - 0,3) derived by Squire (1). Bunch Index (BI) was a ratio of BW with TDMP.

Results and Discussion

Result from statistical analysis showed no interaction effect between planting density and doses of fertilizers application for all variable observed, therefore result of each treatment factor can be presented separately.

Radiation data during observations from site of experiment and 3 locations nearby gave a result of monthly mean of 5,67 TJ/ha, with the range of 4,99 - 6,64 TJ/ha. Data of global radiation at the site of experiment still in the normal range, therefore it can be used for calculating energy conversion efficiency (e). Effect of planting density and fertilizers application doses on e was shown at Table 1.

Same phenomena with DP planting material were observed (11). There was a trend of increasing e with increasing number of palm/ha. Corley and Donough (4) had similar result from a planting density experiment using clonal planting materials. This phenomena is very easily understood because e was a ratio between TDMP produced with total radiation received/year, whereas TDMP increased with increasing number of palms/ha. Squire and Corley (13) said that the increased in e , as result of increased planting density, was caused by the unbalance growth between vegetative and generative.

The highest value of e of Dy x P was achieved after 10 years of palm age, whereas for DP was achieved after 8-9 years old (11). The e value of this experiment was still low. Usually the e for C3 perennial crops in the tropic region is around 1,4 g/MJ while for C4 plants in temperate region is larger than 2,5 g/MJ. The lower value of e of Dy x P planting material is caused by higher respiration rate for maintenance and growth which consumes nearly 67 % of gross photosynthetic product(5).

The effect of fertilizer application commonly increased e value except at the 9 years old palms. Foster & Barr (6), from the data of fertilizer experiment at Papua New Guinea, showed that the application of N and Cl fertilizers increased yield through increased of e and Bunch Index (BI), that is a ratio of energy contained in bunch production with total energy produced by the palms /year/area. The effect of planting densities and doses of fertilizer application on BI is given in Table 2.

Similar to that DP planting material (11), the value of BI varies according with plant age. At the youngest stage the BI value was low, later it increased with the increasing age, finally it declined. Increasing age of the plant, in which the plant yield decreased but TDMP increased caused these phenomena.

Value of BI for high planting density was lower compared with the lowest planting densities. Maximum BI was achieved at the fifth years of harvesting. At that time the means of LAI was 4.2. Value of BI was very low at planting density of 181 palms/ha obviously at 11 years old. This was due to the fact that yearly dry matters production mostly abundant on leaf (46 %), and only a little (7,5%) on the trunk (2). With increasing planting density, the optimum FFB production was achieved at the lower leaf area/palm while the maximum TDMP was achieved at higher leaf area/palm. Dufrene et al (5) got similar result in which the FFB decreased and LAI increased after plant canopy was completely covered.

Implication from this phenomena is to find out planting material with higher leaf area ratio (ratio between leaf area with leaf weight), that is a palm with lighter frond leaves, thinner and shorter rachis and petioles, lighter leaf midrib, higher leaf area, wider leaflets, and longer or higher number of leaflets/leaf; so that the VDM will be low.

Differ with the DP planting material (11), BI of the Dy x P-planting materials were affected by the dose of fertilizers application. Until 7 years olds, the double doses of fertilizer gave the highest value of BI. Plant responses was not observed at

higher fertilizer levels. At these level the yield even declined.

Based on the information above, research in the future should be directed to obtain productive and efficient oil palms planting material as described by this equation:

$$e = (BW + VDM)/S \cdot f \rightarrow BW = e \cdot S \cdot f - VDM,$$

where BW is bunch dry weight, S is total radiation fall to the earth, f is PAR fraction which intercepted to the canopy, e is energy conversion efficiency of sun radiation to bio-mass, and VDM is yield of vegetative dry matter.

To increase BW hence f and e must be high, VDM must be low. Value of S and f is very sensitive by the amount of radiation especially of PAR fraction which reach plant canopy. Using simulation model, Kraalingen et al (8) found out that the different in 1 hours/day of solar radiation resulted in different of bunch weight around 15-20 kg/palm/year. The similar result was obtain by Dufrene et al (5) in which by changing the radiation data from La Me (Ivory Coast) with radiation data form Banting (Malaysia) without changing other data with the same model, found an increased FFB from 23 to 54,1 ton/ha/year. On the other hand, f is significantly influenced by the leaf area, leaf arrangement, and extinction coefficient (k); in which the k value in this experiment was 0,47. From this equation, f and VDM could be manipulated by changing the form of canopy or the performance of the palm. TDMP is the result of Gross Assimilation (GA) minus Growth Respiration (GR) and Maintenance Respiration (MR). {TDMP = GA - (MR + GR)}.

Dufrene et al (5)

Table 1. The effect of planting density on energy conversion efficiency(e)

Treatments	Ages of plants(years)									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	g/MJ									
Planting density (trees/ha)										
116	0.70c	0.81c	0.94b	0.75b	0.99a	1.02a	1.01c	0.87b	1.00b	0.92c
128	0.73c	0.86bc	1.00ab	0.78b	0.93b	0.94c	1.05bc	0.89b	1.00b	0.96c
143	0.79b	0.90ab	0.99ab	0.83a	0.97ab	0.97b	1.06bc	1.00a	1.02b	1.04b
161	0.82b	0.91ab	1.01ab	0.83a	0.96ab	0.99ab	1.12ab	1.01a	1.07b	1.07b
181	0.87a	0.93a	1.05a	0.79ab	1.02a	1.05a	1.19a	1.05a	1.20a	1.16a
Dose of fertilizer ^{a)}										
0.5 x FR	0.74b	0.81c	0.95b	0.76b	0.95b	1.03a	1.04b	0.94b	1.03b	0.97c
1.0 x FR	0.76b	0.87b	0.97b	0.80a	0.95b	1.02a	1.09ab	0.95b	1.04b	1.03b
2.0 x FR	0.85a	0.97a	1.07a	0.83a	1.02a	0.90b	1.13a	1.01a	0.11a	1.09a

^{a)}FR=fertilizer recommended

Figure in one column followed by the same letters are not significantly different at P≤0.05 by DMRT

Table 2. The effect of planting density and fertilizers application on Bunch Index

Treatment	Ages of plants(years)									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Planting density (trees/ha)										
116	0.42ab	0.53a	0.57ab	0.58a	0.64a	0.57a	0.53a	0.34a	0.41a	0.44a
128	0.43ab	0.51b	0.59a	0.56ab	0.62b	0.54b	0.50b	0.31a	0.39a	0.41a
143	0.44a	0.52ab	0.55bc	0.54b	0.59c	0.50c	0.44c	0.30a	0.37b	0.36b
161	0.40b	0.50a	0.53cd	0.49c	0.54d	0.46d	0.44c	0.24b	0.33b	0.35b
181	0.41b	0.51b	0.51d	0.46d	0.49d	0.42	0.39d	0.20c	0.28c	0.29c
Dose of fertilizer ^{a)}										
0.5 x FR	0.41b	0.50b	0.54b	0.53	0.58ab	0.52a	0.47	0.29	0.35	0.37
1.0 x FR	0.41b	0.51ab	0.55ab	0.52ns	0.59ab	0.50ab	0.46ns	0.28ns	0.36ns	0.38ns
2.0 x FR	0.44a	0.53a	0.56a	0.53	0.56b	0.49b	0.45	0.27	0.36	0.36

^{a)}FR=fertilizer recommended

Figure in one column followed by the same letters are not significantly different at P≤0.05 with DMRT

ns = not significant

found that only 33% of the total assimilation was used for TDMP. From this planting density experiment, planting density influenced TDMP. It reached maximum value at LAI = 10 and f value near 1. BW optimum was reached before

TDMP maximum, or BW optimum was reached at LAI lower than LAI at maximum TDMP.

For oil palm industry oil yield is the primary goal, not dry matter. Oil yield depend on the BI (bunch index) and the

percentage of oil/bunch. High oil production can be achieved if the BI is higher. This means that more partition of assimilate is converted to bunch.

From this study, a tentative oil palm idiotypic should have characteristics of : short and twiggy trunk, short and lighter leaf fronds, and width leaflets to get high LAI. At the first phase of growth, leaf production must be higher to reach f value near 1 with LAI around 5,5. After LAI reaches optimum for the maximum BW, leaf production must be lower. Number of leaves is associated with the maximum bunches. However, due to flower abortion, the maximum number of bunches is not necessarily the same as the by number of leaves. Based on these phenomena, for plant with close canopy, is better if the LAI is kept stable at 5,5 - 6 so that more assimilate will be converted to bunch.

To obtain the palm idiotypic, the data of plant characteristics from all of crosses, heritability of characters, and the parent which is inherited this characteristics should be firstly analyzed. Secondly, synthesized all of the idiotypic characters in one progeny. Thirdly, the easier procedure is to propagate the idiotypic palm by tissue culture technique. The ortet should be chosen using "smoothing" (1) in population which is planted at higher planting density having higher bunch index and slower vegetative growth.

Conclusions

At Dy x P oil palm, the increase of planting density was parallel with the increased value of e (energy conversion

efficiency). On the other hand , the bunch index decreased when the density increased.

Idiotypic of efficient oil palm is palm which can produce higher dry matter and that dry matter is mostly converted to the bunch. The palm should have higher LAI and, after canopy is completed, the palm should produce lower frond production per year.

Acknowledgement

The author wish to thank to researchers of Oil Palm Breeding division of Indonesian Oil Palm Research Institute for giving the raw data for publishing this paper.

References

- 1.BAUDOIN, L. 1986. A method for correcting soil heterogeneity to estimate genotype value for the selection of adult ortet palm in oil palm experiment. Worksp. Proc. Palm Oil Res. Inst.Malaysia No.12 : 70-76.
- 2.CORLEY,R.H.V., B.S. GRAY AND NG, S.K. 1971. Productivity of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Malaya. Expl. Agric.7:129-136.
- 3.CORLEY, R.H.V. and C. J. Breure. 1981. Measurements in oil palm experiments. Int. Rept. Unilever Plantation Group, London, 33 pp.
- 4.CORLEY, R.H.V. and C. R. DONOUGH. 1990. Potential yield of oil palm clones - the importance of planting density. Yield potential in the oil palm. ISOPB Worksp. Phuket Thailand 29-30 October 1990.58-70.
- 5.DUFRENE, E., R. OCHS et B. SAUGIER. 1990. Photosynthese et productivité du palmier à huile en liaison avec les facteurs climatiques. Oleagineux 45 (8-9) : 345-355.

6. FOSTER, H.L. and J. BARR. 1990. Oil palm production in Papua New Guinea. Yield potential in the oil palm. ISOPB Worksp. Phuket Thailand 29-30 October 1990. 197-205.
7. JAGOE, R.B. 1952. The "dumpy" oil palm. Malay. Agric. J. 35 : 12 - 21.
8. KRAALINGEN VAN D.W.G., C.J. BREURE and C.J.T. SPITTERS. 1989. Simulation of oil palm growth and yield. Agric. Forest. Met. 46 : 227 - 244.
9. LE GUEN, V., S. QUATTARA et J.C. JACQUEMARD. 1990. Selection du palmier à huile en vue d'améliorer la facilité de récolte, premiers résultats. Oleagineux 45(12):523-531.
10. ROBERTSON, G.W., 1976. Daily global energy estimated from observations of bright sunshine and rainfall. Project Field Report Agrometeorology, A-3, UNDP-FAO-FELDA, Jerantut, 14 pp + app.
11. SUBRONTO, MASKUDDIN dan KABUL PAMIN. 1991. Efisiensi pengalihan enerji pada tanaman kelapa sawit. Bul. Perkeb. 22 (1) : 33 - 49.
12. SQUIRE, G.R., 1984. Light interception, productivity and yield of oil palm. Porim Occ. Report 37. 72 pp.
13. SQUIRE, G.R. and R.H.V. CORLEY. 1987. Oil Palm Di Dalam M. R.SETHURAJ and A.S.RAGHAVENDRA (Eds). Tree crop Physiology. Elsevier Sci. Publ. Amsterdam, 141-167.
14. TANIPUTRA, B. 1984. Dumpy dura sebagai induk untuk menghasilkan benih komersiel. Rapat Team Penilai dan Pelepas Varietas. Badan Benih Nasional Deptan di Sub Balitri Pakuwon-Bogor 28 Juli 1984, 8 pp.

ooOoo