

TOTAL FACTOR PRODUCTIVITY AND FRONTIER PRODUCTION FUNCTION

Sri Widodo *)

Abstract

The total factor productivity became an interesting concept in the measurement of productivity growth. Productivity is a ratio of output to input. The most common measurement of productivity is single factor productivity or partial productivity such as of land, labor, or capital.

A total (factor) productivity is a productivity of all factors of production where the factors are aggregated. In cross-sectional studies this total productivity is a ratio of actual to potential output where the potential output is estimated from the frontier production function. One of methods to estimate this frontier function is by using linear programming technique.

The total productivity does not always coincide with a single factor productivity of land (yield), that in the study area the larger farms tend to have higher total productivity than yield.

Ringkasan

Produktivitas total dari semua faktor produksi atau disingkat produktivitas total mulai digunakan oleh para ahli ekonomi pembangunan untuk mengukur pertumbuhan produktivitas. Pengukuran produktivitas yang banyak digunakan adalah merupakan pengukuran produktivitas salah satu faktor produksi, seperti tanah, tenaga manusia atau modal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan produktivitas, dari studi runtun waktu (time series) pertumbuhan ekonomi, hanya sebagian saja yang dapat diterangkan oleh adanya pertumbuhan produktivitas masing-masing faktor produksi, sementara itu bentuk persamaan fungsi produksi tetap untuk jangka waktu tertentu yang agak panjang.

Produktivitas total adalah produktivitas dari semua faktor produksi di mana pengaruh masing-masing faktor produksi terhadap produksi dijumlahkan. Dalam studi dengan data silang waktu (cross-section) produktivitas total dapat dinyatakan dalam perbandingan antara produksi aktual (sebenarnya dari masing-masing usahatani) dengan produksi potensial yang dapat dicapai dengan teknologi yang ada. Salah satu cara untuk memperkirakan produksi potensial adalah dengan mencari fungsi produksi frontier dengan cara linear programming.

Produktivitas total tidak selalu sejalan dengan produktivitas parsial salah satu faktor produksi, misalnya dengan produktivitas sumber daya tanah yang sering dan lazim digunakan dalam mengukur produktivitas pertanian di negara-negara yang kurang berkembang dengan tekanan kepadatan penduduk, selama ada variasi dalam tingkat penggunaan input lain per kesatuan luas tanah. Dari studi ini ditemukan bahwa produktivitas total lebih cenderung meningkat pada luas usahatani yang lebih besar daripada produktivitas tanah.

*) Faculty Staff of the Department of Agricultural Socioeconomics, Faculty of Agriculture, Gadjah Mada University.

Total Factor Productivity

The concept of productivity has become an interesting discussion mainly in the measurement of productivity growth, and it was discussed among others by Evsey D. Domar (1961, 1962), Zvi Griliches (1963), etc. The growth models are not only dealing with the measured inputs such as labor, capital, and land, but also technical progress that may relate to input quality. So the production must be the consequence of the quantity and quality of inputs.

Empirical studies showed that the growth of output has been only a part of it that was contributed by the measured inputs and the technological progress. There are still many other factors contributed in this output growth such as education and skill, better management, change in production mix, economics of scale, external economics and many others (Domar, 1961).

Productivity is a ratio of output to input. The productivity of labor, capital, or land is the most common measurement on single factor productivity that is the reciprocal of the input coefficient (input per unit of output). All these are partial productivities, in the sense that output is compared with only one input at a time without and explicit recognition of the changes of other inputs. Thus a given rise in labor input for example, may be caused by substitution of capital for labor, or by the works of other forces, such as technical change, economics of scale, better management, education and so on.

Suppose in the fully integrated industry in Domar's aggregated production model (Domar, 1962) is as,

$$Y = C (w^\circ L + i^\circ K)$$

where Y is output, L is labor, K is capital (includes land), w° and i° are real wage and real return to capital, respectively, in the base period, and C is a productivity index. If all variables are expressed as index numbers with a common base period,

$$\frac{Y}{Y^\circ} = C \left(\alpha \frac{L}{L^\circ} + \beta \frac{K}{K^\circ} \right)$$

where α and β are factor shares of labor and capital, respectively, in the value of output in the base year. The productivity index of C was called a "Total Factor Productivity" by Kendrick (cited in Domar 1962) and it equals unity in the base year.

$$C = \frac{Y}{w^\circ L + i^\circ K} \quad \text{or} \quad C = \frac{Y/Y^\circ}{\alpha (L/L^\circ) + \beta (K/K^\circ)}$$

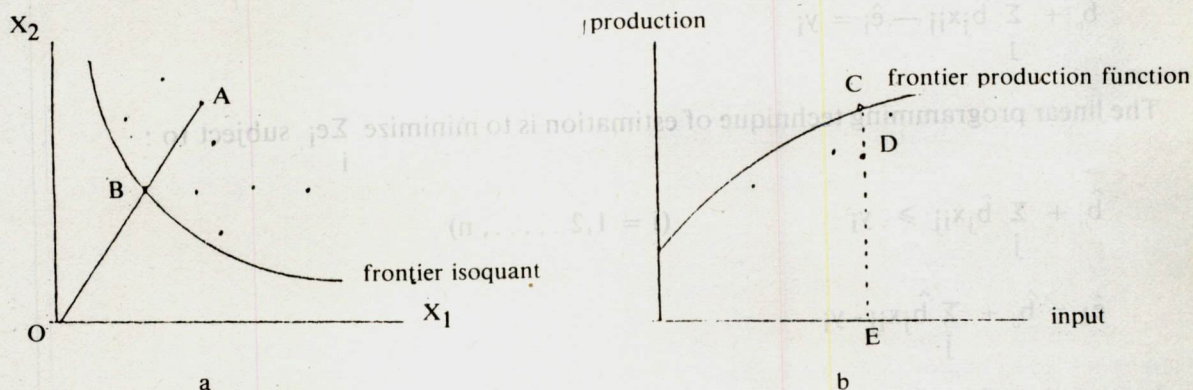
This index absorbs everything left over by conventional defined input and it was called "Residual" by Domar (1961, 1962) in a different meaning from in the statistics. Other term can be used for this index, such as efficiency index, efficiency in the use of resources, Kendrick's index, technical efficiency, production efficiency etc. Unfortunately not all authors agree on the definition of this term (Miller, 1984)

However, this efficiency index or total factor productivity has been used by some development economist as a measurement of productivity growth in time series studies. Studies in United States (Griliches, 1963) found out that changes in output were attributable to changes in the quantities and qualities of inputs, and to economies of scale. The production function itself remain constant at least over substantial stretches of time. Based on this production function the efficiency index or the total factor productivity can be used as a measure of productivity growth, so that the inclusion of more non input factor of production will lead to a substantial reduction in the measured productivity growth as total factor productivity.

In the cross-sectional study of this efficiency in usual sense is supposed to measure a ratio of actual to potential output. This efficiency index of a firm can be evaluated, among others, from an estimated frontier production function that was operationalized through the Farrell's model (Farrell, 1957). The potential production frontier is estimated by using the linear programming technique, and taking the highest index of a firm at the frontier function an efficiency of one, the efficiency index equals the ratio of actual to potential output from the same input combinations.

Frontier Production Function

A frontier production function is a production function that is technically most efficient in the sense that their points are in the production possibility set, and there is no way to obtain more output that depicted by this point without using more input. Some farms will be better able to produce than other farms because they have better skill and better endowment, they have better production possibility set.



The frontier production function is the maximum production possibility set or the maximum feasibility productivity under farm condition. The frontier production function is operationalized through Farrell model (Farrell, 1957). In case of two kinds of inputs of X_1 and X_2 (fig. a) the frontier isoquant will be the highest production (closest to the origin of O) in each input combination, or the highest production on frontier production function of figure b. Some farms may be on the technically efficient frontier production function as point B or C , while others lie varying distance away from it (Farrell 1957, Timmer 1971). The technical efficiency rating (TER) is OB/OA of fig. a or ED/EC of fig. b.

This means that TER is the ratio between actual productivity and the potentially highest productivity. Or in other words the technical efficiency is the output per unit of input where inputs are aggregated in some manner. Or it is also often called the total factor productivity.

This frontier production function as the maximum production possibility set is always higher or at least equals to the observed actual production for the same level of input use. One of the methods in estimating this frontier is by using linear programming method as;

$$Y_i = A X_{i1}^{b_1} X_{i2}^{b_2} \dots X_{im}^{b_m} E_i$$

or in logarithm,

$$y_i = b_0 + \sum_j b_j x_{ij} + e_i$$

If e_i are constrained to one side of estimated production surface the resulting function is an envelope or frontier function. The equation is estimated as :

$$b_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{ij} = \hat{y}_i \geq y_i$$

By setting all $e_i \geq 0$, the equation can be written as an equality

$$\hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{ij} - \hat{e}_i = y_i$$

The linear programming technique of estimation is to minimize $\sum_i e_i$ subject to :

$$\hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{ij} \geq y_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

$$\hat{e}_i = \hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{ij} - y_i$$

$$\sum_i e_i = n \hat{b}_0 + \sum_i \sum_j \hat{b}_j x_{ij} - \sum_i y_i \quad \text{divided by } n$$

$$\frac{\sum_i \hat{e}_i}{n} = \hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j \bar{x}_j - \bar{y}$$

where \bar{x}_j and \bar{y} are the means of j -th input and output (in logarithm), respectively. Since n and \bar{y} are constant the linear programming structure is :

$$\text{minimize} \quad \hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j \bar{x}_j$$

subject to constraint of

$$\hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{1j} \geq y_1$$

⋮

$$\hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{nj} \geq y_n$$

Or in matrix form, the objective function is :

$$[1 \quad \bar{x}_1 \quad \dots \quad \bar{x}_m] \begin{bmatrix} \hat{b}_0 \\ \hat{b}_1 \\ \vdots \\ \hat{b}_m \end{bmatrix}$$

and the constrains are

$$\begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{b}_0 \\ \hat{b}_1 \\ \vdots \\ \hat{b}_m \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

plus the usual non negative constraint of $b_0, b_1, \dots, b_m \geq 0$.
Or minimize $x' b$ subject to $xb \geq y$ constraints.

Technical efficiency of each sample is measured with the frontier production function. The ratio of the actual production of farm i (\hat{Y}_i) to the estimated production of farm i (\hat{Y}_i) from the frontier function estimate gives the technical efficiency rating (TER) of farm i ,

$$TER_i = Y_i / \hat{Y}_i$$

In order to avoid the problem of spurious errors in the extreme observation, Timmer (1971) suggest fitting a probabilistic frontier, in which equation

$$\hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{ij} = \hat{y}_i \geq y_i$$

must be translated into a probability statement as

$$\Pr \{ (\hat{b}_0 + \sum_j \hat{b}_j x_{ij}) \geq y_i \} > p$$

where p is an externally specified probability (e.g. 98%) for which the inequality is to hold. The value of p will be obtained by deleting a percentage of observation on the assumption that they were affected by statistical error, e.g. by deleting 2% of observation which are most efficient (Timmer, 1971).

Yield, Total Productivity, and Farm Size

Yield or production per acre or per hectare, is a single factor productivity of land resource that is frequently used to measure the productivity in densely populated of less developed countries (LDCs) due to the most scarce land resource in agricultural production. Recent studies in South America (Brazil, Columbia) and Asia (Philippines, Pakistan, India) found out that output per land area declines as farm size rises (Berry & Cline 1979, Reynold 1975). The small farm sector make better use of its available land than does the large farm sector, largely though applying higher level of other more abundance inputs especially labor input due to the labor market dualism or the dichotomy between the use of family labor on small own farm and hired labor in other large farm. The table show that there are also some evidence that in certain village (Rancaudik) there was inverse relationship between yield or land factor productivity and farm size, although not for Rancaekek.

However, the TER, that is also a measure of productivity of all factors of production that is called total (factor) productivity does not always coincide with the single factor productivity of land resource (yield), and it seems that in general the larger farm had higher total productivity. Therefore this result does not mean to be rejecting the yield-size inverse relationship paradigm as long as land is the most limiting agricultural resources in densely populated of LDCs.

Table 1. Average Rice Yield and Technical Efficiency Rating (TER) by Farm Size.

	Farm Size (hectares)					
	.0-.19	.2-.49	.5-.99	1.0-1.49	1.5-1.99	2.0-
Rice Yield (quintals per hectare)						
Rancaudik 82-83 ws		62.62	54.46	52.7	44.29	54.29
Rancaudik 1982 ds		47.79	45.7	37.56	35.12	38.57
Rancaekek 82-83 ws	39.75	39.12	37.63	41.72	44.46	
Gadingsari 79-80 ws*	19.34	18.67	17.04			
Gadingsari 1979 ds*	21.7	18.94	17.78			
Technical Efficiency Rating (TER)						
Rancaudik 82-83 ws		.7673	.6799	.742	.6358	.913
Rancaudik 1982 ds		.5733	.6294	.5884	.4504	.8849
Rancaekek 82-83 ws	.8541	.7426	.728	.7099	.8094	
Gadingsari 79-80 ws	.8560	.8674	.8593			
Gadingsari 1979 ds	.8786	.8382	.8383			

Note : * Rice yield at Gadingsari Village was conversed in milled rice equivalence

References

- Berry, R. Albert & William R. Cline (1979). *Agrarian Structure and Productivity in Developing Countries*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Domar, Evsey D. (1961). On The Measurement of Technological Change. *The Economic Journal*. Dec. 1961. : 709 — 29.
- , (1962). On Total Productivity And All That. *Journal of Political Economy*. 70 (6) Dec. 1962. : 597 — 608.
- Farrell, Michael J. (1957). The Measurement of Production Efficiency. *Journal of The Royal Statistic Society*. Ser. A. General 120 (3) : 253 — 81.
- Griliches, Zvi. (1963). "The Source of Measured Productivity Growth : United States Agriculture, 1940 — 60." *Journal of Political Economy*. 71 (4). Aug. 1963 : 331 — 46.
- Miller, Stephen E. (1984). Discussion : Method For Evaluating Economic Efficiency in Agricultural Marketing. *Southern Journal of Agricultural Economics*. July 1984. : 111 — 3.
- Reynold, Lloyd G. (1975). Agriculture in Development Theory : An Overview . in Lloyd G. Reynold (ed), *Agriculture in Development Theory*. Yale University Press, New Haven : 1 — 24.
- Timmer, C.P. (1971). Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency. *Journal of Political Economy*. 79(4) : 776 — 94.

**PENYERBUKAN PADA RAMBUTAN
(*NEPHELIUM LAPPACEUM* L.)
(THE POLLINATION OF RAMBUTAN
(*NEPHELIUM LAPPACEUM* L.))**

Tahan Uji *)

Abstracts

The pollination mechanism of "rambutan" (*Nephelium lappaceum*) was studied in Wanariset, East Kalimantan. The observations included the floral biology and the role of insects as visitors or pollinators.

The plant produced either male or bisexual flowers. Flowers anthesis occurred at 09.00 — 11.00 A.M.

The isolation of flowers failed to produce fruits. It is suggested that fruits formation were depend on the presence of pollinators.

Five species of bees (i.e. *Apis indica*, *Trigona itama*, *Trigona nitidiventris*, *T. canifrons* and *T. atripes*) found as their pollinators.

Ringkasan

Penelitian tentang mekanisme penyerbukan pada rambutan (*Nephelium lappaceum*) telah dilakukan di daerah Wanariset, Kalimantan Timur. Pengamatan mencakup biologi pembungaan dan peranan serangga sebagai pengunjung maupun penyerbuk bunga.

Tanaman ini mempunyai bunga jantan dan hermaprodit yang masing-masing terdapat pada pohon yang berbeda. Antesis terjadi antara pukul 09.00 dan 11.00.

Bunga yang dipisahkan dengan isolasi tidak menghasilkan buah, oleh karena itu pembentukan buah sangat tergantung oleh kehadiran serangga penyerbuk.

Lima jenis lebah, masing-masing adalah *Apis indica*, *Trigona itama*, *T. nitidiventris*, *T. canifrons* dan *T. atripes* berperan sebagai penyerbuknya.

Pendahuluan

Penelitian biologi reproduksi rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) suku Sapindaceae telah dikerjakan, di antaranya Valmayor et al. (1971) meneliti pertumbuhan bunga, biologi bunga dan produksi buah, dan Lim (1984) meneliti morfologi bunga dan buah, fenologi, fertilisasi, perkembangan bakal biji dan embrio serta perkecambahannya serbuk sari dan biji rambutan.

Namun, penelitian biologi reproduksi rambutan khususnya yang meneliti tentang mekanisme penyerbukan dalam kaitannya dengan peranan serangga-serangga pengunjung bunga rambutan belum pernah dilaporkan.

*) Staf Peneliti. Herbarium Bogoriense. Lembaga Biologi Nasional, Bogor.

Dalam laporan ini diuraikan hasil penelitian tentang penyerbukan pada rambutan. Hasil laporan ini diharapkan akan merupakan salah satu bahan informasi dalam menunjang upaya peningkatan produksi buah dan pemuliaannya.

Bahan dan Cara Kerja

Penelitian dilakukan di Wanariset yang terletak \pm 38 Km di sebelah utara Balikpapan, Kalimantan Timur. Pohon-pohon rambutan yang diteliti ditanam oleh penduduk di bekas tanah pertanian ataupun perladangan. Dipilih sebagai sampelnya pohon-pohon yang sedang berbunga dan untuk setiap tipe bunga diambil masing-masing 2 pohon dengan 10 perbungaan per pohon.

Biologi bunga pada setiap tipe bunga diamati. Perilaku serangga-serangga pengunjung pada saat penyerbukan berlangsung diperhatikan, waktu kunjungannya dicatat dan ditaksir banyaknya. Untuk keperluan identifikasinya setiap jenis serangga pengunjung ditangkap (dengan jaring kupu-kupu). Di samping itu dilakukan pula perlakuan isolasi terhadap kuncup-kuncup perbungaan betina dengan menggunakan kain batis maupun kertas selofan, dan diambil 10 perbungaan per pohon. Perlakuan ini dimaksudkan untuk menguji kemampuan bunga untuk melakukan penyerbukan sendiri.

Waktu pengamatan dilakukan pada pagi, siang dan malam hari selama 2 bulan.

Hasil dan Pembahasan

A. Tipe dan Struktur Bunga

Pohon rambutan yang diteliti adalah berumah dua (androdioecious) dengan 2 macam tipe bunga dan masing-masing tipe terdapat pada pohon yang berbeda. Tipe pertama adalah bunga hermaphrodit yang berfungsi sebagai bunga betina, selanjutnya disebut tipe bunga betina. Tipe ini mempunyai putik yang normal tetapi benang sarinya tidak berfungsi secara normal (staminoidea) karena kepala sari tidak pecah. Benang sari berjumlah 5 — 7 dan bakal buahnya beruang 2 atau kadang-kadang 3. Tangkai kepala sarinya pendek dan apabila bunga mekar maka kedudukan kepala putik akan lebih tinggi daripada kepala sari (Gambar 1 b.). Tipe kedua adalah bunga jantan yang hanya terdapat pada pohon jantan saja, dan selanjutnya disebut tipe bunga jantan. Benang sarinya berjumlah 5 — 8 dan semua normal, tetapi putiknya mereduksi. Apabila tipe bunga ini mekar maka kedudukan kepala sari nampak lebih tinggi daripada kepala putiknya (Gambar 1 a.). Baik tipe bunga betina maupun jantan keduanya mempunyai perhiasan bunga berwarna kehijauan yang tidak menarik dan berukuran kecil (lebar kurang daripada 3 mm). Di samping itu pada waktu bunga mekar keduanya mengeluarkan bau yang harum dan menghasilkan kelenjar madu pada bagian dasar perhiasan bunganya. Bau harum dan cairan madu ini merupakan daya tarik serangga untuk mengunjunginya.

Rambutan berumah dua (androdioecious) juga dilaporkan oleh Lim (1984). Tetapi laporan-laporan sebelumnya melaporkan bahwa pada beberapa varietas rambutan budidaya pada umumnya adalah berumah satu (Whitehead, 1959; Milsum, 1960; Valmayor et al., 1971). Pada rambutan yang berumah satu ini maka dalam satu perbungaan terdapat tipe bunga betina dan jantan. Oleh karena itu terjadinya penyer-

bukan sendiri dalam satu individu pohon dianggap mungkin (Milsum, 1960; Valmayor et al., 1971). Berbeda dengan rambutan yang diteliti ini, penyerbukan sendiri dalam satu pohon adalah tidak mungkin karena tipe bunga betina dan jantan terdapat pada pohon yang berbeda. Ketidak-mampuan untuk melakukan penyerbukan sendiri dapat pula dibuktikan pada percobaan perlakuan isolasi dengan kain batis dan kertas selofan terhadap kuncup-kuncup perbungaan betina. Pada perlakuan ini tidak menunjukkan adanya tanda-tanda pembentukan buah.

B. Biologi Bunga

Tipe bunga betina membuka sangat lambat sekali. Bunga mulai terlihat tanda-tanda merekah pada petang hari sekitar pukul 18.30 dan mencapai maksimal sekitar pukul 07.30 hari berikutnya. Masaknya putik dimulai antara pukul 06.30 dan 07.00 yang ditandai oleh terbelahnya kepala putik menjadi dua cabang melengkung menyerupai huruf V dan mengeluarkan lendir. Sedang kepala sari tidak pecah sampai bunga gugur.

Tipe bunga jantan membuka lebih cepat bila dibandingkan dengan tipe bunga betina. Bunga mulai merekah pada pagi hari sekitar pukul 05.00 dan mencapai maksimal antara pukul 06.30 dan 07.30. Masaknya serbuk sari terjadi antara pukul 09.00 dan 11.00 dengan ditandai oleh keluarnya serbuk sari dari kantung sari karena kepala sari pecah. Serbuk sari berbentuk bersegi tiga dan trikolpat, serta bersifat lengket sehingga mudah menempel pada tubuh serangga yang mengunjunginya.

Antesis pada kedua tipe bunga dapat terjadi antara pukul 09.00 dan 11.00, yaitu pada waktu kepala sari tipe bunga jantan pecah. Hal ini disebabkan oleh karena setelah melewati pukul 11.00, maka serbuk sari yang menempel pada kepala sari bunga jantan dapat dikatakan sudah tidak ada lagi. Sedangkan reseptifnya tipe bunga betina berlangsung selama \pm sehari, yaitu dimulai saat keluarnya cairan lendir pada kepala putik sampai kelihatan kering.

C. Serangga Pengunjung dan Penyerbuk

a. Jenis-jenis Serangga

Daftar 1 menunjukkan bahwa 5 jenis serangga didapati mengunjungi kedua tipe bunga rambutan. Kelima jenis serangga pengunjung ini termasuk dalam kelompok lebah, yaitu *Trigona itama*, *T. nitidiventris*, *T. canifrons*, *T. atripes* dan *Apis indica*. Tetapi lebah dari jenis *Trigona iridipennis* dan *T. melina*, masing-masing didapati hanya mengunjungi tipe bunga betina dan bunga jantan saja. Serangga pengunjung lainnya kebanyakan adalah termasuk Diptera, Hymenoptera, Microlepidoptera dan Coleoptera. Di samping itu juga dilakukan pengamatan pada malam hari dan dijumpai beberapa jenis serangga pengunjung, antara lain adalah Chrysomelidae mengunjungi tipe bunga betina. Sedangkan pada tipe bunga jantan selain Chrysomelidae dikunjungi pula oleh Coleoptera dan *Valanga* sp. Serangga-serangga ini diketahui sebagai serangga perusak dan bukan penyerbuk.

b. Waktu dan Perilaku Kunjungan

Jenis-jenis lebah (*Trigona* spp. dan *Apis indica*) mengunjungi tipe bunga betina maupun jantan mulai pagi hari sekitar pukul 06.30 — 07.00 dan populasinya men-

capai puncak sekitar pukul 10.00, kemudian menurun tajam setelah lewat pukul 12.00 (Daftar 1.). Hal ini diduga berkaitan dengan semakin berkurangnya cairan madu yang dihasilkan oleh kedua tipe bunga rambutan.

Daftar 1. Jenis serangga pengunjung, waktu kunjungan dan taksiran jumlah individu per jenis pada tipe bunga betina dan jantan.

Serangga pengunjung	Pukul					
	06.30 — bunga betina	09.00 bunga jantan	10.00 - bunga betina	12.00 bunga jantan	14.30 — bunga betina	16.30 bunga jantan
1. Apidae	+	—	+	—	—	—
2. <i>Apis indica</i>	+	+	+	+	—	—
3. Chrysomelidae	—	+	—	+	—	+
4. Drosophilidae	—	+++	—	++	—	+
5. Formicidae	+++	—	+++	—	++	—
6. Hymenoptera	—	+	—	+	—	—
7. <i>Ichne monidae</i>	—	++	—	++	—	—
8. Lampyridae	—	+	—	+	—	—
9. Melolontidae	—	—	++	—	+	—
10. Microlepidoptera	—	++	—	++	—	+
11. Muscidae	+++	—	+++	—	++	—
12. <i>Musca</i> sp.	—	—	+	—	+	—
13. Pyridae	—	+	—	—	—	—
14. Pyralidae	—	+	—	+	—	+
15. Tipulidae	—	+	—	+	—	—
16. Tabanidae	—	+	—	+	—	+
17. <i>Trigona itama</i>	++	++	++	++	+	+
18. <i>T. nitidiventris</i>	+	+	++	++	+	+
19. <i>T. canifrons</i>	++	++	++	+++	++	+
20. <i>T. atripes</i>	++	++	++	+++	+	+
21. <i>T. iridipennis</i>	—	+	—	+	—	—
22. <i>T. melina</i>	+	—	++	—	—	—
23. <i>Vespa</i> sp.	—	—	+	—	+	—

Keterangan :

- + : Jumlah individu sedikit
- ++ : Jumlah individu sedang
- +++ : Jumlah individu banyak
- : Tidak dijumpai.

Bertepatan dengan saat pecahnya kepala sari tipe bunga jantan terlihat banyak lebah yang mengunjungi bunga. Lebah-lebah ini tertarik oleh bau harum dan cairan madu yang dihasilkannya. Dengan menjulurkan mulut penghisapnya, maka lebah-

lebah menghisap cairan madu yang terdapat pada dasar perhiasan bunga. Pada saat itu pula serbuk sari dapat menempel pada bagian-bagian tubuh lebah. Apabila lebah-lebah ini kemudian mengunjungi tipe bunga betina untuk tujuan yang sama yakni mencari cairan madu. Maka lebah-lebah ini sebelum mengambil madu yang terdapat di dasar perhiasan bunganya akan terlebih dahulu hinggap di bagian kepala putik yang terletak di bagian paling ujung daripada bunga. Dengan menghibaskan tubuh serta menggosokkan pasangan kaki belakangnya, maka serbuk sari terlepas. Apabila serbuk sari ini jatuh di kepala putik yang reseptif maka penyerbukan dapat terjadi.

Setiap jenis lebah yang mengunjungi perbungaan betina maupun jantan biasanya tidak datang sendiri-sendiri tetapi secara bersama-sama (2 sampai 3 individu atau bahkan kadang-kadang lebih). Lamanya kunjungan pada setiap bunga tercatat antara 2 dan 3 detik. Ukuran bunga yang relatif kecil, perilaku kunjungan bersama-sama dan waktu kunjungan yang singkat akan mempermudah dan mempercepat mekanisme terjadinya penyerbukan.

c. Efektivitas Serangga Penyerbuk

Pengamatan mikroskopis terhadap contoh-contoh serangga yang ditangkap terlihat bahwa pada bagian tubuh daripada *Apis indica*, *Trigona itama* dan *T. nitidiventris* dapat dijumpai serbuk sari rambutan dalam jumlah yang cukup banyak. Kumpulan serbuk sari ini menempel di antara bulu-bulu kaki (terutama kaki belakang), dada, perut dan permukaan sayap bagian bawah. Sedang pada *Trigona canifrons* dan *T. atripes* jarang dapat ditemukan adanya serbuk sari, hanya kadang-kadang pada bagian dada dan kaki belakangnya terdapat serbuk sari dalam jumlah yang relatif sedikit. Sedang pada jenis-jenis serangga pengunjung lainnya tidak ditemukan serbuk sari pada bagian tubuhnya. Hal ini menunjukkan bahwa *Apis indica*, *T. itama* dan *T. nitidiventris* berfungsi sebagai pembawa serbuk sari yang efektif, sedangkan *T. canifrons* dan *T. atripes* adalah kurang efektif.

Kesimpulan

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa pada pohon rambutan yang diteliti maka penyerbukan silang antar pohon yang berbeda tipe bunganya dapat berlangsung dengan bantuan lebah-lebah penyerbuk. Lebah-lebah penyerbuk ini antara lain *Apis indica*, *Trigona itama*, *T. nitidiventris*, *T. canifrons* dan *T. atripes*. Adanya sistem penyerbukan silang juga dapat dimanfaatkan untuk usaha-usaha pemuliaan tanaman rambutan. Di samping itu kehadiran pohon rambutan jantan sangat diperlukan agar penyerbukan dapat berlangsung. Karena itu dapat disarankan untuk tidak menebang pohon rambutan jantan bila produksi buahnya yang melimpah dikehendaki.

**CATATAN SINGKAT
(SHORT NOTES)**

CATATAN SINGKAT
(SHORT NOTES)