

BEBERAPA TEKNIK ANALISIS DALAM PENELITIAN DAN PENGKAJIAN TEKNOLOGI PERTANIAN

Dewa Ketut Sadra Swastika

*Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian
Jalan A. Yani 70 Bogor 16161*

ABSTRACT

Agricultural commodities should be produced efficiently. Otherwise, our agricultural products will not be competitive with those of other countries, both in international and domestic markets. Efficient farming is possible through adoption of improved technology. The Assessment Institutes of Agricultural Technology (AIATs) in each province are the regional units of the Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) given a mandate to provide local farmers with an appropriate technology in their respective regions. To meet their mandate, AIATs conduct activities of research and assessments on local specific agricultural technologies based on bio-physical and socio-economic circumstances of the farmers. Before transferring the technology to the farmers, all technologies should be first evaluated in terms of their technical and financial feasibilities using the appropriate tools of analyses. This article offers some techniques of analyses to be used by researchers at the AIATs. Those techniques are Partial Budget analysis, Gains and Losses of technological change, Long Term Investment Analysis, Linear Programming, Regression, and Correlation.

Key words : *techniques of analyses, efficiency, feasibility, technology*

ABSTRAK

Aspek efisiensi usahatani merupakan pertimbangan utama dalam pengembangan suatu komoditas pertanian, karena di era globalisasi hanya produk yang dihasilkan secara efisien yang dapat bersaing di pasar bebas. Usahatani yang efisien hanya dapat dihasilkan melalui penerapan teknologi tepat guna. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) merupakan unit Badan Litbang di daerah yang bertugas menyediakan teknologi tepat guna bagi petani. Sebelum dikembangkan di tingkat petani, semua teknologi yang dikaji harus dievaluasi kelayakan teknis dan finansialnya. Tulisan ini menyajikan beberapa teknik analisis dari yang sederhana sampai agak kompleks. Teknik-teknik yang disajikan adalah Analisis Anggaran Parsial, Analisis Evaluasi Perubahan Teknologi, Analisis Kelayakan Investasi Jangka Panjang, *Analisis Linear Programming* (LP), serta Analisis Regresi dan Korelasi. Melalui tulisan ini, diharapkan peneliti di BPTP dapat memanfaatkan teknik-teknik analisis ini untuk mengevaluasi kelayakan teknologi yang dikaji, sebelum dikembangkan pada tingkat usahatani yang lebih luas.

Kata kunci : *teknik analisis, efisiensi, kelayakan, teknologi*

PENDAHULUAN

Pengembangan suatu komoditas pertanian di suatu wilayah harus benar-benar mempertimbangkan aspek efisiensi usahatani. Artinya, dengan tingkat produksi tertentu, harus diupayakan biaya yang minimal, sehingga lebih menguntungkan petani. Sebab, dalam era globalisasi pasar bebas, hanya produk yang dihasilkan secara efisien yang mampu bersaing, baik di pasar

domestik maupun internasional. Usahatani yang efisien hanya bisa dicapai dengan penerapan teknologi tepat guna.

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) di tiap provinsi adalah satu-satunya lembaga penelitian dan pengkajian yang mempunyai mandat untuk menyediakan teknologi tepat guna bagi petani di wilayahnya masing-masing. Untuk dapat menyediakan teknologi tepat guna sesuai dengan kebutuhan petani, maka berbagai kegiatan perakitan, penelitian dan pengkajian

(litkaji) teknologi pertanian dilakukan. Hasil-hasil litkaji kemudian disebarakan kepada pengguna melalui berbagai kegiatan diseminasi.

Sebelum disebarakan kepada pengguna, maka semua teknologi yang akan dikembangkan harus dievaluasi kelayakan teknis dan finansialnya. Sebab, teknologi dapat dikatakan tepat guna kalau memenuhi kriteria : (1) secara teknis mudah dilakukan, (2) secara finansial (bahkan ekonomi) menguntungkan, (3) secara sosial budaya diterima masyarakat, dan (4) tidak merusak lingkungan. Jadi kelayakan finansial atau ekonomi merupakan syarat mutlak bagi suatu teknologi untuk dapat diadopsi oleh petani.

Ada beragam tehnik analisis yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kelayakan finansial suatu teknologi. Dengan pertimbangan kebutuhan teknik praktis analisis di BPTP dan permintaan peneliti dari beberapa BPTP, maka tulisan ini, menyajikan beberapa contoh analisis sederhana yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja teknologi yang dirakit dan dikaji di BPTP. Dengan demikian, tulisan ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan alat analisis praktis bagi peneliti di BPTP.

ANALISIS KELAYAKAN FINANSIAL TEKNOLOGI USAHATANI

Analisis Anggaran Parsial

Analisis anggaran parsial (*Partial Budget Analysis*) merupakan analisis finansial yang paling sederhana dalam evaluasi kelayakan suatu teknologi usahatani. Misalkan seorang petani (Pak Subur) menanam padi sawah seluas 1 ha. Struktur biaya dan pendapatan dari usahatani tersebut adalah seperti disajikan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 diperoleh nilai R/C atas biaya total sebesar 1,35 atau net B/C sebesar 0,35. Contoh tersebut menunjukkan bahwa secara finansial usahatani padi sawah Pak Subur menguntungkan, dengan tingkat keuntungan sekitar 35 persen dari total biaya yang dicurahkan. Jika sewa lahan diperhitungkan sebagai salah satu

komponen biaya, maka keuntungan finansial atas biaya total adalah sekitar Rp 1,17 juta/ha/musim. Bagi petani pemilik penggarap, jika *opportunity cost* dari lahan tidak diperhitungkan, maka keuntungan finansial atas biaya tunai adalah Rp 1,67 juta/ha/musim.

Tabel 1. Analisis Anggaran Parsial Sederhana Usahatani Padi, MH 1999/2000

Komponen biaya dan pendapatan	Jumlah
A. Komponen biaya (Rp/ha/musim)	
1. Sewa lahan/opportunity cost lahan	500.000
2. Sewa traktor (borongan)	300.000
3. Tenaga kerja :	
Mencangkul (15 HKP a Rp 15000)	225.000
Membuat persemaian (5 HKP a Rp 15000)	75.000
Mencabut benih (5 HKP a Rp. 15000)	75.000
Menanam : (5 HKP a Rp 15000)	75.000
(15 KKW a Rp. 12500)	187.500
Memupuk (3 x 2 x ½ HKP a Rp. 20000)	60.000
Menyiang I + II (2 x 15 HKW a Rp. 12500)	375.000
Menyiang III (10 HKW a Rp. 12500)	125.000
Menyemprot (3 x 2 x ½ HKP a Rp. 20000)	60.000
Panen & merontok (10% dari nilai produksi)	450.000
Total biaya tenaga kerja	1.707.500
4. Bahan	
Benih (30 kg a Rp. 1500)	45.000
Pupuk Urea (150 x Rp. 1200)	180.000
TSP (100 x Rp. 1800)	180.000
KCl (25 x Rp. 2000)	50.000
ZA (0)	0
Pestisida padat (Furadan) 20 kg @ Rp 7000	140.000
Pestisida cair (2 liter a Rp. 45.000)	90.000
Total biaya bahan	685.000
5. Total biaya diluar bunga (1+2+3+4)	3.192.500
6. Bunga modal (6% dari biaya tunai pra panen)	134.550
7. Total biaya (5+6)	3.327.050
B. Komponen Pendapatan (Rp/ha/musim)	
Penerimaan (4500 kg a Rp. 1000)	4.500.000
C. Keuntungan finansial atas biaya tunai (B-(A.7-A.1))	1.672.950
Keuntungan finansial atas biaya total (B - A.7)	1.172.950
D. R/C atas biaya tunai	1,59
R/C atas biaya total	1,35

Analisis Kelayakan Perubahan Teknologi

Pak Subur ingin mengadopsi teknologi baru, yaitu mengganti komponen teknologi penggunaan varietas lokal menjadi varietas unggul. Perubahan komponen teknologi mengakibatkan perubahan struktur biaya dan pendapatan seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Parsial Penggunaan Varietas Unggul, MH 1999/2000

Komponen biaya dan pendapatan	Jumlah
A. Komponen biaya (Rp/ha/musim)	
1. Sewa lahan/opportunity cost lahan	500.000
2. Sewa traktor (borongan)	300.000
3. Tenaga kerja :	
Mencangkul (15 HKP @ Rp 15000)	225.000
Membuat persemaian (5 HKP @ Rp 15000)	75.000
Mencabut benih (5 HKP @ Rp. 15000)	75.000
Menanam : (5 HKP @ Rp 15000)	75.000
(15 KKW @ Rp. 12500)	187.500
Memupuk (3 x 3x ½ HKP @ Rp. 20000)	90.000
Menyiang I + II (2 x 15 HKW @ Rp. 12500)	375.000
Menyiang III (10 HKW @ Rp. 12500)	125.000
Menyemprot (3 x 2 x ½ HKP @ Rp. 20000)	60.000
Penen & merontok (10% dari nilai produksi)	550.000
Total biaya tenaga kerja	1.837.500
4. Bahan	
Benih (30 kg a Rp. 3000)	90.000
Pupuk Urea (200 x Rp. 1200)	240.000
TSP (100 x Rp. 1800)	180.000
KCl (100 x Rp. 2000)	200.000
ZA (50 x Rp 1200)	60.000
Pestisida padat (Furadan) 20 kg @ 7000	140.000
Pestisida cair (2 liter @ Rp. 45.000)	90.000
Total biaya bahan	1.000.000
5. Total biaya diluar bunga (1+2+3+4)	3.637.500
6. Bunga modal (6% dari biaya tunai pra-panen)	155.250
7. Total biaya (5+6)	3.792.750
B. Komponen Pendapatan (Rp/ha/musim)	
Penerimaan (5500 kg @ Rp. 1000)	5.500.000
C. Keuntungan finansial atas biaya tunai (B-(A.7-A.1))	2.207.250
Keuntungan finansial atas biaya total (B - A.7)	1.707.250
D. R/C atas biaya tunai	1,67
R/C atas biaya total	1,45

Dari Tabel 2 terlihat bahwa keuntungan finansial atas biaya total usahatani padi dengan menggunakan varietas unggul adalah Rp 1,71 juta/ha/musim. Sedangkan keuntungan atas biaya tunai adalah Rp 2,21 juta/ha/musim. Dengan kata lain bahwa dengan mengganti varietas lokal dengan varietas unggul, petani mendapat tambahan keuntungan usahatani padi sekitar Rp 0,53 juta/ha/musim.

Perubahan penggunaan varietas ini juga dapat dievaluasi kelayakannya dengan menggunakan analisis *Losses and Gains* seperti disajikan pada Tabel 3.

Hasil analisis pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perubahan komponen teknologi varietas dari varietas lokal menjadi varietas unggul menghasilkan tambahan keuntungan bagi petani sebesar Rp 0,53 juta/ha/musim. Angka marginal B/C dari perubahan tersebut adalah sebesar 2,15. Rasio ini menunjukkan bahwa tiap Rp 1,00 tambahan biaya yang dikeluarkan akibat mengganti varietas menyebabkan diperolehnya tambahan penerimaan sebesar Rp 2,15 (lebih dari dua kali tambahan biaya). Ini berarti bahwa perubahan varietas dari varietas lokal menjadi varietas unggul sangat layak untuk dilakukan.

Analisis lain yang juga dapat digunakan untuk mengevaluasi kelayakan perubahan komponen teknologi varietas adalah analisis titik impas produksi (TIP) dan titik impas harga (TIH). Kedua analisis tersebut secara rinci disajikan dalam Tabel 4 dan Tabel 5.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa titik impas tambahan produksi adalah 406,33 kg/ha. Artinya, bahwa penggantian varietas layak untuk dilakukan jika penggantian tersebut dapat meningkatkan produktivitas (*yield*) padi minimal 406,33 kg/ha. Dengan kata lain, produktivitas padi unggul yang dicapai petani harus lebih tinggi dari 4.906 kg/ha. Dengan produktivitas 5.500 kg/ha, maka penggunaan varietas unggul sangat layak.

Dari hasil analisis pada Tabel 5 diperoleh titik impas harga (TIH) padi sebesar Rp 406,33. Artinya, dengan tambahan produksi 1000 kg/ha, penggantian varietas bisa dilakukan jika penurunan harga tidak sampai di bawah Rp 406,33/kg (Harga semula = Rp. Rp 1000/kg). Jika harga tetap Rp 1000/kg, maka perubahan varietas sangat layak untuk dilakukan.

Tabel 3. Analisis Parsial Perubahan Teknologi Varietas Padi

Losses (Korbanan)	Jumlah	Gains (Perolehan)	Jumlah
1. Tambahan biaya benih	45.000	1. Tambahan penerimaan	
2. Tambahan biaya pupuk:		dari kenaikan produksi	
Urea: 50 kg @ Rp 1200	60.000	1000 kg @ Rp 1000	1.000.000
KCl: 75 kg @ Rp 2000	150.000		
ZA : 50 kg @ Rp 1200	60.000		
3. Tamb. biaya memupuk	30.000		
4. Tamb. biaya panen	100.000		
5. Tamb. bunga modal	20.700		
Total Losses (Rp)	465.700	Total Gains (Rp)	1.000.000

Tambahan Keuntungan : Rp (1.000.000 – 465.700) = Rp 534.300,-
 Marginal B/C : (Total Gains)/(Total Losses) = 2,15.

Tabel 4. Analisis Titik Impas Tambahan Produksi Padi

Losses (Korbanan)	Jumlah	Gains (Perolehan)	Jumlah
1. Tambahan biaya benih	45000	1. Tambahan penerimaan	
2. Tambahan biaya pupuk:		dari kenaikan produksi	
Urea: 50 kg @ Rp 1200	60000	dY @ Rp 1000	1000 dY
KCl: 75 kg @ Rp 2000	150000		
ZA : 50 kg @ Rp 1200	60000		
3. Tamb. biaya memupuk	30000		
4. Tamb. bunga modal	20700		
5. Tamb. biaya panen	0.1*dY*1000		
Total Losses (Rp)	365700+100dY	Total Gains (Rp)	1000 dY

$365.700 + 100 \text{ dY} = 1000 \text{ dY} . \rightarrow 900 \text{ dY} = 365.700 . \rightarrow \text{dY} = 406,33 \text{ kg}.$

Tabel 5. Analisis Titik Impas Harga Padi

Losses (Korbanan)	Jumlah	Gains (Perolehan)	Jumlah
1. Tambahan biaya benih	45000	1. Tambahan penerimaan	
2. Tambahan biaya pupuk:		dari kenaikan produksi	
Urea: 50 kg @ Rp 1200	60000	1000 x Hy	1000 Hy
KCl: 75 kg @ Rp 2000	150000		
ZA : 50 kg @ Rp 1200	60000		
3. Tamb. biaya memupuk	30000		
4. Tamb. bunga modal	20700		
5. Tamb. Biaya panen	0.1*1000*Hy		
Total Losses (Rp)	365700+100Hy	Total Gains (Rp)	1000 Hy

$365.700 + 100 \text{ Hy} = 1000 \text{ Hy} . \rightarrow 900 \text{ Hy} = 365.700 . \rightarrow \text{Hy} = \text{Rp } 406,33/\text{kg}.$

ANALISIS INVESTASI USAHATANI JANGKA PANJANG

Dasar Pemikiran

Dalam sistem usaha pertanian (SUP), banyak komoditas yang periode waktu dari mulai menanam sampai menghasilkan lebih dari satu tahun. Untuk menghasilkan produksi suatu komoditas pada tahun t , diperlukan investasi beberapa tahun sebelumnya. Sebagai contoh, karet baru bisa menghasilkan setelah berumur 5–7 tahun. Namun demikian, sekali tanaman tahunan ini mulai berproduksi, tanaman karet akan berproduksi sampai 20–30 tahun, tergantung umur ekonomis dari masing-masing tanaman. Untuk tanaman tahunan atau ternak besar, investasi terbesar biasanya dilakukan pada tahun awal, baik untuk membangun perkebunan maupun kandang dengan segala fasilitasnya.

Analisis kelayakan finansial dari sistem usaha pertanian tidak bisa dilakukan pada satu tahun produksi, melainkan harus dilakukan dari tahun awal investasi sampai batas umur ekonomis dari masing-masing tanaman atau ternak. Satu hal penting yang harus diingat dalam analisis finansial jangka panjang ialah konsep nilai uang. Nilai tukar uang Rp. 1000 hari ini lebih baik dari pada Rp. 1000 tahun depan atau lima tahun yang akan datang. Gittinger (1982) mengungkapkan kata-kata mutiara dalam bukunya (*Economic Analysis of Agricultural Projects*) bahwa : “*A bird in hand is worth two in the bush*”. Yang ia maksudkan dengan kata-kata mutiaranya ialah bahwa penerimaan hari ini adalah lebih baik dari pada penerimaan di masa mendatang pada satuan nominal uang yang sama. Hal ini disebabkan karena satuan nominal uang yang sama akan mengalami penurunan nilai, baik karena inflasi maupun karena hilangnya *opportunity* untuk mendapatkan *gains* dari sejumlah satuan uang. Oleh karena itu, satuan uang yang diperoleh pada masa yang akan datang (pada tahun t) harus didiskon ke nilai kini (pada tahun 0). Untuk mengkonversi nilai uang nominal di masa mendatang menjadi nilai kini,

faktor konversi yang digunakan disebut “*discount factor*”.

Jika “*discount rate*” 12 persen/tahun, maka Rp. 1000 pada tahun ini ($t = 0$) bernilai Rp. $1000 \times (1 + 0,12) = \text{Rp. } 1200$ tahun depan dan $\text{Rp. } 1000 \times (1 + 0,12)^2 = \text{Rp. } 1254,40$ dua tahun mendatang, atau $\text{Rp. } 1000 (1 + 0,12)^t$ pada tahun ke t . Dalam hal ini angka $(1 + r)^t$ untuk $t > 1$ disebut “*compounding factor*”. *Compounding factor* digunakan untuk menghitung nilai masa depan (*future value*) dari uang yang diperoleh atau dikeluarkan saat ini (Gittinger, 1982). Secara umum *future value* dari suatu satuan nominal saat ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$FV = V_t = V_0 (1 + r)^t$$

Sebaliknya *present value* (nilai kini dari suatu satuan nominal pada tahun t) adalah :

$$PV = V_0 = V_t / (1 + r)^t$$

Dari uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa *Discount Factor* = $1 / (1 + r)^t$. Contoh berikut ini menyajikan analisis kelayakan finansial dari suatu investasi.

Analisis NPV, B/C Ratio, IRR dan Pay Back Period

Analisis kelayakan finansial dari suatu investasi (NPV, Net B/C, IRR dan *Pay Back Period*) dilakukan berdasarkan contoh pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 terlihat bahwa nilai kini bersih (*Net Present Value* = NPV) dari usaha tani karet selama 30 tahun (pada tingkat bunga modal 12%) adalah Rp. 9,58 juta. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa usahatani karet cukup layak untuk dikembangkan.

Selain NPV, juga dapat dihitung “*Pay Back Period*” yaitu tahun dimana nilai kumulatif biaya sama dengan nilai kumulatif penerimaan (tanpa discount). Dari Tabel 6 diperoleh bahwa *pay back period* adalah 10 tahun. Karena pada tahun ke 10 nilai kumulatif biaya sebesar Rp. 24,6 juta, sedangkan pada tahun yang sama nilai kumulatif penerimaan sebesar Rp. 25,07 juta.

Tabel 6. Analisis Kelayakan Finansial Kebun Karet (30 tahun)

Tahun	Komponen biaya (Rp. Juta)				Penerimaan	Net Benefit	Discount factor (DR= 12%)	Nilai kini (DR=12%)
	Modal	B.Opr + Maint	Biaya Produksi	Total biaya				
1	1,09	0	0	-1,09	0	-1,09	0,893	-0,97
2	4,83	0	0	-4,83	0	-4,83	0,797	-3,85
3	5,68	0	0	-5,68	0	-5,68	0,712	-4,04
4	4,50	0	0	-4,50	0	-4,50	0,636	-2,86
5	1,99	0	0	-1,99	0	-1,99	0,567	-4,13
6	0	0,34	0,33	-0,67	1,67	1,00	0,507	0,51
7	0	0,34	0,63	-0,97	3,34	2,37	0,452	1,07
8	0	0,34	0,69	-1,30	5,00	3,70	0,404	1,49
9	0	0,34	1,28	-1,62	6,68	5,06	0,361	1,83
10-30	0	0,34 *)	1,61 *)	- 1,95*)	8,38 *)	6,43*)	2,727	17,53
Total	18,09	8,50	37,01	-63	192,67	129,07	8,056	9,58

Sumber : Gittinger, 1982, pp. 328.

*)). Pengeluaran atau penerimaan dalam jumlah nominal yang sama selama tahun ke 10 sampai ke 30

DR = Discount Rate, analog dengan tingkat bunga modal/tahun

Dari analisis ini juga dapat dihitung net benefit-cost ratio (net B/C), yaitu nisbah antara total nilai kini penerimaan dengan total nilai kini biaya. Dari Tabel 6 diperoleh B/C sebesar 1,48. Ini berarti bahwa tiap Rp. 1 juta yang dikeluarkan menghasilkan Rp. 1,48 juta penerimaan (keduanya dalam nilai kini).

Komponen analisis yang tidak kalah pentingnya adalah apa yang disebut internal rate of return (IRR). Analisis IRR dapat mengidentifikasi berapa persen tingkat bunga atau discount rate tertinggi bagi suatu usaha (investasi) untuk bisa berjalan dengan tingkat keuntungan normal atau NPV sebesar nol (Gittinger, 1982).

Teknik menghitung IRR dapat dilakukan dengan menduga (trial and error) tingkat bunga sehingga NPV negatif. Berdasarkan tingkat bunga tersebut dapat dilakukan intrapolasi dengan tingkat bunga yang menghasilkan NPV positif. Dianjurkan menggunakan 2 tingkat bunga yang menghasilkan NPV masing-masing positif dan negatif, tetapi keduanya mendekati NPV = 0. Dengan demikian dapat dihasilkan titik dugaan IRR yang lebih cermat. Berdasarkan usahatani karet pada Tabel 6, diperoleh IRR = 18 persen.

Implikasinya ialah bahwa selama tingkat bunga modal lebih kecil dari 18 persen maka usaha (investasi) tersebut masih menguntungkan.

Pengambilan Keputusan Penggantian Komoditas.

Seorang petani sering dihadapkan pada pilihan apakah akan tetap bertahan pada usahatani komoditas yang sedang diusahakan atau akan menggantinya dengan jenis komoditas yang baru. Di bawah ini disajikan contoh perbandingan antara mempertahankan tanaman sayuran dengan menggantinya dengan tanaman mangga.

Misalkan keuntungan bersih dari tanaman sayuran sebesar Rp 7,22 juta/ha/tahun. Keuntungan sebesar ini diasumsikan akan tetap bertahan sampai batas waktu tak terhingga. Terminal value (nilai akhir) dari barang-barang modal untuk sayuran pada tahun ke 20 adalah Rp 40 juta. Sedangkan terminal value dari barang-barang modal untuk mangga pada tahun ke 20 adalah Rp 60 juta. *Discount rate* adalah 12 persen/tahun. Keuntungan bersih untuk mangga adalah seperti disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Analisis Kelayakan Finansial Mangga (20 tahun) (dalam Rp 000)

Tahun ke	CB	Discount Factor (DR = 12%)	Nilai kini (DR = 12%)
1	-4.150	0,893	-3.665,76
2	1.133	0,797	903,00
3	-507	0,712	-360,98
4	4.413	0,636	2.806,67
5	5.620	0,567	3.186,54
6	9.143	0,507	4.635,50
7	5.928	0,452	2.679,46
8	9.673	0,404	3.907,89
9	9.800	0,361	3.537,80
10	2.110	0,322	679,42
11	16.731	0,287	4.801,80
12	20.599	0,257	5.293,94
13	17.058	0,229	3.906,28
14	18.951	0,205	3.884,95
15	18.410	0,183	3.369,03
16	20.437	0,163	3.331,23
17	21.295	0,146	3.109,07
18	21.366	0,130	2.777,58
19	20.938	0,116	2.428,81
20	22.176	0,104	2.306,30
NPV = 53,519			

Untuk flow pendataan yang sama, nilai kini dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 FV &= \sum_{t=1}^{20} \{CB_t / (1+0,12^t)\} + \{TV / (1+0,12)^{20}\} \\
 &= CB_t \left\{ \frac{(1,12)^{20} - 1}{(0,12)} \right\} + 40 / (1,12)^{20} \\
 &= 7,22 \left\{ \frac{(1,12)^{20} - 1}{(1,12)^{20} (0,12)} \right\} + 40 / (1,12)^{20} \\
 &= 58,09
 \end{aligned}$$

Annuity (pendapatan tahunan dalam nilai kini) untuk waktu tak terhingga $A(\infty)$ dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 A(\infty) &= PV \times (r) \\
 &= 58,09 \text{ juta} \times (0,12) = \text{Rp } 6,97 \text{ juta/tahun}
 \end{aligned}$$

Dimana r adalah discount rate. Analisis finansial untuk mangga adalah seperti disajikan pada Tabel 7. Dari Tabel 7, terlihat bahwa nilai bersih (NPV) untuk mangga (sebelum memperhitungkan terminal value) adalah Rp. 53,52 juta. Dengan memperhitungkan terminal value, maka

PV dari mangga adalah Rp. 53,52 juta + $60 / (1,12)^{20} = \text{Rp. } 59,76 \text{ juta}$.

Dengan demikian $A(\infty)$ mangga = Rp. 59,76 x (0,12); $A(\infty) = \text{Rp. } 7,17 \text{ juta / tahun}$

Dari analisis finansial kedua komoditas tersebut di atas, ternyata penggantian tanaman sayuran dengan mangga lebih menguntungkan dari pada mempertahankan tanaman sayuran.

PEMILIHAN JENIS DAN SKALA USAHATANI BERDASARKAN KETERSEDIAAN SUMBERDAYA

Usahatani yang bersifat komersial sering dihadapkan pada masalah pilihan jenis komoditas apa yang akan dihasilkan dan dalam jumlah berapa. Untuk menjawab masalah tersebut, petani sebagai pengambil keputusan, harus mempertimbangkan semua alternatif usahatani yang ada; jenis dan kuantitas sumberdaya (input) yang dibutuhkan; dan nilai keuntungan dari masing-

masing alternatif. Selain kinerja dari masing-masing alternatif usahatani, petani juga harus mempertimbangkan jenis dan kuantitas sumberdaya yang dimiliki atau yang mungkin diperoleh dari pasar input.

Berdasarkan kinerja dari semua alternatif usahatani dan penguasaan sumberdaya, maka petani dapat menentukan pilihan usahatani serta skala usaha yang paling menguntungkan. Dengan kata lain, berdasarkan kinerja alternatif usahatani dan sumberdaya yang ada petani menentukan kombinasi alternatif usahatani dan penggunaan sumberdaya secara optimal dengan tingkat keuntungan tertinggi. Maksimisasi keuntungan dalam konteks permasalahan ini dapat dipecahkan dengan menggunakan model *Linear Programming* atau disingkat LP (Taha, 1982; Bronson, 1982).

Di bawah ini disajikan dua contoh pemilihan kombinasi usahatani yang optimal dengan menggunakan model LP. Contoh pertama menggunakan pendekatan/metoda grafis, dan contoh kedua menggunakan metoda simpleks.

Contoh 1.

- Seorang peternak dihadapkan pada masalah pilihan harus mengusahakan “ayam petelur” atau “ayam pedaging”
- Sumberdaya yang dimiliki adalah :
 - Tenaga kerja 480 HOK/bulan
 - Pakan 1500 kg/bulan
 - Kandang 960 m²

Kebutuhan input untuk tiap usaha adalah seperti pada Tabel 8.

Tabel 8. Kebutuhan Input dari Masing-masing Jenis Usahatani

Sumberdaya	Unit usaha	
	Ayam petelur	Ayam pedaging
Tenaga kerja (HOK)	20	60
Pakan (kg)	100	150
Kandang (m ²)	80	60
Keuntungan bersih Rp. 000/unit	250	500

Catatan : 1 unit usaha untuk ayam petelur = 250 kg telur dan 1 unit usaha ayam pedaging = 300 kg ayam hidup

Kunci utama dalam pemecahan masalah LP adalah perumusan masalah (*Problem Formulation*). Langkah pertama dalam perumusan masalah ialah menentukan fungsi tujuan (*objective function*), dan langkah kedua menentukan fungsi kendala atau constraints (Taha, 1982; Bronson, 1982; Dent *et al.*, 1986).

Fungsi tujuan dalam masalah ini adalah memaksimalkan keuntungan total (*profit maximization*)

Kita definisikan :

- X_1 = total unit usaha ayam petelur/bulan
- X_2 = total unit usaha ayam pedaging/bulan

Dengan demikian, formulasi masalah LP menjadi sebagai berikut :

$$\text{Max. } \pi = 250 X_1 + 500 X_2$$

Dengan kendala :

- (1) $20 X_1 + 60 X_2 \leq 480$
- (2) $100 X_1 + 150 X_2 \leq 1500$
- (3) $80 X_1 + 60 X_2 \leq 960$
- (4) $X_1 \geq 0; X_2 \geq 0 \rightarrow$ non-negative activities

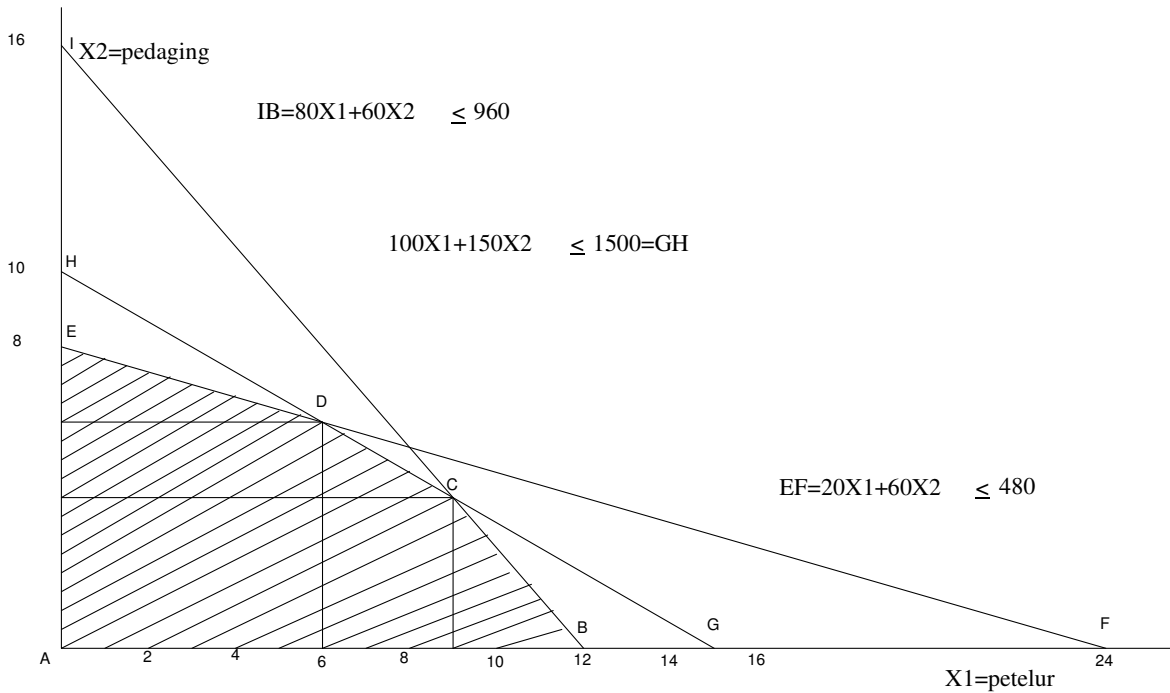
Secara grafis, model di atas dapat dipecahkan sebagai berikut :

1. Kendala (1) : $20 X_1 + 60 X_2 \leq 480$

- Jika semua tenaga digunakan untuk usaha ayam petelur, maka :
 $20 X_1 + 0 X_2 = 480 \rightarrow$ sehingga $X_1 = 24$ unit/bulan
- Jika semua tenaga kerja digunakan untuk usaha ayam pedaging, maka:
 $0 X_1 + 60 X_2 = 480 \rightarrow$ sehingga $X_2 = 8$ unit/bulan

2. Kendala (2) : $100 X_1 + 150 X_2 \leq 1500$
 dengan prosedur yang sama, maka
 Jika $X_1 = 0, \rightarrow X_2 = 10$ unit
 Jika $X_2 = 0, \rightarrow X_1 = 15$ unit

3. Kendala (3) : $80 X_1 + 60 X_2 \leq 960$
 Jika $X_2 = 0, \rightarrow X_1 = 12$ unit
 Jika $X_1 = 0, \rightarrow X_2 = 16$ unit



Gambar 1. Optimalisasi Usahatani Berdasarkan Alternatif dan Sumberdaya

Semua kendala dalam memaksimumkan keuntungan dapat diilustrasikan seperti pada Gambar 1.

Segi lima ABCDE adalah feasible area, yaitu daerah kombinasi usaha yang mungkin dicapai. Titik-titik ekstrim dari feasible area adalah : A, B, C, D dan E. Untuk menentukan kombinasi X_1 dan X_2 yang optimum, maka kita harus mengevaluasi kelima titik ekstrim tersebut. Titik C adalah perpotongan (intersection) antara kendala (2) dan (3)

$$(2) 100 X_1 + 150 X_2 = 1500 \rightarrow 20 X_1 + 30 X_2 = 300$$

$$(3) 80 X_1 + 60 X_2 = 960 \rightarrow 40 X_1 + 30 X_2 = 480$$

$$(3) - (2) \rightarrow 20 X_1 = 180$$

$$X_1 = 9 \text{ unit}$$

$$100 \times (9) + 150 X_2 = 1500$$

$$150 X_2 = 1500 - 900$$

$$X_2 = 600/150 = 4 \text{ unit}$$

Dengan prosedur yang sama, untuk kendala (1) dan (3) diperoleh titik D dengan

Tabel 9. Evaluasi Kombinasi Usahatani yang Optimum

Titik	X_1 (unit)	X_2 (unit)	Keuntungan Rp.000/bln	Keterangan
A	0	0	0	Tidak ada aktivitas
B	12	0	3000	Hanya memproduksi telur
C	9	4	4250	C = kombinasi 9 X_1 dan 4 X_2
D	6	6	4500 *	D = kombinasi optimum
E	0	8	4000	Hanya memproduksi ayam Pedaging

kombinasi $X_1 = 6$ unit dan $X_2 = 6$ unit. Berdasarkan hasil analisis secara grafis, ternyata kombinasi optimum tercapai pada tingkat usahatani 6 unit petelur (1500 kg telur/bulan) dan 6 unit ayam pedaging (1800 kg ayam pedaging/bulan), dengan tingkat keuntungan sebesar Rp 4,5 juta/bulan), seperti terlihat pada Tabel 9.

Contoh 2. (menggunakan metode simpleks)

- Masalah seperti pada contoh 4.1.
- Objective function : $\text{Max } \pi = 250 X_1 + 500 X_2 + 0S_1 + 0 S_2 + 0 S_3$
- Dengan kendala :
 - (1) $20 X_1 + 60 X_2 + S_1 + 0S_2 + 0 S_3 = 480$
 - (2) $100 X_1 + 150 X_2 + 0 S_1 + S_2 + 0 S_3 = 1500$
 - (3) $80 X_1 + 60 X_2 + 0 S_1 + 0S_2 + 0S_3 = 960$
 - (4) $X_1 \geq 0; X_2 \geq 0; S_1 \geq 0; S_2 \geq 0; S_3 \geq 0$

Tabel 10a. Simplek Tahap I (Basic)

Cj	Aktivitas	Sumber Daya (Bj)	250	500	0	0	0	Ratio
			Aktivitas riil		Slack activities			
			X ₁	X ₂	S ₁	S ₂	S ₃	
0	S ₁	480	20	60*	1	0	0	8 LV
0	S ₂	1500	100	150	0	1	0	10
0	S ₃	960	80	60	0	0	1	16
	Zj	0	0	0	0	0	0	
	Zj - Cj	0	-250	-500	0	0	0	
				EV				

Catatan : * = pivot

EV = Entering variable

LV = Leaving variable

Tabel 10b. Tabel Simplek Tahap II

Cj	Aktivitas	Sumber daya (Bj)	250	500	0	0	0	Ratio
			Aktivitas riil		Slack activities			
			X ₁	X ₂	S ₁	S ₂	S ₃	
500	X ₂	8	1/3	1	1,60	0	0	24
0	S ₂	300	50*	0	-2,5	1	0	6 LV
0	S ₃	480	60	0	-1	0	1	8
	Zj	4000	500/3	500	500/60	0	0	
	Zj - Cj	4000	EV	0	25/3	0	0	

Tabel 10c. Simplek Tahap III

Cj	Aktivitas	Sumber Daya (Bj)	250	500	0	0	0	Ratio
			Aktivitas riil		Slack activities			
			X ₁	X ₂	S ₁	S ₂	S ₃	
500	X ₂	6	0	1	1/30	-1/150	0	
250	X ₁	6	1	0	- 1/20	1/50	0	
0	S ₃	120	0	0	- 2	-6/5	1	
	Zj	4500	250	500	4,17	1,67	0	
	Zj - Cj	4500	0	0	4,17	1,67	0	

Selama $Z_j - C_j < 0$, berarti masih ada peluang untuk meningkatkan keuntungan. Dari Tabel Simplek I ternyata $Z_j - C_j$ negatif terbesar -500 , sehingga entering variable (EV) adalah X_2

Karena semua nilai $Z_j - C_j \geq 0$; maka solusi ini optimal pada kombinasi usahatani (aktivitas):

$X_1 = 6$; berarti 6 unit produksi telur (1500 kg telur/bulan)

$X_2 = 6$; berarti 6 unit produksi ayam pedaging (1800 kg ayam pedaging/bulan)

$S_3 = 120$; berarti terdapat 120 m² ruangan kandang tersisa

$S_1 = 0$; berarti semua tenaga kerja terpakai untuk kegiatan produksi

$S_2 = 0$; berarti semua pakan habis terpakai dalam kegiatan produksi telur dan ayam pedaging.

Pada kombinasi usahatani tersebut, total keuntungan adalah sebesar Rp 4,5 juta/bulan. Hasil analisis ini sesuai dengan tingkat keuntungan yang diperoleh melalui pendekatan grafis pada contoh 1.

Harga bayangan (shadow price) dari tenaga kerja adalah 4,17 artinya bahwa jika kita tambahkan 1 HOK tenaga ke dalam usahatani akan meningkatkan pendapatan sebesar Rp 4.170/bulan. Harga bayangan pakan adalah sebesar 1,67 artinya jika pakan ditambahkan 1 kg ke dalam sistem usahatani, maka pendapatan akan meningkat sebesar Rp. 1.670/bulan.

Model LP dengan metoda Simpleks ini bisa digunakan untuk pengambilan keputusan kombinasi usahatani dimana terdapat lebih dari 2 alternatif usahatani (aktivitas) dan lebih dari 2 jenis sumberdaya. Beberapa perangkat lunak (software) yang bisa digunakan untuk analisis optimasi menggunakan model LP antara lain : LP88, QSB, MPSX, dan sebagainya.

ANALISIS REGRESI DAN KORELASI

Dalam penelitian baik teknis maupun sosial ekonomi, peneliti sering menjumpai beberapa variable yang diduga mempunyai hubungan

satu sama lain. Apakah dua variable mempunyai hubungan yang berlawanan arah (negatif) atau searah (positif), dapat diduga dengan analisis korelasi. Sedangkan seberapa jauh bentuk hubungan tersebut (secara kuantitatif) dapat diduga melalui analisis regresi. Sebagai contoh, tingkat produksi/ha tanaman padi dipengaruhi oleh takaran penggunaan pupuk, apakah penggunaan pupuk benar-benar mempengaruhi tingkat produksi, serta apakah pengaruhnya negatif atau positif, dapat diduga dengan analisis korelasi.

Secara matematis, koefisien korelasi dirumuskan sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{(\sum X - X)\}^2 \{n \sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

atau

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\{(\sum x - x)\}^2 \{ \sum (y - \bar{y})^2 \}}}$$

dimana: r = koefisien korelasi; n = banyak sampel (pengamatan); x = penggunaan pupuk (kg/ha); y = produktivitas padi (kg/ha); \bar{x} = penggunaan pupuk rata-rata; \bar{y} = produksi padi rata-rata

Besaran koefisien korelasi menunjukkan keeratan hubungan antara penggunaan pupuk dengan tingkat produksi. Tanda "positif" dari koefisien korelasi menunjukkan hubungan yang searah, yaitu makin tinggi penggunaan pupuk makin tinggi pula tingkat produksi. Sebaliknya, tanda negatif menunjukkan hubungan yang berlawanan arah, yaitu jika penggunaan pupuk ditingkatkan maka produksi akan menurun. Bila r tidak berbeda nyata dengan nol, berarti antara x dan y tidak mempunyai hubungan yang jelas.

Secara kuantitatif, bentuk hubungan kedua variable tersebut dapat diduga melalui analisis regresi. Bentuk hubungan tersebut bisa linier, kuadratik, kubik, logaritmik atau bentuk lainnya. Dalam contoh ini digunakan bentuk yang paling sederhana, yaitu regresi linier

Tabel 11. Hubungan Antara Takaran Pupuk Urea dengan Produktivitas Padi

No. Sampel	Yi = produktivitas Padi (kg/ha)	Xi = takaran urea (kg/ha)	XiYi
1	3.500	0	0
2	3.700	50	185.000
3	3.900	75	292.500
4	4.100	100	410.000
5	4.500	125	562.500
6	4.800	150	720.000
7	5.000	175	875.000
8	5.200	200	1.040.000
9	5.350	225	1.203.750
10	5.400	250	1.350.000
Total (Σ)	45.450	1.350	6.638.750
Rata-rata (y dan x)	4.545	135	
Σ Y ² or Σ X ²	211.072.500	240.000	
(ΣY) ² or (ΣX) ²	206.570.250	1.822.500	

$$r = \frac{10(6638750) - (1350)(45450)}{\sqrt{\{10(240000) - 1822500\}(10(211072500) - 2065702500)}}$$

$$= \frac{5030000}{\sqrt{26000493750000}} = \frac{5030000}{5099068} = 0,986$$

$$b = \frac{10(6638750) - (1350)(45450)}{10(240000) - (1822500)} = 8,71$$

$$a = 4.540 - 8,71(135) = 3.364$$

seederhana. Untuk bentuk lainnya dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer. Bentuk hubungan linier dari dua variable dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Y_i = a + bX_i + e_i$$

dimana: Y_i =Variable Y pada pengamatan ke I; X_i = Variabel X pada pengamatan ke I; e_i = error pada pengamatan ke i

Dalam hal ini diasumsikan bahwa Y_i ditentukan oleh X_i, sehingga Y_i disebut sebagai variabel tak bebas (dependent variable), dan X_i sebagai variabel bebas (independent variable).

Berapa besar pengaruh X_i terhadap Y_i diukur berdasarkan nilai koefisien regresi (b). Jika b tidak berbeda nyata dengan nol, maka Y_i

tidak ditentukan oleh X_i. Karena itu analisis regresi diawali dengan hipotesis :

$$H_0 : b = 0 \text{ dan } H_1 : b \neq 0$$

Nilai b dapat diduga dengan metoda kuadrat terkecil, biasa atau sering disebut Ordinary Least Square atau sering disingkat dengan OLS. Metoda ini menganut pendekatan kuadrat penyimpangan (error) terkecil (Kelejian and Oates, 1974; Walpole, 1982; Gomez and Gomez, 1984; and Maddala, 1988). Secara matematis nilai duga dari b dan a adalah:

$$b = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{\sum (X_i - X)(Y_i - Y)}{\sum (X_i - X)^2}$$

atau:

$$b = \frac{\sum (X_1 - X)(Y_1 - Y)}{\sum (X_1 - X)^2}$$

Selanjutnya: $a = Y - bX$

Berikut ini disajikan contoh analisis korelasi dan regresi linier sederhana dari hasil percobaan pengaruh penggunaan pupuk terhadap produksi padi.

Dari analisis korelasi di atas, diperoleh koefisien korelasi (r) = 0,986. Ini berarti bahwa takaran penggunaan pupuk mempunyai korelasi yang sangat kuat terhadap tingkat produktivitas padi. Tanda positif menunjukkan bahwa makin tinggi takaran pupuk urea/ha makin tinggi pula produktivitas padi per hektar.

Berdasarkan analisis regresi linier sederhana, diperoleh koefisien regresi (b) = 8,71 dan konstanta intercept (a) = 3.364. Berdasarkan hasil analisis diperoleh persamaan: $Y_i = 3.364 + 8,71 X_i$. Ini berarti bahwa tanpa penggunaan pupuk urea produksi padi yang diperoleh hanya sebesar 3.364 kg/ha. Jika dilakukan pemupukan urea, maka tiap 1 kg pupuk urea/ha akan diperoleh tambahan produksi sebesar 8,71 kg/ha. Contoh ini tentu sangat sederhana dan masih mengandung kelemahan, karena hubungan takaran pupuk dan produksi biasanya berbentuk kuadrat (bukan linier). Untuk regresi yang lebih kompleks, analisis bisa dilakukan dengan menggunakan komputer. Program-program (*software*) yang dapat digunakan antara lain: Microstat, IRR-STAT, Limdep, TSP, SAS, dsb.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Terdapat banyak alat analisis yang dapat digunakan, baik untuk mengevaluasi layak tidaknya suatu teknologi, maupun mengukur tingkat keeratan hubungan antar peubah ekonomi pada sistem usahatani. Dalam melakukan litkaji, peneliti dan penyuluh di BPTP harus bijaksana dalam memilih alat analisis, sesuai dengan jenis dan tujuan litkaji yang dilakukan.

2. Analisis Budget Parsial Sederhana dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja suatu teknologi, baik itu teknologi petani maupun teknologi introduksi yang sedang dikaji. Dalam analisis ini, keuntungan bersih usahatani, R/C atau B/C dapat digunakan sebagai indikator kelayakan suatu teknologi.
3. Analisis budget parsial dengan konsep *Losses* dan *Gains* dapat digunakan untuk membandingkan dua paket teknologi, yaitu antara paket teknologi yang sudah ada sebelumnya dengan teknologi baru yang diintroduksikan. Dalam analisis ini peneliti dan penyuluh mengidentifikasi semua tambahan biaya yang dikeluarkan akibat mengubah teknologi, sebagai komponen losses. Sebaliknya, semua penghematan biaya dan tambahan penerimaan juga diidentifikasi sebagai komponen gains. Tambahan keuntungan bersih dan marginal B/C atau incremental B/C dapat digunakan sebagai indikator layak tidaknya perubahan teknologi tersebut.
4. Jika peneliti dan penyuluh mengkaji tanaman tahunan atau ternak yang melibatkan investasi jangka panjang (*multi years*), maka alat analisis yang paling sesuai adalah analisis investasi usahatani jangka panjang (sering disebut Evaluasi Proyek). Angka NPV dan IRR dapat digunakan sebagai indikator kelayakan investasi.
5. Jika peneliti dan penyuluh ingin memperoleh kombinasi optimal dari penguasaan sumberdaya petani dan alternatif usaha yang ada, maka alat analisis yang sesuai adalah LP.
6. Analisis Regresi dan Korelasi lebih sesuai digunakan untuk mengevaluasi tingkat keeratan hubungan antara berbagai peubah agronomis atau ekonomi pertanian, seperti hubungan antara dosis penggunaan pupuk dengan produktivitas, hubungan antara jarak tanam dengan produktivitas, hubungan antara umur sapi perah dan volume pakan konsentrat dengan produksi susu harian, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bronson, R. 1982. Operation Research. Schaum's Outline Series. Theory and Problems, McGraw-Hill Book Company. New York.
- Dent, J.B., S.R. Harrison, K.B. Woodford (1986), Farm Planning with Linear Programming : Concept and Practice, Butterworths, Sydney, Australia.
- Gittinger, J.P. (1982). Economic Analysis of Agricultural Project. Second Edition. Johns Hopkins Baltimore, USA.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez, 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley & Sons. Singapore.
- Kelejian, H.H. and W.E. Oates. 1974. Introduction to Econometrics. Principle and Applications. Happer & Row Publisher. New York.
- Maddala, G.S. 1988. Introduction to Econometrics. Macmillon Publishers Co. London.
- Taha, H.A. 1982. Operations Research : An Introduction. Fourth Edition. Macmillan. New York, London.
- Walpole, R.E. 1982. Introduction to Statistics. Third Edition. Mac Millan Publishing Co., Inc. New York.