

ESTIMASI TINGKAT EFISIENSI USAHATANI PADI DENGAN FUNGSI PRODUKSI FRONTIR STOKASTIK

*Sumaryanto*¹

ABSTRACT

For years ahead, the growth of productivity (yield) will become the major source of rice production, especially with the limited and decreasing fund to expand the rice field. Therefore, the rice farming need to be conducted more efficiently, which means the management skills of farmers need to be improved. The objective of this study is to estimate the level of efficiency on rice farming and to see its (distribution) among farmers. The results of the study will help the policy makers on designing and improving the agricultural extension strategy.

Key words: *efficiency, productivity, stochastic frontier production function.*

ABSTRAK

Terbatasnya anggaran pembangunan yang dialokasikan untuk melakukan perluasan areal tanam padi mempunyai implikasi bahwa dalam beberapa tahun mendatang ini sumber pertumbuhan produksi padi akan bertumpu pada peningkatan produktivitas. Dalam konteks demikian itu maka kapasitas managerial dalam pengelolaan usahatani harus ditingkatkan agar produktivitas yang dicapai dapat mendekati potensi maksimal. Dengan kata lain, usahatani padi harus ditingkatkan efisiensinya. Dengan pendekatan fungsi produksi frontier stokastik, penelitian ini mencoba mengestimasi tingkat efisiensi yang dicapai dan mengkaji sebarannya diantara petani padi di tiga kabupaten penghasil utama beras di Indonesia. Informasi yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan berguna untuk membantu menyempurnakan strategi penyuluhan pertanian, khususnya dalam bidang usahatani padi.

Kata kunci: *efisiensi, produktivitas, fungsi produksi frontir stokastik.*

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang dihadapi pemerintah dalam meningkatkan produksi beras adalah bahwa dalam beberapa tahun terakhir ini produktivitas usahatani padi cenderung tidak stabil dan mengalami kemandegan (*levelling-off*). Ini dapat disimak misalnya dalam dalam Simatupang, (2000); Sawit, (2001); BAPPENAS – USAID, (2000); Anonymous, (2000/2001^a dan 2000/2001^b) dan

¹ Staf Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.

Rosegrant *et. al.* (1997). Dalam konteks demikian itu menurunnya kemampuan pemerintah untuk melakukan perluasan areal pesawahan mempunyai implikasi yang sangat serius terhadap prospek pertumbuhan produksi beras.

Penawaran padi agregat adalah merupakan penjumlahan horizontal penawaran individu. Penawaran individu adalah jumlah yang disediakan untuk dipasarkan dalam harga tertentu, pada waktu tertentu dan jumlah itu berkaitan erat dengan seberapa banyak yang dapat diproduksi oleh petani. Dengan demikian, persoalan-persoalan pada lingkup makro (nasional) seperti misalnya prospek penyediaan pangan pada akhirnya harus dapat diurai dalam aspek-aspek mikro dan praktikal, karena dunia nyata adalah dunia praktikal. Benar bahwa apa yang terjadi di lingkup makro (misalnya kebijakan harga) akan mempengaruhi motivasi petani dalam berusahatani, tetapi begitu petani telah mengambil keputusan untuk menjalankan usahatani, hal-hal teknislah yang akan mendominasi apa yang akan dialami olehnya.

Oleh sebab itu, seraya secara konsisten terus mengkaji implikasi dari dinamika lingkungan strategis global terhadap masa depan pertanian (dalam konteks ini khususnya pangan); perumusan program-program pengembangan kapasitas managerial petani harus terus dilakukan, karena tanpa itu segala rekomendasi yang dihasilkan dari antisipasi terhadap implikasi perubahan lingkungan strategis tersebut hanya akan menjadi rangkaian kalimat menarik di atas kertas.

Dalam jangka pendek, peningkatan efisiensi usahatani sangat layak ditempuh. Untuk itu informasi mengenai sejauh mana sesungguhnya tingkat efisiensi yang dicapai oleh petani dan bagaimana variasinya antar daerah sangat diperlukan sebagai titik pijak dalam menyusun perencanaan program peningkatan efisiensi usahatani.

Efisiensi dalam pengelolaan usahatani berkaitan dengan kapasitas atau kapabilitas managerial petani. Jangkauan petani terhadap informasi yang dibutuhkan dalam memperbaiki kinerja pengelolaan usahatani beragam, baik antar individu, antar kelompok ataupun antar daerah. Oleh sebab itu kapabilitas petani dalam mengakumulasikan, memilah dan mengolah informasi yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan dalam mengelola usahatani tentu saja bervariasi.

Jika kapasitas managerial petani dalam mengelola usahatani meningkat maka dapat diharapkan terjadinya peningkatan efisiensi. Artinya, untuk sejumlah paket masukan yang digunakan dapat dihasilkan lebih banyak produksi; atau untuk menghasilkan sejumlah produk tertentu digunakan masukan yang lebih rendah. Dalam pengertian penggunaan masukan tersebut, aspek yang tercakup bukan hanya jumlah dan proporsi antar komponen, tetapi juga prosedurnya yakni bagaimana cara mengaplikasikannya, kapan, seberapa banyak dan sebagainya.

Sesuai dengan mandatnya, Departemen Pertanian selama ini telah memfasilitasi agar jangkauan petani terhadap informasi tersebut meningkat. Ini

dilakukan secara simultan dari dua sisi sekaligus, yakni: (a) Meningkatkan kuantitas dan kualitas informasi yang dibutuhkan dengan mengembangkan sistem kelembagaan, sarana dan prasarana penyuluhan, dan sebagainya; (b) Meningkatkan daya jangkau petani terhadap informasi yang dilakukan dengan cara penyuluh secara langsung petani-petani sasaran, baik secara kelompok maupun secara individual.

Mengingat bahwa sumberdaya (terutama anggaran) yang ada sangat terbatas, maka penentuan skala prioritas menjadi penting. Dalam konteks ini, terutama harus dapat diidentifikasi kelompok sasaran penyuluhan mengenai peningkatan kapasitas managerial tersebut. Dengan demikian, pemetaan tentang tingkat efisiensi teknis usahatani padi harus dilakukan. Atas dasar argumen inilah penelitian ini dilakukan.

Penelitian ini ditujukan untuk mengetimasi tingkat efisiensi teknis yang dicapai dalam usahatani padi. Selain itu, juga ingin diketahui bagaimana sebarannya diantara petani dan variabel-variabel yang diduga mempengaruhi tingkat efisiensi yang dicapainya.

METODE PENELITIAN

Kerangka Pemikiran

Pada hakekatnya, petani tidak pernah tahu secara pasti seberapa besar sesungguhnya potensi maksimal yang dapat dicapai dari usahatannya, karena demikian banyak faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas. Dalam praktek, patokan yang seringkali digunakan adalah prestasi tertinggi yang pernah dialaminya atau dialami oleh petani sejenis yang dikenalnya. Tetapi, sekali lagi hal ini bukan merupakan potensi maksimal yang dapat dicapai. Pertanian adalah suatu proses produksi yang unik, dimana sebagai makhluk hidup maka perilaku tanaman yang dibudidayakannya tunduk pada *fitrah*-nya sendiri yakni proses fisiologi. Secara potensial, perilaku pertumbuhan vegetatif dan generatifnya tunduk pada karakteristik intrinsik yang sifatnya diwariskan (genotipe). Hasil yang dicapai pada akhirnya merupakan interaksi dari faktor-faktor genetis tersebut dengan lingkungan biofisik dimana tanaman tersebut dibudidayakan. Pada dasarnya, teknik budidaya pertanian adalah bagaimana memilih jenis (genotipe) tanaman sebagaimana yang diinginkan kemudian menumbuhkannya dalam lingkungan biofisik yang telah dimanipulasi sedemikian rupa sehingga sesuai dengan apa yang dibutuhkan tanaman untuk dapat bertumbuh kembang secara optimal.

Secara empiris, petani tidak selalu dapat mencapai tingkat efisiensi yang tinggi. Hasil yang dicapai merupakan resultante dari pengaruh faktor-faktor yang sifatnya eksternal (tak dapat dikendalikan oleh petani) dan faktor-faktor yang sifatnya internal (dapat dikendalikan oleh petani, sehingga karenanya dapat diperbaiki). Faktor-faktor yang sifatnya eksternal misalnya adalah perilaku

iklim (suhu, kelembaban, curah hujan, angin, dan sebagainya). Faktor-faktor yang sifatnya internal lazimnya berkaitan dengan kapabilitas manajerial dalam pengelolaan usahatani. Dalam konteks ini, determinan dari kapabilitas manajerial adalah penguasaan teknologi berproduksi dan kemampuan petani dalam mengakumulasi dan mengolah informasi sosial ekonomi.

Pada akhirnya, kapabilitas manajerial akan tercermin dari keluaran yang diperoleh ketika panen. Jika produksi yang diperoleh mendekati potensi maksimal yang dapat dicapainya, maka dapat disebut bahwa petani yang bersangkutan mengelola usahatani dengan tingkat efisiensi yang tinggi. Sebaliknya, jika produksi yang diperoleh jauh lebih rendah dari potensi maksimal yang secara teoritis dapat dicapai maka dapat dikatakan bahwa yang bersangkutan mengelola usahatannya dengan tingkat efisiensi yang rendah.

Secara garis besar, proses produksi tidak efisien karena dua hal berikut. Pertama, karena secara teknis tidak efisien. Ini terjadi karena ketidakberhasilan mewujudkan produktivitas maksimal, artinya per unit paket masukan (*input bundle*) tidak dapat dihasilkan produksi maksimum. Kedua, secara alokatif tidak efisien. Ini terjadi karena pada tingkat harga-harga masukan dan keluaran tertentu, proporsi penggunaan masukan tidak optimum karena produk penerimaan marginal (*marginal revenue product*) tidak sama dengan biaya marginal (*marginal cost*) masukan yang digunakan. Efisiensi ekonomi mencakup efisiensi teknis dan efisiensi alokatif.

Salah satu metode yang lazim digunakan untuk mengestimasi tingkat efisiensi teknis adalah melalui pendekatan dengan *stochastic production frontier*. Pendekatan seperti ini mula-mula diperkenalkan oleh Aigner, Lovell dan Schmidt (1977) maupun Meeusen dan van den Broek (1977). Pada tahun-tahun berikutnya, berbagai tinjauan dan pengembangan dilakukan. Battese dan Coelli (1988, 1992, 1995) dapat dikatakan sebagai kontributor utama pengembangan pendekatan ini. Nama-nama lain yang telah banyak melakukan tinjauan dan pengembangan adalah Schmidt (1986), Bauer (1990) ataupun Greene (1993), Jondrow *et al* (1982), Garcia dan Nelson (1993), Kumbhakar (1987), serta Waldman (1984).

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada pendekatan tersebut. Dalam jurnal ini, pendekatan serupa juga pernah digunakan oleh Erwidodo (1992^a dan 1992^b) maupun Siregar (1987). Dalam kurun waktu lima tahun terakhir, dapat disimak misalnya dalam Wilson *et al* (1998), ataupun Yao dan Liu (1998).

Bentuk umum dari *stochastic production frontier*, sebagaimana yang disajikan oleh Aigner *et al* (1977) adalah:

$$Q_i = Q(X_{ki}, \beta) e^{\epsilon_i} \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, n \\ k = 1, \dots, K \end{matrix} \dots\dots\dots (1)$$

Q_i = keluaran yang dihasilkan oleh observasi (petani) ke - i

X_{ki} = vektor masukan K yang digunakan oleh observasi ke - i

β = vektor koefisien parameter

ϵ_i = "specific error term" dari obserasi ke - i

Frontier stokastik disebut juga "*composed error model* " karena *error term* terdiri dari dua unsur:

$$\epsilon_i = v_i - u_i \quad i = 1, \dots, n \dots\dots\dots (2)$$

Unsur v_i adalah variasi keluaran (acak) yang disebabkan oleh faktor-faktor eksternal (misal iklim), sebarannya simetris dan menyebar normal ($v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$). Sedangkan u_i merefleksikan komponen galat (*error*) yang sifatnya internal (dapat dikendalikan petani) dan lazimnya berkaitan dengan kapabilitas managerial petani dalam mengelola usahatani. Komponen ini sebarannya asimetris (*one sided*) yakni $u_i \geq 0$. Jika proses produksi berlangsung efisien (sempurna) maka keluaran yang dihasilkan berimpit dengan potensi maksimalnya berarti $u_i = 0$. Sebaliknya jika $u_i > 0$ berarti berada di bawah potensi maksimumnya. Distribusi menyebar setengah normal ($u_i \sim \left|N(0, \sigma_u^2)\right|$). Menurut Aigner *et al* (1977), Jondrow *et al* (1982) ataupun Greene (1993), didefinisikan bahwa:

$$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2 \dots\dots\dots (3)$$

$$\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v} \dots\dots\dots (4)$$

Sementara itu, Battese dan Corra (1977) mendefinisikan γ sebagai variasi total daripada keluaran aktual terhadap frontimya sehingga:

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2} \dots\dots\dots (5)$$

Oleh sebab itu $0 \leq \gamma \leq 1$. Nilai dugaan γ dapat diperoleh dari σ^2 dan λ .

Jondrow *et. al.* (1982) juga membuktikan bahwa ukuran efisiensi teknis individual dapat dihitung dari ϵ_i pada (1). Nilai harapan u_i dengan syarat ϵ_i adalah:

$$E[u_i | \epsilon_i] = \frac{\sigma_u \sigma_v}{\sigma} \left[\frac{f(\epsilon_i \lambda / \sigma)}{1 - F(\epsilon_i \lambda / \sigma)} - \frac{\epsilon_i \lambda}{\sigma} \right] \quad i = 1, \dots, n \quad \dots (6)$$

dimana $f(\cdot)$ dan $F(\cdot)$ masing-masing merupakan fungsi densitas standar normal dan fungsi distribusi standard normal. Ukuran efisiensi teknis (TE_i) dihitung sebagai berikut:

$$TE_i = \exp(-E[u_i | \epsilon_i]) \quad i = 1, \dots, n \quad \dots (7)$$

jadi $0 \leq TE_i \leq 1$. Bentuk umum dari ukuran TE adalah $TE_i = E(Y_i^* | U_i, X_i) / E(Y_i^* | U_i = 0, X_i)$ (Coelli, 1996).

Metode pendugaan yang tidak bias adalah menggunakan *Maximum Likelihood* (Greene, 1982). Lampiran 1 menyajikan ringkasan pendugaan dengan metode tersebut.

Spesifikasi Model

Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$\ln y_i = \alpha_0 + \sum_k^n \beta_k \ln x_{ki} + \phi D_i + \epsilon_i \quad k = 1, \dots, 7 \quad \dots (8)$$

dimana $\epsilon_i = v_i - u_i$

- y = produksi (dalam kuintal)
- x_1 = luas lahan (hektar)
- x_2 = benih
- x_3 = pupuk N (urea dan atau ZA)
- x_4 = pupuk P (SP-36)
- x_5 = pupuk K (KCl)
- x_6 = pestisida dan input lainnya (diproksi dari nilainya)
- x_7 = tenaga kerja (jam kerja)
- D = peubah "dummy" musim, dimana: 0 = musim hujan, 1 = musim kemarau

Pendugaan parameter menggunakan metode *Maximum Likelihood* (MLE) dan komputasinya memanfaatkan program FRONTIER Version 4.1. yang diciptakan oleh Coelli (1996).

Untuk menyelidiki lebih jauh bagaimana sebaran dari tingkat efisiensi teknis diantara petani contoh, ditelaah pula bentuk sebarannya dengan menghitung ukuran kemencengan (*skewness*) distribusi TE.

Lokasi Penelitian dan Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di tiga kabupaten contoh yakni Subang, Cianjur (Jawa Barat) dan Sidrap (Sulawesi Selatan). Dalam penelitian ini dikhususkan usahatani padi di lahan sawah beririgasi teknis. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survey dengan mewawancarai petani contoh (instrumen: kuesioner). Pemilihan contoh dilakukan secara acak. Jumlah contoh di masing-masing lokasi berkisar antara 40 – 60 responden.

Data yang dikumpulkan terutama adalah masukan dan keluaran usahatani padi selama dua musim tanam yaitu Musim Hujan (MH) 1998/1999 dan Musim Kemarau (MK) 1999. Selain data tersebut, data tentang karakteristik rumah tangga petani juga dikumpulkan, tetapi yang disajikan dalam tulisan ini hanya data yang paling relevan dengan tujuan penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Sampel

Rata-rata luas garapan responden di lokasi penelitian adalah sebagai berikut. Rata-rata luas garapan terbesar adalah di Sidrap sedangkan yang terkecil di Cianjur (Tabel 1). Rata-rata luas garapan petani responden Subang, Cianjur, dan Sidrap masing-masing adalah 0.56, 0.33, dan 1.8 hektar per musim. Jumlah petani pemilik penggarap lebih kecil daripada penggarap bukan milik, terutama di Subang. Petani penggarap lahan orang lain ini umumnya memperoleh lahan garapan dengan cara menyewa dengan nilai sewa berkisar antara Rp. 3 – 4 juta/tahun (Subang), Rp. 3.8 – 5 juta/tahun (Cianjur), dan Rp. 2.5 – 3.8 juta/tahun (Sidrap). Meskipun jumlahnya lebih sedikit, terdapat pula beberapa petani penggarap sistem bagi hasil.

Angka-angka luas garapan tersebut jika dibandingkan dengan beberapa hasil penelitian Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian di berbagai wilayah adalah lebih besar. Terutama di Sidrap, hal ini disebabkan proporsi petani dengan luas garapan lebih kecil dari 0,25 hektar yang terambil sebagai sampel relatif kecil.

Sebagaimana halnya dengan petani di pedesaan Indonesia pada umumnya, dalam memenuhi kebutuhan keluarganya sebagian besar dari para petani tidak hanya menggantungkan pendapatannya dari usahatani semata. Meskipun demikian, pekerjaan utama mereka pada umumnya adalah petani padi.

Sebagian besar responden termasuk dalam usia produktif dan terutama yang berusia di bawah 40 tahun pada umumnya berbekal pendidikan formal minimal lulus Sekolah Dasar.

Tabel 1. Karakteristik Utama Petani Contoh di Lokasi Penelitian, 1998/1999

	Musim	Subang	Cianjur	Sidrap	
Rata-rata luas garapan (Ha)	MH	0.564 (0.354)	0.325 (0.262)	1.776 (1.195)	
	MK	0.567 (0.348)	0.325 (0.262)	1.774 (1.120)	
Status garapan (% responden)	MH	Pemilik	13.3	45.7	38.1
		Non pemilik	86.7	54.3	61.9
	MK	Pemilik	15.3	45.7	40.0
		Non pemilik	84.7	54.3	60.0
Rata-rata umur petani (tahun)		47.4	53.7	38.5	
Rata-rata tingkat pendidikan (tahun)		5.7	5.2	6.3	

Dalam usahatani padi, variasi produktivitas yang dicapai cukup besar, baik antar lokasi penelitian maupun antar petani di lokasi dan musim yang sama (perhatikan perbandingan antara nilai rata-rata dengan galat bakunya). Jika diperbandingkan antar lokasi, tampak bahwa produktivitas tertinggi adalah di Cianjur, sedangkan yang terendah di Subang (Tabel 2).

Di Subang dan Cianjur, produktivitas usahatani musim hujan cenderung lebih tinggi daripada musim kemarau. Sebaliknya, di Sidrap produktivitas usahatani padi tampaknya justru lebih tinggi pada musim kemarau. Di Cianjur, produktivitas pada musim hujan dan musim kemarau masing-masing mencapai 59.8 dan 57.0 kw/hektar; di Subang dengan urutan yang sama angkanya adalah 45.3 dan 42.4 kw/hektar, sedangkan di Sidrap adalah 51.6 dan 55.3 kw/hektar gabah kering panen.

Sebagian besar petani menanam padi varietas IR-64. Rata-rata penggunaan benih padi di Subang dan Sidrap hampir sama yakni sekitar 34 – 35 kg/ha. Penggunaan benih di Cianjur lebih tinggi yakni sekitar 39 kg/ha, karena frekuensi petani yang menggunakan benih padi bertabel lebih sedikit.

Dari Tabel 2 tersebut juga tampak bahwa secara umum rata-rata penggunaan masukan dalam usahatani padi di Cianjur cenderung lebih tinggi daripada dua lokasi penelitian lainnya. Hal ini bukan semata-mata akibat rata-rata luas garapan yang lebih sempit, tetapi secara empiris memang usahatani padi yang dilakukan responden di lokasi penelitian di Cianjur lebih intensif daripada petani responden di dua lokasi penelitian lainnya.

Tabel 2. Produktivitas Usahatani dan Penggunaan Masukan dalam Usahatani Padi di Lokasi Penelitian, 1998/1999 *)

	Subang		Cianjur		Sidrap	
	MH	MK	MH	MK	MH	MK
Produktivitas(kw/ha)	45.25 (16.60)	42.37 (14.50)	59.84 (10.00)	57.02 (10.61)	51.63 (17.55)	53.26 (16.23)
Benih (kg/ha)	34.63 (8.21)	35.15 (9.35)	38.84 (10.74)	39.28 (10.92)	34.17 (2.97)	34.91 (4.86)
Pupuk Urea (kg/ha)	234.88 (102.90)	247.30 (99.95)	272.26 (93.98)	271.34 (89.33)	231.72 (82.73)	233.72 (80.76)
Pupuk SP-36*	130.75 (66.09)	129.50 (67.38)	150.77 (92.43)	150.32 (92.07)	97.33 (56.82)	92.32 (50.42)
Pupuk KCl*	87.99 (28.46)	88.58 (29.02)	68.49 (25.18)	69.34 (25.17)	50.01 (25.21)	50.82 (27.84)
Masukan lain (Rp.000/ha)	86.13 (69.56)	85.70 (73.18)	117.67 (102.53)	94.06 (92.48)	21.24 (13.84)	24.36 (16.95)
Tenaga kerja pria (Jam kerja/ha)	892.48 (418.31)	894.23 (445.97)	872.46 (403.54)	903.35 (462.15)	794.30 (421.60)	731.65 (452.44)
Tenaga Kerja wanita (Jam kerja/ha)	433.66 (236.09)	417.79 (243.49)	479.52 (233.98)	425.33 (249.17)	350.47 (80.33)	350.69 (46.65)
Rata-rata luas garapan (ha)	0.56 (0.35)	0.57 (0.35)	0.32 (0.26)	0.32 (0.26)	1.88 (1.19)	1.77 (1.12)

*) angka dalam kurung menunjukkan galat baku (*standard error*)

Variasi yang tinggi dalam penggunaan masukan lainnya (diproksi dari nilainya) seperti ongkos tambahan untuk memperoleh jadwal pengolahan tanah (pentraktor) sesuai yang diinginkan petani, biaya untuk pengadaan pestisida, zat perangsang tumbuh, pupuk daun, biaya untuk mempermudah memperoleh air irigasi tepat waktu, ataupun pungutan-pungutan lainnya umumnya cukup tinggi. Hal ini mudah dipahami karena seringkali bersifat insidental dan variasi yang dihadapi antar petani cukup besar.

Fungsi Produksi Frontir Stokostik

Hasil estimasi fungsi produksi frontir stokastik tertera pada Tabel 3. Ternyata bahwa nilai γ pada umumnya mendekati 1 (> 0.9). Jadi, galat satu sisi (*one-sided error*) u_i mendominasi sebaran galat simetris dari v_i . Hal ini juga didukung dari *LR test of the one sided error* yang sangat nyata sebagaimana terlihat pada Tabel 3. Fenomena demikian ini, menurut Dawson dan Lingard

(1989) merupakan bukti bahwa hampir semua variasi dalam keluaran dari produksi frontir dapat dianggap sebagai akibat dari tingkat pencapaian efisiensi teknis yang berkaitan dengan persoalan managerial dalam pengelolaan usahatani.

Tabel 3. Hasil Dugaan Parameter Fungsi Produksi Frontir Stokastik *)

	Subang	Cianjur	Sidrap
Intersep (β_0)	6.5093 (0.8663)	2.7365 (0.5224)	6.1380 (0.9617)
Lahan (β_1)	1.4055*** (0.1329)	0.6841*** (0.0797)	1.4498*** (0.2372)
Benih (β_2)	-0.5817*** (0.1444)	-0.0907** (0.0525)	-0.5047*** (0.2178)
Pupuk N (β_3)	0.1317*** (0.0532)	0.0773* (0.0427)	0.0744*** (0.0307)
Pupuk P (β_4)	-0.0799* (0.0459)	-0.0739*** (0.0337)	-0.0414 (0.0379)
Pupuk K (β_5)	-0.0273 (0.0424)	0.1202*** (0.0472)	0.1200*** (0.0355)
Masukan lain (β_6)	0.0409 (0.0381)	0.0117 (0.0171)	-0.0741 (0.0472)
Tenaga kerja (β_7)	-0.1145 (0.1008)	-0.0928** (0.0498)	0.0789*** (0.0325)
Peubah "dummy" musim (φ)	-0.1274*** (0.0412)	-0.0525** (0.0311)	0.0234 (0.0374)
σ^2	0.3774 (0.0597)	0.0982 (0.0073)	0.3373 (0.0179)
γ	0.9998 (0.0001)	0.9999 (0.0000)	0.9997 (0.0000)
log likelihood function	-29.5732	40.7007	-12.7714
LR test of the one-sided error	20.5425	22.9783	47.7877

1) angka dalam kurung menunjukkan galat baku (standard error).

*** : nyata pada $\alpha = 0.01$

** : nyata pada $\alpha = 0.05$

* : nyata pada $\alpha = 0.10$

Dari Tabel 3 tampak bahwa di semua lokasi penelitian pengaruh luas lahan sangat nyata dan positif. Ini merupakan bukti nyata bahwa tingkat produksi masih berbanding lurus dengan luas garapan. Dengan kata lain di lokasi penelitian belum ada petani yang menemukan terobosan-terobosan

teknologi yang inovatif yang memungkinkan peningkatan produktivitas secara nyata.

Nilai dugaan parameter untuk benih yang negatif dan nyata menunjukkan bahwa penggunaan benih cenderung berlebih sehingga karenanya dapat dikurangi. Secara teoritis, jika viabilitas benih tinggi (di atas 95 %) dan cara pembenihan, pemindahan benih dan penanaman dilakukan dengan baik maka kebutuhan benih untuk usahatani padi memang hanya sekitar 25 – 30 kg per hektar.

Fenomena lain yang menarik adalah hasil dugaan parameter untuk pupuk. Kecuali untuk pupuk K, respon produksi terhadap aplikasi pemupukan di tiga lokasi yang diteliti ternyata menunjukkan kecenderungan yang sama.

Respon produksi terhadap pupuk N (Urea) masih positif, sedangkan terhadap pupuk P negatif. Hal ini mempunyai implikasi bahwa dengan aplikasi pemupukan aktual maka produksi dapat ditingkatkan apabila penggunaan pupuk Urea ditambah dan di sisi lain pupuk Phosphat dapat dikurangi.

Untuk pupuk K (KCl), respon produksi di Cianjur dan Subang adalah positif dan nyata, sedangkan di Subang negatif meskipun tidak nyata. Implikasinya, dosis pemupukan K di Cianjur dan Sidrap perlu ditambah, sementara itu di Subang dapat dikurangi meskipun pengurangannya dalam jumlah yang sangat marginal.

Dari sudut pandang teori agronomi alokasi optimal pupuk makro (N, P, K) dipengaruhi oleh banyak faktor seperti pH tanah, kandungan unsur-unsur lain yang mempengaruhi ketersediaan pupuk makro tersebut, kapasitas tukar kation (KTK) tanah, cara pemupukan dan karakteristik pupuk yang diaplikasikan (kandungannya, struktur fisiknya). Dalam konteks demikian itu, perlu dipertimbangkan pula pengaruh kualitas air irigasi dan pengelolaannya karena dalam air irigasi tersebut terlarutkan pula berbagai unsur kimia baik yang sifatnya menambah ketersediaan unsur hara bagi tanaman ataupun secara tidak langsung dapat berakibat negatif bagi daya serap tanaman terhadap unsur-unsur hara akibat perubahan pH tanah.

Hasil estimasi juga menunjukkan bahwa di Subang dan Cianjur ada kecenderungan penggunaan tenaga kerja telah berlebih. Sementara itu, respon produksi terhadap penggunaan tenaga kerja di Sidrap masih positif. Tampaknya hal ini berkaitan pula dengan luas garapan dan ketersediaan tenaga kerja di lokasi yang bersangkutan. Sebagaimana diketahui, rata-rata luas garapan di Subang dan Cianjur jauh lebih kecil dari rata-rata luas garapan di Sidrap, sementara itu ketersediaan tenaga kerja di Subang dan Cianjur jauh lebih banyak daripada di Sidrap.

Searah dengan fenomena produktivitas antar musim yang terjadi di masing-masing lokasi penelitian sebagaimana terlihat pada Tabel 2, hasil estimasi (Tabel 3) juga menunjukkan bahwa pengaruh peubah "dummy" musim

di Subang dan Cianjur adalah negatif dan nyata, sedangkan di Sidrap positif meskipun tidak nyata.

Tingkat Efisiensi Teknis dan Faktor-faktor yang Mempengaruhinya

Tingkat efisiensi teknis (TE) usahatani padi di lokasi penelitian padi tiap musim tertera pada Tabel 4. Ternyata, TE tertinggi adalah di Cianjur sedangkan yang terendah di Subang. Rata-rata TE di Cianjur mencapai 0.8 sedangkan di Subang dan Sidrap masing-masing adalah 0.6 dan 0.7. Selanjutnya, sebagaimana tercermin dari nilai galat bakunya, heterogenitas TE di Subang dan Sidrap ternyata juga lebih besar. Menyimak ukuran dari kemencengan sebaran (*skewness*), sebaran TE di Cianjur dan Sidrap lebih menceng daripada di Cianjur (secara visual tampak pula dari Gambar 1).

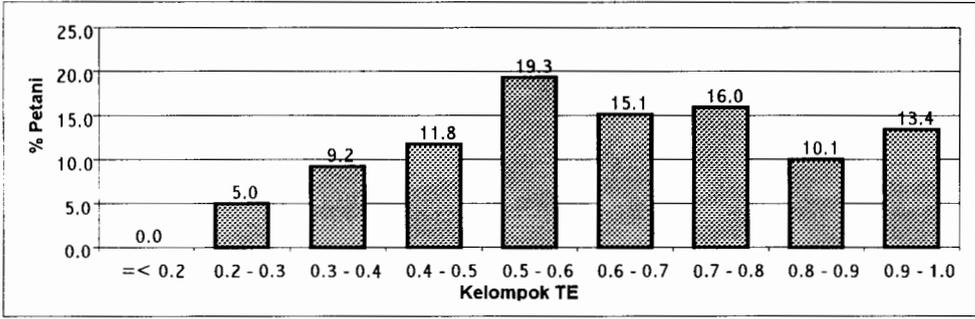
Tabel 4. Rata-rata Tingkat Efisiensi Teknis Usahatani Padi di Tiga Lokasi Penelitian, 1999

	Subang	Cianjur	Sidrap
Rata-rata	0.6355	0.8047	0.7138
Standard deviasi	0.2037	0.1426	0.2177
"Skewness"	0.0088	-0.8811	-0.8086

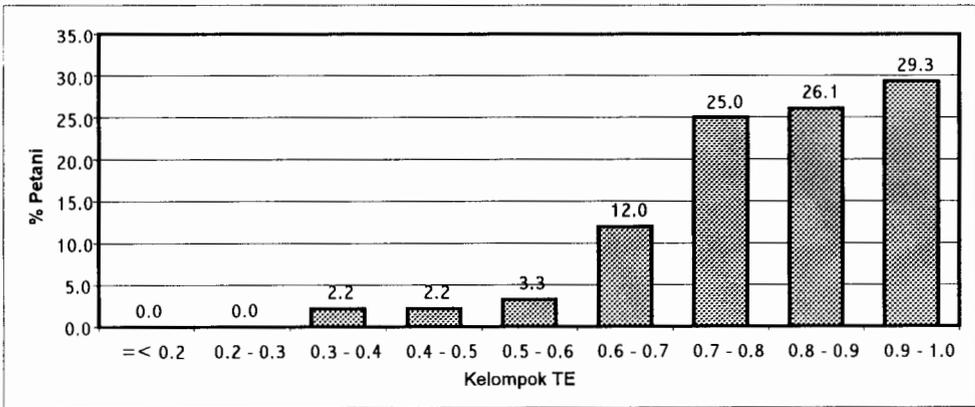
Besaran dan sebaran TE mempunyai implikasi yang penting dalam penyusunan strategi penyuluhan tentang peningkatan kapabilitas managerial usahatani. Dalam konteks ini, seyogyanya kelompok sasaran diarahkan pada petani dengan TE di bawah 0.7. Ini dilandasi argumen berikut. Pertama, perbedaan (*gap*) antara produktivitas aktual dengan potensi maksimum yang semestinya dapat dicapai cukup besar. Kedua, peluang memperoleh peningkatan produktivitas pada umumnya lebih besar dan peningkatan yang terjadi cukup nyata (*significant*) sehingga bukan saja dampaknya dapat dirasakan oleh petani, tetapi juga memiliki efek demonstrasi yang positif. Atas dasar argumen itu, identifikasi lebih lanjut mengenai sebaran TE penting dilakukan.

Di Subang, frekuensi terbesar (19 persen petani) mencapai TE sekitar 0.5 – 0.6. Proporsi petani yang berhasil mencapai TE 0.7 ke atas adalah sekitar 39 persen. Artinya sebagian besar (61 persen) petani layak menjadi sasaran program penyuluhan peningkatan kapabilitas managerial usahatani.

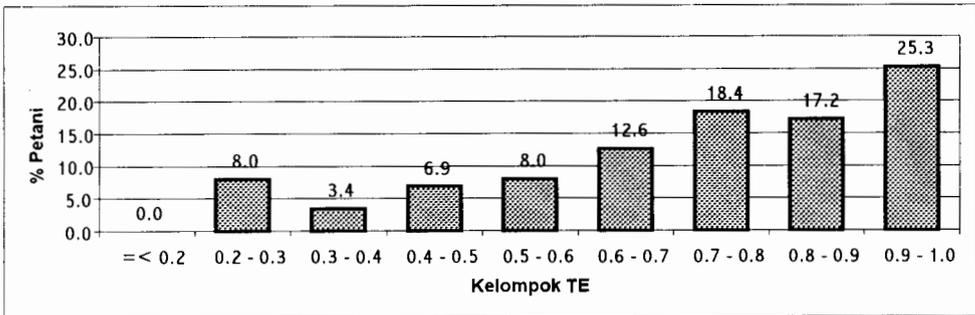
Di Cianjur, hanya sekitar 20 persen petani yang layak menjadi sasaran utama penyuluhan peningkatan kapabilitas managerial usahatani, sedangkan di Sidrap sekitar 40 persen petani. Sebagaimana terlihat pada Gambar 1, petani di Cianjur yang TE-nya kurang dari 0.7 hanya sekitar 20 persen, sedangkan di Sidrap sekitar 40 persen.



Subang



Cianjur



Sidrap

Gambar 1. Sebaran Petani Menurut Tingkat Pencapaian Efisiensi Teknis (TE) dalam Usahatani Padi di Lokasi Penelitian, 1998/1999

Dari hasil analisis korelasi antara TE dengan variabel-variabel yang diduga kuat berhubungan dengan kapabilitas managerial petani dalam usahatani padi ternyata tidak dapat diambil kesimpulan umum yang tegas karena fenomena antar lokasi cukup bervariasi (Tabel 5). Di ketiga lokasi penelitian, korelasi antara TE dengan luas garapan bukan saja kecil tetapi juga tidak nyata sehingga dapat disimpulkan bahwa TE yang dicapai petani tidak berhubungan dengan luas garapan. Dengan kata lain, luas garapan tidak dapat digunakan sebagai variabel yang dapat digunakan untuk mendeliniasi kelompok sasaran ($TE < 0.7$).

Tabel 5. Korelasi Antara TE dengan Variable-variabel yang Diduga Berpengaruh Terhadap Kapasitas Managerial Petani dalam Usahatani Padi

	Luas garapan	Rasio tenaga wanita/pria	Pekerjaan utama	Status garapan	Umur	Tingkat pendidikan
Subang	0.1423 (0.1227)	-0.0479 (0.6053)	-0.1002 (0.2784)	-0.3268*** (0.0003)	-0.3544*** (0.0001)	0.0059 (0.9495)
Cianjur	-0.0179 (0.8656)	0.0053 (0.9601)	0.1061 (0.3143)	0.0985 (0.3503)	-0.0701 (0.5064)	0.0270 (0.7986)
Sidrap	0.1341 (0.2156)	-0.2145** (0.0461)	-0.1008 (0.3530)	0.2275** (0.0341)	-0.1260 (0.2448)	0.1257 (0.2462)

Di Subang, faktor yang berkorelasi nyata dengan TE adalah status garapan usahatani dan umur petani. Ternyata, TE yang dicapai petani pemilik penggarap cenderung lebih baik daripada non pemilik. Selain itu, ternyata efisiensi teknis dalam pengelolaan usahatani padi di kalangan petani yang umurnya lebih muda juga lebih tinggi daripada yang berusia lebih tua. Diduga hal ini disebabkan petani-petani yang berusia lebih muda lebih mampu mengakumulasikan, memilah dan mengolah informasi-informasi dan teknik-teknik budidaya padi yang lebih produktif.

Di Sidrap, korelasi antara TE dengan status garapan berkebalikan dengan apa yang terjadi di Subang. Di Sidrap justru petani non pemilik umumnya dapat mengelola usahatani padi dengan efisiensi teknis yang lebih tinggi daripada non pemilik.

Di Cianjur, tingkat pencapaian TE yang tinggi yang melebihi apa yang dicapai oleh petani-petani di Subang dan Sidrap tidak mempunyai hubungan yang kuat dengan variabel-variabel tersebut di atas. Di lokasi ini tercapainya tingkat efisiensi yang tinggi disebabkan oleh peranan Kelompok Tani yang jauh lebih baik daripada di kedua lokasi penelitian tersebut di atas. Peranan Kelompok Tani yang kuat ini bukan hanya dalam meningkatkan produktivitas usahatani padi tetapi secara komprehensif juga mencakup pemecahan masalah

yang berhubungan dengan optimalisasi pemanfaatan air irigasi dan peningkatan intensitas tanam (Sumaryanto *et al* , 1999).

Berkaitan dengan fenomena yang dijumpai di Cianjur tersebut apakah berarti pemberdayaan peranan kelompok di lokasi lain dapat secara nyata meningkatkan efisiensi usahatani? Secara teoritis semestinya demikian, tetapi secara empiris masih membutuhkan pengkajian lebih lanjut.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASINYA

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dari tiga lokasi yang diteliti pada tahun 1999, ternyata tingkat efisiensi teknis (TE) dalam pengelolaan usahatani padi bervariasi antar daerah, namun sebagian besar petani (lebih dari 50 persen) telah mencapai level TE lebih dari 0.6. Rata-rata TE yang dicapai petani di Subang, Cianjur dan Sidrap dalam usahatani padi masing-masing adalah 0.64, 0.80, dan 0.71.

Di Subang, Cianjur dan Sidrap, proporsi petani yang mencapai TE lebih dari 0.7 masing-masing adalah 40, 80, dan 60 persen. Oleh sebab itu jika fokus sasaran program perbaikan kapabilitas managerial usahatani di arahkan pada kelompok petani yang tingkat pencapaian TE-nya kurang dari 0.7, maka proporsi petani yang layak menjadi kelompok sasaran di Subang, Cianjur, dan Sidrap masing-masing adalah 60, 20 dan 40 persen.

Penelitian ini telah berhasil memetakan sebaran TE yang dicapai petani dan respon produksi terhadap tingkat penggunaan faktor-faktor produksi utama (benih, pupuk, tenaga kerja). Beberapa temuan dapat digunakan sebagai landasan dasar dalam menyusun strategi penyuluhan perbaikan kapabilitas managerial usahatani, khususnya yang berkaitan dengan penajaman skala prioritas terutama wilayah sasaran. Di sisi lain, penelitian ini belum berhasil menemukan variabel-variabel sosial ekonomi yang dapat digunakan sebagai indikator yang sesuai mendeliniasi TE, yang dengan cepat dapat dikumpulkan. Oleh sebab itu, apabila ditujukan untuk mengidentifikasi petani-petani yang akan dijadikan kelompok sasaran program perbaikan kapabilitas managerial usahatani padi disarankan untuk dilakukan kajian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Aigner, D.J., Lovell, C.A.K. and Schmidt, P. (1977). Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. *Journal of Econometrics*, 6: 21- 37.
- Anonymous. 2000/2001. The Future of the World Rice Market and Policy Options to Counteract Rice Price Instability in Indonesia. Biro Pangan,

Pertanian dan Pengairan – Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.

- Anonymous. 2000/2001. Future Strategies for Rice Price Stabilization in Indonesia. Biro Pangan, Pertanian dan Pengairan – Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
- BAPPENAS-USAID. 2000. Macro Food Policy and Food Security: Conceptual Framework and Strategic Issues. Makalah disampaikan pada Lokakarya "Macro Policy, 23 September 2000 – Kerjasama antara Bappenas – USAID DAI dan PPS IPB".
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. (1988). Prediction of Firm-Level Technical Efficiencies With a Generalised Frontier Production Function and Panel Data. *Journal of Econometrics*, 38: 387-399.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. 1992. Frontier Production Functions, Technical Efficiency and Panel Data: With Application to Paddy Farmers in India. *Journal of Productivity Analysis*, 3: 153-169.
- Battese, G.E. and Coelli, T.J. 1995. A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data. *Empirical Economics*, 20:325-332.
- Bauer, P.W. 1990. Recent Developments in the Econometric Estimation of Frontiers. *Journal of Econometrics*, 46: 39-56.
- Coelli, T. 1996. A Guide to Frontier Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation. Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England – Armidale, New South Wales.
- Dawson, P. J. and J. Lingard. Measuring Farm Efficiency Over Time on Philippine Rice Farms. *Journal of Agricultural Economics*, 40 (2): 168 – 177. *Econometrics*, 19: 233-238.
- Erwidodo. 1992. Stochastic Profit Frontier and Panel Data: Measuring Economic Efficiency on Wetland Rice Farms in West Java. *Jurnal Agro Ekonomi*, 11 (2): 19 – 38.
- Erwidodo. 1992. Stochastic Production Frontier and Panel Data: Measuring Economic Efficiency on Rice Farms in West Java. *Jurnal Agro Ekonomi*, 11 (1): 19 – 36.
- Greene, William H. 1982. Maximum Likelihood Estimation of Stochastic Frontier Production Models. *Journal of Econometrics* 18: 285 – 289.
- Jondrow, J., Lovell, C.A.K Materov, I.S. and Schmidt, P. 1982. On estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model. *Journal of*
- Kumbhakar, Subal C. 1987. The Specification of Technical and Allocative Inefficiency in Stochastic Production and Profit Frontiers. *Journal of Econometrics* 34: 335 – 348.

- Meeusen, W. and van den Broeck, J. 1977. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions With Composed Error. *International Economic Review*, 18: 435-444.
- Neff, D. L., P. Garcia, and C.H. Nelson. Technical Efficiency: A Comparison of Production Frontier Methods. *Journal of Agricultural Economics*, 44 (3): 479 – 489.
- Rosegrant, M., Nicostrato D. Perez dan Nu Nu San. 1997. Indonesian Agriculture to 2020: Source of Growth, Projections, and Policy Implications. IFPRI in collaboration with CASER.
- Sawit, H. 2000. Harga Dasar Gabah Tahun 2001 dan Subsidi: Analisa Musiman. Makalah disampaikan pada Seminar Rutin Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian.
- Schmidt, P. 1986. Frontier Production Functions. *Econometric Reviews*, 4: 289-328.
- Simatupang, P. 2000. Anatomi Masalah Produksi Beras Nasional dan Upaya Mengatasinya. Makalah disampaikan pada Pra Seminar Nasional "Sektor Pertanian Tahun 2001: Kendala, Tantangan dan Prospek", Bogor 4 Oktober 2000.
- Siregar, M. 1987. Effects of Some Selected Variables on Rice-Farmers Technical Efficiency. *Jurnal Agro Ekonomi*, 6 (1 & 2): 94 – 102.
- Sumaryanto, dkk. 1999. Rekayasa Optimalisasi Air Irigasi Dalam Rangka Peningkatan Produksi Pangan dan Pendapatan Petani. Laporan Penelitian Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian.
- Waldman, Donald M. 1982. A Stationary Point for The Stochastic Frontier Likelihood. *Journal of Econometrics* 18 : 275 – 279.
- Waldman, Donald M. 1984. Properties of Technical Efficiency Estimators in The Stochastic Frontier Model. *Journal of Econometrics* 25: 353 – 354.
- Wilson, P., D. Hadley, S. Ramsden, and I. Kaltsas. Measuring and Explaining Technical Efficiency in UK Potato Production. *Journal of Agricultural Economics*, 49 (3): 294 – 305.
- Yao, Shujie and Zinan Liu. Determinants of Grain Production and Technical Efficiency in China. *Journal of Agricultural Economics*, 49 (2): 171 – 184.

Lampiran 1.
(Sumber: Greene, 1982)

Model *stochastic production frontier* yang disajikan oleh Aigner et al (1977) adalah:

$$y_i = x_i' \beta + v_i + u_i, \quad \dots \dots \dots (1)$$

dimana $v_i \sim N(0, \sigma_v^2)$ dan $u_i = -|u_i^*|$, $u_i^* \sim N(0, \sigma_u^2)$

Model ini berbeda dengan model klasik hanya dalam *disturbance*-nya yang asimetris.

Dengan reparameterisasi model dalam bentuk $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$ dan $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$

sehingga $\sigma_u^2 = \sigma^2 / (1 + \lambda^2)$ dan $\sigma_v^2 = \sigma^2 \lambda^2 / (1 + \lambda^2)$ maka diperoleh log-likelihood untuk suatu sampel dari N observasi,

$$\ln L(y|\beta, \lambda, \sigma^2) = (N/2) \ln(2/\pi) - N \ln \sigma - (1/2\sigma^2) \sum_i \varepsilon_i^2 + \sum_i \ln(1 - \Phi(\varepsilon_i \lambda / \sigma)) \dots \dots \dots (2)$$

dimana $\Phi(\cdot)$ adalah galat normal fungsi densitas kumulatif dan $\varepsilon_i = y_i - x_i' \beta$. Nilai dugaan diperoleh dengan memecahkan persamaan-persamaan "likelihood" berikut:

$$\ln L / \partial \beta = L_{\beta}^* = (1/\sigma^2) \sum_i x_i (y_i - x_i' \beta_i) + (\lambda/\sigma) \sum_i x_i (\Phi_i / (1 - \Phi_i)) = 0 \dots (3)$$

$$\ln L / \partial \lambda = L_{\lambda}^* = (-1/\sigma) \sum_i x_i (\Phi_i / (1 - \Phi_i)) (y_i - x_i' \beta) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$\ln L / \partial \sigma^2 = L_{\sigma^2}^* = -N/2\sigma^2 + (1/\sigma^4) \sum_i (y_i - x_i' \beta)^2 (\lambda/2\sigma^2) \sum_i x_i (\Phi_i / (1 - \Phi_i)) (y_i - x_i' \beta) = 0 \dots \dots \dots (5)$$

dimana $\Phi_i = \Phi(\varepsilon_i \lambda / \sigma)$ dan Φ_i adalah fungsi densitas probabilitasnya.

Dari (4) dan (5) dapat diperoleh solusi MLE untuk σ^2 , yakni:

$$\hat{\sigma}^2 = (1/N) \sum_i (y_i - x_i' \beta)^2 \dots \dots \dots (6)$$

Misalkan: matrik X adalah $N \times K$, vektor y ukuran $N \times 1$, vektor ε ($\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_N$) ukuran $N \times 1$, $\gamma_i = \phi(\varepsilon_i \lambda / \sigma) / (1 - \phi(\varepsilon_i \lambda / \sigma))$, dan misalkan pula vektor γ sama dengan $(\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_N)'$ juga berukuran $N \times 1$, maka (3) – 5 menjadi:

$$L_{\beta}^* = (1/\sigma^2)(X'y - X'X\beta) + (\lambda/\sigma)X'\gamma = 0 \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$L_{\lambda}^* = (-1/\sigma)\varepsilon'y = 0 \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$L_{\sigma^2}^* = (-N/2\sigma^2) + (1/2\sigma^4)\varepsilon'\varepsilon + (\lambda/2\sigma^3)\varepsilon'y = 0 \quad \dots\dots\dots (9)$$

Kalikan (7) dengan $\sigma^2(X'X)^{-1}$ maka diperoleh solusi MLE untuk β

$$\beta = b + (X'X)^{-1}X'(\sigma\lambda\gamma) \quad \dots\dots\dots (10)$$

dimana $b = (X'X)^{-1}X'y$ adalah vektor slope yang diperoleh dari estimasi dengan OLS (catatan: γ adalah fungsi dari β).

Jadi, MLE dari β dapat diperoleh dari penjumlahan dari vektor slope menggunakan metode OLS dengan vektor koefisien-koefisien regresi yang diperoleh dari $\sigma\lambda\gamma$ yang diregresikan pada X .

Selanjutnya tulis kembali (7) menjadi:

$$(1/\sigma^2)X'\varepsilon + (\lambda/\sigma)X'\gamma = 0, \quad \dots\dots\dots (11)$$

kemudian kalikan terlebih dahulu dengan $\sigma\beta'$, dan pecahkan untuk peroleh λ :

$$\lambda = -\beta'X'\varepsilon / \sigma\beta'X'\gamma \quad \dots\dots\dots (12)$$

Dalam konteks ini, sebagaimana dinyatakan oleh Fair (1977) dalam Greene (1982) alternatif lain dari pemecahan langsung (7) – (9) dapat pula dilakukan dengan cara mencari nilai vektor $(\beta', \lambda, \sigma^2)$ yang memenuhi syarat (6), (10), dan (12). Prosedur untuk itu, dimana $\delta = (\beta', \lambda)'$ adalah sebagai berikut:

1. untuk sembarang nilai $\hat{\delta}$ dan $\hat{\sigma}^2$,
2. hitung $\hat{\delta}_{(+1)}^*$ dari (10) dan (12),
3. jika $\hat{\delta}_{(+1)}^*$ mendekati $\hat{\delta}$, maka sudah selesai,
4. jika tidak, kemudian hitung $\hat{\delta} = \theta\hat{\delta} + (1 - \theta)\hat{\delta}_{(+1)}^*$, dimana $0 < \theta < 1$,
5. hitung $\hat{\sigma}_{(+1)}^2$ dari (6) dan (12) dan kemudian ulangi langkah no. 2.

Langkah no. 4 ditujukan untuk memperoleh nilai yang stabil. Oleh sebab itu jika telah stabil (konvergen) maka dapat dilanjutkan dengan komputasi dugaan matriks varian $\hat{\Sigma}$ yakni:

$$\hat{\Sigma}(\hat{\beta}', \hat{\lambda}, \hat{\sigma}^2)' = \sum_i [g_i g_i']^{-1}, \dots\dots\dots (13)$$

dimana:

$$g_i = \begin{bmatrix} (1/\hat{\sigma})x_i(\hat{\epsilon}_i/\hat{\sigma} + \hat{\lambda}\hat{\gamma}_i) \\ (-1/\hat{\sigma})\hat{\gamma}_i\hat{\epsilon}_i \\ (1/2\hat{\sigma}^2)(-1 + \hat{\epsilon}_i^2/\hat{\sigma}^2 + (\hat{\lambda}/\hat{\sigma})\hat{\gamma}_i\hat{\epsilon}_i) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (14)$$

Jika dikehendaki, galat baku asimtotik untuk $\hat{\sigma}_u^2 = \hat{\sigma}^2/(1 + \hat{\lambda}^2)$, $\hat{\sigma}_v^2 = \hat{\sigma}^2 \hat{\lambda}^2/(1 + \hat{\lambda}^2)$, dan

$\hat{E}(u) = -\sqrt{(2/\pi)\hat{\sigma}_u^2}$ dapat dihitung dengan rata-rata sebagaimana biasanya.