

Penilaian kecekapan firma pemprosesan produk makanan berasaskan ikan di Malaysia, 1996–1998

(Evaluating the efficiency of fish-based food product firms in Malaysia, 1996–1998)

M.L. Raziah*

Kata penunjuk: kecekapan firma, fungsi pengeluaran, fungsi pengeluaran sempadan, kecekapan teknikal, produk makanan berasaskan ikan

Abstract

Primary survey of fish-based food products processing firms indicated that this sub-sector was dominated by the small and medium industries. The average efficiency was decreasing for the operational year 1998 against that of the year 1996. Raw materials were found to be the most important factor that influenced production. The average efficiency for the operational year 1996 was about 0.3447 and had decreased to 0.1380 in 1998. This phenomenon was attributed to the low output, and poor quality and low price of products, whereas the costs of input were high. To improve the firm technical efficiency, the raw materials supply had to be sustained by increasing local supply and import, finding new substitutes for fish such as synthetic fish meat, exploiting the aquaculture sub-sector and using bigger fish with low price that could improve mechanization in fish preparation. Research and development should focus on improving product quality and come out with new value-added products using alternative raw materials.

Abstrak

Kaji selidik terhadap firma pemprosesan makanan berasaskan ikan menunjukkan sektor ini didokong oleh industri kecil dan sederhana. Kecekapan firma telah merosot bagi tahun operasi 1998 berbanding dengan tahun 1996. Bahan mentah merupakan faktor penting yang mempengaruhi tahap pengeluaran. Firma beroperasi pada tahap kecekapan yang semakin rendah iaitu purata 0.3447 pada tahun 1996 dan 0.1380 pada tahun 1998. Perkara ini disebabkan jumlah, mutu dan harga output yang rendah berbanding dengan kos input yang tinggi. Untuk meningkatkan kecekapan subsektor ini, masalah bahan mentah perlu diatasi melalui jaminan kelestarian bekalan ikan tempatan dan import, mencari pengganti ikan umpamanya isi ikan tiruan, sumber akuakultur dan ikan besar yang murah, dan yang memudahkan mekanisasi dalam penyediaan. Penyelidikan dan pembangunan perlu ditumpu terhadap meningkatkan mutu produk dan mendapatkan produk baru dengan nilai ditambah yang tinggi menggunakan bahan pengganti alternatif.

*Pusat Penyelidikan Ekonomi dan Pengurusan Teknologi, Ibu Pejabat MARDI, Serdang, Peti Surat 12301, 50774 Kuala Lumpur, Malaysia

Nama penuh pengarang: Raziah Mat Lin

E-mel: raziahml@mardi.my

©Institut Penyelidikan dan Kemajuan Pertanian Malaysia 2003

Pendahuluan

Matlamat ekonomi bagi sesebuah negara yang merdeka antaranya adalah untuk meningkatkan taraf hidup. Kenaikan taraf hidup rakyat jelata dapat diukur melalui peningkatan pendapatan per kapita penduduk. Ini hanya akan tercapai sekiranya negara dapat bersaing dalam pengeluaran barangan dan perkhidmatan untuk memenuhi permintaan pasaran tempatan dan eksport. Keupayaan negara untuk bersaing dengan negara-negara lain bergantung pada produktiviti dan kecekapan dalam menggunakan sumber-sumber yang ada bagi pengeluaran barangan dan perkhidmatan berkualiti untuk memenuhi kehendak pengguna.

Selepas merdeka, pertumbuhan ekonomi negara banyak bergantung pada sumbangan sektor pertanian. Bagaimanapun sejak dua dekad yang lalu, tumpuan telah diberi terhadap pembangunan sektor perindustrian. Sektor perindustrian telah memberi sumbangan yang sangat bermakna terhadap kemajuan negara. Kegawatan ekonomi yang melanda negara bermula pada tahun 1997 telah menjejaskan sektor perindustrian sehingga kerajaan terpaksa menurunkan nilai ringgit untuk membolehkan negara terus bersaing dalam pasaran antarabangsa. Bermula dari situ, kerajaan telah mengalih semula tumpuan terhadap pembangunan sektor pertanian dan makanan bagi mengimbangi import yang terlalu tinggi, bernilai hampir RM12 bilion dalam tahun 1999.

Dalam Pelan Induk Perindustrian ke-2 (IMP2), sektor perindustrian diklasifikasikan kepada lapan kumpulan yang berpotensi untuk dibangunkan secara berkelompok. Salah satu daripadanya ialah kumpulan industri berasaskan pertanian dan makanan yang merangkumi ikan dan produk ikan, ternakan dan produk ternakan, buah-buahan dan sayur-sayuran, dan bunga-bunga. Kumpulan industri berasaskan pertanian dan makanan khususnya subsektor pemprosesan produk makanan berasaskan ikan dipelopori oleh industri kecil dan sederhana (IKS). Dari

segi modal berbayar, sesuatu perusahaan itu diklasifikasikan sebagai industri kecil jika modal berbayar kurang daripada RM500 000, industri sederhana jika modal berbayar RM500 000 – <RM2.5 juta dan industri bersaiz besar jika modal berbayar >RM2.5 juta.

Kajian ini bertujuan menilai kecekapan pengeluaran bagi perusahaan makanan berasaskan ikan di negara ini, mengenal pasti masalah yang menghalang pembangunan subsektor ini dan seterusnya mencadangkan langkah perlu bagi memastikan subsektor ini dapat terus berdaya saing pada masa hadapan.

Metodologi

Sumber data

Soal selidik terhadap 38 firma yang mengusahakan produk makanan berasaskan ikan telah dijalankan di seluruh Malaysia. Senarai firma diperoleh daripada agensi kerajaan termasuk Jabatan Perikanan, Lembaga Kemajuan Ikan Malaysia, Jabatan Kawalan Kualiti Kementerian Kesihatan, Kementerian Perdagangan Antarabangsa dan Industri, dan MARDI. Borang soal selidik berstruktur telah digunakan dalam kajian keratan rentas ini. Soal selidik dibahagi kepada empat bahagian: bahagian pertama tentang latar belakang firma; bahagian kedua tentang produk yang dihasilkan, harga jualan dan jumlah pendapatan; bahagian ketiga tentang input yang digunakan dalam proses pengeluaran (termasuk mesin dan peralatan, bahan mentah dan buruh), kos input dan jumlah kos pengeluaran; dan bahagian keempat tentang aspek pemasaran produk. Data berkenaan telah dipungut bagi tahun operasi 1996 dan 1998 melalui sesi temu bual bersemuka dengan responden yang terdiri daripada pengurus atau mereka yang mengetahui operasi firma.

Kerangka berteoritis

Pengukuran kecekapan Kecekapan sesebuah firma dapat ditentukan dengan membuat perbandingan tahap operasi firma itu berbanding dengan firma yang paling

cekap dalam subsektor yang sama.

Kaedahnya adalah dengan membina keluk pengeluaran yang menunjukkan diskripsi matematik tentang pelbagai kemungkinan pengeluaran teknikal yang dihadapi oleh firma. Fungsi pengeluaran menunjukkan output maksimum yang boleh dicapai bagi tiap-tiap aras input yang digunakan. Terdapat satu keluk sempadan yang menentukan had kemungkinan output maksimum yang boleh dicapai dalam proses pengeluaran. Firma yang berada di bawah aras sempadan ini dikategorikan sebagai tidak cekap.

Terdapat empat kaedah popular bagi mengukur kecekapan teknikal sesuatu firma (Farrel 1957; Forsund dll. 1980). Kebanyakan kaedah melibatkan pembinaan keluk sempadan amalan terbaik (best practice). Pengukuran kecekapan firma dibanding dengan keluk sempadan ini. Kaedah pertama melibatkan pembinaan sempadan deterministik bukan berparameter yang kadangkala disebut sebagai pendekatan pemrograman tulen (Farrel 1957). Kaedah kedua (Farrel 1957) melibatkan pembentukan sempadan deterministik berparameter. Kaedah ini telah diteruskan oleh Aigner dan Chu (1968) dan Forsund dan Hjatmarsson (1974). Kaedah ketiga (Afriat 1972) menggunakan teknik statistik bagi menganggar sempadan berstatistik deterministik. Kaedah keempat melibatkan penganggaran sempadan berparameter stokastik yang menggunakan bentuk fungsi yang telah ditentukan dan menggunakan teknik statistik bagi menentukan keluk sempadan (Schmidt dan Lovell 1979).

Dalam kajian ini, kaedah sempadan berstatistik deterministik yang dicadangkan oleh Afriat (1972) telah digunakan bagi menentukan tahap kecekapan firma. Pendekatan ini melibatkan andaian bentuk fungsi pengeluaran (biasanya Cobb-Douglas) bagi sempadan dan penganggaran dibuat menggunakan prosedur ganda dua terkecil biasa diperbetul (Corrected Ordinary Least Square, COLS). Fungsi pengeluaran pada mulanya dianggar menggunakan prosedur

ganda dua terkecil biasa (Ordinary Least Square, OLS). Seterusnya pemalar diperbetul dengan mengalihkan ke atas sehingga tiada sisa positif dan sekurang-kurangnya satu sisa sifar. Tahap ketidakcekapan sesuatu pemerhatian diukur dengan menisbahkan output sebenar dengan output berpotensi, dengan output berpotensi diberi oleh garis sempadan berkenaan.

Fungsi pengeluaran sempadan Secara matematik, fungsi tak linear Cobb-Douglas ditulis seperti yang berikut:

$$(1) \quad Y = f(x)e^u \quad U \leq 0$$

Fungsi di atas dianggar menggunakan prosedur OLS setelah menukarkannya dalam bentuk linear,

$$(2) \quad \ln Y = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i \ln X_i + \mu_i \quad \mu_i \leq 0$$

dengan

Y = output

α = pemalar

β_i = anggaran angkali

X_i = set angkubah input

μ_i = sisa satu hala

Kecekapan teknikal Kecekapan teknikal ukuran Kopp membandingkan aras sebenar input yang diguna, dengan aras input yang boleh diguna jika firma beroperasi di atas fungsi sempadan berdasarkan output sebenar dan nisbah yang sama bagi penggunaan input. Kecekapan teknikal ukuran Timmer pula didefinisikan sebagai nisbah output sebenar kepada output berpotensi berdasarkan aras input sebenar yang diguna oleh firma. Ukuran ini menunjukkan lebihan output yang boleh dicapai sekiranya firma beroperasi di atas fungsi sempadan.

Bagi mengira kecekapan teknikal Kopp dan Timmer, andaikan input-input berikut; MESIN*, BURUH* dan BAHAN* sebagai aras penggunaan optimum bagi input

MESIN, BURUH dan BAHAN. Bagi tiap-tiap firma, jika diberikan output Q,

$$(3) \ln \text{MESIN} = \frac{[\ln Q - \alpha_1 - \beta_1 \ln \frac{\text{BURUH}}{\text{MESIN}} - \beta_2 \ln \frac{\text{BAHAN}}{\text{MESIN}}]}{\sum_{i=1}^n \beta_i}$$

dengan

$$\alpha_1 = \alpha_1 + U_{\max}$$

$\ln \text{BURUH}$ dan $\ln \text{BAHAN}$ boleh dikira menggunakan kaedah yang sama.

$$(4) \text{Kecekapan Kopp} = \frac{\text{MESIN}^*}{\text{MESIN}} = \frac{\text{BURUH}^*}{\text{BURUH}} = \frac{\text{BAHAN}^*}{\text{BAHAN}} (\leq 1)$$

Firma yang cekap akan mempunyai $\text{MESIN}^* = \text{MESIN}$, $\text{BURUH}^* = \text{BURUH}$ dan $\text{BAHAN}^* = \text{BAHAN}$, sementara firma lain cenderung menggunakan lebih input daripada yang diperlukan.

$$(5) \text{Kecekapan Timmer} = \ln Q - \ln Q^* = \frac{Q}{Q^*} (\leq 1)$$

Firma yang cekap akan memenuhi halangan $Q^* = Q$. Firma yang lain cenderung untuk mengeluarkan output kurang daripada keupayaan sebenar mereka.

Keputusan kajian

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah berdasarkan kajian terhadap 38 firma (1996) dan 32 firma (1998) yang mengusahakan pemprosesan produk makanan berasaskan ikan di Malaysia. Analisis perbandingan relatif tentang kecekapan firma-firma tersebut telah dilaksanakan bagi operasi pengeluaran dalam tahun 1996 dan 1998.

Analisis kecekapan

Transformasi linear bagi model Cobb-Douglas dalam kajian ini ditentukan seperti yang berikut:

$$(6) \ln Y = \alpha + \beta_1 \ln \text{MESIN} + \beta_2 \ln \text{BURUH} + \beta_3 \ln \text{BAHAN} + \mu_1$$

dengan

Y = jumlah hasil

α = pemalar

β_i = koefisien yang perlu dianggarkan

MESIN = kos tetap dan kos operasi mesin dan peralatan setahun

BURUH = kos penggajian buruh setahun

BAHAN = kos bahan mentah setahun

μ_1 = sisa satu hala

Firma yang terlibat dalam kajian ini mengeluarkan pelbagai jenis produk makanan hasilan ikan termasuk bebola ikan, kek ikan, burger ikan, surimi dan isi ikan. Nilai output dimasuk kira dalam ukuran jumlah kasar output (Q) dan ditentukan sebagai angkubah sandar. Tiga input dikenal pasti menyumbang terhadap jumlah hasil iaitu kos tahunan mesin dan peralatan (MESIN), kos tahunan buruh (BURUH) dan kos tahunan bahan mentah (BAHAN). Data untuk analisis berdasarkan data pengeluaran bagi operasi tahun 1996 dan operasi tahun 1998. Keputusan analisis regresi berganda ditunjukkan dalam *Jadual 1*.

Logaritma asli (natural logarithm) di hadapan tiap-tiap angkubah diwakili dengan simbol \ln dan U-maksimum menunjukkan anggaran residual positif terbesar bagi satu daripada firma yang dikaji. Prosedur COLS digunakan bagi mengalih pemalar (intercept) garisan ke atas sehingga tiada residual positif dan sekurang-kurangnya satu residual kosong untuk mencapai garis fungsi sempadan. Selepas pengalihan pemalar dengan sebaiknya, dan dengan andaian Q^* merupakan nilai output maksimum yang boleh dicapai oleh firma berasaskan aras sebenar input yang diguna, anggaran fungsi sempadan baru adalah seperti dalam *Jadual 2*.

Koefisien bahan mentah daripada operasi prosedur OLS didapati tertinggi berbanding dengan koefisien angkubah yang lain. Ini jelas menunjukkan bahawa bahan mentah adalah faktor terpenting yang menentukan aras output firma pemprosesan produk makanan berasaskan ikan yang dikaji. Koefisien bagi angkubah buruh lebih tinggi berbanding dengan koefisien mesin

Jadual 1. Anggaran parameter fungsi pengeluaran firma pemprosesan produk makanan berasaskan ikan bagi tahun 1996 dan 1998
(Table 1. Parameter estimate of production function for fish-based food product processing firm in 1996 and 1998)

Angkubah	Anggaran parameter	Nilai -t
Tahun 1996		
Pemalar	1.6450	1.5400
ln MESIN	0.1500	1.5800
ln BURUH	0.3560	2.0900
ln BAHAN	0.4904	4.7300
R ²	0.8334	
Nilai-F	56.71	
U-maksimum	1.2316	
Tahun 1998		
Pemalar	1.8759	1.4000
ln MESIN	-0.2133	-1.3000
ln BURUH	0.4348	2.1400
ln BAHAN	0.6762	5.4100
R ²	0.7762	
Nilai-F	31.23	
U-maksimum	2.0516	

Jadual 2. Fungsi pengeluaran sempadan bagi firma pemprosesan produk makanan berasaskan ikan bagi tahun operasi 1996 dan 1998
(Table 2. Parameter estimate of frontier production function for fish-based food product processing firm in 1996 and 1998)

Angkubah	Anggaran parameter	Fungsi tak linear
Tahun 1996		
Pemalar	2.8766	$Q = 17.7538 \text{ MESIN}^{0.1500} \text{ BURUH}^{0.3560} \text{ BAHAN}^{0.4904}$
ln MESIN	0.1500	
ln BURUH	0.3560	
ln BAHAN	0.4904	
Tahun 1998		
Pemalar	3.9275	$Q = 50.7798 \text{ MESIN}^{-0.2133} \text{ BURUH}^{0.4348} \text{ BAHAN}^{0.6762}$
ln MESIN	-0.2133	
ln BURUH	0.4348	
ln BAHAN	0.6762	

dan peralatan yang menunjukkan bahawa buruh adalah komponen input yang penting meskipun kebanyakan operasi pemprosesan menggunakan mesin dan peralatan. Keperluan buruh adalah kritikal terutama ketika menyediakan isi ikan dan semasa aktiviti pembungkusan.

Bagi operasi tahun 1998, koefisien mesin dan peralatan berada di tahap negatif. Ini menunjukkan penambahan kos mesin dan peralatan tidak memberi sumbangan

dalam peningkatan output. Hal ini disebabkan penggunaan mesin dan peralatan berada di bawah kapasiti penuh. Pekali penentuan berganda (coefficient of multiple determination, R²) daripada prosedur OLS dianggarkan 0.8334 dan dianggap tinggi bagi data keratan rentas. Ini bermakna angkubah bebas iaitu bahan mentah, mesin dan peralatan, dan buruh boleh menerangkan lebih 80% variasi dalam angkubah sandar.

Kecekapan teknikal firma

Hasil pengiraan analisis kecekapan Kopp bagi firma pemprosesan produk berasaskan ikan ditunjukkan dalam *Jadual 3*. Sebanyak tujuh firma didapati menghentikan operasi dalam tahun 1998.

Perbincangan dan cadangan

Industri pemprosesan produk makanan berasaskan ikan didorong oleh industri kecil dan sederhana. Hasil kajian ini menunjukkan kecekapan firma mengalami kemerosotan yang ketara dalam tahun operasi 1998

Jadual 3. Indeks kecekapan Kopp firma pemprosesan produk makanan berasaskan ikan bagi tahun 1996 dan 1998

(Table 3. Kopp efficiency index of fish-based food product processing firm in 1996 and 1998)

Susunan nombor mengikut tahap kecekapan	ID firma	Kopp -TE (1996)	Kopp -TE (1998)
1	41	0.9999	0.0899
2	22	0.9677	0.0509
3	29	0.9206	Na
4	27	0.6575	0.0655
5	18	0.6544	0.1502
6	35	0.5016	Na
7	31	0.5003	0.2927
8	38	0.4446	0.1296
9	11	0.3912	0.1269
10	25	0.3694	0.0377
11	7	0.3656	Na
12	16	0.3595	0.0667
13	42	0.3527	0.0890
14	13	0.3489	0.0534
15	9	0.3394	0.1892
16	20	0.3253	0.0671
17	21	0.3166	0.1639
18	28	0.3062	0.1344
19	14	0.2990	0.0749
20	40	0.2898	0.0969
21	5	0.2839	0.0549
22	4	0.2602	0.1779
23	2	0.2272	0.1558
24	30	0.2246	Na
25	1	0.2120	0.1054
26	3	0.2196	0.1128
27	17	0.2155	1.0004
28	23	0.2009	0.0704
29	37	0.1964	0.1348
30	33	0.1933	0.0286
31	8	0.1892	Na
32	44	0.1807	0.1472
33	19	0.1638	0.1154
34	43	0.1463	0.2064
35	10	0.1449	0.0443
36	34	0.1211	0.0423
37	46	0.1026	Na
38	24	0.0941	Na

Na = Not available

berbanding dengan tahun 1996. Perkara ini dapat dilihat dengan jelas melalui analisis perbandingan kecekapan yang dijalankan terhadap firma-firma berkenaan bagi kedua-dua tahun operasi. Terdapat beberapa faktor yang menyumbang terhadap penurunan kecekapan firma dalam subsektor ini.

Masalah paling utama ialah ketidakcukupan dan ketidaktentuan bekalan bahan mentah iaitu ikan segar. Kebanyakan firma menghadapi kesukaran mendapatkan bekalan ikan segar yang mencukupi untuk pemprosesan. Bekalan yang diterima pula berkualiti rendah memandangkan ikan terdiri daripada ikan-ikan kecil pelbagai jenis (thresh fish) yang tidak terpilih untuk pasaran segar. Kadar perolehan ikan adalah rendah iaitu sekitar 20–30%.

Penggunaan ikan tidak terpilih sebagai bahan mentah menyukarkan operasi mekanikal dalam penyediaan isi ikan. Bahan pengganti perlu diterokai seperti penggunaan ikan bersaiz besar yang murah yang memungkinkan penyediaan secara mekanikal. Selain itu, penggunaan isi ikan tiruan sebagai pengganti berkemungkinan dapat mengatasi masalah ini. Khidmat penyelidikan dan pembangunan harus menerokai kemungkinan ini.

Seperti kebanyakan subsektor pemprosesan makanan yang lain, kajian ini telah mengenal pasti bahan mentah sebagai isu utama yang menjejaskan subsektor pemprosesan produk makanan berasaskan ikan. Ketidakcukupan dan ketidaktentuan bekalan bahan mentah turut menjejaskan kecekapan mesin dan peralatan. Kebanyakan firma beroperasi di bawah aras kapasiti penuh. Adalah mustahil untuk menjamin bekalan bahan mentah yang mencukupi dari sumber tempatan dalam masa yang terdekat ini. Strategi jangka pendek adalah menggalakkan import. Bagaimanapun sumber perikanan laut telah merosot dan menyebabkan pengurangan bekalan ikan di seluruh dunia.

Strategi pada masa ini adalah untuk menambah dan mengekalkan bekalan

tempatan untuk tujuan makan segar dan pemprosesan. Memandangkan agak sukar mengekalkan bekalan tempatan walaupun untuk tujuan makan segar pada masa hadapan, alternatif yang ada adalah mengeksploitasi subsektor akuakultur sebagai sumber bahan mentah. Penyelidikan dan pembangunan perlu digiatkan ke arah meningkatkan kecekapan subsektor akuakultur untuk membolehkannya menjadi sumber bekalan bahan mentah kepada sektor pemprosesan produk makanan berasaskan ikan. Selain itu usaha penyelidikan perlu digembleng untuk mengusahakan produk baru berasaskan akuakultur yang diterima pasaran.

Seperti sektor-sektor lain yang menghadapi masalah mendapatkan tenaga buruh, sektor ini juga dibebani oleh masalah yang sama. Kebanyakan tenaga buruh dalam sektor ini terdiri daripada pekerja tidak mahir yang akan berpindah-randah ke sektor lain yang menawarkan upah yang lebih lumayan. Perkara ini menjejaskan operasi firma dan tiada sesuatu yang dapat menahan perkara ini daripada berlaku kecuali pengusaha menawarkan upah yang tinggi. Bagaimanapun, upah yang tinggi meningkatkan kos pengeluaran dan perkara ini turut menjejaskan kecekapan buruh.

Kemelesetan ekonomi yang dihadapi oleh negara (bermula pada tahun 1997) turut menjejaskan seluruh aktiviti ekonomi termasuk sektor pemprosesan produk makanan berasaskan ikan. Bagi sektor ini, permintaan terhadap produk agak memuaskan. Penawaran boleh dikatakan masih terhad disebabkan masalah yang disebutkan di atas. Sekiranya masalah yang disebutkan dapat diatasi dan strategi jangka panjang dapat dirangka dengan baik, kecekapan firma produk makanan berasaskan ikan boleh dipertingkat untuk menghadapi persaingan pada masa hadapan.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan penghargaan kepada Pn. Zahrah Talib dan En. Abu Kasim Ali yang telah memberi sokongan dan

bantuan dalam menyiapkan kajian dan penulisan ini. Ucapan terima kasih kepada En. Mohd. Naim Mohd. Hassan yang telah membantu dalam menjalankan temu bual dengan responden. Kajian ini dibiayai oleh IRPA (Geran Penyelidikan No. 05-03-0004).

Rujukan

- Afriat, S.N. (1972). Efficiency estimation of production functions. *International Economic Review XIII*: 568 – 98
- Aigner, D.J. dan Chu, F.S. (1968). On estimating the industry production function. *American Economic Review V XIII*: 826 – 39
- Anon. (1986, 1995). *Annual series of fishery commodities export and import (selected issues)*. Kuala Lumpur: Ministry of Trade and Industry
- Beattie, B.R. dan Taylor, C.R. (1993). *The economic of production*. Florida: Krieger Publishing Co.
- Farrel, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the royal statistical society, series A (General) CXX*: 253 – 81
- Forsund, F.R. dan Hjalmarsson, L. (1974). On the measurement of productive efficiency. *Swedish Journal of economics, LXXVI*: 141–53
- Forsund, F.R., Lovell, C.A.K. dan Schmidt, P. (1980). A survey of frontier production functions and of their relationship to efficiency measurement. *J. Econometrics XIII*: 5 – 25
- Kopp, R.J. (1978). The impact of pollution and pollution abatement equipment on technical efficiency in the steam-electric power industry, Ph.D. thesis, State University of New York at Binghamton
- Schmidt, P. dan Lovell, C.A.K. (1979). Estimating technical allocative inefficiency relative to stochastic production and cost functions. *Journal of econometrics IX*: 343– 66