

# Efisiensi vs. Efektivitas

**M. Mujiya Ulkhaq**

Departemen Teknik Industri, Universitas Diponegoro, Semarang,  
Indonesia

E-mail: ulkhaq@live.undip.ac.id

## Pendahuluan

Saya diminta dan saya bersedia untuk ikut berpartisipasi pada bunga rampai yang bertajuk “*Several perspectives in Industrial Engineering*” dalam rangka persembahan kepada Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono yang telah mengabdikan sebagai dosen di Universitas Diponegoro selama tiga puluh enam tahun. Sebagai bentuk partisipasi, izinkan saya membahas mengenai konsep *efisiensi* dan *efektivitas*, yang merupakan dua kata kunci yang sering diulang-ulang pada pengajaran di teknik industri. Saya yakin para pembelajar di bidang teknik industri, baik yang masih duduk di bangku perkuliahan, bapak dan ibu dosen, maupun praktisi lulusan teknik industri, sudah sangat familiar dengan konsep efisiensi dan efektivitas, yang merupakan dua kata kunci dan sering diulang-ulang baik pada tataran praktis maupun teoretis. Kalau kita melihat definisi klasik yang menghubungkan antara efisiensi dengan efektivitas, kita akan menemukan definisi dari Peter Drucker dalam bukunya “*The Effective Executive*”; yakni bahwa efisiensi adalah *doing things right* (melakukan hal dengan benar) dan efektivitas adalah *doing*

---

Cite this chapter (APA):

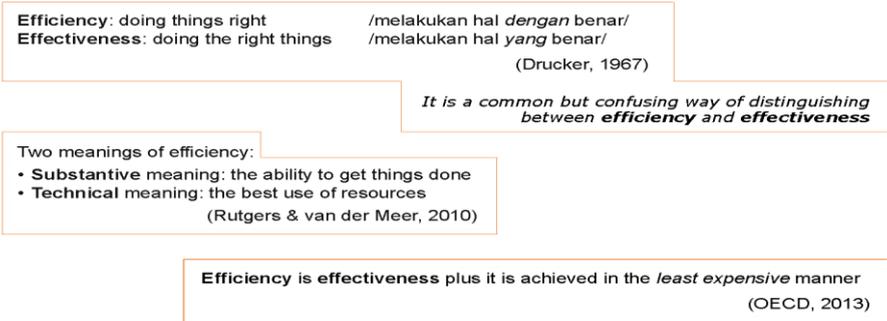
Ulkhaq, M.M. (2022). Efisiensi vs. Efektivitas. In M. M. Ulkhaq, C. A. P. Hapsari, & F. Azzahra (Eds.), *Several Perspectives in Industrial Engineering. Volume I: A Tribute to Dr. Bambang Purwanggono Sukarsono* (pp. 313-328). Undip Press.

*the right things* (melakukan hal yang benar) (Drucker, 1967). Dahulu ketika saya duduk di bangku kuliah, saya hanya mengamini saja—*I took it for granted*; namun kondisi sudah berbeda sekarang.

Menurut saya definisi tersebut membingungkan: siapa yang bisa membedakan melakukan hal *dengan* benar dan melakukan hal *yang* benar? Dahulu ketika saya kuliah, dosen memberi contoh “membasmi nyamuk dengan bom”. Contoh tersebut dianggap tindakan yang efektif karena tujuannya tercapai, yaitu nyamuknya mati; tetapi dianggap tidak efisien karena boros sumber daya. Dalam contoh singkat tersebut, perbedaan efektivitas dan efisiensi terletak pada penggunaan sumber daya, yaitu bahwa efisiensi memperhitungkan penggunaan sumber daya, sedangkan efektivitas tidak seperti itu, yang penting tujuannya tercapai. Seseorang mungkin akan berkesimpulan bahwa “melakukan hal dengan benar” adalah dengan minimasi sumber daya, sedangkan “melakukan hal yang benar” adalah agar tujuannya tercapai. Seseorang juga mungkin akan bertanya, “Apa hubungan antara ‘melakukan hal dengan benar’ *dengan* penggunaan sumber daya yang seminimal mungkin?” Apakah secara tiba-tiba kita sudah tahu bahwa “*doing things right*” itu artinya adalah penggunaan sumber daya yang minimal? Saya akan menantang pembaca yang mempunyai teman seorang *English native speaker* untuk mengkonfirmasi hal ini.

Pertanyaan selanjutnya adalah, “Kalau efisiensi dianggap *hanya* memperhitungkan penggunaan sumber daya, maka apakah tidak menjadi soal kalau tujuannya tidak tercapai?” Atau, “*Is it OK*, tujuan tidak tercapai asalkan irit dalam penggunaan sumber daya?” Tentu saja tidak seperti seperti itu. Kita pasti berkeinginan kalau tujuannya tercapai dengan mempergunakan sumber daya seminimal mungkin. Nah, kalau seperti itu, maka efisiensi seharusnya mempunyai dua arti: (i) *substantive*

meaning, yaitu *the ability to get things done* (kemampuan untuk mencapai tujuan); dan (ii) *technical meaning*, yaitu *the best use of resources* (penggunaan sumber daya sebaik mungkin) (Rutgers & van der Meer, 2010). Dengan dua arti tersebut, seseorang bisa jadi akan berkesimpulan bahwa efektivitas adalah bagian dari efisiensi, mengingat efektivitas mempunyai pengertian yang sama dengan arti yang pertama dari efisiensi (*substantive meaning*). Seseorang tersebut tidak salah. Di dalam salah satu publikasi OECD yg berjudul “*OECD Review on Policies to Improve the Effectiveness of Resource Use in Schools*”, dituliskan bahwa “*efficiency is effectiveness plus it is achieved in the least expensive manner*” atau terjemahan bebasnya efisiensi adalah efektivitas ditambah dicapai dengan cara yang *paling murah* (OECD, 2013). Ringkasan dari berbagai pendapat mengenai perbedaan efisiensi dan efektivitas ini disarikan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Beberapa Pendapat Mengenai Perbedaan Efisiensi dan Efektivitas**

**Efisiensi dan Efektivitas dalam Kerangka Proses Produksi**

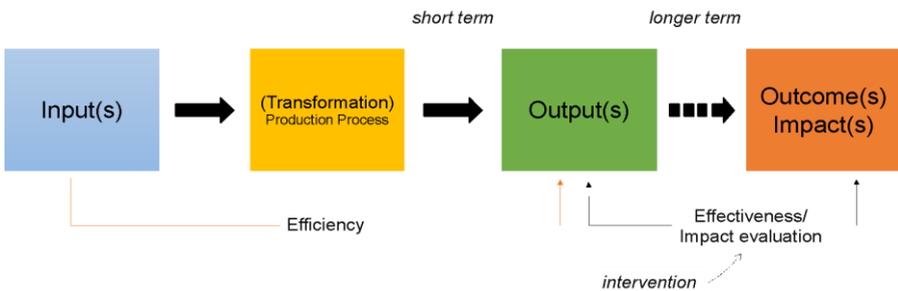
Secara singkat, proses produksi dapat diartikan sebagai rangkaian kegiatan atau aktivitas memproduksi barang

dan/atau jasa; atau dengan kata lain memanfaatkan faktor produksi menjadi output. Contoh proses produksi adalah aktivitas menghasilkan produk di perusahaan manufaktur, petani menanam padi yang nantinya akan memanennya, dokter yang membuka praktik kesehatan, jasa servis kendaraan bermotor, dan lain sebagainya. Faktor produksi sering disebut dengan input atau sumber daya yang dapat digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan output. Secara singkat, faktor produksi dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu faktor produksi tetap (*fixed input*) dan faktor produksi variabel (*variable input*). Sebuah faktor produksi dikatakan faktor produksi tetap apabila produsen tidak dapat mengontrol atau mengatur atau mengubah-ubah tingkat penggunaannya selama periode produksi. Atau dengan kata lain, faktor produksi tetap merupakan faktor produksi yang jumlahnya tidak dapat diubah secara cepat, misalnya mesin dan gedung. Sebuah faktor produksi dikatakan faktor produksi variabel jika produsen dapat mengontrol atau mengatur atau mengubah-ubah tingkat penggunaannya; atau faktor produksi yang jumlahnya dapat diubah dalam waktu relatif singkat sesuai dengan jumlah produk yang dihasilkan, misalnya tenaga kerja dan bahan mentah. Di sisi yang lain, output bisa merupakan barang jadi atau barang setengah jadi (untuk perusahaan manufaktur), dan jasa (untuk perusahaan jasa).

Secara umum, fungsi produksi adalah suatu fungsi yang menghubungkan faktor produksi (input) dengan hasil produksi (output). Secara matematis, fungsi produksi dituliskan sebagai  $Y = f(X)$ , di mana  $Y$  adalah vektor output dan  $X$  adalah vektor input, dan  $f(\bullet)$  adalah fungsi produksi yang menghubungkan input dan output. Terdapat beberapa fungsi produksi di literatur, seperti fungsi linier, fungsi polinomial, fungsi Cobb-Douglas, transcendental (Halter et al., 1957), translog (Christensen et al.,

1971), dan lain sebagainya. Fungsi produksi diasumsikan memenuhi kriteria sebagai berikut (Chambers, 1988):

1.  $f(\mathbf{X})$  adalah berhingga (*finite*), non-negatif, bernilai real, dan bernilai tunggal untuk semua nilai  $\mathbf{X}$  yang non-negatif dan berhingga;
2.  $f(\mathbf{0}) = \mathbf{0}$ , berarti bahwa tidak ada output tanpa input;
3.  $f(\mathbf{X}) \geq f(\mathbf{X}')$  untuk  $\mathbf{X} \geq \mathbf{X}'$  (kriteria *monotonicity*);
4.  $f(\mathbf{X})$  adalah kontinu dan dapat diturunkan dua kali (*twice-differentiable*) di mana pun;
5. Himpunan input  $V(\mathbf{Y}) = \{\mathbf{X} | f(\mathbf{X}) \geq \mathbf{Y}\}$  adalah himpunan konveks, yang berimplikasi *quasi-concavity* untuk  $f(\mathbf{X})$ ; dan
6. Himpunan  $V(\mathbf{Y})$  adalah tertutup dan tak-kosong untuk setiap  $y > 0$ .



**Gambar 2. Efisiensi dan Efektivitas dalam Ruang Lingkup Proses Produksi**

Ketika mengacu pada pengertian efisiensi yang mempunyai dua macam arti (*substantive* dan *technical meaning*), maka efisiensi secara simultan berhubungan (atau menghubungkan) dengan output dan input; output di sini diartikan sebagai pencapaian suatu tujuan, sedangkan input diartikan sebagai sumber daya yang digunakan.

Efektivitas, di sisi yang lain, karena tidak berhubungan dengan sumber daya, maka hanya terkait dengan output atau *outcome* atau *impact* (lihat Gambar 2). Dalam literatur, output

didefinisikan pada hasil yang dicapai segera setelah mengimplementasikan suatu kegiatan. Output bisa berarti jasa yang diberikan atau produk yang dihasilkan. Output sangat mudah untuk diukur dan dikuantifikasikan, misalnya jumlah tempat sampah yang dihasilkan oleh perusahaan pembuat tempat sampah. *Outcome* adalah hasil yang diharapkan bisa dicapai pada jangka waktu menengah (lebih panjang dari output) dari suatu kegiatan yang dilakukan. *Outcome* lebih sukar diukur daripada output, misalnya jumlah lapangan pekerjaan yang dihasilkan, jumlah produk yang didaur ulang, dan lain sebagainya. Selanjutnya, jangka waktu *impact* adalah yang paling lama dibandingkan lainnya. Contohnya adalah kualitas air yang membaik, perbaikan kualitas hidup untuk orang berkebutuhan khusus, dan lain sebagainya. Para ahli masih berdebat mengenai berapa batasan jangka waktu untuk output, *outcome*, dan *impact*: apakah satu tahun sudah merupakan jangka panjang, atau disebut jangka panjang kalau sudah mencapai sepuluh tahun? Konsekuensinya—dan yang membuat hal ini menjadi lebih problematis—adalah tidak ada cara formal untuk menyebut apakah suatu hasil adalah output, *outcome*, atau *impact*; ini semua bergantung pada bagaimana perspektif atau cara pandang kita (OECD, 2020; Roche, 1999). Saya tidak akan berpayah-payah membahas hal tersebut di sini. *There is no objective way of saying whether something is an output, an outcome, or an impact; It depends partly on which angle you look at it from.*

## **Cara Mengukur Efisiensi**

Dahulu para ahli kesulitan mengenai bagaimana cara (formal) mengukur efisiensi, sampai ketika Farrell mempublikasikan artikelnya yang berjudul “*The Measurement of Productive Efficiency*” pada tahun 1957. Pada artikel tersebut,

efisiensi dinyatakan sebagai rasio antara output dengan input (Farrell, 1957)

$$\text{Efisiensi} = \text{Output/Input.} \quad (1)$$

Efisiensi adalah ukuran relatif, yang artinya untuk mengukur efisiensi kita harus membandingkannya dengan yang lain. Misalkan mengukur efisiensi bank dengan membandingkan dengan bank yang lain dalam satu provinsi. Kita tidak bisa mengukur efisiensi “sendirian” alias tanpa komparasi; sehingga, *the most efficient one* mengandung arti yang paling efisien di antara yang dibandingkan, bukan yang paling efisien di antara semuanya (secara mutlak atau absolut).

Mengapa harus relatif? Apakah tidak ada ukuran efisiensi yang absolut? Jawabannya adalah bahwa para ahli tidak tertarik untuk membahas pengukuran efisiensi secara absolut. Pertama, mari kita bahas dari sisi teoretis. Formula untuk mengukur efisiensi adalah output/input; artinya, untuk mendapatkan angka paling besar (atau *the most efficient one*), maka pembilang harus besar atau penyebut harus kecil. Dengan kata lain, output yang dihasilkan harus besar atau menggunakan input yang kecil. Mari kita bahas yang kedua terlebih dahulu (menggunakan input yang paling kecil). Pertanyaannya adalah: yang paling kecil itu berapa? Jawaban paling gampang adalah 0 (nol)—kalau diasumsikan input tidak boleh negatif. Kalau input sama dengan 0, maka nilai efisiensi akan menjadi tidak terdefinisi berapa pun pembilangnya (outputnya). Selain itu, ini akan menyalahi kodrat manusia karena kita dianggap memproduksi sesuatu dari tanpa sesuatu (*producing something out of nothing*)—hanya Tuhan yang bisa melakukan itu. Hukum kekekalan energi pun menyatakan kalau energi tidak bisa diciptakan, hanya dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain; artinya, apa pun itu,

input tetap harus ada (tidak bisa nol). Kemudian mari kita bahas yang pertama (menghasilkan output yang paling besar). Untuk mendapatkan nilai efisiensi yang paling besar, maka pembilang harus besar. Pertanyaan yang sama dengan sebelumnya: yang paling besar itu berapa? Apakah satu juta, satu milyar, satu triliun? Silakan jawab sendiri.

Selanjutnya, mari kita bahas dari sisi praktis. Misalkan suatu perusahaan roti M mampu membuat 10 donat dengan input 1 kg gula dan 1 kg tepung (ini saya ngasal saja, supaya mudah; jadi tidak perlu diperdebatkan contoh ini). Pimpinan Perusahaan M ingin meningkatkan efisiensi dengan cara menurunkan input menjadi setengahnya (menggunakan 5 ons gula dan 5 ons tepung) dengan output tetap 10 donat. Mungkin manajer produksi akan komplain keras dan mengatakan kalau hal tersebut tidak dapat dilakukan; atau kalau pun bisa, kualitasnya tidak akan sama dengan yang biasanya. Namun, yang tidak mungkin itu akan berubah menjadi “mungkin” tatkala pimpinan tersebut berseloroh bahwa Perusahaan U, yang besarnya sama dengan Perusahaan M, dengan alat yang sama dengan Perusahaan M, mampu membuat 10 donat dengan input setengah dari input yang dipakai di Perusahaan M. Dari situ manajer produksi sudah tidak berpikir mengenai ketidakmampuan produksi, namun dari mana letak ketidakefisiensian-nya? *In sum, secara filosofis, we will never know how fast a human can run 100 meters, we just observe and compare to previous results or other runners' results.*

Metode yang paling populer untuk mengukur efisiensi adalah metode *frontier*. Pada literatur *benchmarking*, sebagai mana pada literatur statistika, metode *frontier* dibedakan menjadi dua pendekatan, yaitu parametrik dan non-parametrik. Pada pendekatan parametrik, karakteristik fungsi produksinya harus didefinisikan terlebih dahulu, sedangkan pada model non-

parametrik, kita bahkan tidak perlu mendefinisikan fungsi produksinya. Selanjutnya, metode *frontier* juga dapat dibedakan menjadi dua model, yaitu: model deterministik dan model stokastik. Pada model stokastik, kita mengasumsikan bahwa observasi dapat dipengaruhi oleh *random noise* sehingga deviasi yang timbul bukan hanya karena ada ke-tidakefisiensi-an pada proses, namun juga karena ada *random noise*. Sedangkan pada model deterministik, deviasi yang timbul murni karena inefisiensi pada proses. Untuk lebih jelasnya, pembagian metode *frontier* dapat dilihat pada Tabel 1. Di sini saya tidak akan membahas mengenai metode-metode tersebut. Pembaca yang tertarik bisa mengacu pada referensi yang sudah disertakan pada Tabel 1. Pertanyaan paling menggelitik untuk ditanyakan adalah dari berbagai metode tersebut, metode mana yang paling mudah?

**Tabel 1. Taksonomi Metode *Frontier***

	<b>Deterministik</b>	<b>Stokastik</b>
<b>Parametrik</b>	<i>Corrected ordinary least squares</i> (COLS) Aigner & Chu (1968); Greene (2008); Deutsch et al. (2013)	<i>Stochastic frontier analysis</i> (SFA)  Aigner et al., (1977); Meeusen & van den Broeck (1977); Ulkhaq (2021a, b)
<b>Non-parametrik</b>	<i>Data envelopment analysis</i> (DEA)  Charnes et al. (1978); Cooper et al. (2006)	<i>Stochastic data envelopment analysis</i> (SDEA)  Fethi et al. (2001); Olesen & Petersen (1995)

## Cara Mengevaluasi Dampak

Ketika efisiensi *diukur*, maka efektivitas *dievaluasi*. Pada literatur, istilah yang digunakan adalah *impact evaluation* (evaluasi dampak), bukan evaluasi efektivitas—jangan tanya saya, saya tidak tahu mengapa. Evaluasi dampak merupakan jenis evaluasi yang dapat menjawab pertanyaan sebab-akibat (*cause-and-effect*), yakni apakah terdapat dampak dari program atau intervensi yang dilakukan terhadap hasil (bisa output, *outcome*, atau *impact*) (Imbens & Rubin, 2008; Rubin, 1974). Secara matematis, jawaban atas pertanyaan apakah ada dampak  $\Delta$  dari suatu program  $P$  terhadap hasil  $Y$  adalah adalah (Gertler et al., 2016):

$$\Delta = (Y|P=1) - (Y|P=0). \quad (2)$$

Persamaan (2) menyatakan bahwa dampak yang diestimasi dari suatu program adalah selisih antara hasil ketika program dilaksanakan ( $Y|P=1$ ) dengan hasil ketika program tidak berjalan ( $Y|P=0$ ).

Kelihatannya sederhana tetapi praktiknya tidak semudah yang dibayangkan. Misalkan diberikan contoh seorang peneliti ingin meneliti dampak dari pemberian program pelatihan terhadap pendapatan yang didapatkan oleh seorang pekerja. Dalam contoh ini, peneliti harus mengukur pendapatan pekerja yang mendapatkan pelatihan dan pendapatan pekerja—yang sama dalam waktu yang sama pula—namun tidak mendapatkan pelatihan. Hal ini tidaklah mungkin dapat dilakukan karena bagaimana mungkin seseorang dalam waktu yang sama mendapatkan pelatihan sekaligus tidak mendapatkannya. Hal ini disebut sebagai permasalahan *counterfactual*, yakni apa yang akan terjadi pada suatu hasil apabila suatu unit analisis tidak berpartisipasi dalam suatu program. Secara matematis,

*counterfactual* adalah ( $Y|P=0$ ). Dalam evaluasi dampak, seorang peneliti dapat dengan mudah mengukur hasil dari unit analisis yang mendapatkan program atau ( $Y|P=1$ ) namun tidak dapat secara langsung mengukur ( $Y|P=0$ ) (Khandker et al., 2010); sehingga perlu untuk mengestimasi *counterfactual*.

Untuk mengestimasi *counterfactual*, kita dapat mengukur dampak dari suatu kelompok, bukan individu. Apabila dalam satu kelompok jumlah individunya besar, maka secara rata-rata statistik, karakteristik dari tiap individu dapat dianggap mewakili karakteristik kelompoknya—*the law of large number*. Kelompok akan dibagi menjadi dua, yaitu kelompok perlakuan dan kelompok kontrol atau pembanding. Kelompok yang berpartisipasi dalam program disebut kelompok perlakuan, dengan *outcome* ( $Y|P=1$ ); sedangkan kelompok yang tidak ikut serta dalam program disebut kelompok kontrol, dengan *outcome* ( $Y|P=0$ ).

Salah satu tantangan dalam evaluasi dampak adalah menemukan kelompok kontrol dengan karakteristik yang sama—secara statistik—dengan kelompok perlakuan. Lebih lanjut, kelompok perlakuan dan kontrol sebaiknya memiliki tiga kondisi sebagai berikut. Yang pertama adalah karakteristik kelompok perlakuan dan kelompok kontrol secara rata-rata adalah sama ketika program belum berjalan. Yang kedua adalah intervensi (atau program) tidak mempengaruhi kelompok kontrol, baik secara langsung maupun tidak langsung. Yang ketiga adalah hasil dari kedua kelompok seharusnya berubah dalam arah yang sama apabila diberikan program (atau pun tidak). Apabila ketiga kondisi tersebut dapat dijalankan, maka perbedaan dari keduanya hanyalah apakah suatu kelompok mendapatkan intervensi atau tidak, sehingga peneliti dapat berkeyakinan bahwa perbedaan pada hasil yang terjadi berasal dari intervensi yang diberikan. Sebaliknya, apabila kondisi

tersebut tidak ditemukan, maka dampak yang diestimasi akan tidak valid atau bias.

Terdapat beberapa metode dalam evaluasi dampak yang ada di literatur, seperti *randomized control trial* (RCT), *instrumental variables* (IV), *regression discontinuity design* (RDD), *difference-in-differences* (DiD), dan *matching*. Tentu saja, saya tidak akan membahas metode-metode tersebut di sini. Pembaca bisa mengacu pada referensi seperti Gertler et al. (2016) dan Khandker et al. (2010). Penelitian mengenai evaluasi dampak (yang bersifat kuantitatif) terbilang minim karena penelitian biasanya berskala besar dan membutuhkan dana yang tidak sedikit. Publikasi mengenai evaluasi dampak di Indonesia juga tidak banyak dan seringkali bersifat kualitatif. Saya pernah menjadi seorang konsultan pada salah satu kementerian yang diberi tugas untuk mengevaluasi dampak dari penggunaan alat *internet of things* (IoT) di sektor pertanian dan perikanan budidaya. Jadi, pemerintah memberi bantuan alat IoT ke petani dan petambak sekaligus ingin menilai apakah bantuan yang diberikan memberikan dampak buat petani atau petambak. Proyek dilaksanakan di beberapa kabupaten dengan melibatkan ratusan responden (petani dan petambak) yang dilaksanakan selama kurang lebih delapan bulan. Ya, seperti sudah saya tuliskan sebelumnya, penelitian evaluasi dampak sangat menguras tenaga, waktu, dan tentu saja materi (sebut saja uang); dan belum tentu juga program yang dilakukan akan memberikan dampak.

## **Penutup**

Secara singkat, suatu program dikatakan efektif apabila tujuan dari program tersebut tercapai. Selanjutnya, suatu program dinyatakan efisien apabila tujuan dari program tersebut tercapai dengan menggunakan sumber daya seminimal

mungkin. Dalam kerangka proses produksi, efisiensi berkaitan dengan hubungan antara output dan input, sehingga efisiensi diukur sebagai rasio antara output dan input. Efektivitas, pada sisi yang lain, hanya berkaitan dengan output atau *outcome* atau *impact*, sehingga sering kali, input atau sumber daya tidak dimasukkan ke dalam model. *Finally*, konsep efisiensi dan efektivitas serta bagaimana cara mengukur dan mengevaluasinya sudah dibahas secara ringkas namun padat sehingga diharapkan pembaca dapat lebih memahami dua konsep yang berbeda namun berkaitan tersebut. Mengenai metode untuk mengukur efisiensi atau pun mengevaluasi dampak, pembaca dapat mengacu pada referensi yang sudah tertera. Saya sangat terbuka apabila ada pembaca yang tertarik untuk berdiskusi mengenai salah satu atau pun kedua konsep tersebut, misalkan ingin melakukan kolaborasi penelitian atau hanya berbincang singkat saja sebagai teman minum kopi. *You can always reach me by e-mail.*

### **Daftar Pustaka**

- Aigner, D., Lovell, C.A.K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37.
- Aigner, D.J., & Chu, S.F. (1968). On estimating the industry production function. *The American Economic Review*, 58(4), 826-839.
- Chambers, R.G. (1988). *Applied Production Analysis: A Dual Approach*. Cambridge University Press.
- Charnes, A., Cooper, W.W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

- Christensen, L.R., Jorgenson, D.W., & Lau, L.J. (1971). Conjugate duality and transcendental logarithmic function. *Econometrica*, 39, 255–256.
- Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses: with DEA-solver software and references*. Springer Science & Business Media.
- Deutsch, J., Dumas, A., & Silber, J. (2013). Estimating an educational production function for five countries of Latin America on the basis of the PISA data. *Economics of Education Review*, 36, 245-262.
- Drucker, P.F. (1967). *The Effective Executive*.
- Farrell, M.J. (1957). The measurement of productive efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)*, 120(3), 253-281.
- Fethi, M.D., Jackson, P.M., & Weyman-Jones, T.G. (2001). European airlines: A stochastic dea study of efficiency with market liberalisation. Technical report, University of Leicester Efficiency and Productivity Research Unit.
- Gertler, P.J., Martinez, S., Premand, P., Rawlings, L.B., & Vermeersch, C.M.J. (2016). *Impact Evaluation in Practice* (2nd ed.). Washington, D.C.: Inter-American Development Bank and World Bank.
- Greene, W.H. (2008) *Econometric Analysis* (6th ed.). Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- Halter, A.N., Carter, H.O., & Hocking, J.G. (1957). A note on the transcendental production function  $y = cx_1^{a_1} e^{b_1 x_1} x_2^{a_2} e^{b_2 x_2}$ . *Journal of Farm Economics*, 39, 966-974.

- Imbens, G.W. & Rubin, D.B. (2008). Rubin causal model. In S.N., Durlauf & L.E., Blume (Eds.). *The New Palgrave Dictionary of Economics* (2nd ed.).
- Khandker, S.R., Koolwal, G.B., & Samad, H.A. (2010). *Handbook on Impact Evaluation: Quantitative Methods and Practices*. Washington, D.C.: World Bank.
- Meeusen, W., & van den Broeck, J. (1977). Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. *International Economic Review*, 18(2), 435–444.
- OECD (2010). *Glossary of Key Terms in Evaluations and Results Based Management*. OECD, 2002, re-printed in 2010.
- OECD (2013). *OECD Review on Policies to Improve the Effectiveness of Resource Use in Schools*.
- Olesen, O.B., & Petersen, N.C. (1995). Chance constrained efficiency evaluation. *Management science*, 41(3), 442-457.
- Roche, C. (1999). *Impact Assessment for Development Agencies*. Oxford: Oxfam/NOVIB.
- Rubin, D.B. (1974). Estimating causal effects of treatments in randomized and nonrandomized studies. *Journal of Educational Psychology*, 66(5), 688–701.
- Rutgers, M.R., & Van Der Meer, H. (2010). The origins and restriction of efficiency in public administration: Regaining efficiency as the core value of public administration. *Administration & Society*, 42(7), 755-779.
- Ulkhag, M. M. (2021a). Metode stochastic frontier analysis untuk mengukur efisiensi di sektor pendidikan. *Sainteknologi: Jurnal Sains dan Teknologi*, 19(2), 65-73.

Ulkhag, M. M. (2021b). Efficiency analysis of Indonesian schools:  
A stochastic frontier analysis using OECD PISA 2018 data.  
In *2nd International Conference on Industrial Engineering  
and Operations Management Asia Pacific Conference,  
Surakarta, Indonesia*.