

Kepentingan Output Tidak Diingini bagi Menentukan Kecekapan Utiliti Air di Malaysia

(Importance of Undesirable Outputs for Determining Water Utility Efficiency in Malaysia)

HO SOON CHENG & WAN ROSMANIRA ISMAIL*

School of Mathematical Sciences, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Diserahkan: 13 Mac 2022/Diterima: 26 April 2022

ABSTRAK

Pengurusan air yang tidak cekap akan membebankan rakyat Malaysia. Pihak syarikat pengurusan air perlu menggunakan sumber secara optimum dan mengelakkan pembaziran. Untuk mengenal pasti kecekapan syarikat pengurusan air, input dan output yang sesuai perlu dipilih. Penggunaan output tidak diingini seperti air tidak terhasil (juta liter sehari) jarang diambil perhatian dalam pengukuran kecekapan perkhidmatan bekalan air dan lebih kerap melibatkan input diingini seperti ukur panjang paip (km) dan kos pengendalian (RM '000) manakala output yang diingini pula adalah penggunaan air yang dibilkan (juta liter sehari). Oleh yang demikian, model Charnes, Cooper dan Rhodes (CCR) serta model Banker, Charnes dan Cooper (BCC) dalam kaedah Analisis Pengumpulan Data (APD) digunakan untuk menentukan skor kecekapan Unit Pembuatan Keputusan (UPK) iaitu syarikat pengurusan air di setiap negeri dan Wilayah Persekutuan Labuan di Malaysia pada tahun 2015, 2016 dan 2017 sama ada menggunakan output tidak diingini atau tidak. Hasil kajian menunjukkan model BCC dengan output tidak diingini menunjukkan purata skor kecekapan yang lebih tinggi bagi tahun 2015, 2016 dan 2017. Hasil kajian juga menunjukkan syarikat pengurusan air di Johor, Wilayah Persekutuan Labuan, Melaka, Pulau Pinang, Sarawak dan Selangor dapat digunakan sebagai penanda aras untuk mencapai kecekapan dalam pengurusan air.

Kata kunci: Analisis Pengumpulan Data; kecekapan; output tidak diingini; utiliti air

ABSTRACT

Inefficient water management will burden Malaysians. Water management companies need to use resources optimally and avoid waste. To identify the efficiency of a water management company, appropriate inputs and outputs need to be selected. The use of undesirable output such as non-revenue water (million liters per day) is rarely taken into account in measuring the efficiency of water supply services and more often involves desired inputs such as pipe length (km) and operating costs (RM '000) while the desired output is consumption billed water (million liters a day). Therefore, Charnes, Cooper and Rhodes (CCR) model and Banker, Charnes and Cooper (BCC) model in Data Envelopment Analysis (DEA) method are used to determine the efficiency score of Decision Making Unit (DMU) which is water management company in each state and The Federal Territory of Labuan in Malaysia in 2015, 2016 and 2017 whether using undesirable output or not. The results showed that BCC models with undesirable outputs showed higher average efficiency scores for 2015, 2016 and 2017. The results also showed water management companies in Johor, Federal Territory of Labuan, Melaka, Penang, Sarawak, and Selangor can be used as benchmarks to achieve efficiency in water management.

Keywords: Data Envelopment Analysis; efficiency; undesirable output; water utility

PENGENALAN

Air memainkan peranan yang mustahak dalam kehidupan seseorang manusia. Sebagai contoh, manusia menggunakan air untuk membersihkan dan menyejukkan

badan. Bukan itu sahaja, kebanyakan sektor pembuatan dan perkhidmatan memerlukan sumber bekalan air bersih untuk menghasilkan produk atau memastikan produk serta perkhidmatan mereka dalam keadaan yang bersih

dan berkualiti. Secara tidak langsung, ekonomi sesebuah negara akan dipengaruhi oleh sumber bekalan air bersih yang dihasilkan. Pada tahun 2016, sebanyak 95.7 peratus populasi Malaysia telah dibekalkan dengan sumber bekalan air terawat yang bersih dan telah ditingkatkan jika berbanding dengan 95.5 peratus pada tahun 2015 (Zuraini Anang et al. 2018). Hal ini menunjukkan pembangunan infrastruktur di Malaysia terus dijalankan untuk memastikan rakyat dapat menikmati keperluan asas mereka.

Berdasarkan statistik Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN), secara puratanya, rakyat Malaysia menggunakan sebanyak 201 liter air sehari yang bersamaan dengan 134 botol air yang berkapasiti 1.5 liter. Purata penggunaan air per kapita harian di Malaysia lebih tinggi daripada 165 liter sehari yang disyorkan oleh Pertubuhan Kesihatan Sedunia (WHO) (Kurniawati 2020). Penggunaan air yang berlebihan ini akan mengakibatkan sumber bekalan air bersih tidak mencukupi pada masa depan berlanjutan dengan pertambahan populasi rakyat Malaysia. Kerajaan Malaysia digesa supaya bersiap sedia untuk menghadapi krisis bekalan air terawat yang dijangka akan berlaku tidak sampai 20 tahun lagi (Nurul Riduan Nor Ashaha et al. 2020). Hal ini akan menjejaskan kehidupan rakyat dan ekonomi negara sekiranya masalah tersebut tidak diselesaikan. Terdapat beberapa punca yang mengakibatkan krisis bekalan air di Malaysia. Antaranya ialah peningkatan populasi rakyat, kemarau, kurang kesedaran rakyat terhadap penjimatan air, sikap majikan industri yang memandang rendah terhadap isu pencemaran sungai dan ketidakcekapan pentadbiran dalam pengurusan syarikat air. Sebagai contoh persaraan Ketua Pengawai Eksekutif (CEO) Syarikat Air Melaka Berhad (SAMB) dan Ketua Pengawai Operasi dipercayai antara punca krisis bekalan air yang melanda negeri Melaka gagal ditangani dengan berkesan (Nazri 2020). Oleh itu, langkah yang boleh diambil bagi mengelakkan berlakunya krisis bekalan air hendaklah dilakukan supaya masyarakat dapat memperoleh bekalan air bersih pada bila-bila masa.

Sistem bekalan air bersih mengandungi proses pengumpulan air mentah daripada beberapa sumber seperti sungai, empangan dan air dalam tanah. Kemudian air mentah telah dirawat dan bekalan air bersih telah disimpan dan diagihkan kepada pengguna melalui sistem agihan air yang mempunyai paip yang berbagai jenis. Air tidak terhasil mungkin diwujudkan dalam sistem ini dan dapat dihitung dengan perbezaan antara jumlah pengeluaran air yang dibekalkan ke dalam sistem agihan air dan jumlah penggunaan sah yang dibilkan (Adeosun

2014). Terdapat beberapa punca yang menyebabkan adanya air tidak terhasil. Antaranya ialah kerosakan fizikal iaitu kerugian akibat pembocoran dalam keseluruhan sistem bekalan air disebabkan oleh operasi dan penyelenggaraan yang lemah, kekurangan kawalan bocor aktif dan kualiti infrastruktur dalam tanah yang kurang baik. Selain itu, kerugian akibat meter pelanggan yang tidak didaftarkan dalam sistem dan kegiatan curi air telah menghasilkan air tidak terhasil. Di samping itu, puncanya ialah kewujudan jumlah penggunaan sah yang tidak dibilkan termasuk air untuk tujuan pengendalian dan pemadaman kebakaran (Adeosun 2014). Air tidak terhasil membawa kerugian kepada syarikat air dan inisiatif perlu dilakukan untuk mengurangkan jumlah air tersebut. Terdapat banyak syarikat pengurusan air dan agenda kerajaan yang terlibat dalam sektor industri air di Malaysia seperti Suruhanjaya Perkhidmatan Air Negara (SPAN), SAJ Ranhill Sdn. Bhd. dan Pengurusan Air Selangor Sdn. Bhd. Hal ini telah menyebabkan perbezaan cara untuk menguruskan operasi syarikat masing-masing.

Kajian berkaitan dengan kaedah tidak berparameter terhadap perbandingan produktiviti berbilang pihak dengan adanya output tidak diinginkan yang dijana sebagai hasil sampingan dalam proses pembuatan telah didapati bahawa pemeringkatan prestasi menjadi sangat sensitif sama ada output tidak diinginkan terlibat atau tidak. Hal ini mencadangkan perbandingan produktiviti pelbagai pihak antara firma, industri, negara dan lain-lain mungkin mengelirukan jika mereka mengabaikan output tidak diinginkan dan output tersebut tertakluk kepada darjah kekangan kawalan yang berlainan antara sampel (Fare et al. 1989).

Dalam suatu proses yang dijalankan, bukan hanya semua faktor yang diinginkan terlibat bahkan juga kadangkala faktor tidak diinginkan harus ditambahkan atau dijana untuk menyempurnakan proses tersebut. Hasil sampingan yang diwujudkan dalam sektor pembuatan sering dianggap sebagai output tidak diinginkan kerana kewujudan hasil tersebut sentiasa membebankan pihak tertentu seperti pihak syarikat dan penduduk serta alam sekitar. Sebagai contoh, dalam sebuah kilang pembuatan kertas, kertas dihasilkan dengan adanya output tidak diinginkan seperti keperluan oksigen biokimia, pepejal terampai, zarah terampai dan oksida sulfur (Seiford & Zhu 2002). Situasi ini telah membawa kesan buruk kepada alam sekitar kerana kewujudan keperluan oksigen biokimia akan mengurangkan amaun oksigen dalam air bagi kehidupan organisma akuatik. Jadi, output tidak diinginkan sepatutnya dimasukkan dalam APD agar menggambarkan keadaan sebenar dalam proses tersebut.

Kajian lepas tersebut telah membuktikan terdapat sebahagian faktor tidak diingini adalah signifikan dalam menentukan kecekapan dengan menggunakan kaedah tidak berparameter. Lin et al. (2019) telah membangunkan Analisis Pengumpulan Data Songsang untuk menghitung kecekapan pelabuhan kontena dan menganalisis penggunaan sumber dengan mengambil kira output tidak diingini, iaitu karbon dioksida dan nitrogen oksida. Kajian tersebut juga menetapkan sasaran untuk mengurangkan pemancaran bahan cemar yang berpadanan dengan rancangan dalam melindungi ekosistem di negara China. Hal ini menunjukkan bahawa output tidak diingini dapat dimasukkan dalam APD untuk membantu pihak yang terbabit dalam merancang pelan mereka berpandukan UPK yang cekap agar pencemaran alam sekitar dan pembaziran sumber dapat dikurangkan.

Kajian oleh Wang et al. (2019) menggunakan model output tidak diingini mengukur kecekapan 22 jabatan keselamatan di Taiwan tentang keperluan dan permintaan untuk keselamatan peribadi dan ketenteraman awam telah meningkat di bawah tekanan besar daripada pertumbuhan ekonomi dan masyarakat. Menurut analisis, model output tidak diingini seperti bilangan jenayah dan bilangan suspek adalah kaedah yang berkesan untuk mengukur prestasi jabatan keselamatan. Kecekapan boleh diperbaiki dengan mengurangkan lebihan dalam input dan output yang tidak diingini dalam pengurusan keselamatan semua jabatan polis di Taiwan.

An et al. (2019) telah membuat perbandingan antara model kotak hitam dan model dua peringkat yang melibatkan kes dengan dan tanpa output yang tidak diingini untuk 16 bank perdagangan tersenarai di China. Hasil kajian menunjukkan bilangan UPK cekap yang dikenal pasti oleh model kotak hitam dalam kes tanpa dan dengan output yang tidak diingini masing-masing jauh lebih besar daripada nombor yang diperoleh oleh model dua peringkat. Model dua peringkat adalah lebih berkesan daripada model kotak hitam dari segi keupayaan pengekamannya dan output yang tidak diingini boleh mempengaruhi keputusan penilaian. Oleh itu, bank harus meningkatkan kos operasi dan perbelanjaan faedah untuk melengkapkan jangka pendek, mengawal jumlah deposit mereka pada tahap yang cukup cekap, menambah baik tahap perniagaan pekerja dan mengkaji semula secara kritis kelayakan kredit peminjam.

Kajian oleh Zhou et al. (2019) secara empirik mengkaji prestasi tenaga sektor dalam industri China dari 2010 hingga 2014 menggunakan model APD dengan output tidak diingini iaitu air sisa industri dan gas buangan industri. Keputusan menunjukkan kebanyakan sektor dalam industri China tidak menunjukkan prestasi

yang baik, terutamanya sektor yang berkaitan dengan pengekstrakan tenaga. Berdasarkan keputusan penilaian kecekapan, kebanyakan industri perlu meningkatkan output yang diingini dan mengurangkan output tidak diingini untuk mencapai kecekapan pada tahap input semasa.

Pihak kerajaan komited mengurangkan kadar air tidak terhasil secara holistik kepada 31 peratus pada akhir Rancangan Malaysia Ke-11 dan menggalakkan syarikat pengurusan air menggunakan paip berteknologi tinggi (Abdul Razak Raaff 2019). Oleh itu, pihak pengurus syarikat air perlu menggunakan sumber secara optimum dan mengelakkan pembaziran supaya krisis bekalan air tidak berlaku dan ekosistem dapat dilindungi. Terdapat hanya beberapa kajian dengan kaedah APD yang mengambil kira faktor tidak diingini seperti air tidak terhasil untuk menentukan kecekapan sumber air dalam sektor industri air. Oleh yang demikian, objektif dalam kajian ini adalah untuk mengenal pasti kesan output tidak diingini dalam kaedah Analisis Pengumpulan Data menggunakan model Charnes, Cooper dan Rhodes (CCR) dan model Banker, Charnes dan Cooper (BCC).

KAEDAH KAJIAN

Model APD paling awal diperkenalkan oleh Charnes et al. (1978) yang mana nama mereka digunakan iaitu model CCR. Model CCR adalah berdasarkan andaian pulangan malar mengikut skala yang mana peningkatan dalam sumber pengeluaran akan menghasilkan peningkatan berkadar dalam output. Dengan mengandaikan bahawa terdapat n UPK, k ialah UPK sedang dinilai dan UPK ke- j menghasilkan s output (y_{1j}, \dots, y_{sj}) dengan menggunakan m input (x_{1j}, \dots, x_{mj}), ϕ mewakili skor kecekapan UPK ke- k , dan λ_j mewakili pemboleh ubah dual yang mengenal pasti UPK komposit untuk UPK ke- j yang tidak cekap. Secara matematik, kecekapan relatif UPK ke- k yang diberikan oleh Maks ϕ tertakluk kepada

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \leq x_{ik} \quad i = 1, 2, \dots, m;$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq \phi y_{rk} \quad r = 1, 2, \dots, s;$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

UPK dianggap cekap jika ia mencapai skor $\phi = 1$ dan tidak cekap adalah kurang daripada 1. APD mengenal

pasti penambahbaikan yang diperlukan untuk menjadikan UPK tidak cekap sebagai cekap menggunakan pemboleh ubah dual.

Model APD seterusnya diikuti oleh model yang diperkenalkan oleh Banker et al. (1984) dikenali dengan nama mereka iaitu model BCC. Model BCC membenarkan pulangan berubah mengikut skala untuk menganggarkan kecekapan teknikal tulen bagi UPK dengan merujuk kepada sempadan yang cekap. Ia juga mengenal pasti sama ada UPK beroperasi dalam peningkatan, penurunan atau pulangan berterusan mengikut skala. Oleh itu, model CCR ialah jenis model BCC yang khusus. Oleh yang demikian, model BCC secara matematik adalah sama dengan model CCR cuma terdapat satu kekangan tambahan iaitu

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Kedua-dua model CCR dan BCC digunakan adalah kerana model CCR berbeza berbanding dengan model BCC kerana model CCR mengukur kecekapan teknikal keseluruhan manakala model BCC mengukur kecekapan teknikal keseluruhan, kecekapan teknikal tulen dan kecekapan skala. Model BCC diperkenalkan untuk mengatasi kesukaran andaian bahawa pulangan malar mengikut skala mungkin tidak selalu sesuai dalam beberapa konteks kehidupan sebenar dan oleh itu tidak boleh digunakan dalam pelbagai keadaan.

Teori APD klasik yang diguna pakai adalah mengurangkan input yang diinginkan dan meningkatkan output yang diinginkan. Namun, kewujudan faktor tidak diinginkan telah mengakibatkan perbezaan cara APD yang perlu dilakukan atau pemprosesan faktor tersebut diperlukan sebelum kaedah APD dijalankan. Didapati kaedah awal menganggap input yang tidak diinginkan sebagai output yang diinginkan, atau output yang tidak diinginkan sebagai input yang diinginkan. Sebagai contoh, air tidak terhasil diwujudkan dalam industri air dapat dikatakan adalah sesuatu tanda pembaziran dan faktor output tidak diinginkan kerana jumlah air tersebut bukan sahaja tidak memberi apa-apa keuntungan kepada syarikat pengurusan air malah menyebabkan penggunaan sumber yang berlebihan dalam menghasilkan sumber bekalan air (Adeosun 2014).

Untuk membandingkan kecekapan syarikat pengurusan air dalam pengurusan sistem bekalan air bersih, Analisis Pengumpulan Data (APD) dijalankan. APD adalah suatu teknik pengaturcaraan linear yang

mengukur kecekapan prestasi organisasi yang dinamakan dengan unit pembuatan keputusan (Ramanathan 2003).

Terdapat banyak kajian telah dilakukan dengan kaedah APD dalam sektor air. Antaranya adalah Romano dan Guerrini (2011) telah mengaplikasikan kaedah APD dalam industri air Itali dan membincangkan perbezaan yang bererti antara kelompok dari segi struktur pemilikan, saiz dan kedudukan geografi syarikat melalui ujian statistik tidak berparameter. Bukan itu sahaja, industri air di Malaysia juga pernah dikaji dengan menggunakan APD. Norbaizura et al. (2015) telah menjalankan Analisis Pengumpulan Data Dua Peringkat terhadap industri air di Malaysia dan mendapati bahawa kebanyakan negeri tidak cekap dalam kedua-dua peringkat, iaitu peringkat tertinggi yang melibatkan penghasilan sumber bekalan air dan peringkat kedua yang berkaitan dengan pengagihan sumber bekalan air pada tahun 2011 dan 2012. Penggunaan APD dapat memberi petunjuk kepada pengurus syarikat air supaya sentiasa menggunakan sumber secara optimum.

DATA KAJIAN

Untuk menjalankan kajian berkaitan dengan kecekapan industri air di Malaysia, terdapat sumber bekalan air di setiap negeri dan Wilayah Persekutuan Labuan di Malaysia pada tahun 2015, 2016 dan 2017 yang diperoleh daripada Panduan Industri Air Malaysia yang diterbitkan oleh Persatuan Air Malaysia (MWO). UPK dalam kajian ini adalah sistem bekalan air bersih di setiap negeri dan Wilayah Persekutuan Labuan di Malaysia pada tahun 2015, 2016 dan 2017. Dengan menggunakan APD, kecekapan sistem bekalan air di setiap negeri dan Wilayah Persekutuan Labuan dapat dikenal pasti serta UPK yang mempunyai kecekapan terbaik dapat ditentukan bagi setiap tahun. Jadi, UPK yang mempunyai sistem bekalan air yang tidak cekap boleh mengalami perubahan dalam operasi syarikat agar sistem bekalan air menjadi lebih cekap dan pembaziran dapat dikurangkan.

Antara UPK adalah sumber bekalan air di negeri Johor, Kedah, Kelantan, Melaka, Negeri Sembilan, Pulau Pinang, Pahang, Perak, Perlis, Sabah, Sarawak, Selangor dan Terengganu serta Wilayah Persekutuan Labuan di Malaysia. Untuk memulakan kaedah APD, input dan output yang sesuai perlu dipilih bagi 14 UPK. Berdasarkan data yang ada dalam buku panduan tersebut, input yang dipilih adalah ukur panjang paip (km) dan kos pengendalian (RM '000) manakala output yang digunakan adalah penggunaan sah yang dibilkan (juta liter sehari) serta output tidak diinginkan adalah air tidak

terhasil (juta liter sehari). Bilangan input dan output juga ditetapkan mengikut cadangan yang diberikan dalam kajian lepas, iaitu tiga kali ganda hasil tambah input dan output yang bernilai 12 serta dua kali ganda hasil darab input dan output yang bernilai 8 tidak melebihi 14.

Ukur panjang paip yang menggambarkan serakan pelanggan dalam kawasan tersebut merangkumi ukur panjang paip yang berbagai jenis seperti paip simen asbestos, keluli lembut, besi mulur dan polietilena. Selain itu, kos pengendalian mengandungi beberapa komponen seperti kos rawatan dan pengagihan, pembelian air terawat, pembelian air mentah, pajakan sewaan kepada Pengurusan Aset Air Berhad (PAAB) bagi negeri Johor, Melaka, Perak dan Penang. Penggunaan sah yang dibilkan adalah isi padu bekalan air yang telah dijual kepada pelanggan mereka. Isi padu air tidak terhasil merupakan salah satu penunjuk kualiti teknik bagi perkhidmatan sumber bekalan air (Susila 2009). Hal ini demikian kerana mungkin berlakunya kehilangan air dalam proses pengagihan bekalan air dengan sebab-sebab tertentu seperti pecahan paip dan air yang telah digunakan untuk memadam api. Jadual 1 menunjukkan data yang berkaitan dengan input dan output bagi 14 UPK pada tahun 2015, 2016 dan 2017.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Terdapat empat model APD yang diperlukan untuk mendapatkan skor kecekapan bagi 14 UPK di Malaysia iaitu 2 model menggunakan input dan output diingini dan tanpa output tidak diingini dan 2 model menggunakan input dan output diingini dan dengan output tidak diingini. Dua input diingini adalah Ukur Panjang Paip dan Kos Pengendalian, 1 output diingini adalah Penggunaan Sah yang Dibilkan, manakala 1 output tidak diingini adalah Air tidak Terhasil. Output tidak diingini dijadikan sebagai input dalam model CCR dan BCC. Output tidak diingini ditukar kepada input kerana jika dikekalkan sebagai output, ia akan menghasilkan sasaran penambahbaikan yang positif yang bertentangan dengan objektif untuk mengurangkan output yang memberikan hasil yang negatif.

Merujuk kepada Jadual 2, UPK yang cekap menggunakan model CCR tanpa output tidak diingini adalah sumber bekalan air di negeri Pulau Pinang dan Perlis pada tahun 2015, Pulau Pinang dan Sarawak pada tahun 2016 serta Pulau Pinang dan Sarawak pada tahun 2017. Hal ini menggambarkan bahawa sumber bekalan air di negeri Pulau Pinang dapat mengekalkan kecekapannya berturut-turut selama tiga tahun dalam

model CCR tersebut. Sumber bekalan air di negeri Sarawak telah menjadi cekap pada tahun 2016 dan 2017 berbanding dengan tahun 2015. Selain itu, kebanyakan kecekapan sumber bekalan air di negeri dan Wilayah Persekutuan Labuan kurang baik pada ketiga-tiga tahun dengan menggunakan model tersebut yang mempunyai dua input dan satu output.

Model CCR dengan adanya output tidak diingini iaitu air tidak terhasil dijadikan input ditunjukkan dalam Jadual 3. Ia telah menunjukkan sumber bekalan air di negeri Melaka, Pulau Pinang dan Perlis adalah cekap pada tahun 2015. Selain itu, UPK yang cekap adalah sumber bekalan air di negeri Melaka, Pulau Pinang dan Sarawak pada tahun 2016 serta Melaka, Sarawak, Pulau Pinang dan Terengganu pada tahun 2017. Hal ini menjelaskan bahawa sumber bekalan air di negeri Melaka dan Pulau Pinang telah mencapai kecekapan berturut-turut selama tiga tahun. Di samping itu, sumber bekalan air di negeri Perlis tidak dapat mengekalkan kecekapannya selepas tahun 2015.

Sebuah model BCC telah dijalankan dengan inputnya adalah ukuran panjang paip dan kos pengendalian manakala output adalah penggunaan sah yang dibilkan sahaja. Berdasarkan Jadual 4, UPK yang mempunyai skor kecekapan bernilai satu dapat dikatakan cekap dalam model BCC dan bernilai lebih daripada satu dikatakan tidak cekap. UPK yang cekap pada tahun 2015 adalah sumber bekalan air di Wilayah Persekutuan Labuan, negeri Pulau Pinang, Perak, Perlis, Sarawak dan Selangor. Manakala terdapat 4 UPK yang cekap pada tahun 2016 iaitu Wilayah Persekutuan Labuan, negeri Pulau Pinang, Sarawak dan Selangor. Pada tahun 2017, UPK yang cekap lebih kurang sama dengan UPK pada tahun 2015 kecuali Johor dan Terengganu. Akan tetapi terdapat 1 UPK yang tidak cekap iaitu Perlis.

Model BCC yang mempunyai output tidak diingini ditunjukkan dalam Jadual 5. Terdapat 8 buah UPK yang cekap pada tahun 2015 dan 2017 manakala hanya 6 buah UPK yang cekap dalam model BCC yang mempunyai output tidak diingini tersebut pada tahun 2016. Sumber bekalan air di negeri Johor, Wilayah Persekutuan Labuan, Melaka, Pulau Pinang, Sarawak dan Selangor mengekalkan kecekapan mereka berturut-turut selama tiga tahun. Namun begitu, hanya beberapa UPK berada dalam CCR seperti sumber bekalan air di Wilayah Persekutuan Labuan dan negeri Pulau Pinang pada ketiga-tiga tahun, negeri Perlis pada tahun 2015, negeri Sarawak pada tahun 2016 dan 2017 serta negeri Terengganu pada tahun 2017.

Kewujudan sebahagian faktor tidak diinginkan yang penting membolehkan hasil kajian lebih sesuai untuk menggambarkan situasi sebenar. Perbandingan antara skor kecekapan model CCR dengan model CCR yang mempunyai output tidak diinginkan telah dilakukan. Merujuk kepada Jadual 2 hingga 5, terdapat beberapa perbezaan dapat diperhatikan. Antaranya ialah bilangan UPK yang cekap telah bertambah dengan adanya output tidak diinginkan, iaitu daripada dua buah UPK yang cekap bagi setiap tahun kepada tiga buah UPK yang cekap bagi tahun 2015 dan 2016 serta empat buah UPK yang cekap pada tahun 2017. Selain itu, kebanyakan skor kecekapan dengan model CCR yang mempunyai output tidak diinginkan adalah lebih tinggi berbanding dengan model CCR. Hal ini menjelaskan bahawa output tidak diinginkan, iaitu air tidak terhasil yang telah digunakan dalam kajian ini adalah maklumat penting untuk menghitung kecekapan sumber bekalan air di Malaysia.

Jadual 2 dan 3 menunjukkan bahawa senarai kecekapan bagi setiap UPK dalam model CCR tanpa output tidak diinginkan dan model CCR yang mempunyai output tidak diinginkan dalam ketiga-tiga tahun. Dengan adanya output tidak diinginkan, iaitu air tidak terhasil, bukan sahaja telah mengakibatkan sumber bekalan air di negeri Melaka cekap malahan sumber bekalan air di negeri Johor dan Wilayah Persekutuan Labuan berkemampuan untuk menjadi cekap berpandukan kecekapan sebaya masing-masing yang salah satu adalah UPK tersebut pada tahun 2015. Situasi ini juga dapat diperhatikan pada tahun 2016 dan 2017 tetapi hanya sedikit perbezaan dalam kalangan UPK tidak cekap yang mempunyai salah satu kecekapan sebaya adalah UPK yang menjadi cekap akibat kehadiran output tidak diinginkan tersebut. Hal ini telah menggambarkan air tidak terhasil mempunyai maklumat yang berlainan berbanding

dengan input dan output yang sedia ada dan air tidak terhasil boleh dimasukkan ke dalam model CCR untuk menghitung skor kecekapan sumber bekalan air di setiap negeri dan Wilayah Persekutuan di Malaysia.

Berdasarkan Jadual 4 dan 5, UPK yang mempunyai skor kecekapan bernilai satu bagi model BCC yang mempunyai output tidak diinginkan, iaitu air tidak terhasil adalah lebih banyak berbanding dengan model BCC yang tidak mempunyai output tidak diinginkan tersebut. Bilangan UPK yang cekap telah ditingkatkan daripada 6, 4 dan 7 buah kepada 8, 6 dan 8 buah masing-masing pada tahun 2015, 2016 dan 2017. Sebagai contoh, UPK yang menjadikan cekap akibat air tidak terhasil adalah sumber bekalan air di negeri Johor dan Melaka pada tahun 2015. Hal ini juga menggambarkan proses pemilihan input dan output adalah penting dalam kaedah APD.

Di samping itu, sumber bekalan air di Wilayah Persekutuan Labuan, negeri Pulau Pinang, Sarawak dan Selangor mempunyai skor kecekapan bernilai satu dalam kedua-dua model BCC tersebut. Hal ini menunjukkan bahawa kemasukan output tidak diinginkan tidak menjejaskan prestasi kecekapan UPK tersebut. Namun, terdapat beberapa UPK dijejaskan akibat output air tidak terhasil dan UPK tersebut juga menjadikan kecekapan sebaya bagi UPK yang tidak cekap. Sebagai contoh, sumber bekalan air di negeri Melaka selaku UPK yang menjadi cekap akibat output tidak diinginkan merupakan salah satu kecekapan sebaya untuk sumber bekalan air di negeri Kelantan, Negeri Sembilan, Pahang dan Terengganu pada tahun 2015. Secara ringkasnya, output tidak diinginkan, iaitu air tidak terhasil boleh dimasukkan ke dalam model BCC untuk menghitung skor kecekapan sumber bekalan air di Malaysia kerana output tersebut adalah berguna dan mempunyai maklumat yang istimewa dalam situasi ini.

JADUAL 1. Data input dan output pada tahun 2015, 2016 dan 2017

Tahun	Input ukur panjang paip (km)	Input kos pengendalian (RM '000)	Output penggunaan sah yang dibilkan (Juta liter sehari)	Output tidak diinginkan air tidak terhasil (Juta liter sehari)
2015	10323.43	337550.4	746.0714	410.2857
2016	10725.14	361163.1	766.9286	417.6429
2017	10961.07	394734.4	770.3571	423.1429

JADUAL 2. Kecekapan sumber bekalan air dengan model CCR tanpa Output Tidak Diingini

UPK	Tahun 2015	Tahun 2016	Tahun 2017
Johor	0.410	0.346	0.555
Kedah	0.642	0.570	0.592
Kelantan	0.634	0.504	0.530
Labuan	0.518	0.521	0.515
Melaka	0.591	0.498	0.665
N. Sembilan	0.569	0.466	0.592
P. Pinang	1.000	1.000	1.000
Pahang	0.491	0.496	0.46
Perak	0.970	0.845	0.933
Perlis	1.000	0.551	0.503
Sabah	0.337	0.317	0.318
Sarawak	0.982	1.000	1.000
Selangor	0.611	0.608	0.624
Terengganu	0.860	0.770	0.942
Purata Skor Kecekapan	0.708	0.607	0.659

JADUAL 3. Kecekapan sumber bekalan air dengan model CCR dengan Output Tidak Diingini

UPK	Tahun 2015	Tahun 2016	Tahun 2017
Johor	0.695	0.684	0.777
Kedah	0.644	0.570	0.592
Kelantan	0.646	0.518	0.545
Labuan	0.553	0.612	0.577
Melaka	1.000	1.000	1.000
N. Sembilan	0.573	0.552	0.640
P. Pinang	1.000	1.000	1.000
Pahang	0.491	0.500	0.476
Perak	0.980	0.869	0.970
Perlis	1.000	0.551	0.503
Sabah	0.337	0.318	0.318
Sarawak	0.993	1.000	1.000
Selangor	0.611	0.608	0.624
Terengganu	0.876	0.847	1.000
Purata Skor Kecekapan	0.743	0.688	0.716

JADUAL 4. Kecekapan sumber bekalan air dengan model BCC tanpa Output Tidak Diingini

UPK	Tahun 2015	Tahun 2016	Tahun 2017
Johor	0.744	0.675	1.000
Kedah	0.740	0.722	0.737
Kelantan	0.650	0.559	0.564
Labuan	1.000	1.000	1.000
Melaka	0.593	0.500	0.681
N. Sembilan	0.579	0.552	0.602
P. Pinang	1.000	1.000	1.000
Pahang	0.567	0.600	0.589
Perak	1.000	0.980	1.000
Perlis	1.000	0.939	0.679
Sabah	0.478	0.481	0.506
Sarawak	1.000	1.000	1.000
Selangor	1.000	1.000	1.000
Terengganu	0.878	0.819	1.000
Purata Skor Kecekapan	0.751	0.717	0.760

JADUAL 5. Kecekapan sumber bekalan air dengan model BCC dengan Output Tidak Diingini

UPK	Tahun 2015	Tahun 2016	Tahun 2017
Johor	1.000	1.000	1.000
Kedah	0.755	0.748	0.747
Kelantan	0.894	0.893	0.889
Labuan	1.000	1.000	1.000
Melaka	1.000	1.000	1.000
N. Sembilan	0.904	0.923	0.929
P. Pinang	1.000	1.000	1.000
Pahang	0.690	0.758	0.760
Perak	1.000	0.997	1.000
Perlis	1.000	0.939	0.921
Sabah	0.645	0.696	0.665
Sarawak	1.000	1.000	1.000
Selangor	1.000	1.000	1.000
Terengganu	0.946	0.958	1.000
Purata Skor Kecekapan	0.897	0.908	0.907

KESIMPULAN

Kewujudan faktor tidak diinginkan yang signifikan amat diperlukan kerana faktor tersebut mempunyai maklumat penting dalam proses menentukan kecekapan. Sebagai contoh, output tidak diinginkan, iaitu air tidak terhasil harus dipilih sebagai pemboleh ubah bagi sumber bekalan air. Di samping itu, penggunaan model yang berlainan akan menjejaskan kecekapan bagi suatu UPK. Sebagai contoh, sebahagian skor kecekapan yang diperoleh dalam model CCR adalah berbeza berbanding dengan model BCC kerana andaian model CCR adalah pulangan malar mengikut skala manakala andaian model BCC adalah pulangan berubah mengikut skala. Hasil kajian menunjukkan model BCC memberikan purata skor kecekapan yang paling tinggi bagi setiap tahun 2015, 2016 dan 2017. Ini adalah kerana model BCC membolehkan pulangan berubah mengikut skala yang memberikan bilangan UPK yang cekap sekurang-kurangnya sama dengan atau lebih daripada bilangan UPK yang cekap oleh model CCR (Pai et al. 2020). Bukan itu sahaja, hasil kajian telah mendapati model BCC dengan Output Tidak Diinginkan membolehkan pihak syarikat pengurusan air untuk merancang operasi syarikat bagi penghasilan dan pengagihan sumber bekalan air supaya menggunakan sumber secara optimum dan mengelakkan sebarang pembaziran.

Sementelahan itu, output tidak diinginkan, iaitu air tidak terhasil adalah faktor yang penting dan hendaklah dimasukkan dalam kaedah APD untuk menentukan kecekapan sumber bekalan air. Hal ini berlaku kerana pengurangan air tidak terhasil dapat menjimatkan perbelanjaan yang digunakan untuk merawat air mentah yang berlebihan. Bukan itu sahaja, air tidak terhasil yang dapat dielakkan tersebut juga boleh menampung keperluan penduduk di kawasan tersebut supaya krisis air tidak mudah berlaku. Pihak syarikat pengurusan air yang mahir dalam mengurangkan air tidak terhasil boleh memberi pandangan atau berkongsi pengalaman dengan pihak syarikat lain untuk bersama-sama menangani isu air tidak terhasil. Hal ini dapat memastikan sumber air bersih terus dibekalkan pada masa akan datang.

Melalui kajian yang telah dijalankan juga mengenal pasti syarikat pengurusan air yang cekap pada tahun 2015, 2016 dan 2017 menggunakan model BCC dengan Output Tidak Diinginkan iaitu di negeri Johor, Wilayah Persekutuan Labuan, Melaka, Pulau Pinang, Sarawak dan Selangor dapat dikategorikan dalam kelompok penanda aras mengikut bahagian Malaysia Barat dan Malaysia Timur. Syarikat pengurusan air di Johor boleh dijadikan penanda aras bagi kawasan Selatan Malaysia Barat, Melaka dan Selangor bagi kawasan Barat Malaysia

Barat, Pulau Pinang bagi kawasan Utara Malaysia Barat, Sarawak bagi Malaysia Timur dan Wilayah Persekutuan Labuan bagi kawasan Wilayah di Malaysia.

PENGHARGAAN

Jutaan terima kasih diucapkan kepada Pusat Pengurusan Penyelidikan dan Instrumentasi (CRIM) kerana kajian ini telah dijalankan menggunakan Dana Peruntukan Penyelidikan MUTIARA-A163749.

RUJUKAN

- Abdul Razak Raaff. 2019. Kurangkan kadar NRW dengan ganti paip lebih tahan lama. *BH Online*. 18 Februari 2019. <https://www.bharian.com.my/berita/wilayah/2019/02/532275/kurangkan-kadar-nrw-dengan-ganti-paip-lebih-tahan-lama>. Diakses pada 26 Oktober 2020.
- Adeosun, O.O. 2014. *Water Distribution System Challenges and Solutions*. 9 September 2014. <https://www.watersonline.com/doc/water-distribution-system-challenges-and-solutions-0001>. Diakses pada 26 Oktober 2020.
- An, Q., Liu, X., Li, Y. & Xiong, B. 2019. Resource planning of Chinese commercial banking systems using two-stage inverse data envelopment analysis with undesirable outputs. *PLoS ONE* 14(6): 1-20.
- Banker, R.D., Charnes, A. & Cooper, W.W. 1984. Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science* 30(9): 1078-1092.
- Charnes, A., Cooper, W.W. & Rhodes, E. 1978. Measuring the efficiency of decision making units. *European Journal of Operational Research* 2(6): 429-444.
- Fare, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K. & Pasurka, C. 1989. Multilateral productivity comparisons when some outputs are undesirable: A nonparametric approach. *The Review of Economics and Statistics* 71(1): 90-98.
- Kurniawati Kamarudin. 2020. Changing consumer attitudes towards water. *Malaysian National News Agency*. 24 Februari 2020. <https://www.bernama.com/en/features/news.php?id=1816022>. Diakses pada 29 April 2020.
- Lin, Y., Yan, L. & Wang, Y-M. 2019. Performance evaluation and investment analysis for container port sustainable development in China: An inverse DEA approach. *Sustainability* 11: 4617.
- Nazri Abu Bakar. 2020. Krisis air di Melaka: Lantik segera CEO SAMB. *BH Online*. 8 March 2020. <https://www.bharian.com.my/berita/wilayah/2020/03/663141/krisis-air-di-melaka-lantik-segera-ceo-samb>. Diakses pada 25 April 2020.
- Norbaizura Kamarudin, Wan Rosmanira Ismail & Muhammad Azri Mohd. 2018. Network data envelopment analysis as instrument for evaluating water utilities' performance. *Journal of Quality Measurement and Analysis* 14(2): 1-10.

- Nurul Riduan Nor Ashaha, Liza Mokhtar, Ridauddin Daud & Khairil Anwar Mohd Amin. 2020. Amaran Krisis Bekalan Air. *Sinar Harian*. 6 Februari 2020. <https://www.sinarharian.com.my/article/68923/LAPORAN-KHAS/Amaran-krisis-bekalan-air>. Diakses pada 30 April 2020.
- Pai, P., Bilal Mustafa Khan & Kachwala, T. 2020. Data envelopment analysis – Is BCC model better than CCR model? Case of Indian life insurance companies. *NMIMS Management Review XXXVIII(3)*: 17-35.
- Ramanathan, R. 2003. *An Introduction to Data Envelopment Analysis. A Tool for Performance Measurement*. New Delhi: Sage Publications.
- Romano, G. & Guerrini, A. 2011. Measuring and comparing the efficiency of water utility companies: A data envelopment analysis approach. *Utilities Policy* 19: 202-209.
- Seiford, L.M. & Zhu, J. 2002. Modeling undesirable factors in efficiency evaluation. *European Journal of Operational Research* 142: 16-20.
- Susila Munisamy. 2009. Efficiency and ownership in water supply: Evidence from Malaysia. *International Review of Business Research Papers* 5(6): 148-260.
- Wang, C-N., Le, A. L. & Hou, C-C. 2019. Applying undesirable output model to security evaluation of Taiwan. *Mathematics* 7(1023): 1-15.
- Zhou, Z., Xu, G., Wang, C. & Wu, J. 2019. Modeling undesirable output with a DEA approach based on an exponential transformation: An application to measure the energy efficiency of Chinese industry. *Journal of Cleaner Production* 236(6): 117717.
- Zuraini Anang, Noorhaslinda Kulub Abdul Rashid, Azlina Abd. Aziz & Roseliza Mat Alipiah. 2018. Water resources, population growth, and the environment in Malaysia: An overview. *The European Conference on Sustainability, Energy & the Environment 2018 Official Conference Proceedings*.

*Pengarang untuk surat-menyurat: email: wrismail@ukm.edu.my