

PEMILIHAN GABUNGAN PRODUK MENGGUNAKAN SIMULASI BERKOMPUTER DAN ANALISIS PENYAMPULAN DATA

Ruzanita Mat Rania^a*, Wan Rosmanira Ismail^b, Wan Nor Hazwani
Wan Nordin^b

^aPusat Pengajian Statistik dan Sains Pemutusan, Fakulti Sains
Komputer dan Matematik, Universiti Teknologi MARA, Shah
Alam, Selangor, Malaysia

^bPusat Pengajian Sains Matematik, Fakulti Sains dan Teknologi,
Universiti Kebangsaan Malaysia, UKM Bangi, Selangor, Malaysia

Article history

Received

8 May 2014

Received in revised form

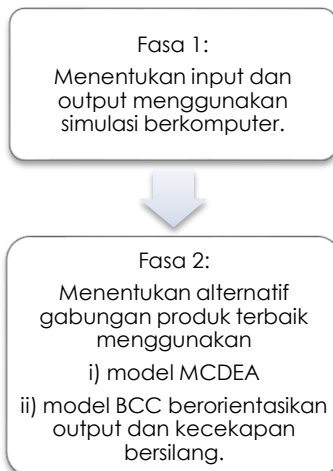
20 January 2015

Accepted

15 June 2015

*Corresponding author
ruzanita@tmsk.uitm.edu.my

Graphical abstract



Abstract

A combination of product selection is one of the decision that are difficult to be determined especially in SME's food manufacturing company that produces different types of food products. Making a wrong decision in the combination of product selection will affect company profitability. In this study, computer simulation, Multiple Criteria Data Envelopment Analysis (MCDEA), BCC output-oriented and cross efficiency is proposed to determine the efficient combination of product alternatives and to rank the combination of product alternatives. Six combinations of product alternatives are identified and with the assistance of computer simulation, inputs and outputs are generated. Inputs used are cost and work in process while revenue, average operator utilization and total production are outputs. The study was conducted at one of SME's food manufacturing companies. The results show that the production of the same types of food product is chosen as the best combination of products. The proposed methods are systematic and comprehensive, especially when adopt to SME's.

Keywords: Simulation, MCDEA model, BCC output-oriented model, cross efficiency

Abstrak

Pemilihan gabungan produk adalah salah satu keputusan yang sukar untuk ditentukan terutamanya bagi syarikat pembuatan makanan PKS yang menghasilkan pelbagai jenis produk makanan. Membuat keputusan yang salah dalam pemilihan gabungan produk akan memberi kesan kepada keuntungan syarikat. Dalam kajian ini, simulasi berkomputer, *Multiple Criteria Data Envelopment Analysis* (MCDEA), BCC berorientasikan output dan kecekapan bersilang adalah dicadangkan untuk menentukan alternatif gabungan produk yang cekap dan menentukan pangkat alternatif gabungan produk. Enam alternatif gabungan produk telah dikenal pasti dan dengan bantuan simulasi berkomputer, input dan output dapat ditentukan. Input yang digunakan adalah kos dan kerja dalam proses manakala hasil, purata penggunaan operator dan jumlah pengeluaran adalah output. Kajian ini dijalankan di salah sebuah syarikat pembuatan makanan PKS. Keputusan menunjukkan bahawa pengeluaran jenis produk makanan yang sama dipilih sebagai gabungan produk yang terbaik. Kaedah yang dicadangkan adalah sistematik dan menyeluruh, terutamanya apabila diaplikasikan kepada PKS.

Kata kunci: Simulasi, model MCDEA, model BCC berorientasikan output, kecekapan bersilang

© 2015 Penerbit UTM Press. All rights reserved

1.0 PENGENALAN

Pembangunan ekonomi Malaysia telah dipacu oleh pertumbuhan sektor pembuatan sejak awal 1980an lagi apabila negara menyaksikan peralihan ekonomi daripada ekonomi yang berasaskan pertanian kepada ekonomi yang berasaskan industri. Proses transformasi ini berlaku daripada kesedaran negara untuk mengurangkan kebergantungan ke atas import dan keperluan sektor berasaskan teknologi bagi menjamin kejayaan ekonomi negara [1]. Berdasarkan kepada Laporan Produktiviti 2012/2013 [2], sektor pembuatan adalah antara sektor yang banyak memberi sumbangan kepada ekonomi negara di mana pertumbuhan Keluaran Dalam Negara Kasar (KDNK) bagi sektor ini ialah sebanyak 4.8% atau berjumlah RM186.9 bilion. Prestasi ini turut disokong oleh pertumbuhan produktiviti sebanyak 4.5% atau berjumlah RM97,408 dan daripada segi jumlah pengeluaran pula, sektor pembuatan mencatatkan RM896.9 bilion pendapatan yang menyumbang 24.9% daripada KDNK. Salah satu elemen sektor pembuatan yang sering diberi penekanan dalam pembangunan ekonomi negara ialah perusahaan kecil dan sederhana (PKS) yang dikatakan mempunyai peranan yang penting dalam menjadikan Malaysia sebagai sebuah negara perindustrian pada tahun 2020.

PKS boleh dikategorikan kepada pelbagai jenis industri berdasarkan kepada beberapa faktor iaitu penggunaan sumber, penyerapan teknologi, jenis keluaran dan sebagainya. Antara jenis PKS yang terlibat ialah industri pemprosesan makanan, industri batu-bata, industri kayu-kayan, industri simen, industri mekanik, industri pembuatan kasut, industri kraf tangan, industri tenunan, industri kejuruteraan ringan, industri alat ganti, industri baik pulih komputer dan banyak lagi. Mengikut Laporan Banci Ekonomi PKS 2011 [3] menunjukkan bahawa pembuatan produk makanan menyumbang nilai output kasar yang paling tinggi sebanyak RM69.5 bilion (35.9 peratus) sepanjang tahun tersebut. Penglibatan PKS dalam sektor makanan amatlah diperlukan dalam menjamin bekalan makanan yang mencukupi, berkualiti, selamat dan berkhasiat dengan harga yang berpatutan. Hal ini bukan sahaja dapat meningkatkan produktiviti dan daya saing antara sektor lain malah boleh menjana pendapatan negara serta mengurangkan import makanan dari luar negara. Dengan ini, struktur ekonomi negara akan terus berkembang maju dan matlamat untuk menjadikan Malaysia sebagai sebuah negara perindustrian dapat dicapai dengan lebih kompetitif dan dinamik.

Terdapat pelbagai cabaran yang dihadapi oleh PKS di dalam persekitaran global, sebagai contoh kekurangan pembiayaan, kesukaran dalam mengeksploitasi teknologi, kekangan keupayaan pengurusan dan produktiviti yang rendah [4]. Oleh itu, ini menghalang PKS daripada terus berkembang dan meletakkan mereka dalam kedudukan yang

kritikal dalam menghadapi cabaran besar kesan daripada globalisasi, liberalisasi dan perkembangan teknologi yang pesat [5].

Oleh yang demikian, kajian berkaitan PKS daripada pelbagai segi perlu ditingkatkan dan diperluaskan bagi membantu menyelesaikan masalah yang dihadapi terutamanya dari segi pembuatan keputusan serta membantu dalam menambahbaik sistem sedia ada. Salah satu keputusan yang penting bagi syarikat pembuatan makanan PKS yang menghasilkan pelbagai jenis produk makanan adalah pembuatan keputusan dalam memilih gabungan produk yang terbaik untuk dihasilkan. Membuat keputusan yang salah dalam pemilihan gabungan produk untuk dihasilkan akan menjejaskan keuntungan syarikat. Secara umum, kebanyakan syarikat pembuatan makanan PKS tidak menggunakan sebarang kaedah formal dalam pemilihan gabungan produk. Keputusan pemilihan biasanya dibuat berdasarkan pengalaman pengurusan dan melalui kaedah cuba jaya.

Aplikasi simulasi banyak digunakan secara meluas dalam pelbagai sektor termasuklah sektor perkilangan, kejuruteraan, pengurusan projek, ketenteraan, logistik, pengangkutan, perniagaan, perkhidmatan kesihatan dan lain-lain [6]. Salah satu bidang yang sering mengaplikasikan simulasi adalah dalam sistem pembuatan [7]. Simulasi menyediakan asas yang kukuh untuk penambahbaikan yang berterusan dalam proses pembuatan dengan mencari model alternatif terbaik untuk meningkatkan kuantiti produk dan memendekkan masa pemprosesan [8]. Pembangunan model simulasi juga digunakan untuk menggambarkan gabungan produk baru bagi barisan pengeluaran. Model simulasi digunakan untuk mengenal pasti kesesakan dan menilai sistem, kitaran masa dan data pengeluaran [9].

Keistimewaan Analisis Penyampulan Data adalah untuk mengukur kecekapan relatif bagi amalan terbaik dalam sampel tertentu. Oleh itu, beberapa kajian dilihat bagi membuktikan kelebihan aplikasi tersebut. Antaranya ialah dalam menentukan bilangan pengagihan operator yang optimum dalam sistem pembuatan bersel. Input dan output yang digunakan adalah seperti bilangan operator, saiz kumpulan, tahap permintaan, purata masa menunggu dan purata penggunaan operator. Input dan output tersebut diperolehi daripada keputusan simulasi. Sebanyak 48 senario dikenalpasti sebagai Unit Pembuat Keputusan (UPK). Hasil daripada aplikasi Analisis Penyampulan Data (APD), alternatif pengagihan operator yang optimum dapat dikenalpasti [10]. Selain itu, APD juga telah diaplikasikan dalam pemilihan barisan pengeluaran produk. Pemilihan barisan pengeluaran produk yang paling berkesan merupakan masalah yang kompleks. Terdapat 11 alternatif yang telah dikenalpasti. Bagi mengetahui alternatif yang manakah dapat memberikan keuntungan yang tinggi dalam waktu yang sama dapat

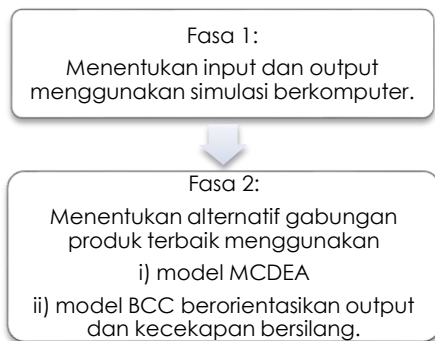
mengurangkan pertambahan produk serta masih boleh mengekalkan pasaran yang kompetitif [11].

Justeru itu, metodologi dua fasa dicadangkan dalam memilih gabungan produk yang terbaik. Dalam fasa pertama, simulasi berkomputer akan digunakan bagi menentukan input dan output bagi setiap alternatif gabungan produk dan dalam fasa kedua, APD digunakan untuk menentukan gabungan produk yang terbaik.

2.0 BAHAN DAN KAEDAH

Salah sebuah syarikat pembuatan makanan PKS telah dipilih sebagai tempat kajian penyelidikan. Tiga jenis produk makanan yang dihasilkan iaitu produk 1 (jejari bilis), produk 2 (rempeyek) dan produk 3 (kuih ros).

Metodologi dalam kajian ini akan dijalankan dalam dua fasa. Rajah 1 menunjukkan carta alir metodologi dua fasa.



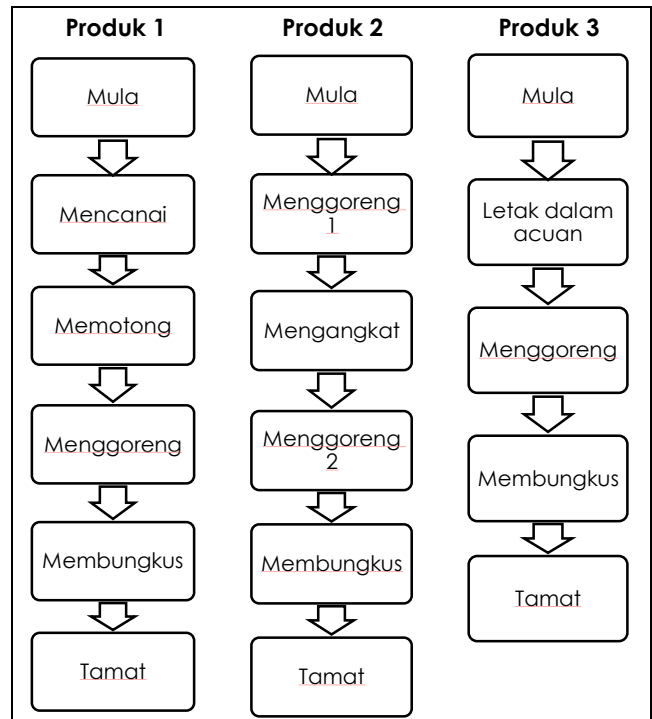
Rajah 1 Carta alir metodologi dua fasa

Fasa 1: Menentukan input dan output bagi setiap alternatif gabungan produk

Secara keseluruhannya, sistem operasi ini melibatkan enam orang operator yang menguruskan produk makanan daripada proses pertama hinggalah proses yang terakhir. Setiap proses yang dijalankan adalah berbeza mengikut jenis produk makanan yang dihasilkan. Rajah 2 menunjukkan carta alir sistem pembuatan makanan bagi ketiga-tiga produk.

Dalam fasa ini, tiga model simulasi dibangunkan dengan menggunakan perisian Arena versi 14 untuk mewakili sistem pembuatan makanan bagi setiap produk. Bagi membangunkan model simulasi, sistem pembuatan sebenar perlu dikaji dan disiasat. Ia juga adalah untuk memahami keseluruhan sistem terutamanya semua proses yang terlibat. Dalam pembinaan model simulasi, setiap data yang dikumpulkan akan dianalisis dengan menggunakan penganalisis input. Taburan-taburan yang mewakili data yang diperolehi, kemudiannya dimasukkan ke modul-modul dalam model simulasi yang dibina.

Rajah 3 menunjukkan ketiga-tiga model simulasi yang telah dibina hasil daripada data yang telah dianalisis dan penggunaan modul perisian Arena.

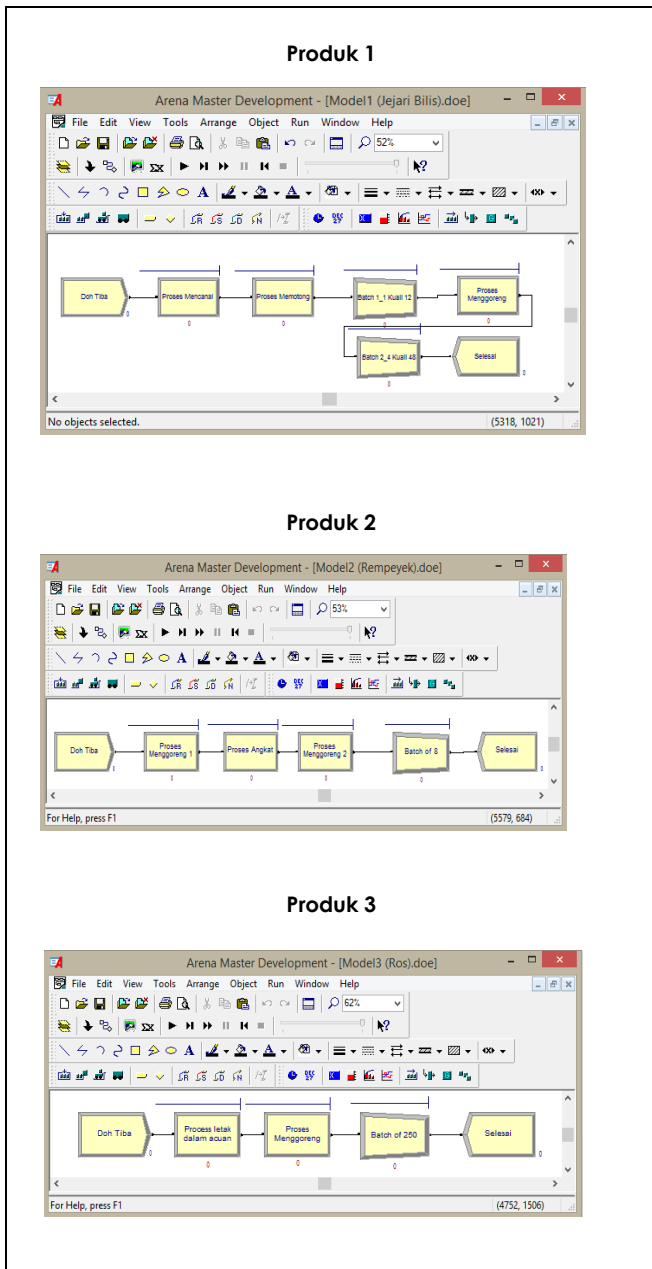


Rajah 2 Carta alir sistem pembuatan makanan bagi ketiga-tiga produk

Pentahkikan dan pengesahan membantu dalam memastikan model simulasi adalah betul dan boleh dipercayai [12]. Dalam kajian ini, output simulasi dan data sebenar dibandingkan. Perbezaan bagi output simulasi dan data sebenar hendaklah kurang atau sama dengan 10% bagi tujuan pengesahan model terhadap sistem sebenar [13]. Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk mengira peratusan ralat [14]:

$$\text{Peratusan ralat} = \frac{|\text{output simulasi} - \text{data sebenar}|}{\text{data sebenar}} \times 100 \quad (1)$$

Model simulasi yang telah siap dibina dilarikan dengan menggunakan perisian Arena perlu menjalani ujian pengesahan bagi membuktikan tahap kesahihan model yang dibangunkan. Dalam kajian ini, jumlah pengeluaran bagi setiap produk makanan digunakan dalam pengiraan peratusan ralat menggunakan persamaan (1). Jadual 1 menunjukkan peratusan ralat tersebut. Berdasarkan peratusan ralat yang diperolehi, ia menunjukkan bahawa model simulasi yang dibina adalah sah.



Rajah 3 Model simulasi sistem pembuatan makanan bagi ketiga-tiga produk menggunakan perisian Arena

Jadual 1 Peratusan ralat bagi jumlah pengeluaran untuk setiap produk

Produk	Output Simulasi (unit)	Data Sebenar (unit)	Peratusan Ralat
1	7	7	0.00
2	83	80	3.75
3	4	4	0.00

Setelah model simulasi ditentukan tahap kesahihan, maka langkah seterusnya adalah untuk mengenal pasti alternatif gabungan produk.

Kepelbagaian produk yang berbeza dikatakan mampu memberikan kesan kepada prestasi pengeluaran sesebuah syarikat pembuatan makanan. Pihak pengurusan syarikat tidak mempunyai jadual tertentu dalam menghasilkan produk makanan. Penghasilan produk makanan dilakukan pada setiap hari. Setiap hari pihak pengurusan berdepan dengan pembuatan keputusan sama ada menggabungkan penghasilan produk makanan yang berbeza atau menggabungkan penghasilan produk makanan yang sama. Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi melihat sama ada penghasilan gabungan produk yang berbeza atau gabungan produk yang sama mampu meningkatkan purata penggunaan operator, meningkatkan jumlah pengeluaran di samping dapat memberikan keuntungan yang maksimum kepada syarikat.

Sebanyak enam alternatif gabungan produk telah dikenalpasti. Alternatif ini juga dikenali sebagai UPK. Gabungan produk ini merujuk kepada penghasilan produk makanan yang dijalankan setiap hari iaitu bagi sesi pagi dan sesi petang. Jadual 2 menunjukkan alternatif gabungan produk yang telah dikenalpasti. Bagi Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 5, tiada perbezaan dari segi input dan output yang diperolehi sekiranya produk sesi pagi dihasilkan pada sesi petang ataupun sebaliknya.

Jadual 2 Gabungan produk yang telah dikenalpasti

Alternatif (UPK)	Gabungan Produk	
	Sesi pagi	Sesi petang
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	2	2
5	2	3
6	3	3

(Petunjuk: 1 = produk 1, 2 = produk 2 dan 3 = produk 3)

Input dan output bagi setiap alternatif gabungan produk diperolehi daripada keputusan simulasi. Setiap alternatif gabungan produk menghasilkan input dan output yang berbeza. Pemilihan input dan output adalah berdasarkan perbincangan dan persetujuan daripada pihak pengurusan syarikat. Input yang dipilih ialah kos dan kerja dalam proses, manakala hasil, purata penggunaan operator dan jumlah pengeluaran dipilih sebagai output. Kos merujuk kepada kos operasi, kerja dalam proses adalah bermaksud jumlah entiti yang telah masuk ke dalam sistem pembuatan tetapi masih belum menjadi produk yang telah siap. Hasil pula merujuk kepada pendapatan yang diperolehi oleh syarikat. Purata penggunaan operator ialah nisbah jumlah masa kerja sebenar terhadap jumlah masa kerja

yang sepatutnya dan jumlah pengeluaran merujuk kepada jumlah kuantiti produk yang dihasilkan.

Fasa 2: Menentukan alternatif gabungan produk yang terbaik

i) Model MCDEA

Model *Multiple Criteria Data Envelopment Analysis* (MCDEA) telah diperkenalkan oleh Li & Reeves [15]. Objektif pembangunan model ini adalah untuk meningkatkan kuasa membezakan di antara UPK dan menghasilkan pemberat yang bersesuaian bagi input dan output. Dalam model MCDEA ini, tiga fungsi objektif bebas digunakan. Fungsi objektif adalah meminimumkan d_0 (*min* d_0), meminimumkan sisihan maksimum (*minimax*) dan meminimumkan jumlah sisihan (*minsum*). Model MCDEA adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \min d_0 \text{ (atau maks } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj_0}) \\ \min M \\ \min \sum_{j=1}^n d_j \\ \text{tert akluk kepada} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ij_0} &= 1, \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} + d_j &= 0, \quad j = 1, \dots, n, \\ M - d_j &\geq 0, \\ u_r, v_i, d_j &\geq 0, \text{ untuk semua } r, i \text{ dan } j. \end{aligned}$$

Di mana d_0 ialah pemboleh ubah sisihan bagi UPK₀ dan d_j ialah pemboleh ubah sisihan bagi UPK_j. M mewakili kuantiti maksimum di antara semua pemboleh ubah sisihan d_j . Berdasarkan persamaan (2), UPK₀ adalah alternatif yang dipilih (kecekapan relatif) sekiranya $d_0 = 0$. Nilai d_0 adalah di antara 0 dan 1. Ini menunjukkan bahawa UPK₀ adalah dikira berdasarkan d_0 . Daripada persamaan (2), UPK₀ ialah alternatif yang dipilih apabila $h_0 = 1 - d_0$. Oleh yang demikian, bagi ketiga-tiga fungsi objektif yang digunakan, skor kecekapan bagi UPK₀ ialah $1 - d_0$. UPK₀ adalah cekap, jika dan hanya jika nilai d_0 bagi setiap fungsi objektif adalah bersamaan dengan sifar.

ii) Model BCC

Dalam fasa ini, model BCC berorientasikan output digunakan dalam menentukan alternatif gabungan produk yang terbaik. Banker *et al.* [16] telah memperkenalkan model BCC dan dikenali sebagai model Pulangan Berubah Mengikut Skala (PBMS). Model BCC dipilih kerana model ini mengandaikan bahawa nisbah perubahan antara input dan output

adalah tidak sama. Di dalam kajian ini, setiap unit yang mewakili input dan output digunakan adalah berbeza. Oleh yang demikian nisbah perubahan antara input dan output semestinya tidak sama. Pemilihan model ini juga adalah untuk memenuhi matlamat pihak pengurusan syarikat dalam meningkatkan output melalui penggunaan tenaga kerja yang sepenuhnya bagi menghasilkan jumlah pengeluaran yang dapat memberikan keuntungan yang maksimum berdasarkan input yang diberikan. Model berorientasikan output adalah dilihat sebagai pengukuran kecekapan berdasarkan tahap peningkatan output yang maksimum dengan menggunakan input yang diberikan. Model BCC berorientasikan output yang digunakan adalah seperti berikut:

$$\begin{aligned} \theta_0 = \min \sum_{i=1}^m v_i x_{ik_0} - u_0 \\ \text{tert akluk kepada} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} - \sum_{j=1}^n u_j y_{jk} - u_0 &\geq 0 \\ \sum_{j=1}^n u_j y_{jk_0} &= 1 \\ i &= 1, 2, \dots, m \\ j &= 1, 2, \dots, n \\ v_i, u_j &\geq \varepsilon \end{aligned}$$

Di mana, u_0 ialah tanda bebas, θ_0 ialah kecekapan relatif bagi UPK₀, y_{jk_0} ialah jumlah output j dari unit k_0 , y_{jk} ialah jumlah output j dari unit k , x_{ik_0} ialah jumlah input i dari unit k_0 , x_{ik} ialah jumlah input i dari unit k , u_j ialah pemberat yang diberikan kepada output j , v_i ialah pemberat yang diberikan kepada input i , n ialah bilangan output, m ialah bilangan input dan ε ialah nombor positif yang kecil. UPK₀ adalah cekap sekiranya $\theta_0 = 1$, UPK₀ adalah tidak cekap sekiranya $1/\theta_0 < 1$.

Walaupun bagaimanapun, apabila menggunakan model BCC, kemungkinan akan memperoleh bilangan UPK yang cekap lebih daripada satu. Oleh yang demikian, langkah yang seterusnya bagi memilih UPK yang terbaik adalah dengan menggunakan kecekapan bersilang.

Kecekapan Bersilang

Kecekapan bersilang dibangunkan oleh Sexton *et al.* [17]. Ia merupakan kaedah yang boleh digunakan untuk mengenal pasti UPK yang cekap secara keseluruhan dan menentukan pangkat UPK tersebut. Skor kecekapan bersilang boleh dikira dengan menggunakan pemberat input dan output yang diperolehi daripada UPK yang cekap. Setiap UPK yang cekap akan menggunakan pemberat input dan output daripada UPK lain yang cekap. Skor kecekapan bersilang boleh dikira dengan menggunakan persamaan berikut:

$$h_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ij} - v_k}{\sum_{r=1}^s u_{rk} Y_{rj}} \quad (4)$$

$$i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, s; \quad j = 1, \dots, n$$

$$\bar{h}_k = \frac{\sum_{j=1}^n h_{kj}}{n} \quad (5)$$

$$k = 1, \dots, n$$

Di mana, h_{kj} ialah skor bagi UPK_j yang menggunakan pemberat optimum yang dipilih oleh UPK_k . \bar{h}_k adalah purata skor kecekapan diberikan kepada UPK_k .

3.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Fasa 1 adalah fasa bagi menentukan input dan output bagi setiap alternatif gabungan produk yang telah dikenalpasti. Input dan output ini diperolehi daripada keputusan simulasi berkomputer. Jadual 3 menunjukkan input dan output bagi setiap alternatif gabungan produk yang diperolehi.

Jadual 3 Input dan output bagi setiap alternatif gabungan produk

Alternatif (UPK)	Input		Output		
	Kos (RM)	Kerja dalam proses (unit)	Hasil (RM)	Purata penggunaan operator	Jumlah pengeluaran (unit)
1	385	26	770	0.3620	14
2	317	90	634	0.6076	90
3	272.5	151	545	0.5016	11
4	249	102	498	0.8521	166
5	204.5	189	409	0.7481	87
6	160	128	320	0.6335	8

Fasa 2 pula adalah untuk menentukan alternatif gabungan yang terbaik berdasarkan input dan output yang diperolehi. Sebelum menentukan alternatif gabungan produk yang terbaik, pengukuran skor kecekapan relatif perlu dilakukan. Skor kecekapan relatif dapat menggambarkan tahap kecekapan sesuatu alternatif gabungan produk berdasarkan input yang digunakan untuk menghasilkan output. Pengukuran skor kecekapan relatif bagi setiap alternatif yang digunakan dalam kajian ini diukur menggunakan i) model MCDEA dan ii) model BCC berorientasikan output seterusnya

kecekapan bersilang digunakan bagi memilih alternatif gabungan produk yang terbaik di antara alternatif-alternatif yang cekap. Semua pengiraan bagi model MCDEA, model BCC dan kecekapan bersilang dilakukan dengan menggunakan perisian LINGO versi 11.

3.1 Model MCDEA

Melalui penggunaan model MCDEA, pengoptimuman pelbagai kriteria dapat dilakukan secara serentak. Pengagihan pemberat yang optimum kepada setiap input dan output yang lebih seimbang berlaku bagi kriteria *minimax* dan *minsum* [15].

Berdasarkan Jadual 4, skor kecekapan relatif yang diperolehi daripada persamaan (2) bagi fungsi objektif yang pertama menunjukkan bahawa terdapat tiga alternatif gabungan produk yang cekap iaitu Alternatif 1, Alternatif 4 dan Alternatif 6. Manakala bagi fungsi objektif yang kedua dan ketiga menunjukkan bahawa hanya satu alternatif gabungan produk yang cekap iaitu Alternatif 4.

Jadual 4 Skor kecekapan relatif bagi model MCDEA

Alternatif (UPK)	Gabungan Produk		<i>min d₀</i>	<i>minimax</i>	<i>minsum</i>
	Sesi pagi	Sesi petang			
1	1	1	1.0000	0.9888	0.9888
2	1	2	0.9952	0.9918	0.9918
3	1	3	0.9790	0.9790	0.9790
4	2	2	1.0000	1.0000	1.0000
5	2	3	0.9988	0.9845	0.9845
6	3	3	1.0000	0.9839	0.9839

Oleh yang demikian, dengan menggunakan model MCDEA didapati Alternatif 4 adalah cekap dan terbaik untuk ketiga-tiga fungsi objektif. Di mana penghasilan produk 2 bagi sesi pagi dan sesi petang adalah alternatif gabungan produk yang terbaik. Diikuti oleh Alternatif 1 (*min d₀* = 1.0000 dan *minimax* = *minsum* = 0.9888) dan Alternatif 6 (*min d₀* = 1.0000 dan *minimax* = *minsum* = 0.9839). Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 5 adalah tidak cekap untuk ketiga-tiga fungsi objektif.

3.2 Model BCC

Setiap nilai pemberat adalah berbeza dan ditentukan mengikut kesesuaian. Nilai pemberat bagi input dan output inilah yang akan menghasilkan skor kecekapan kepada UPK yang terlibat. Skor kecekapan yang terhasil merupakan skor kecekapan relatif yang diperolehi daripada persamaan (3). Jadual 5 menunjukkan skor

kecekapan relatif bagi setiap alternatif gabungan produk bagi model BCC.

Berdasarkan skor kecekapan yang diperolehi, didapati alternatif gabungan produk yang cekap terdiri daripada Alternatif 1, Alternatif 4 dan Alternatif 6 manakala alternatif yang tidak cekap terdiri daripada Alternatif 2, Alternatif 3 dan Alternatif 5. Alternatif-alternatif yang cekap ini telah membuktikan bahawa alternatif ini telah mampu menghasilkan output yang optimum dengan menggunakan input yang diberikan sebaiknya. Selain daripada itu, alternatif-alternatif yang cekap ini mewakili alternatif gabungan produk yang sama.

Berdasarkan keputusan yang diperolehi, ia menggambarkan bahawa sekiranya pihak pengurusan syarikat membuat keputusan untuk menghasilkan gabungan produk yang sama setiap hari, ini akan meningkatkan output melalui penggunaan tenaga kerja yang sepenuhnya bagi menghasilkan jumlah pengeluaran yang dapat memberikan keuntungan yang maksimum.

Jadual 5 Skor kecekapan relatif bagi model BCC

Alternatif (UPK)	Gabungan Produk		θ_0	$1/\theta_0$
	Sesi pagi	Sesi petang		
1	1	1	1.0000	1.0000
2	1	2	1.0048	0.9952
3	1	3	1.0211	0.9793
4	2	2	1.0000	1.0000
5	2	3	1.0012	0.9988
6	3	3	1.0000	1.0000

Namun begitu, di antara ketiga-tiga alternatif yang cekap ini tidak dapat diketahui alternatif gabungan produk yang mana paling menyumbang ke arah peningkatan output berdasarkan input yang diberikan. Oleh itu, kecekapan bersilang digunakan bagi mengetahui pangkat alternatif-alternatif yang cekap ini. Skor kecekapan bersilang akan dikira bagi setiap alternatif yang terlibat. Langkah utama dalam pengiraan kecekapan bersilang adalah dengan membina matriks kecekapan bersilang. Jadual 6 menunjukkan matriks kecekapan bersilang dan purata skor kecekapan yang diperolehi daripada ketiga-tiga alternatif gabungan produk dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

Berdasarkan purata skor kecekapan yang diperolehi, didapati bahawa Alternatif 4 adalah yang terbaik, penghasilan produk 2 bagi sesi pagi dan sesi petang adalah alternatif gabungan produk yang terbaik. Seterusnya diikuti oleh Alternatif 1 dan Alternatif 6. Ini bermaksud bahawa sekiranya pihak pengurusan syarikat diberi pilihan sama ada untuk menghasilkan produk 1, produk 2 atau produk 3, maka produk 2 perlu diberi keutamaan diikuti oleh

produk 1 dan seterusnya adalah produk 3. Penghasilan produk-produk ini hendaklah terdiri daripada gabungan produk yang sama bagi kedua-dua sesi setiap hari.

Jadual 6 Matriks kecekapan bersilang dan purata skor kecekapan

Alternatif (UPK)	1	4	6
1	1.0000	1.0056	1.0593
4	1.0107	1.0000	1.5805
6	1.0739	0.9894	1.0000
\bar{h}_k	1.0282	0.9983	1.2133

Secara keseluruhannya bagi kedua-dua model yang digunakan iaitu i) model MCDEA, ii) model BCC berorientasikan output dan kecekapan bersilang, didapati bahawa penghasilan produk 2 pada sesi pagi dan sesi petang mampu meningkatkan output dari sudut pendapatan, purata penggunaan operator dan jumlah pengeluaran. Atau dengan erti kata lain, pihak PKS harus menumpukan penghasilan produk makanan daripada jenis yang sama setiap hari. Sebagai contoh, penghasilan produk 2 (rempeyek) pada hari Isnin, produk 1 (jejari bilis) pada hari Selasa dan produk 3 (kuih ros) pada hari Rabu.

Jadual 7 menunjukkan input dan output yang diperolehi bagi setiap alternatif gabungan produk mengikut pangkat. Alternatif 4 adalah yang terbaik di mana purata penggunaan operator dan jumlah pengeluaran adalah yang tertinggi. Alternatif 1 adalah kedua terbaik di mana hasil yang diperolehi adalah yang tertinggi dan bilangan kerja dalam proses yang terendah. Manakala Alternatif 6 adalah ketiga terbaik, kos yang digunakan untuk menghasilkan produk makanan adalah yang terendah.

Jadual 7 Kedudukan pangkat alternatif gabungan produk pengeluaran beserta input dan output

Alternatif (UPK)	Gabungan produk		Input		Output			Pangkat
	Sesi pagi	Sesi petang	Kos (RM)	Kerja dalam proses (unit)	Hasil (RM)	Purata penggunaan operator	Jumlah pengeluaran (unit)	
4	2	2	249	102	498	0.8521	166	1
1	1	1	385	26	770	0.3620	14	2
6	3	3	160	128	320	0.6335	8	3

Berdasarkan dapatan kajian, didapati amalan menghasilkan gabungan produk yang berbeza pada kedua-dua sesi setiap hari tidak mampu menghasilkan output yang optimum. Oleh yang

demikian, pihak PKS dinasihatkan supaya menghasilkan produk yang sama bagi sesi pagi dan petang bagi mengelakkan kerugian, pembaziran tenaga pekerja seterusnya dapat meningkatkan jumlah pengeluaran.

4.0 KESIMPULAN

Kajian ini mengaplikasikan simulasi berkomputer dan analisis penyampulan data dalam memilih gabungan produk makanan bagi syarikat pembuatan PKS. Semua fasa adalah penting dalam pemilihan gabungan produk.

Fasa 1 adalah untuk mendapatkan hasil jangkaan bagi alternatif gabungan produk. Ia memberikan maklumat kepada pihak pengurusan syarikat sekiranya alternatif gabungan produk tersebut dilaksanakan.

Fasa 2 adalah untuk membuat kesimpulan berkenaan gabungan produk yang terbaik sama ada menggabungkan produk yang berbeza ataupun menggabungkan produk yang sama. Penggunaan i) model MCDEA, ii) model BCC berorientasikan output dan kecekapan bersilang adalah untuk memilih model yang bersesuaian untuk digunakan bagi menentukan alternatif gabungan produk yang terbaik. Didapati bahawa model MCDEA adalah lebih bersesuaian untuk digunakan kerana keputusan yang diperolehi adalah lebih pantas kerana ia hanya menggunakan satu persamaan sahaja iaitu persamaan (2). Selain daripada itu, melalui model MCDEA, pelbagai kriteria (tiga fungsi objektif) dapat dioptimumkan secara serentak. Berbanding dengan model BCC yang melibatkan persamaan (3), (4) dan (5), serta hanya satu fungsi objektif.

Penggunaan simulasi berkomputer dalam Fasa 1 memberikan ruang yang lebih fleksibel dalam mereka bentuk sistem pembuatan makanan tanpa mengganggu sistem pembuatan makanan yang sebenar. Penggunaan model analisis penyampulan data dalam Fasa 2 adalah untuk membantu pihak pengurusan syarikat membuat keputusan yang lebih baik dalam menentukan alternatif gabungan produk pengeluaran yang perlu dilakukan setiap hari. Penggunaan analisis penyampulan data adalah menyumbang kepada pembuatan keputusan yang efisien kerana ia mengambilkira pelbagai input dan output serta pelbagai kriteria bagi memilih gabungan produk yang terbaik.

Melalui kajian ini, dapatan kajian yang diperolehi dapat membantu dalam menyumbang idea dan maklumat berguna kepada syarikat pembuatan makanan PKS, terutamanya berkenaan pembuatan keputusan bagi menentukan gabungan produk pengeluaran yang perlu dilakukan setiap hari.

Dapatan kajian ini bukan sahaja dapat diaplikasikan oleh PKS industri pemprosesan makanan malahan ia boleh diaplikasikan oleh PKS daripada pelbagai jenis industri yang menghasilkan pelbagai jenis produk dalam satu-satu masa.

Rujukan

- [1] Anuwar, A. and Rajah, R. 2000. *Perindustrian dan Pembangunan Ekonomi di Malaysia*. Dewan Bahasa dan Pustaka, Kuala Lumpur. 1-225.
- [2] Perbadanan Produktiviti Malaysia. 2013. Laporan Produktiviti, 2012/2013.
- [3] Jabatan Perangkaan Malaysia. 2011. Laporan Bancian Ekonomi PKS 2011, 27-31.
- [4] Wang, S. D. 2003. The Implication of E-Financing: Implication for SMEs. Bulletin on Asia Pacific Perspective 2003-2004, United Nations.
- [5] Saleh, A.S. and Ndubisi, N.O. 2006. SME Development in Malaysia: Domestic and Global Challenges. Working paper 06-03, Department of Economics, University of Wollongong. SERI (Socio-Economic and Environmental Research Institute).
- [6] Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L. and Nicol, D. M. 2005. *Discrete-Event System Simulation*. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall.
- [7] Harrell, C., Ghosh, B. K. and Bowden, R. O. 2003. *Simulation Using Promodel*. 2nd. ed. Singapore: Mc Graw Hill.
- [8] Hernandez-Matias, J.C., Vizan, A., Perez-Garcia, J. and Rios, J. 2008. An Integrated Modeling Framework to Support Manufacturing System Diagnosis for Continuous Improvement. In: Robotics and CIM 24 (2008). 2: 187-199.
- [9] Hasgül, S. and Büyüksünetçi, S. A. 2005. Simulation Modeling and Analysis of a New Mixed Model Production Lines. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*. 1408-1412.
- [10] Ertay, T. and Ruan, D. 2005. Data Envelopment Analysis Based Decision Model for Optimal Operator Allocation in CMS. *European Journal of Operational Research*. 164: 800-810.
- [11] Lin, Y. C. and Okudan, E. G. 2009. An Exploration on the Use of Data Envelopment Analysis for Product Line Selection. *Industrial Engineering & Management Systems*. 8(1): 47-53.
- [12] Pace, K. D. 2004. Modeling and Simulation: Modeling and Simulation Verification and Validation Challenges. Johns Hopkins APL Technical Digest. 25(2): 163-172.
- [13] McComas, M. G and Law, A.M. 1998. Simulation of Manufacturing System. *Proceedings of the 2007 Winter Simulation Conference*. 1-5.
- [14] Sargent, G. R. 2010. Verification and Validation of Simulation Models. *Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference*. 166-183.
- [15] Li, X. B., and Reeves, G. R. 1999. A Multiple Approach to Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*. 115: 507-517.
- [16] Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W. W. 1984. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*. 30(9): 1078-1092.
- [17] Sexton, T. R., Silkman, R. H. and Hogan, A. J. 1986. Data Envelopment Analysis: Critique and Extensions. In: Silkman, R.H. (Ed.). *Measuring Efficiency: An Assessment of Data Envelopment Analysis*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 73-105.