

Model Pengukuran Efisiensi Perusahaan Berbasis *Fuzzy Data Envelopment Analysis*

Ida Giyanti^{*1)}, Anita Indrasari²⁾

^{1, 2)}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta
Jalan Letjen Sutoyo, Mojosongo, Surakarta, 57127
Email: idagiyanti@setiabudi.ac.id, anita.indrasari@setiabudi.ac.id

ABSTRAK

Pengukuran efisiensi perusahaan memberikan informasi tentang sejauh mana penggunaan input untuk menghasilkan output atau mengetahui input yang belum digunakan secara efisien serta output yang harus ditingkatkan dengan input yang tersedia sehingga dapat dilakukan perbaikan pada input-output tersebut. Salah satu metode pengukuran efisiensi ialah *Data Envelopment Analysis* (DEA). Namun demikian, model DEA menggunakan variabel input dan output yang mengandung nilai tunggal (*crisp*). Padahal dalam kenyataan, sangat dimungkinkan nilai variabel input maupun output tidak dapat ditentukan secara pasti. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model DEA dengan mempertimbangkan faktor informasi yang tidak pasti. Ketidakpastian informasi dimodelkan menggunakan konsep *fuzzy* dengan bilangan *fuzzy triangular*. Konsep *fuzzy* digunakan untuk mengestimasi nilai input dan output pada setiap *Decision Making Unit* (DMU). Model kemudian diterapkan untuk mengukur efisiensi perusahaan daerah di wilayah propinsi Jawa Tengah. Pengukuran efisiensi dilakukan dengan software LIMDEP 11 *Student Version*. Input yang dipertimbangkan meliputi jam operasi layanan (OPS), kuantitas SDM (NHR), kualitas SDM (QHR), dan total aset tetap (AST). Sedangkan variabel output meliputi cakupan pelayanan (SERV), pertumbuhan pelanggan (CUST), tingkat penyelesaian pengaduan (CMPL), kemampuan produksi (PROD), dan profit margin (PRFT). Hasil pengolahan *fuzzy* DEA menunjukkan bahwa dari 35 DMU yang dianalisis, terdapat delapan DMU yang belum efisien.

Kata kunci: DEA, DMU, efisiensi, *fuzzy*

1. Pendahuluan

Sebagai sebuah organisasi bisnis, perusahaan harus memastikan semua tujuan yang telah direncanakan dapat dicapai. Untuk mengetahui tingkat ketercapaian tujuan tersebut, perlu dilakukan pengukuran kinerja. Salah satu ukuran kinerja perusahaan ialah efisiensi. Pengukuran efisiensi perusahaan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana penggunaan input dalam menghasilkan output atau dengan kata lain apakah kuantitas output yang dihasilkan sesuai dengan input yang digunakan. Pengukuran efisiensi juga dapat digunakan untuk mengetahui input mana saja yang tidak/ belum digunakan secara efisien atau mengetahui output yang harus ditingkatkan dengan input yang tersedia sehingga bisa dilakukan perbaikan pada input-output tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur efisiensi ialah *Data Envelopment Analysis* (DEA).

DEA adalah alat manajemen untuk mengevaluasi tingkat efisiensi relatif suatu *Decision Making Units* (DMUs) yang bersifat non-parametrik dan multifaktor, baik output maupun input. Dalam perkembangannya, model DEA telah digunakan secara luas di berbagai bidang. Namun demikian, model DEA umumnya menggunakan variabel input dan output yang mengandung nilai tunggal (*crisp*) atau satu nilai pasti. Padahal dalam kenyataan, sangat dimungkinkan nilai variabel input maupun output tidak dapat ditentukan secara pasti. Untuk mengantisipasi hal tersebut, Zadeh (1965) mulai memperkenalkan konsep *fuzzy*.

Integrasi konsep *fuzzy* ke dalam model DEA telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan bidang aplikasi yang berbeda. Berbagai tujuan penerapan *fuzzy* DEA antara lain pemilihan sistem manufaktur fleksibel oleh Liu (2008), pemilihan lokasi restoran oleh Guo (2009), pemilihan supplier oleh Azadeh & Alem (2010), Sukriyadi (2013), dan Saragih (2015), pengukuran efisiensi sistem transportasi oleh Bray et.al (2014) dan Bray et.al (2015), serta pengukuran efisiensi biaya, efisiensi pendapatan, dan efisiensi laba oleh Ashrafi

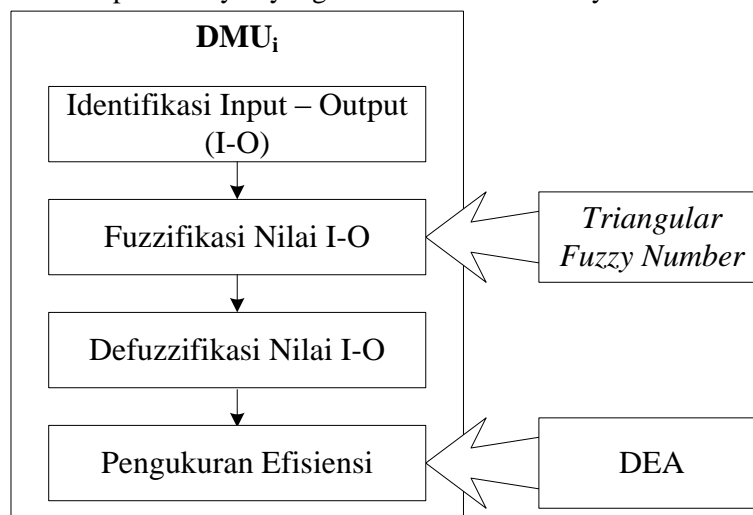
& Kaleibar (2017). Karakteristik output model *fuzzy* DEA pada dasarnya dapat dibedakan menjadi tiga, yaitu output yang masih bersifat *fuzzy* sebagaimana dalam Guo (2009), output yang bersifat *crisp* sebagaimana dalam Azadeh & Alem (2010), Sukriyadi (2013), Bray et.al (2014), Bray et.al (2015), dan Saragih (2015), serta output yang bersifat *fuzzy* dan *crisp* sebagaimana dalam Liu (2008) dan Ashrafi & Kaleibar (2017).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model DEA dengan memperhatikan faktor informasi yang tidak pasti. Ketidakpastian informasi dalam penentuan nilai variabel input dan output DMU dimodelkan menggunakan konsep *fuzzy*. Faktor ketidakpastian informasi dalam estimasi nilai input dan output pada setiap DMU dipertimbangkan dalam rancangan model dengan menggunakan *triangular fuzzy number* (TFN). Untuk menunjukkan penerapan model *fuzzy* DEA yang dikembangkan pada penelitian ini, diberikan studi kasus penggunaan model untuk mengukur kinerja perusahaan daerah di wilayah propinsi Jawa Tengah.

2. Metode

Model dasar pengukuran efisiensi perusahaan yang digunakan dalam penelitian ini ialah integrasi DEA dan konsep *fuzzy*. Pengembangan model dilakukan berdasarkan studi pustaka terhadap model dasar DEA, konsep *fuzzy*, serta model *fuzzy* DEA yang telah dikembangkan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Pengukuran efisiensi dengan model DEA mampu mengakomodasi banyak input dan banyak output dengan ukuran yang berbeda. Model DEA yang dikembangkan dalam penelitian ini ialah model CCR atau yang sering dikenal dengan nama *constant return to scale* (CRS). Bilangan *fuzzy* yang digunakan dalam rancangan model ialah *triangular fuzzy number* (TFN). Hasil pengembangan model kemudian diterapkan untuk mengukur kinerja perusahaan daerah di wilayah propinsi Jawa Tengah. Data input dan output untuk studi kasus pada contoh numerik dalam penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari laporan tahun 2017. Pengolahan DEA untuk mengukur efisiensi relatif setiap DMU menggunakan *software* LIMDEP 11 *Student Version*.

Kerangka model *fuzzy* DEA pada penelitian ini ialah sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1. DMU_i merupakan obyek yang akan dinilai efisiensinya.



Gambar 1. Kerangka Model *Fuzzy* DEA

Prosedur pengukuran efisiensi dengan model *fuzzy* DEA ialah sebagai berikut:

Langkah 1:

Identifikasi variabel input dan output setiap DMU sesuai fungsi dan tujuan DMU tersebut. Kemudian estimasi kinerja DMU berdasarkan variabel input dan output yang telah diidentifikasi.

Langkah 2:

Transformasi nilai kinerja yang diperoleh pada langkah 1 dalam bentuk TFN. Setiap nilai input dan output pada setiap kriteria dinyatakan dalam bentuk bilangan *fuzzy triangular*.

$$\tilde{X}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij})$$

$$\tilde{Y}_{rj} = (l_{rj}, m_{rj}, u_{rj})$$

l_{ij} , m_{ij} , dan u_{ij} ialah TFN yang menyatakan nilai *lower* (l), *most possible* (m), dan *upper* (u) variabel input tipe ke- i dari DMU ke- j sedangkan l_{rj} , m_{rj} , dan u_{rj} ialah TFN yang menyatakan nilai *lower* (l), *most possible* (m), dan *upper* (u) variabel output tipe ke- r dari DMU ke- j .

Langkah 3:

Defuzzifikasi nilai kinerja *fuzzy* pada langkah 2 menggunakan persamaan (1).

$$Z_{ij} = \frac{(u_{ij} - l_{ij}) + (m_{ij} - l_{ij})}{3} + l_{ij} \quad (1)$$

$$Z_{rj} = \frac{(u_{rj} - l_{rj}) + (m_{rj} - l_{rj})}{3} + l_{rj}$$

Langkah 4:

Perhitungan efisiensi relatif setiap DMU menggunakan model DEA CRS. DEA adalah metode analisis efisiensi *frontier* untuk non-parametrik dengan menggunakan teknik optimasi linier (*linear programming*). Model dasar DEA CRS adalah sebagaimana pada persamaan (2).

$$\text{Max } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (2)$$

$$s/t: \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1$$

$$u_r \geq 0, r = 1, 2, \dots, s; v_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, m$$

x_{ij} adalah nilai input yang diamati dengan tipe ke- i dari DMU ke- j dan $x_{ij} > 0$ untuk $i = 1, 2, 3, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$. Demikian juga dengan y_{rj} adalah nilai output yang diamati dengan tipe ke- r dari DMU ke- j dan $y_{rj} > 0$ untuk $r = 1, 2, \dots, s$ dan $j = 1, 2, \dots, n$. m menyatakan jumlah input dan s menyatakan jumlah output. Sedangkan variabel u_r dan v_i masing-masing menyatakan nilai bobot output dan input untuk menentukan permasalahan program linier di atas.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penerapan Model

Langkah 1:

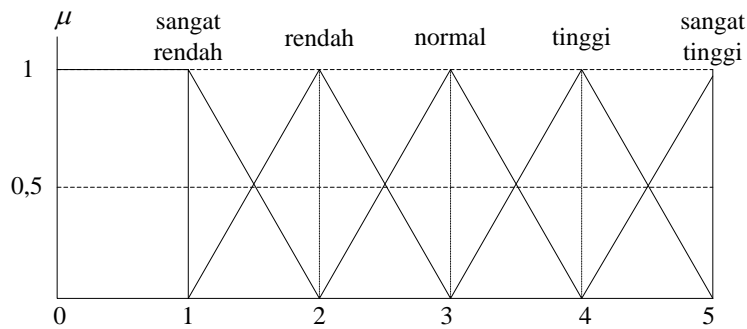
Variabel input yang dipertimbangkan meliputi jam operasi layanan (OPS), kuantitas SDM (NHR), kualitas SDM (QHR), dan total aset tetap (AST). Variabel output yang dianalisis ialah cakupan pelayanan (SERV), pertumbuhan pelanggan (CUST), tingkat penyelesaian pengaduan (CMPL), kemampuan produksi (PROD), dan profit margin (PRFT). Estimasi nilai input output dinyatakan dalam skala 1-5 yang menyatakan kategori 1 = sangat rendah, 2 = rendah, 3 = normal, 4 = tinggi, 5 = sangat tinggi. Hasil estimasi nilai input output pada 35 DMU ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Input dan Output

DMU _i	Output					Input			
	SERV	CUST	CMPL	PROD	PRFT	OPS	NHR	QHR	AST
DMU-1	3	1	5	3	3	5	5	5	3
DMU-2	3	2	5	3	2	5	5	2	4
DMU-3	4	2	5	4	3	4	5	5	2
DMU-4	5	5	5	3	4	5	5	3	3
DMU-5	3	2	5	3	3	5	5	4	3
DMU-6	2	5	5	2	2	5	5	2	3
DMU-7	2	4	5	1	5	5	5	3	3
DMU-8	2	2	5	4	4	5	5	1	2
DMU-9	2	5	5	5	3	5	5	2	3
DMU-10	2	1	5	1	1	5	4	1	2
DMU-11	2	5	5	2	2	4	5	1	3
DMU-12	3	3	5	3	2	5	5	1	3
DMU-13	4	3	5	4	2	5	5	1	3
DMU-14	2	1	5	4	2	5	5	3	2
DMU-15	5	5	5	1	5	5	5	4	4
DMU-16	4	1	4	3	2	5	5	1	2
DMU-17	2	4	5	2	3	5	5	3	4
DMU-18	4	1	5	3	2	5	5	1	2
DMU-19	2	3	5	1	3	5	5	3	3
DMU-20	1	5	5	2	2	4	5	5	2
DMU-21	3	5	3	1	3	5	5	1	2
DMU-22	2	5	5	1	4	5	5	2	3
DMU-23	3	2	5	5	2	4	5	1	3
DMU-24	3	2	5	1	2	3	5	3	4
DMU-25	4	1	5	4	2	4	5	3	1
DMU-26	2	3	5	2	2	4	5	5	2
DMU-27	3	1	5	3	1	4	5	2	2
DMU-28	2	5	5	2	5	3	5	5	1
DMU-29	2	2	5	4	2	5	5	1	3
DMU-30	4	1	5	4	2	4	5	1	5
DMU-31	2	1	5	1	2	5	4	4	1
DMU-32	1	4	5	3	4	5	5	1	1
DMU-33	4	1	5	5	2	5	5	1	4
DMU-34	1	3	5	2	1	4	3	1	3
DMU-35	2	1	5	2	1	3	5	1	2

Langkah 2:

Pembentukan TFN pada skala penilaian input dan output ditampilkan pada Gambar 2 dan nilai TFN untuk setiap skala penilaian input dan output ditampilkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Pembentukan TFN

Tabel 2. Nilai TFN untuk Setiap Skala Penilaian

Variabel Linguistik	TFN		
	<i>lower</i>	<i>most possible</i>	<i>upper</i>
1 = sangat rendah	1	1	2
2 = rendah	1	2	3
3 = normal	2	3	4
4 = tinggi	3	4	5
5 = sangat tinggi	4	5	5

Berdasarkan Gambar 2 atau Tabel 2 maka hasil estimasi input yang bersifat *crisp* diubah menjadi bilangan *fuzzy*. Sebagai contoh variabel output SERV pada DMU-1 diestimasi bernilai 3 maka kemudian dikonversi ke dalam bilangan *fuzzy* (2,3,4). Hasil fuzzifikasi nilai input output pada setiap DMU selengkapnya ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Fuzzifikasi Nilai Input dan Output

DMU _i	Output					Input			
	SERV	CUST	CMPL	PROD	PRFT	OPS	NHR	QHR	AST
DMU-1	2,3,4	1,1,2	4,5,5	2,3,4	2,3,4	4,5,5	4,5,5	4,5,5	2,3,4
DMU-2	2,3,4	1,2,3	4,5,5	2,3,4	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,2,3	3,4,5
DMU-3	3,4,5	1,2,3	4,5,5	3,4,5	2,3,4	3,4,5	4,5,5	4,5,5	1,2,3
DMU-4	4,5,5	4,5,5	4,5,5	2,3,4	3,4,5	4,5,5	4,5,5	2,3,4	2,3,4
DMU-5	2,3,4	1,2,3	4,5,5	2,3,4	2,3,4	4,5,5	4,5,5	3,4,5	2,3,4
DMU-6	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,2,3	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,2,3	2,3,4
DMU-7	1,2,3	3,4,5	4,5,5	1,1,2	4,5,5	4,5,5	4,5,5	2,3,4	2,3,4
DMU-8	1,2,3	1,2,3	4,5,5	3,4,5	3,4,5	4,5,5	4,5,5	1,1,2	1,2,3
DMU-9	1,2,3	4,5,5	4,5,5	4,5,5	2,3,4	4,5,5	4,5,5	1,2,3	2,3,4
DMU-10	1,2,3	1,1,2	4,5,5	1,1,2	1,1,2	4,5,5	3,4,5	1,1,2	1,2,3
DMU-11	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,2,3	1,2,3	3,4,5	4,5,5	1,1,2	2,3,4
DMU-12	2,3,4	2,3,4	4,5,5	2,3,4	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	2,3,4
DMU-13	3,4,5	2,3,4	4,5,5	3,4,5	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	2,3,4
DMU-14	1,2,3	1,1,2	4,5,5	3,4,5	1,2,3	4,5,5	4,5,5	2,3,4	1,2,3
DMU-15	4,5,5	4,5,5	4,5,5	1,1,2	4,5,5	4,5,5	4,5,5	3,4,5	3,4,5
DMU-16	3,4,5	1,1,2	3,4,5	2,3,4	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	1,2,3
DMU-17	1,2,3	3,4,5	4,5,5	1,2,3	2,3,4	4,5,5	4,5,5	2,3,4	3,4,5
DMU-18	3,4,5	1,1,2	4,5,5	2,3,4	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	1,2,3
DMU-19	1,2,3	2,3,4	4,5,5	1,1,2	2,3,4	4,5,5	4,5,5	2,3,4	2,3,4
DMU-20	1,1,2	4,5,5	4,5,5	1,2,3	1,2,3	3,4,5	4,5,5	4,5,5	1,2,3
DMU-21	2,3,4	4,5,5	2,3,4	1,1,2	2,3,4	4,5,5	4,5,5	1,1,2	1,2,3
DMU-22	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	3,4,5	4,5,5	4,5,5	1,2,3	2,3,4
DMU-23	2,3,4	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,2,3	3,4,5	4,5,5	1,1,2	2,3,4

DMU _i	Output					Input			
	SERV	CUST	CMPL	PROD	PRFT	OPS	NHR	QHR	AST
DMU-24	2,3,4	1,2,3	4,5,5	1,1,2	1,2,3	2,3,4	4,5,5	2,3,4	3,4,5
DMU-25	3,4,5	1,1,2	4,5,5	3,4,5	1,2,3	3,4,5	4,5,5	2,3,4	1,1,2
DMU-26	1,2,3	2,3,4	4,5,5	1,2,3	1,2,3	3,4,5	4,5,5	4,5,5	1,2,3
DMU-27	2,3,4	1,1,2	4,5,5	2,3,4	1,1,2	3,4,5	4,5,5	1,2,3	1,2,3
DMU-28	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,2,3	4,5,5	2,3,4	4,5,5	4,5,5	1,1,2
DMU-29	1,2,3	1,2,3	4,5,5	3,4,5	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	2,3,4
DMU-30	3,4,5	1,1,2	4,5,5	3,4,5	1,2,3	3,4,5	4,5,5	1,1,2	4,5,5
DMU-31	1,2,3	1,1,2	4,5,5	1,1,2	1,2,3	4,5,5	3,4,5	3,4,5	1,1,2
DMU-32	1,1,2	3,4,5	4,5,5	2,3,4	3,4,5	4,5,5	4,5,5	1,1,2	1,1,2
DMU-33	3,4,5	1,1,2	4,5,5	4,5,5	1,2,3	4,5,5	4,5,5	1,1,2	3,4,5
DMU-34	1,1,2	2,3,4	4,5,5	1,2,3	1,1,2	3,4,5	2,3,4	1,1,2	2,3,4
DMU-35	1,2,3	1,1,2	4,5,5	1,2,3	1,1,2	2,3,4	4,5,5	1,1,2	1,2,3

Langkah 3:

Defuzzifikasi nilai *fuzzy* input output pada Tabel 3 menjadi nilai *crisp* (nilai tegas) menggunakan persamaan (1). Nilai defuzzifikasi input output untuk setiap DMU ditampilkan pada Tabel 4. Contoh perhitungan defuzzifikasi pada variabel input OPS pada DMU-1 dengan nilai *fuzzy* (4,5,5) adalah sebagai berikut:

$$Z_{11} = \frac{(5 - 4) + (5 - 4)}{3} + 4 = 4,667$$

Tabel 3. Defuzzifikasi Nilai Input dan Output

DMU _i	Output					Input			
	SERV	CUST	CMPL	PROD	PRFT	OPS	NHR	QHR	AST
DMU-1	3.000	1.333	4.667	3.000	3.000	4.667	4.667	4.667	3.000
DMU-2	3.000	2.000	4.667	3.000	2.000	4.667	4.667	2.000	4.000
DMU-3	4.000	2.000	4.667	4.000	3.000	4.000	4.667	4.667	2.000
DMU-4	4.667	4.667	4.667	3.000	4.000	4.667	4.667	3.000	3.000
DMU-5	3.000	2.000	4.667	3.000	3.000	4.667	4.667	4.000	3.000
DMU-6	2.000	4.667	4.667	2.000	2.000	4.667	4.667	2.000	3.000
DMU-7	2.000	4.000	4.667	1.333	4.667	4.667	4.667	3.000	3.000
DMU-8	2.000	2.000	4.667	4.000	4.000	4.667	4.667	1.333	2.000
DMU-9	2.000	4.667	4.667	4.667	3.000	4.667	4.667	2.000	3.000
DMU-10	2.000	1.333	4.667	1.333	1.333	4.667	4.000	1.333	2.000
DMU-11	2.000	4.667	4.667	2.000	2.000	4.000	4.667	1.333	3.000
DMU-12	3.000	3.000	4.667	3.000	2.000	4.667	4.667	1.333	3.000
DMU-13	4.000	3.000	4.667	4.000	2.000	4.667	4.667	1.333	3.000
DMU-14	2.000	1.333	4.667	4.000	2.000	4.667	4.667	3.000	2.000
DMU-15	4.667	4.667	4.667	1.333	4.667	4.667	4.667	4.000	4.000
DMU-16	4.000	1.333	4.000	3.000	2.000	4.667	4.667	1.333	2.000
DMU-17	2.000	4.000	4.667	2.000	3.000	4.667	4.667	3.000	4.000
DMU-18	4.000	1.333	4.667	3.000	2.000	4.667	4.667	1.333	2.000
DMU-19	2.000	3.000	4.667	1.333	3.000	4.667	4.667	3.000	3.000
DMU-20	1.333	4.667	4.667	2.000	2.000	4.000	4.667	4.667	2.000
DMU-21	3.000	4.667	3.000	1.333	3.000	4.667	4.667	1.333	2.000
DMU-22	2.000	4.667	4.667	1.333	4.000	4.667	4.667	2.000	3.000
DMU-23	3.000	2.000	4.667	4.667	2.000	4.000	4.667	1.333	3.000
DMU-24	3.000	2.000	4.667	1.333	2.000	3.000	4.667	3.000	4.000
DMU-25	4.000	1.333	4.667	4.000	2.000	4.000	4.667	3.000	1.333
DMU-26	2.000	3.000	4.667	2.000	2.000	4.000	4.667	4.667	2.000

DMU _i	Output					Input			
	SERV	CUST	CMPL	PROD	PRFT	OPS	NHR	QHR	AST
DMU-27	3.000	1.333	4.667	3.000	1.333	4.000	4.667	2.000	2.000
DMU-28	2.000	4.667	4.667	2.000	4.667	3.000	4.667	4.667	1.333
DMU-29	2.000	2.000	4.667	4.000	2.000	4.667	4.667	1.333	3.000
DMU-30	4.000	1.333	4.667	4.000	2.000	4.000	4.667	1.333	4.667
DMU-31	2.000	1.333	4.667	1.333	2.000	4.667	4.000	4.000	1.333
DMU-32	1.333	4.000	4.667	3.000	4.000	4.667	4.667	1.333	1.333
DMU-33	4.000	1.333	4.667	4.667	2.000	4.667	4.667	1.333	4.000
DMU-34	1.333	3.000	4.667	2.000	1.333	4.000	3.000	1.333	3.000
DMU-35	2.000	1.333	4.667	2.000	1.333	3.000	4.667	1.333	2.000

Langkah 4:

Hasil pengolahan DEA CRS menggunakan software LIMDEP 11 *Student Version* ditampilkan pada Gambar 3. Berdasarkan pengukuran efisiensi dengan model *fuzzy* DEA, diketahui bahwa dari 35 DMU yang dianalisis terdapat delapan (8) DMU yang belum efisien, yaitu DMU-1, DMU-2, DMU-5, DMU-14, DMU-17, DMU-19, DMU-26, dan DMU-27.

```

-----
Data Envelopment Analysis
Output Variables:  SERV      CUST      CMPL      PROD      PRFT
Input Variables:   OPS       NHR       QHR       AST
Underlying Technology assumes CONSTANT Returns to Scale.
Convergence value for linear program = .10000D-03; Maximum iterations = 100
-----
Estimated Efficiencies:      Mean      Std.Deviation      Minimum      Maximum
Technical Efficiency
Input Oriented                .9760           .0495           .8358      1.0000
Output Oriented              .9760           .0495           .8358      1.0000
Sample Size:                  35 Observations.      35 Complete observations
Efficiencies saved as variables DEAEFF_O, DEAEFF_I and DEAEFF_E
Efficiencies saved as matrices DEA_EFFO, DEA_EFFI and DEA_EFFE
-----
Estimated Efficiency Values for Individual Decision Making Units
(Results are listed only for complete observations)
-----

```

Observation	Input Oriented Rank	Input Oriented Value	Output Oriented Rank	Output Oriented Value	Economic Rank	Economic Value	Allocative Rank	Allocative Value
DMU-1	31	.89390	31	.89390	0	.00000	0	.00000
DMU-2	33	.86498	33	.86498	0	.00000	0	.00000
DMU-3	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-4	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-5	30	.89390	30	.89390	0	.00000	0	.00000
DMU-6	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-7	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-8	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-9	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-10	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-11	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-12	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-13	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-14	28	.96772	28	.96772	0	.00000	0	.00000
DMU-15	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-16	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-17	34	.85708	34	.85708	0	.00000	0	.00000
DMU-18	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-19	35	.83579	35	.83579	0	.00000	0	.00000
DMU-20	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-21	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-22	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-23	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-24	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-25	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-26	32	.88808	32	.88808	0	.00000	0	.00000
DMU-27	29	.95756	29	.95756	0	.00000	0	.00000
DMU-28	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-29	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-30	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-31	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-32	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-33	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-34	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000
DMU-35	1	1.00000	1	1.00000	0	.00000	0	.00000

Gambar 3. Output DEA CRS Program LIMDEP 11 Student Version

3.2. Pembahasan

Penelitian ini mengembangkan model pengukuran efisiensi perusahaan dengan mengintegrasikan konsep *fuzzy* ke dalam model DEA. Integrasi konsep *fuzzy* ke dalam model DEA mampu mengakomodasi unsur ketidakpastian dalam mengestimasi nilai variabel input dan output untuk pengolahan DEA. Secara umum, model *fuzzy* DEA dalam penelitian ini memiliki kelebihan dalam hal kesederhanaan konsep dan kemudahan perhitungan dengan adanya penggunaan TFN untuk mentransformasi nilai tunggal ke dalam nilai *fuzzy*. Namun demikian, dalam kenyataannya tidak seluruh variabel input output yang dipertimbangkan dalam pengukuran efisiensi memiliki fungsi keanggotaan yang berbentuk TFN.

Penerapan model *fuzzy* DEA pada studi kasus memperlihatkan bahwa model dapat digunakan dengan baik untuk mengukur efisiensi relatif setiap DMU yang menjadi obyek analisis. Perbandingan nilai efisiensi antara model *crisp* DEA dan *fuzzy* DEA yang

dikembangkan dalam model ini menunjukkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan sebagaimana ditampilkan pada Tabel 4. Hal ini dikarenakan nilai input dan output pada studi kasus menggunakan skala penilaian yang sama untuk seluruh kriteria input dan output serta bentuk TFN yang dihasilkan bersifat simetris. Apabila skala penilaian input dan output berbeda, maka diperlukan analisis yang lebih detail saat melakukan proses fuzzifikasi.

Model *fuzzy* DEA yang digunakan dalam penelitian ini mengasumsikan bahwa seluruh input dan output memiliki bobot yang setara. Dalam praktiknya, sangat dimungkinkan nilai input dan output dapat memiliki bobot yang berbeda. Sebagai misal pada variabel input NHR (kuantitas SDM). Pada model *fuzzy* DEA dalam penelitian ini, kuantitas SDM tidak dibedakan berdasarkan tingkat pendidikan. Hal ini berarti SDM yang berpendidikan sekolah menengah dengan yang berpendidikan sarjana maupun pascasarjana dianggap setara. Pengembangan model selanjutnya dapat mengakomodasi perbedaan bobot setiap nilai input dan output.

Tabel 4. Perbandingan Nilai Efisiensi

DMU _i	θ Crisp DEA CRS	θ Fuzzy DEA CRS
DMU-1	0.8836	0.8939
DMU-2	0.8400	0.8650
DMU-3	1.0000	1.0000
DMU-4	1.0000	1.0000
DMU-5	0.8836	0.8939
DMU-6	1.0000	1.0000
DMU-7	1.0000	1.0000
DMU-8	1.0000	1.0000
DMU-9	1.0000	1.0000
DMU-10	1.0000	1.0000
DMU-11	1.0000	1.0000
DMU-12	1.0000	1.0000
DMU-13	1.0000	1.0000
DMU-14	0.9412	0.9677
DMU-15	1.0000	1.0000
DMU-16	1.0000	1.0000
DMU-17	0.8191	0.8571
DMU-18	1.0000	1.0000
DMU-19	0.8165	0.8358
DMU-20	1.0000	1.0000
DMU-21	1.0000	1.0000
DMU-22	1.0000	1.0000
DMU-23	1.0000	1.0000
DMU-24	1.0000	1.0000
DMU-25	1.0000	1.0000
DMU-26	0.8692	0.8881
DMU-27	0.9437	0.9576
DMU-28	1.0000	1.0000
DMU-29	1.0000	1.0000
DMU-30	1.0000	1.0000
DMU-31	1.0000	1.0000
DMU-32	1.0000	1.0000
DMU-33	1.0000	1.0000
DMU-34	1.0000	1.0000
DMU-35	1.0000	1.0000

4. Simpulan

Integrasi konsep *fuzzy* ke dalam model dasar DEA yang dikembangkan dalam penelitian ini mampu mengakomodasi faktor ketidakpastian informasi dalam estimasi nilai input output untuk menentukan efisiensi relatif DMU. Penggunaan TFN dalam model *fuzzy* DEA memberikan kemudahan dalam konsep dan perhitungan meskipun masih diperlukan eksplorasi lebih detail mengenai bentuk dan fungsi keanggotaan *fuzzy* setiap variabel input output yang digunakan dalam model. Model kemudian diaplikasikan pada studi kasus pengukuran efisiensi perusahaan daerah di wilayah propinsi Jawa Tengah. Karena nilai input dan output pada studi kasus menggunakan skala penilaian yang sama untuk seluruh kriteria input dan output serta bentuk TFN yang bersifat simetris, maka hasil perhitungan efisiensi relatif antara model *crisp* DEA dan *fuzzy* DEA tidak jauh berbeda. Model *fuzzy* DEA dalam penelitian ini mengasumsikan bahwa seluruh input dan output memiliki bobot yang setara. Untuk pengembangan model selanjutnya dapat mengakomodasi perbedaan bobot dalam penilaian input dan output untuk data masukan dalam pengolahan DEA.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Setia Budi Surakarta yang telah memberi dukungan finansial terhadap penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ashrafi, A., & Kaleibar, M. M. (2017). Cost, Revenue and Profit Efficiency Models in Generalized Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Fuzzy Information and Engineering*, 9, 237-246.
- Azadeh, A., & Alem, S. (2010). A Flexible Deterministic, Stochastic and Fuzzy Data Envelopment Analysis Approach for Supply Chain Risk and Vendor Selection Problem: Simulation Analysis. *Expert Systems with Applications*, 37, 7438-7448.
- Bray, S., Caggiani, L., & Ottomaneli, M. (2015). Measuring Transport Systems Efficiency under Uncertainty by Fuzzy Sets Theory based Data Envelopment Analysis: Theoretical and Practical Comparison with Traditional DEA Model. *Transportation Research Procedia*, 5, 186-200.
- Bray, S., Caggiani, L., Dell'Orco, M., & Ottomaneli, M. (2014). Measuring Transport Systems Efficiency under Uncertainty by Fuzzy Sets Theory Based Data Envelopment Analysis. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 111, 770-779.
- Guo, P. (2009). Fuzzy Data Envelopment Analysis and Its Application to Location Problems. *Information Sciences*, 179, 820-829.
- Liu, S.-T. (2008). A Fuzzy DEA/AR Approach to the Selection of Flexible Manufacturing Systems. *Computers & Industrial Engineering*, 54, 66-76.
- Saragih, J. (2015). *Pengukuran Kinerja Supplier pada Rantai Supply Menggunakan Metode Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA) di PT Pusaka Prima Mandiri (PPM) Medan*. Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Teknik Industri, Medan.
- Sukriyadi. (2013). *Evaluasi Kinerja Supplier Bahan Baku Benang dengan Menggunakan Pendekatan Fuzzy Data Envelopment Analysis (Studi Kasus di PC GKBI)*. Skripsi, UIN Sunan Kalijaga, Teknik Industri, Yogyakarta.
- Zadeh. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8, 338-353.