

SEMINAR HASIL TUGAS AKHIR

**PENERAPAN METODE FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS UNTUK MENGANALISIS
EFISIENSI KINERJA RUTE PENERBANGAN PADA MASKAPAI PENERBANGAN (STUDI KASUS DI
PT GARUDA INDONESIA TBK)**

*APPLICATION OF FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS METHOD FOR ANALYZING
EFFICIENCY PERFORMANCE OF AIRLINE FLIGHT ROUTES (CASES STUDY IN PT
GARUDA INDONESIA TBK)*

Oleh:

Ahmad Farid Ma'ruf (1211100114)

Dosen Pembimbing:

Dr.Dra. Mardlijah, M.T

**JURUSAN MATEMATIKA - FMIPA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

ABSTRAK

Transportasi udara merupakan jenis transportasi yang dalam beberapa tahun terakhir terus mengalami peningkatan jumlah penggunaannya. Efisiensi rute penerbangan pada maskapai penerbangan sangat penting untuk mendapatkan produktivitas dan keuntungan yang optimal bagi perusahaan. *Fuzzy Data Envelopment Analysis* adalah sebuah teknik untuk menghitung efisiensi relatif pada *Decision Making Unit* (DMU) yang melakukan tugas-tugas yang sama dengan setiap *input* dan *output* merupakan *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. Pada Tugas Akhir ini, *fuzzy Data Envelopment Analysis* dengan pendekatan α – *level based approach* digunakan untuk menghitung tingkat efisiensi relatif pada kinerja rute penerbangan internasional di PT. Garuda Indonesia (persero) Tbk pada aspek biaya dan aspek layanan. Didapatkan hasil berupa tingkat efisiensi dan *ranking* dari kinerja rute penerbangan internasional tersebut beserta nilai target variabel bagi rute yang tidak efisien. Hasil lainnya diperoleh *peer group* dan analisis sensitivitas variabel sebagai informasi tambahan dalam perhitungan tingkat efisiensi pada kinerja rute penerbangan internasional PT. Garuda Indonesia Tbk.

Kata Kunci: Efisiensi, Rute internasional, PT. Garuda Indonesia, *Fuzzy DEA*, *alfa level based approach*

PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG MASALAH

Transportasi udara adalah sistem transportasi yang sedang berkembang

Maskapai penerbangan adalah perusahaan yang melayani kegiatan transportasi udara

Efisien adalah hal yang wajib dimiliki perusahaan untuk meningkatkan produktivitasnya, operasional terbesar pada maskapai penerbangan adalah pelaksanaan penerbangan tersebut



PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG MASALAH



Cara untuk menghitung efisiensi kinerja rute penerbangan dan mendapatkan nilai input dan output yang optimal

FUZZY DATA ENVELOPMENT ANALYSIS

PENDAHULUAN

2. RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana mendapatkan tingkat efisiensi relatif dari kinerja setiap rute penerbangan maskapai penerbangan Garuda Indonesia dengan menggunakan *fuzzy data envelopment analysis* (FDEA).
2. Bagaimana mendapatkan nilai target input ataupun output dari rute penerbangan yang tidak efisien agar rute penerbangan tersebut dapat menjadi efisien.



PENDAHULUAN

3. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1 • Rute penerbangan yang akan dihitung tingkat efisiensi relatifnya adalah rute dengan tujuan Internasional
- 2 • Metode pendekatan yang digunakan dalam perhitungan FDEA adalah α - *level based approach*
- 3 • Data yang digunakan adalah data pada periode tahun 2014
- 4 • Perhitungan FDEA menggunakan software Ms. Excel dan MATLAB R2010a

PENDAHULUAN

4. TUJUAN

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah.

1

- Mendapatkan tingkat efisiensi relatif dari kinerja setiap rute penerbangan maskapai penerbangan Garuda Indonesia dengan menggunakan *fuzzy data envelopment analysis*.

2

- Mendapatkan nilai target input ataupun output dari rute penerbangan yang tidak efisien agar rute penerbangan tersebut dapat menjadi efisien.

PENDAHULUAN

5. MANFAAT

- **Bagi Penulis**

1. Diperoleh pengetahuan dan keilmuan tentang perhitungan tingkat efisiensi relatif dengan menggunakan metode *Fuzzy Data Envelopment Analysis*
2. Diperoleh pengetahuan dan keilmuan tentang dunia industri penerbangan
3. Meningkatkan kontribusi matematika dalam membantu menyelesaikan permasalahan yang berhubungan dengan industri penerbangan

- **Bagi Perusahaan**

1. Diperolehnya informasi tentang tingkat efisiensi relatif dari kinerja setiap rute penerbangan internasional dengan menggunakan metode FDEA sehingga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan terkait evaluasi pada rute tersebut.
2. Diperolehnya informasi saran tentang besarnya nilai target input ataupun output dari rute penerbangan yang tidak efisien agar rute penerbangan tersebut dapat menjadi efisien.



1

• Studi Literatur

2

• Menentukan Variabel Uji

3

• Pengumpulan Data Variabel

4

• Pengolahan Data

5

• Analisis dan Pembahasan Hasil

6

• Penarikan Kesimpulan dan Saran

7

• Penulisan Laporan Tugas Akhir



adapun tahap pengolahan data adalah sebagai berikut.

1. Penentuan DMU (*Decision Making Units*)
2. Pengelompokkan Data Variabel
3. Penentuan *Triangular Fuzzy Number* dan Pembentukan Fungsi Keanggotaan *Fuzzy*
4. Mendapatkan nilai *crisp input* dan *output* untuk setiap α –*level fuzzy* yang ditentukan
5. Memodelkan persamaan optimasi *Fuzzy Data Envelopment Analysis*
6. Mendapatkan nilai efisiensi relatif pada rute penerbangan internasional dengan menggunakan FDEA untuk setiap α –*level fuzzy* pada kedua aspek yang akan dihitung tingkat efisiensinya
7. Mendapatkan ranking dari kinerja rute penerbangan internasional PT.Garuda Indonesia,Tbk selama periode Januari-Desember 2014
8. Penentuan rute yang efisien dan tidak efisien.
9. Mendapatkan target input dan output dari rute yang tidak efisien
10. Penentuan *peer group*
11. Melakukan analisis sensitivitas variabel input dan output.





URAIAN PENELITIAN

1. Penentuan Decision Making Unit (DMU)

Berikut ini adalah rute tujuan internasional pada maskapai penerbangan Garuda Indonesia[2]:

Tabel 1. Rute Tujuan Internasional PT. Garuda Indonesia

DMU	RUTE	DMU	RUTE
1	BPN-SIN	19	CGK-TPE
2	CGK-AMS	20	CGK-TYO
3	CGK-AMS-LGW	21	DPS-BNE
4	CGK-AUH-AMS	22	DPS-CGK-BJS
5	CGK-BJS	23	DPS-DIL
6	CGK-BKK	24	DPS-HKG
7	CGK-CAN	25	DPS-HND
8	CGK-HKG	26	DPS-ICN
9	CGK-HND	27	DPS-KIX
10	CGK-ICN	28	DPS-MEL
11	CGK-JED	29	DPS-PER
12	CGK-KIX	30	DPS-SIN
13	CGK-KUL	31	DPS-SYD
14	CGK-MEL	32	DPS-TYO
15	CGK-PER	33	MES-JED
16	CGK-SHA	34	MES-PEN
17	CGK-SIN	35	SUB-JED
18	CGK-SYD	36	SUB-SIN



URAIAN PENELITIAN

2. Pengelompokkan Data Variabel

Data variabel yang telah didapatkan dari *unit communication* dan *networking* PT. Garuda Indonesia pada tahun 2014, berdasarkan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan, variabel dikelompokkan kedalam aspek yang akan dihitung tingkat efisiensi relatifnya.

Tabel 2 Input dan Output Efisiensi Aspek Biaya

Input (X)	Output (Y)
<i>Fleet Cost</i>	<i>Revenue Passanger Kilometre</i>
<i>Fuel Cost</i>	Jumlah Pendapatan
<i>Direct Traffic Cost</i>	
<i>Flight Cost</i>	
<i>Overhead Cost</i>	

Tabel 3. Input dan Output Efisiensi Aspek Layanan

Input (X)	Output (Y)
Jumlah Penerbangan	<i>RevenuePassanger Kilometre</i>
<i>AvableSeat Kilometre</i>	Jumlah Pendapatan

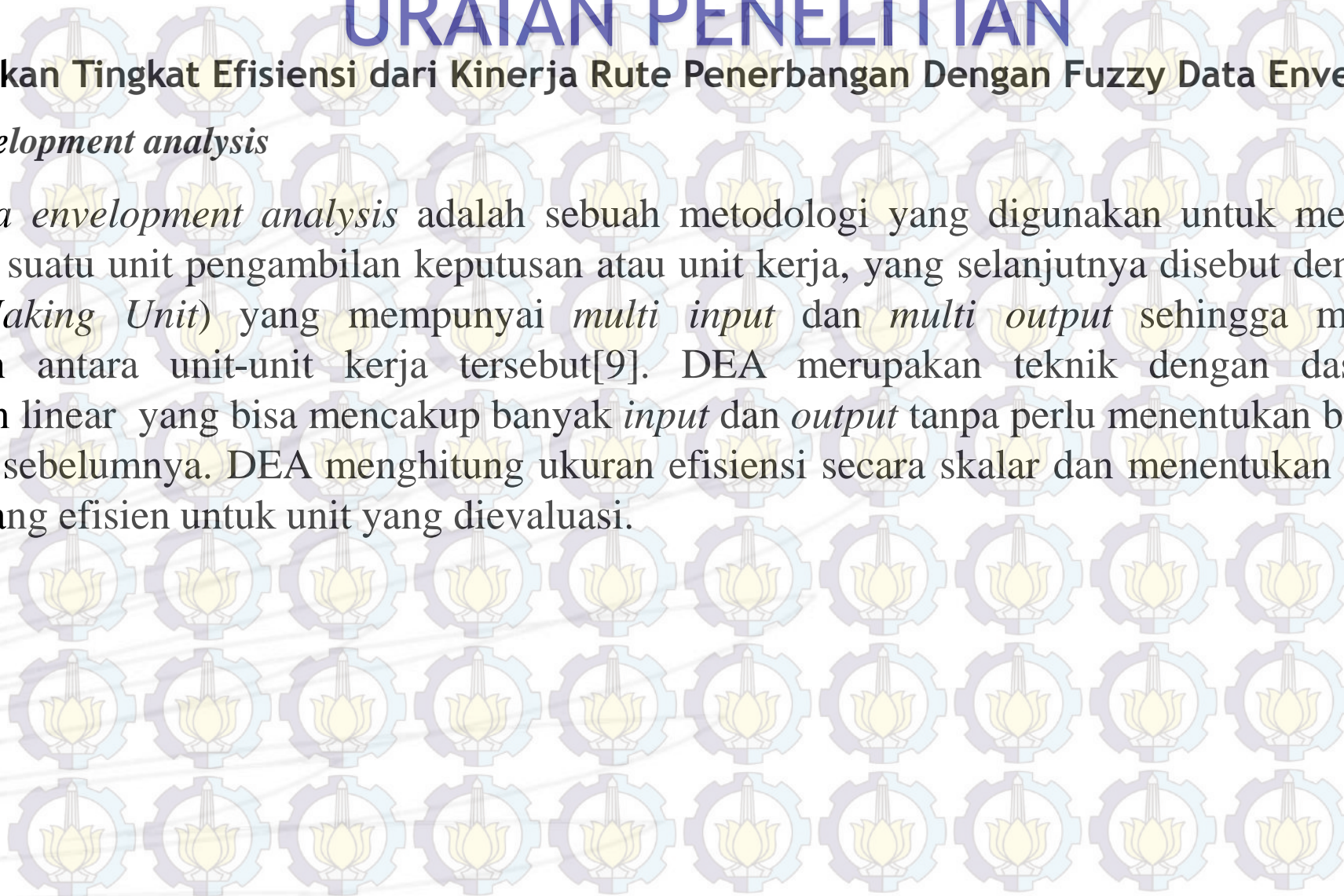


URAIAN PENELITIAN

3. Mendapatkan Tingkat Efisiensi dari Kinerja Rute Penerbangan Dengan Fuzzy Data Envelopment Analysis

3.1 *Data envelopment analysis*

Data envelopment analysis adalah sebuah metodologi yang digunakan untuk mengevaluasi efisiensi dari suatu unit pengambilan keputusan atau unit kerja, yang selanjutnya disebut dengan DMU (*Decision Making Unit*) yang mempunyai *multi input* dan *multi output* sehingga menyulitkan perbandingan antara unit-unit kerja tersebut[9]. DEA merupakan teknik dengan dasar model pemrograman linear yang bisa mencakup banyak *input* dan *output* tanpa perlu menentukan bobot untuk tiap variabel sebelumnya. DEA menghitung ukuran efisiensi secara skalar dan menentukan level *input* dan *output* yang efisien untuk unit yang dievaluasi.





URAIAN PENELITIAN

3.2 Model Optimasi DEA

untuk mencari nilai efisiensi relatif pada setiap DMU, dibutuhkan sebuah pendekatan untuk mendapatkan nilai efisiensi relatif yang optimal, beberapa model optimasi DEA adalah

- **Constant Return to Scale[7]**

Nilai efisiensi relatif dari sebuah DMU dapat ditemukan dengan menggunakan model yang merupakan model paling dasar pada DEA, dikenal dengan rasio CCR, memiliki persamaan matematis sebagai berikut[7]:

$$\max_{u,v} h_0(u, v) = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}} \quad (1)$$

$$\text{subject to } \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, j = 1, 2, 3, \dots, j_0, \dots, n \quad (2)$$

$$u_r \geq 0, r = 1, 2, 3, \dots, s$$

$$v_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Dengan x_{ij} merupakan nilai input ke-I dari DMU ke j dan y_{rj} adalah nilai output ke-r dari DMU ke j. Variabel u_r dan v_i merupakan nilai bobot pada masing-masing input dan output.

Model diatas adalah model berbentuk *linear fractional programming*, maka dengan transformasi yang dibuat oleh Charnes-Cooper[7], model (1) dan (2) dapat diubah menjadi:



URAIAN PENELITIAN

3.2 Model Optimasi DEA (Lanjutan)

- **Constant Return to Scale[7]**

$$\max z_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (3)$$

$$\text{subject to: } \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (5)$$

$$u_r \geq 0, r = 1, 2, 3, \dots, s$$

$$v_i \geq 0, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

Pada permasalahan *linear programming* pada umumnya, semakin banyak konstrain pembatas maka akan semakin sulit permasalahan tersebut untuk diselesaikan. Maka untuk mengurangi konstrain yang ada pada model optimasi DEA CCR diatas, model persamaan tersebut akan diubah kedalam bentuk *duality model*[7]. Persamaan dibawah ini adalah model CCR dengan *duality model input oriented*:



URAIAN PENELITIAN

3.2 Model Optimasi DEA (Lanjutan)

- **Constant Return to Scale[7]**

$$\min z_0 = \theta_0 - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (6)$$

$$\text{subject to: } \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - \sigma_r = y_{r0} \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j - \theta_0 x_{i0} + s_i = 0 \quad (8)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

θ_0 : nilai efisiensi untuk DMU ke 0

x_i : nilai input ke I

y_r : nilai output ke r

s_i : slack dari input ke i

σ_r : slack dari output ke r

λ_j : bobot DMU ke j terhadap DMU yang dievaluasi

Output oriented

$$\max z_0 = \theta_0 - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r - \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (9)$$

$$\text{subject to: } \sum_{r=1}^s y_{rj} \lambda_j - \theta_0 y_{r0} - \sigma_r = 0 \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \lambda_j - s_i = x_{i0} \quad (11)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$



URAIAN PENELITIAN

3.2 Pendekatan Optimasi DEA (Lanjutan)

- *Variabel Return to Scale*[7]

Model optimasi DEA dengan BBC dapat dibentuk dengan menambahkan konstrain pembatas

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (12)$$

pada model *constant return to scale*, konstrain tersebut menyebabkan jumlah bobot DMU_j pada DMU yang dievaluasi tingkat efisiensinya harus sama dengan satu.



URAIAN PENELITIAN

3.3 Fuzzy Data Envelopment Analysis

Fuzzy data envelopment analysis adalah pengembangan dari *data envelopment analysis* konvensional, dimana *input* dan *output* variabel dari DMU yang akan diuji merupakan *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. Sifat *fuzzy* sendiri pada permasalahan DEA dapat diekspresikan dengan data yang berbentuk interval, ordinal dan atau data yang berupa bilangan *fuzzy number*. Untuk menyelesaikan *fuzzy data envelopment analysis* dibutuhkan sebuah pendekatan yang dapat mengakomodasi sifat *fuzzy* pada data tersebut.



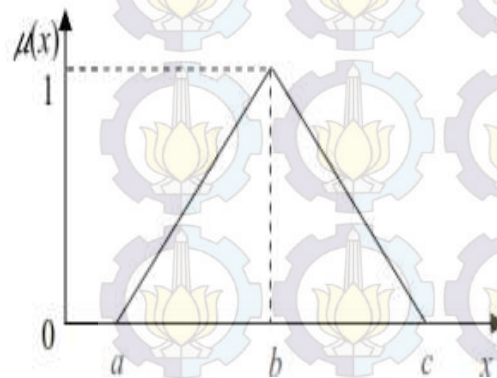
URAIAN PENELITIAN

3.4 Mendapatkan nilai crisp dari variabel input dan output pada setiap setiap α –level fuzzy

- **Triangular fuzzy number dan Fungsi Keanggotaan Fuzzy**

Pada Tugas Akhir ini, semua nilai variabel baik *input* ataupun *output* yang awalnya berupa data interval akan dibentuk menjadi *input* atau *output fuzzy* dengan nilai *triangular fuzzy number*, *triangular fuzzy number* adalah tiga titik nilai parameter yang berada pada fungsi keanggotaan fuzzy segitiga.

Didefinisikan A adalah himpunan *fuzzy* variabel pada permasalahan efisiensi kinerja rute penerbangan, x_{ij} merupakan nilai variabel ke - i pada rute penerbangan ke - j, a_{1ij} merupakan nilai minimum dari interval data variabel ke i pada rute penerbangan ke-j, a_{2ij} merupakan nilai rata-rata dari interval data variabel ke- i pada rute ke-j dan a_{3ij} merupakan nilai maksimal dari interval data variabel ke-i pada rute ke j, maka fungsi keanggotaan segitiga untuk semua variabel pada semua rute secara umum dapat ditulis dengan[4].



Gambar 3.1 Fungsi Keanggotaan Segitiga

$$\mu_A(x_{ij}) = \begin{cases} 0 & , \text{jika } x_{ij} \leq a_{1ij} \\ \frac{x_{ij} - a_{1ij}}{a_{2ij} - a_{1ij}} & , \text{jika } a_{1ij} \leq x_{ij} \leq a_{2ij} \\ \frac{x_{ij} - a_{3ij}}{a_{2ij} - a_{3ij}} & , \text{jika } a_{2ij} \leq x_{ij} \leq a_{3ij} \\ 0 & , \text{jika } x_{ij} \geq a_{3ij} \end{cases} \quad (13)$$



URAIAN PENELITIAN

3.4 Mendapatkan nilai crisp dari variabel input dan output pada setiap setiap α –level fuzzy (Lanjutan)

- nilai crisp untuk setiap nilai α –level fuzzy

Setelah didapatkan fungsi keanggotaan segitiga untuk semua variabel, selanjutnya adalah mendapatkan nilai *crisp* variabel tersebut untuk setiap α –level fuzzy yang dikehendaki. Pada Tugas Akhir ini akan digunakan sebelas nilai α –level padarentang [0,1], seperti yang diketahui sebelumnya bahwa fungsi keanggotaan fuzzy segitiga (13), maka untuk mendapatkan nilai *crisp* dari variabel pada α –level yang diinginkan, maka dari fungsi keanggotaan diatas didapat

$$\frac{x_{ij}min - a_{1ij}}{a_{2ij} - a_{1ij}} = \alpha \quad (14)$$

$$\frac{x_{ij}max - a_{3ij}}{a_{2ij} - a_{3ij}} = \alpha \quad (15)$$

Maka didapat

$$x_{ij}min = \alpha (a_{2ij} - a_{1ij}) + a_{1ij} \quad (16)$$

$$x_{ij}max = \alpha (a_{2ij} - a_{3ij}) + a_{3ij} \quad (17)$$

$x_{ij}min$ adalah nilai *crisp* terendah atau minimal yang memungkinkan pada suatu α –level fuzzy yang ditentukan, sementara $x_{ij}max$ adalah nilai *crisp* tertinggi atau maksimal yang memungkinkan pada suatu α –level fuzzy. Jadi untuk setiap α –level nilai *crisp* dari variabel merupakan nilai yang berada pada interval

$$A_{\alpha} = [\alpha (a_{2ij} - a_{1ij}) + a_{1ij}, \alpha (a_{2ij} - a_{3ij}) + a_{3ij}] \quad (5.6) \quad (18)$$



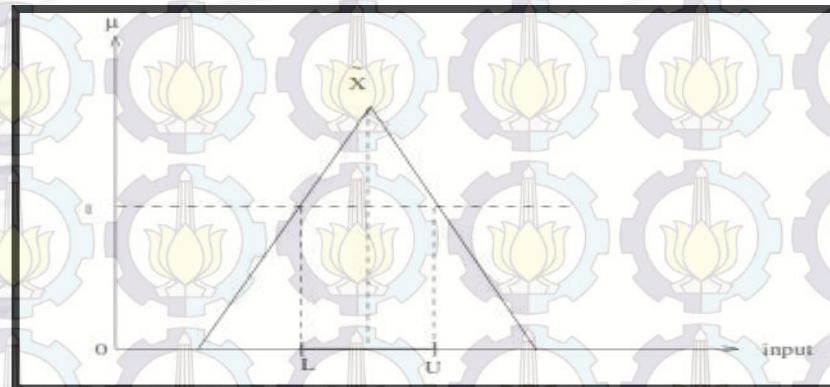
URAIAN PENELITIAN

3.5 Pendekatan α –level based approach

Untuk menyelesaikan *fuzzy data envelopment analysis* dibutuhkan sebuah pendekatan yang dapat mengakomodasi sifat *fuzzy* pada data tersebut. Pada penelitian ini akan digunakan pendekatan α –level based approach untuk mendapatkan nilai *crisp* dari *input* dan *output* yang bersifat *fuzzy*. DMU akan dihitung tingkat efisiensinya pada setiap α –level *fuzzy input* dan *fuzzy output* yang berada pada interval $[L,U]$ pada fungsi keanggotaan *fuzzy* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, dimana A adalah himpunan *crisp* yang mempunyai nilai keanggotaan *fuzzy* paling tidak sebesar α , atau secara matematis dapat ditulis sebagai[5]:

$$A_{\alpha} = \{x \in X : \mu_A(x) \geq \alpha\} \quad (19)$$

Untuk mendapatkan tingkat efisiensi dengan pendekatan α –level maka nilai efisiensi dihitung dengan dua persepsi, yaitu *optimistic* dan *pesimstic*.



Gambar 3.2 Nilai interval untuk fuzzy input/output pada α level



3.5 Pendekatan α – level based approach (Lanjutan)

1. Optimistic

Model persamaan dari metode ini dengan model optimasi BCC bentuk *duality* adalah sebagai berikut [5].

Saat $j = 1$

$$(E_j)_\alpha^U = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (20)$$

$$\text{subject to: } (y_{rj})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^L \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^U \quad (21)$$

$$(x_{ij})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^U \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^L + s_i = 0 \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (23)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$
$$\varepsilon > 0$$

Saat $j \geq 2$ dan $j \leq n - 1$

$$(E_j)_\alpha^U = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (24)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{j-1} (y_{rm})_\alpha^L \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^L \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^U \quad (25)$$

$$\sum_{m=1}^{j-1} (x_{im})_\alpha^U \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^U \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^L + s_i = 0 \quad (26)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (27)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$
$$\varepsilon > 0$$



3.5 Pendekatan α – *level based approach* (Lanjutan)

1. Optimistic

Model persamaan dari metode ini dengan model optimasi BCC bentuk *duality* adalah sebagai berikut [5].

Saat $j = n$

$$(E_j)_\alpha^U = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (28)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{n-1} (y_{rm})_\alpha^L \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^U \lambda_j - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^U \quad (29)$$

$$\sum_{m=1}^{n-1} (x_{im})_\alpha^U \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^L \lambda_j - \theta_j (x_{ij})_\alpha^L + s_i = 0 \quad (30)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (31)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$



3.5 Pendekatan α –level based approach (Lanjutan)

2. Pesimistic

Model persamaan dari metode ini dengan model optimasi BCC bentuk *duality* adalah sebagai berikut [5].

Saat $j = 1$

$$(E_j)_\alpha^L = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (32)$$

$$\text{subject to: } (y_{rj})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^U \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^L \quad (33)$$

$$(x_{ij})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^L \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (34)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (35)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

Saat $j \geq 2$ dan $j \leq n - 1$

$$(E_j)_\alpha^L = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (36)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{j-1} (y_{rm})_\alpha^U \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^L \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (y_{rk})_\alpha^U \lambda_k - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^L \quad (37)$$

$$\sum_{m=1}^{j-1} (x_{im})_\alpha^L \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^U \lambda_j + \sum_{k=j+1}^n (x_{ik})_\alpha^L \lambda_k - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (38)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (39)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$



3.5 Pendekatan α –level based approach (Lanjutan)

2. Pesimistic

Model persamaan dari metode ini dengan model optimasi BCC bentuk *duality* adalah sebagai berikut [5].

Saat $j = n$

$$(E_j)_\alpha^L = \min z_j = \theta_j - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s \sigma_r + \sum_{i=1}^m s_i \right) \quad (40)$$

$$\text{subject to: } \sum_{m=1}^{n-1} (y_{rm})_\alpha^U \lambda_m + (y_{rj})_\alpha^L \lambda_j - \sigma_r = (y_{rj})_\alpha^L \quad (41)$$

$$\sum_{m=1}^n (x_{im})_\alpha^L \lambda_m + (x_{ij})_\alpha^U \lambda_j - \theta_j (x_{ij})_\alpha^U + s_i = 0 \quad (42)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (43)$$

$$\lambda_j \geq 0, j = 1, 2, 3 \dots n$$

$$\varepsilon > 0$$

URAIAN PENELITIAN

4. Mendapatkan Ranking Efisiensi Kinerja Rute Penerbangan Rute Internasional PT. Garuda Indonesia

• *Fuzzy Efficiency Ranking*

Dari nilai efisiensi *fuzzy* yang telah didapatkan pada tiap-tiap α -level dengan metode *optimistic* dan *pessimistic* yang telah didapatkan, terbentuklah himpunan efisiensi *fuzzy*. Maka untuk mendapatkan *ranking* dari himpunan efisiensi *fuzzy* pada kinerja rute penerbangan internasional, diperlukan metode perankingan himpunan *fuzzy*, pada Tugas Akhir ini akan digunakan metode perankingan *fuzzy* yang dicetuskan oleh Chen dan Klein [6,9].

$$I(\tilde{E}_j) = \frac{\sum_{i=0}^n ((E_j)_{\alpha i}^U - c)}{[\sum_{i=0}^n ((E_j)_{\alpha i}^U - c) - \sum_{i=0}^n ((E_j)_{\alpha i}^L - d)]} \quad (44)$$

dengan

$I(\tilde{E}_j)$: index efisiensi dari DMU ke - j

$(E_j)_{\alpha i}^U$: efisiensi dari DMU ke j dengan metode *optimistic* pada α -level ke i

$(E_j)_{\alpha i}^L$: efisiensi dari DMU ke j dengan metode *pessimistic* pada α -level ke i

c : nilai efisiensi minimum dengan metode *pessimistic* pada setiap α -level

d : nilai efisiensi maksimum dengan metode *optimistic* pada setiap α -level



URAIAN PENELITIAN

5. Penetapan Nilai Target Input dan Output untuk Rute Penerbangan yang Tidak Efisien

Rute yang tidak efisien dicari nilai target variabelnya dengan menggunakan formula berikut[7].

$$\text{Output} : Y_{rj \text{ target}} = Y_{rj} + OS_{rj} \quad (45)$$

$$\text{Input} : X_{ij \text{ target}} = TE * X_{ij} - IS_{ij} \quad (46)$$

dengan

$Y_{rj \text{ target}}$: Target *output* ke r dari rute ke j

Y_{rj} : Nilai rata-rata *output* ke r rute ke j

OS_{rj} : *Output slack* ke r dari rute ke j

$X_{ij \text{ target}}$: Target input ke i dari rute ke j

X_{ij} : Nilai rata-rata input ke i rute ke j

IS_{ij} : Input slack ke i dari rute ke j



URAIAN PENELITIAN

6. Mendapatkan Peer Group dari Rute Internasional PT. Garuda Indonesia

Peer group dapat dicari dengan melihat nilai λ dari hasil perhitungan *data envelopment analysis*. DMU yang tidak efisien tidak mempunyai nilai bobot *peer*, sementara DMU yang efisien memiliki bobot *peer* $\lambda=1$ pada DMU tersebut ditambah bobot *peer* λ pada DMU yang tidak efisien terhadap DMU tersebut, DMU yang tidak efisien tersebut yang memiliki bobot *peer* λ dari DMU yang efisien merupakan pasangan *peer group* bagi DMU tersebut, sehingga DMU yang tidak efisien tersebut dapat menjadikan DMU efisien yang merupakan pasangan *peer group*nya sebagai acuan untuk perbaikan nilai efisiensinya.



URAIAN PENELITIAN

7. Sensitivitas Variabel

Sensitivitas variabel digunakan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan penurunan atau peningkatan variabel terhadap perubahan tingkat efisiensi relatif [9]. Dalam hal ini akan dihitung perubahan tingkat efisiensi jika nilai variabel yang digunakan adalah saat nilai sesudah penetapan target, sehingga akan diketahui seberapa besar kenaikan tingkat efisiensi setelah perbaikan nilai variabel. Diketuainya sensitivitas variabel bermanfaat untuk mengetahui variabel mana yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kenaikan efisiensi suatu DMU.



HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Nilai Efisiensi Fuzzy dan Ranking dari Kinerja Rute Penerbangan Internasional PT.Garuda Indonesia

Untuk mendapatkan nilai efisiensi pada kinerja rute penerbangan dari aspek biaya dan aspek layanan, nilai dari variabel yang berupa data interval dicari nilai *crisp* nya untuk 11 nilai α –*level fuzzy* pada rentang [0,1] yang telah ditetapkan.

Nilai data interval tersebut selanjutnya akan dibentuk menjadi bilangan *triangular fuzzy*, yang selanjutnya dibentuk fungsi keanggotan *fuzzy* segitiga, sehingga dengan menggunakan persamaan (16) dan (17) dapat didapatkan nilai *crisp* variabel untuk setiap nilai α –*level* yang dikehendaki. Program MATLAB R2010a digunakan untuk mempermudah mendapatkan nilai *crisp* variabel untuk setiap α –*level* pada setiap rute penerbangan yang dihitung tingkat efisiensinya. Setelah didapatkan nilai *crisp input* dan *output* untuk setiap α –*level*, maka akan dihitung nilai efisiensi dengan menggunakan model optimasi DEA, model optimasi *data envelopment analysis* yang digunakan adalah model BCC dengan orientasi *input* atau metode optimasi *variable return to scale input oriented*.



HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Nilai Efisiensi Fuzzy dan Ranking dari Kinerja Rute Penerbangan Internasional PT.Garuda Indonesia

Nilai efisiensi kinerja rute penerbangan internasional untuk setiap α -level dapat didapatkan dengan menyelesaikan model optimasi (20)-(31) dan (32)-(43) menggunakan program MATLAB R2010a. Setelah didapatkan nilai efisiensi untuk setiap α -level yang merupakan nilai efisiensi *fuzzy* dan terbentuk himpunan efisiensi *fuzzy*, *ranking* efisiensi kinerja rute penerbangan dari kedua aspek dapat ditemukan dengan memasukkan hasil efisiensi tersebut ke dalam persamaan (4) dengan menggunakan program MATLAB R2010a. hasil *ranking* efisiensi kinerja rute penerbangan periode tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel.4 Ranking efisiensi kinerja rute penerbangan

DMU	Aspek Biaya		Aspek Layanan	
	Indeks Fuzzy Ranking	Ranking	Indeks Fuzzy Ranking	Ranking
BPN-SIN	0.645	3	0.739	2
CGK-AMS	0.551	22	0.541	27
CGK-AMS-LGW	0.576	12	0.597	8
CGK-AUH-AMS	0.515	33	0.512	33
CGK-BJS	0.513	34	0.530	30
CGK-BKK	0.607	6	0.546	25
CGK-CAN	0.534	29	0.587	11
CGK-HKG	0.530	31	0.539	28
CGK-HND	0.504	35	0.486	36
CGK-ICN	0.551	23	0.565	18
CGK-JED	0.609	5	0.603	5
CGK-KIX	0.533	30	0.586	12
CGK-KUL	0.559	17	0.539	29
CGK-MEL	0.527	32	0.576	15
CGK-PER	0.590	10	0.584	13
CGK-SHA	0.567	14	0.599	7
CGK-SIN	0.638	4	0.667	4
CGK-SYD	0.541	28	0.583	14
CGK-TPE	0.559	18	0.542	26
CGK-TYO	0.561	16	0.571	16
DPS-BNE	0.547	24	0.508	34
DPS-CGK-BJS	0.494	36	0.492	35
DPS-DIL	0.720	2	0.723	3
DPS-HKG	0.594	8	0.558	20
DPS-HND	0.553	21	0.547	24
DPS-ICN	0.554	20	0.550	22
DPS-KIX	0.573	13	0.570	17
DPS-MEL	0.557	19	0.555	21
DPS-PER	0.545	27	0.515	32
DPS-SIN	0.579	11	0.519	31
DPS-SYD	0.566	15	0.588	10
DPS-TYO	0.546	25	0.548	23
MES-JED	0.600	7	0.601	6
MES-PEN	0.976	1	1.000	1
SUB-JED	0.545	26	0.595	9
SUB-SIN	0.590	9	0.565	19



2. Penetapan Nilai Target *Input* dan *Output*

Nilai variabel hasil penetapan target yang dapat digunakan untuk perbaikan nilai efisiensi didapatkan dengan menyelesaikan persamaan (45) dan (46), dengan menggunakan MATLAB R2010a, didapat:

Tabel 5. Efisiensi Saat Alfa = 1 Aspek Biaya

DMU	TE	Efisiensi	DMU	TE	Efisiensi
BPN-SIN	1	Efisien	DPS-BNE	0.833	Tidak Efisien
CGK-AMS	1	Efisien	DPS-CGK-BJS	0.722	Tidak Efisien
CGK-AMS-LGW	1	Efisien	DPS-DIL	1	Efisien
CGK-AUH-AMS	0.793	Tidak Efisien	DPS-HKG	1	Efisien
CGK-BJS	0.911	Tidak Efisien	DPS-HND	0.949	Tidak Efisien
CGK-BKK	1	Efisien	DPS-ICN	0.958	Tidak Efisien
CGK-CAN	0.783	Tidak Efisien	DPS-KIX	1	Efisien
CGK-HKG	0.799	Tidak Efisien	DPS-MEL	1	Efisien
CGK-HND	0.791	Tidak Efisien	DPS-PER	0.899	Tidak Efisien
CGK-ICN	0.862	Tidak Efisien	DPS-SIN	0.973	Tidak Efisien
CGK-JED	1	Efisien	DPS-SYD	0.971	Tidak Efisien
CGK-KIX	0.828	Tidak Efisien	DPS-TYO	0.923	Tidak Efisien
CGK-KUL	0.914	Tidak Efisien	MES-JED	1	Efisien
CGK-MEL	0.801	Tidak Efisien	MES-PEN	1	Efisien
CGK-PER	1	Tidak Efisien	SUB-JED	1	Efisien
CGK-SHA	0.965	Tidak Efisien	SUB-SIN	0.993	Tidak Efisien
CGK-SIN	1	Tidak Efisien			
CGK-SYD	0.888	Tidak Efisien			
CGK-TPE	0.955	Tidak Efisien			
CGK-TYO	0.947	Tidak Efisien			



2. Penetapan Nilai Target *Input* dan *Output* (Lanjutan)

Tabel 6. Efisiensi Saat Alfa = 1 Aspek Layanan

DMU	TE	Efisiensi				
BPN-SIN	1	Efisien	DPS-BNE			Tidak Efisien
CGK-AMS	1	Efisien	DPS-CGK-BJS	0.698		Tidak Efisien
CGK-AMS-LGW	1	Efisien	DPS-DIL	1		Efisien
CGK-AUH-AMS	0.786	Tidak Efisien	DPS-HKG	0.91203		Tidak Efisien
CGK-BJS	0.895	Tidak Efisien	DPS-HND	0.900		Tidak Efisien
CGK-BKK	0.851	Tidak Efisien	DPS-ICN	0.889		Tidak Efisien
CGK-CAN	0.926	Tidak Efisien	DPS-KIX	0.910		Tidak Efisien
CGK-HKG	0.804	Tidak Efisien	DPS-MEL	0.898		Tidak Efisien
CGK-HND	0.699	Tidak Efisien	DPS-PER	0.788		Tidak Efisien
CGK-ICN	0.882	Tidak Efisien	DPS-SIN	0.798		Tidak Efisien
CGK-JED	1	Efisien	DPS-SYD	1		Efisien
CGK-KIX	0.954	Tidak Efisien	DPS-TYO	0.887		Tidak Efisien
CGK-KUL	0.883	Tidak Efisien	MES-JED	1		Efisien
CGK-MEL	0.954	Tidak Efisien	MES-PEN	1		Efisien
CGK-PER	0.956	Tidak Efisien	SUB-JED	1		Efisien
CGK-SHA	1	Efisien	SUB-SIN	0.789		Tidak Efisien
CGK-SIN	1	Efisien				
CGK-SYD	1	Efisien				
CGK-TPE	0.822	Tidak Efisien				
CGK-TYO	0.955	Tidak Efisien				



2. Penetapan Nilai Target *Input* dan *Output* (Lanjutan)

Nilai input dan output hasil penetapan target yang harus dipenuhi per bulannya agar rute yang tidak efisien dapat menjadi efisien bisa dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Target nilai input dan output aspek biaya

DMU	Fleet Cost (USD)	Fuel Cost (USD)	Direct Traffic Cost (USD)	Flight Cost (USD)	Overhead Cost (USD)	RPK(000)	J.Pendapatan (USD)
BPN-SIN	115527.0	193488.0	52957.0	147348.0	37654.0	4226.0	355769.0
CGK-AMS	1763823.0	3273985.0	611934.0	846569.0	755696.0	84158.0	4948200.0
CGK-AMS-LGW	2975069.0	4315691.0	1111758.0	1938655.0	1080104.0	120368.0	7438917.0
CGK-AUH-AMS	1319410.7	2820662.8	401937.4	1028898.6	494218.6	73108.0	5567753.9
CGK-BJS	690560.6	1521027.3	237848.7	687778.8	279227.7	40732.0	2951781.9
CGK-BKK	795303.0	1210349.0	319959.0	986565.0	334623.0	33286.0	3791671.0
CGK-CAN	625310.0	1169174.2	255219.6	678708.5	271815.3	29191.0	2987023.0
CGK-HKG	1160241.8	2175788.1	393925.7	1093478.7	449819.7	56925.0	5166824.0
CGK-HND	824229.8	1652766.6	278305.4	756882.3	310000.5	45297.0	3291980.7
CGK-ICN	977584.4	1859228.9	327647.4	886292.7	368145.8	49153.0	4147796.0
CGK-JED	3179678.0	6328578.0	903811.0	2050601.0	1123369.0	164358.0	12955126.0
CGK-KIX	468868.6	993608.1	182224.9	586911.8	190857.5	24378.9	2270226.0
CGK-KUL	371708.4	619829.4	179781.3	479036.0	185368.8	17915.0	1656599.0
CGK-MEL	535895.2	994761.4	213202.1	610011.1	234741.3	26604.0	2461404.0
CGK-PER	295385.0	479762.0	201101.0	397808.0	197580.0	13931.0	1351361.0
CGK-SHA	1141577.1	2192518.8	434994.3	980392.4	465756.0	54652.9	5078933.0
CGK-SIN	1673767.0	2560428.0	1129602.0	2295753.0	898665.0	58030.0	8641453.0
CGK-SYD	675381.9	1267406.7	271107.9	737648.3	297098.2	33995.0	3061562.0
CGK-TPE	419220.5	737703.0	167749.6	489010.3	170786.4	22555.0	1564603.2
CGK-TYO	1449302.7	2812665.2	509268.5	1148296.3	566639.3	71062.8	6277314.0
DPS-BNE	415134.4	681392.9	192112.6	523835.3	194432.6	21607.0	1636836.0
DPS-CGK-BJS	661449.6	1733021.8	216942.3	661801.9	274802.0	42891.0	3114590.3
DPS-DIL	56646.0	175850.0	36734.0	141488.0	47815.0	2821.0	494901.0
DPS-HKG	462906.0	756685.0	192817.0	575285.0	195430.0	25062.0	1698216.0
DPS-HND	1109209.1	2206959.0	361183.6	965437.6	412144.8	58040.0	4662863.0
DPS-ICN	961727.9	2089413.9	308215.9	834575.3	372096.0	54800.0	4088131.7
DPS-KIX	928940.0	2192704.0	404138.0	1276127.0	482100.0	54465.0	4685004.0
DPS-MEL	792170.0	1793194.0	583890.0	1204981.0	494602.0	45529.0	3969230.0
DPS-PER	470619.5	812200.7	265379.1	627032.9	255812.8	23070.0	2141155.0
DPS-SIN	415138.1	723994.3	171356.8	527072.3	169818.7	20719.0	1725807.0
DPS-SYD	953048.3	1814326.9	437678.5	1067171.3	434569.9	48674.0	4261427.0
DPS-TYO	1101427.7	2291120.5	454561.7	1178351.2	496279.2	59939.0	4925498.0
MES-JED	217262.0	978335.0	86080.0	373498.0	70149.0	20464.0	1132524.0
MES-PEN	43606.0	68250.0	30529.0	81325.0	16951.0	776.0	82908.0
SUB-JED	303442.0	1215592.0	112646.0	459275.0	156924.0	27449.0	1857368.0
SUB-SIN	178270.3	309397.5	77959.1	227110.1	65696.8	8115.0	615896.0



2. Penetapan Nilai Target *Input* dan *Output* (Lanjutan)

Tabel 8. Target nilai input dan output aspek layanan

DMU	Jumlah penerbangan	ASK(000)	RPK(000)	Jumlah .pendapatan (USD)					
					CGK-TYO	58.01	100834.52	70099.89	6277314.23
BPN-SIN	33.67	7990.11	4225.79	355769.40	DPS-BNE	39.67	28850.16	21606.68	1636835.52
CGK-AMS	29.20	104093.38	84157.52	4948199.95	DPS-CGK-BJS	35.75	54901.89	42891.41	2819368.34
CGK-AMS-LGW	41.00	150857.53	120367.63	7438917.21	DPS-DIL	44.67	4884.03	2820.92	494901.03
CGK-AUH-AMS	33.84	90670.69	73107.64	4430594.45	DPS-HKG	46.56	31523.62	25061.70	1698215.62
CGK-BJS	40.34	52606.23	40732.30	2927891.06	DPS-HND	54.47	74798.51	58040.13	4662862.96
CGK-BKK	126.06	47939.54	33286.34	3791670.82	DPS-ICN	49.01	69210.07	54799.67	4051631.36
CGK-CAN	56.03	41789.09	29190.52	2987022.97	DPS-KIX	54.99	72750.36	54465.37	4685003.50
CGK-HKG	97.66	73032.79	53292.49	5166824.11	DPS-MEL	54.15	59536.86	45528.60	3969229.82
CGK-HND	38.23	57448.18	45297.37	3011809.72	DPS-PER	63.71	30180.06	23069.84	2141155.50
CGK-ICN	54.10	63720.22	49153.13	4147796.36	DPS-SIN	51.99	26623.81	20718.61	1725806.66
CGK-JED	86.83	220403.50	164357.64	12955126.12	DPS-SYD	59.33	62577.06	48673.87	4261427.38
CGK-KIX	32.51	39935.70	26685.85	2270225.84	DPS-TYO	53.38	79420.21	59939.25	4925498.28
CGK-KUL	63.59	23425.29	17914.69	1656598.66	MES-JED	13.00	39064.43	20463.70	1132524.21
CGK-MEL	35.23	41226.18	28144.24	2461403.55	MES-PEN	49.33	1245.57	775.94	82908.27
CGK-PER	41.46	20311.49	13931.34	1351360.71	SUB-JED	12.50	46622.83	27448.75	1857367.55
CGK-SHA	60.75	71913.28	47275.58	5078933.17	SUB-SIN	47.57	10587.74	8115.07	615895.51
CGK-SIN	545.83	85184.36	58030.01	8641452.61					
CGK-SYD	39.17	48358.26	33994.84	3061561.57					
CGK-TPE	44.07	28109.30	22555.11	1353716.85					



3. Peer Group Rute Penerbangan

Tabel 9. Peer group rute penerbangan aspek biaya

DMU	Peer Group	Bobot Peer							
BPN-SIN	BPN-SIN.	1	-	-	-	-	-	-	-
CGK-AMS	CGK-AMS.	1	-	-	-	-	-	-	-
CGK-AMS-LGW	CGK-AMS-LGW.	1	-	-	-	-	-	-	-
CGK-AUH-AMS	CGK-JED, DPS-HKG, SUB-JED.	0.338	0.271	-	-	0.391	-	-	-
CGK-BJS	CGK-JED, DPS-HKG, SUB-JED.	0.106	0.516	-	-	0.378	-	-	-
CGK-BKK	CGK-BKK.	1	-	-	-	-	-	-	-
CGK-CAN	CGK-BKK, CGK-JED, CGK-SIN, DPS-DIL, SUB-JED.	0.276	0.081	-	-	0.060	0.517	0.067	-
CGK-HKG	CGK-BKK, CGK-JED, MES-JED, SUB-JED.	0.635	0.191	-	-	0.050	0.124	-	-
CGK-HND	CGK-JED, DPS-HKG, MES-JED.	0.152	0.634	-	-	0.214	-	-	-
CGK-ICN	BPN-SIN, CGK-BKK, CGK-JED, DPS-HKG, MES-JED.	0.151	0.335	-	-	0.180	0.195	0.139	-
CGK-JED	CGK-JED.	1	-	-	-	-	-	-	-
CGK-KIX	CGK-BKK, CGK-JED, DPS-DIL, MES-JED.	0.377	0.026	-	-	0.260	0.338	-	-
CGK-KUL	CGK-BKK, CGK-JED, CGK-PER, DPS-DIL, DPS-HKG.	0.146	0.005	-	-	0.328	0.244	0.275	-
CGK-MEL	CGK-BKK, CGK-JED, CGK-PER, DPS-DIL, DPS-HKG, SUB-JED.	0.287	0.046	-	-	0.131	0.267	0.170	0.099
CGK-PER	CGK-PER.	1	-	-	-	-	-	-	-
CGK-SHA	CGK-JED, CGK-SIN, DPS-DIL.	0.269	0.151	-	-	0.580	-	-	-



3. Peer Group Rute Penerbangan (Lanjutan)

CGK-SIN	CGK-SIN.	1	-	-	-	-	-	-	-	
CGK-SYD	CGK-BKK, CGK-JED, CGK-PER, DPS-HKG, SUB-JED.	0.337		0.065		0.299		0.131	0.168	-
CGK-TPE	CGK-JED, DPS-HKG, MES-JED, MES-PEN.	0.022		0.710		0.044		0.223	-	-
CGK-TYO	CGK-JED, CGK-SIN, DPS-DIL.	0.377		0.133		0.490		-	-	-
DPS-BNE	CGK-BKK, CGK-JED, CGK-PER, DPS-DIL, DPS-HKG.	0.033		0.002		0.252		0.053	0.660	-
DPS-CGK-BJS	CGK-JED, DPS-HKG, SUB-JED.	0.116		0.160		0.724		-	-	-
DPS-DIL	DPS-DIL.	1	-	-		-		-	-	-
DPS-HKG	DPS-HKG.	1	-	-		-		-	-	-
DPS-HND	CGK-BKK, CGK-JED, DPS-HKG, MES-JED.	0.243		0.231		0.277		0.248	-	-
DPS-ICN	CGK-JED, DPS-HKG, SUB-JED.	0.207		0.399		0.394		-	-	-
DPS-KIX	DPS-KIX.	1	-	-		-		-	-	-
DPS-MEL	DPS-MEL.	1	-	-		-		-	-	-
DPS-PER	CGK-BKK, CGK-PER, DPS-HKG, DPS-MEL.	0.168		0.524		0.188		0.120	-	-
DPS-SIN	BPN-SIN, CGK-BKK, DPS-HKG, MES-JED.	0.271		0.214		0.414		0.102	-	-
DPS-SYD	CGK-BKK, CGK-JED, DPS-HKG, DPS-MEL.	0.311		0.101		0.247		0.341	-	-
DPS-TYO	CGK-BKK, CGK-JED, DPS-HKG, DPS-KIX, DPS-MEL.	0.053		0.146		0.258		0.340	0.204	-
MES-JED	MES-JED.	1	-	-		-		-	-	-
MES-PEN	MES-PEN.	1	-	-		-		-	-	-
SUB-JED	SUB-JED.	1	-	-		-		-	-	-
SUB-SIN	BPN-SIN, CGK-BKK, DPS-HKG, MES-JED.	0.812		0.010		0.153		0.024	-	-



3. Peer Group Rute Penerbangan (Lanjutan)

Tabel 10. Peer group rute penerbangan aspek layanan

DMU	Peer Group			Bobot Peer			
BPN-SIN	BPN-SIN.	1	-	-	-	-	-
CGK-AMS	CGK-AMS.	1	-	-	-	-	-
CGK-AMS-LGW	CGK-AMS-LGW.	1	-	-	-	-	-
CGK-AUH-AMS	CGK-AMS, DPS-SYD, MES-PEN.	0.815		0.092		0.093	-
CGK-BJS	BPN-SIN, CGK-AMS, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.361		0.265		0.089	0.286
CGK-BKK	CGK-SHA, CGK-SIN, DPS-DIL, DPS-SYD.	0.284		0.147		0.357	0.213
CGK-CAN	CGK-SHA, CGK-SIN, DPS-DIL, DPS-SYD.	0.329		0.005		0.416	0.250
CGK-HKG	CGK-JED, CGK-SHA, CGK-SIN, DPS-SYD.	0.037		0.299		0.077	0.587
CGK-HND	BPN-SIN, CGK-AMS, DPS-DIL, DPS-SYD.	0.259		0.407		0.137	0.197
CGK-ICN	CGK-AMS, CGK-JED, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.068		0.004		0.164	0.764
CGK-JED	CGK-JED.	1	-	-	-	-	-
CGK-KIX	BPN-SIN, CGK-SYD, SUB-JED.	0.198		0.590		0.213	-
CGK-KUL	CGK-SIN, DPS-SYD, MES-PEN.	0.022		0.331		0.646	-
CGK-MEL	BPN-SIN, CGK-SYD, SUB-JED.	0.173		0.717		0.110	-
CGK-PER	BPN-SIN, CGK-SYD, DPS-DIL, DPS-SYD.	0.227		0.289		0.445	0.039
CGK-SHA	CGK-SHA.	1	-	-	-	-	-
CGK-SIN	CGK-SIN.	1	-	-	-	-	-
CGK-SYD	CGK-SYD.	1	-	-	-	-	-



HASIL DAN PEMBAHASAN

3. Peer Group Rute Penerbangan (Lanjutan)

CGK-TPE	CGK-AMS, MES-PEN.	0.261	0.739	-	-
CGK-TYO	CGK-JED, CGK-SHA, CGK-SYD.	0.264	0.299	0.437	-
DPS-BNE	BPN-SIN, CGK-AMS, DPS-DIL, DPS-SYD.	0.530	0.120	0.169	0.181
DPS-CGK-BJS	BPN-SIN, CGK-AMS, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.416	0.387	0.070	0.128
DPS-DIL	DPS-DIL.	1	-	-	-
DPS-HKG	CGK-AMS, DPS-SYD, MES-PEN.	0.209	0.143	0.648	-
DPS-HND	CGK-AMS, CGK-JED, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.151	0.040	0.043	0.767
DPS-ICN	CGK-AMS, DPS-SYD, MES-PEN.	0.309	0.590	0.101	-
DPS-KIX	CGK-JED, CGK-SHA, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.095	0.024	0.353	0.527
DPS-MEL	BPN-SIN, CGK-AMS, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.008	0.015	0.225	0.752
DPS-PER	CGK-SIN, DPS-DIL, DPS-SYD, MES-PEN.	0.022	0.145	0.433	0.400
DPS-SIN	CGK-AMS, DPS-SYD, MES-PEN.	0.040	0.346	0.613	-
DPS-SYD	DPS-SYD.	1	-	-	-
DPS-TYO	CGK-AMS, CGK-JED, CGK-SYD, DPS-SYD.	0.076	0.117	0.340	0.467
MES-JED	MES-JED.	1	-	-	-
MES-PEN	MES-PEN.	1	-	-	-
SUB-JED	SUB-JED.	1	-	-	-
SUB-SIN	CGK-AMS, DPS-DIL, DPS-SYD, MES-PEN.	0.063	0.186	0.036	0.715



4. Sensitivitas Variabel

Tabel 11 Sensitivitas Variabel Aspek Biaya

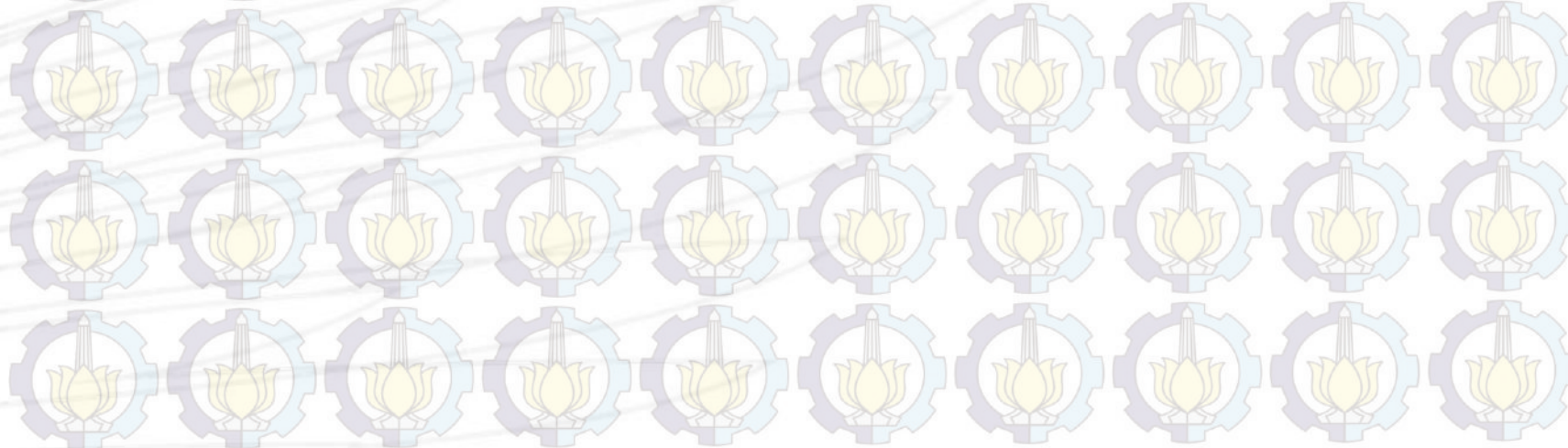
DMU	TE	Overhead cost		Fuel cost		Flight cost		Fleet cost		Direct Traffic cost	
		Perubahan	Persentase Kenaikan Efisiensi	Perubahan	Persentase Kenaikan Efisiensi	Perubahan	Persentase kenaikan Efisiensi	Perubahan	Persentase Kenaikan Efisiensi	Perubahan	Persentase Kenaikan Efisiensi
BPN-SIN	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-AMS	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-AMS-LGW	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-AUH-AMS	0.793	0.129	16.24%	0.1366	17.23%	0.0431	5.44%	0.164	20.71%	0.1439	18.15%
CGK-BJS	0.911	0.026	2.80%	0.0473	5.19%	0.0230	2.52%	0.037	4.11%	0.0319	3.50%
CGK-BKK	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-CAN	0.783	0.131	16.68%	0.1109	14.17%	0.0820	10.47%	0.093	11.89%	0.0817	10.44%
CGK-HKG	0.799	0.167	20.87%	0.1149	14.37%	0.0590	7.38%	0.095	11.93%	0.1177	14.72%
CGK-HND	0.791	0.081	10.25%	0.1404	17.74%	0.0434	5.49%	0.078	9.82%	0.0665	8.41%
CGK-ICN	0.862	0.082	9.55%	0.0857	9.95%	0.0149	1.73%	0.041	4.73%	0.0374	4.34%
CGK-JED	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-KIX	0.828	0.123	14.88%	0.0486	5.87%	0.0229	2.76%	0.054	6.54%	0.0511	6.18%
CGK-KUL	0.914	0.005	0.56%	0.0652	7.14%	0.0275	3.01%	0.039	4.29%	0.0042	0.46%
CGK-MEL	0.801	0.069	8.62%	0.1070	13.36%	0.0389	4.86%	0.072	8.99%	0.0532	6.64%
CGK-PER	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-SHA	0.965	0.004	0.37%	0.0191	1.98%	0.0154	1.60%	0.021	2.15%	0.0006	0.06%
CGK-SIN	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
CGK-SYD	0.888	0.019	2.16%	0.0529	5.96%	0.0158	1.78%	0.040	4.53%	0.0115	1.29%
CGK-TPE	0.955	0.012	1.23%	0.0192	2.01%	0.0128	1.34%	0.006	0.60%	0.0114	1.20%
CGK-TYO	0.947	0.015	1.55%	0.0300	3.17%	0.0220	2.32%	0.032	3.38%	0.0008	0.08%



4. Sensitivitas Variabel (Lanjutan)

Tabel 11 Sensitivitas Variabel Aspek

DPS-BNE	0.833	0.046	5.46%	0.1601	19.21%	0.0572	6.86%	0.080	9.60%	0.0335	4.02%
DPS-CGK-BJS	0.722	0.131	18.09%	0.1493	20.67%	0.1149	15.91%	0.227	31.46%	0.2085	28.88%
DPS-DIL	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
DPS-HKG	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
DPS-HND	0.949	0.024	2.57%	0.0257	2.71%	0.0019	0.20%	0.012	1.29%	0.0070	0.73%
DPS-ICN	0.958	0.010	1.03%	0.0228	2.38%	0.0097	1.02%	0.018	1.92%	0.0151	1.57%
DPS-KIX	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
DPS-MEL	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
DPS-PER	0.899	0.000	0.04%	0.0563	6.27%	0.0109	1.21%	0.050	5.56%	0.0002	0.02%
DPS-SIN	0.973	0.014	1.49%	0.0123	1.27%	0.0015	0.16%	0.003	0.29%	0.0038	0.39%
DPS-SYD	0.971	0.000	0.00%	0.0178	1.84%	0.0006	0.06%	0.011	1.09%	0.0000	0.00%
DPS-TYO	0.923	0.005	0.57%	0.0484	5.24%	0.0053	0.57%	0.030	3.22%	0.0000	0.00%
MES-JED	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
MES-PEN	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
SUB-JED	1	0.000	0.00%	0.0000	0.00%	0.0000	0.00%	0.000	0.00%	0.0000	0.00%
SUB-SIN	0.993	0.004	0.37%	0.0035	0.35%	0.0004	0.04%	0.001	0.08%	0.0011	0.11%





4. Sensitivitas Variabel (Lanjutan)

Tabel 12 Sensitivitas Variabel Aspek Layanan

DMU	TE	ASK		Jumlah Penerbangan	
		Perubahan	Persentase kenaikan efisiensi	Perubahan	Persentase kenaikan efisiensi
BPN-SIN	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-AMS	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-AMS-LGW	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-AUH-AMS	0.786	0.214	27.17%	0.023	2.94%
CGK-BJS	0.895	0.086	9.66%	0.017	1.89%
CGK-BKK	0.852	0.123	14.41%	0.019	2.27%
CGK-CAN	0.926	0.067	7.29%	0.010	1.03%
CGK-HKG	0.803	0.175	21.82%	0.014	1.80%
CGK-HND	0.698	0.290	41.48%	0.045	6.41%
CGK-ICN	0.882	0.106	11.98%	0.029	3.31%
CGK-JED	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-KIX	0.955	0.028	2.89%	0.014	1.52%
CGK-KUL	0.883	0.117	13.19%	0.002	0.28%
CGK-MEL	0.953	0.029	3.06%	0.017	1.74%
CGK-PER	0.961	0.024	2.46%	0.013	1.31%
CGK-SHA	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-SIN	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-SYD	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
CGK-TPE	0.822	0.178	21.66%	0.033	3.98%
CGK-TYO	0.955	0.027	2.86%	0.014	1.47%





4. Sensitivitas Variabel (Lanjutan)

Tabel 12 Sensitivitas Variabel Aspek Layananan

DPS-BNE	0.711	0.242	34.05%	0.074	10.36%
DPS-CGK-BJS	0.698	0.278	39.85%	0.048	6.91%
DPS-DIL	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
DPS-HKG	0.912	0.088	9.64%	0.008	0.93%
DPS-HND	0.898	0.096	10.68%	0.023	2.58%
DPS-ICN	0.889	0.111	12.49%	0.015	1.67%
DPS-KIX	0.911	0.067	7.36%	0.021	2.29%
DPS-MEL	0.898	0.085	9.51%	0.027	2.96%
DPS-PER	0.788	0.210	26.69%	0.005	0.68%
DPS-SIN	0.798	0.202	25.32%	0.035	4.41%
DPS-SYD	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
DPS-TYO	0.887	0.087	9.80%	0.023	2.61%
MES-JED	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
MES-PEN	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
SUB-JED	1	0.000	0.00%	0.000	0.00%
SUB-SIN	0.789	0.199	25.24%	0.071	9.05%



KESIMPULAN

1. Pada efisiensi aspek biaya, rute yang mempunyai kinerja paling baik adalah rute penerbangan dari kota Medan, Indonesia ke kota Penang, Malaysia (MES-PEN) dengan nilai indeks *fuzzy ranking* sebesar 0.976, sementara rute dengan kinerja paling buruk adalah rute penerbangan dari kota Denpasar, Indonesia ke kota Beijing, RRC (DPS-CGK-BJS) dengan nilai indeks *fuzzy ranking* sebesar 0.494. Pada efisiensi aspek layanan, rute yang mempunyai kinerja paling baik adalah rute penerbangan dari kota Medan, Indonesia ke kota Penang, Malaysia (MES-PEN) dengan nilai indeks *fuzzy ranking* sebesar 0.999, sementara rute dengan kinerja paling buruk adalah rute penerbangan dari kota Jakarta menuju kota Tokyo bandara Internasional Tokyo Haneda, Jepang (CGK-HND) dengan nilai indeks *fuzzy ranking* sebesar 0.486.
2. Rute-rute penerbangan yang kinerjanya tidak efisien, dapat dievaluasi kinerjanya dengan menghitung tingkat efisiensi saat nilai $\alpha = 1$. Rute penerbangan yang tidak efisien, pada aspek biaya, secara keseluruhan harus mengurangi penggunaan biaya sesuai dengan nilai penetapan target yang telah didapatkan, beberapa rute juga harus meningkatkan jumlah *revenue passenger kilometer* dan jumlah pendapatan sesuai dengan nilai penetapan target, agar rute tersebut dapat menjadi efisien. Sementara, pada aspek layanan, rute yang tidak efisien secara keseluruhan harus mengurangi jumlah penerbangan dan *available seat kilometer* sesuai dengan nilai penetapan target yang telah didapatkan, serta beberapa rute juga harus meningkatkan jumlah *revenue passenger kilometer* dan jumlah pendapatan agar rute tersebut dapat menjadi efisien.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bakti, H. (2014). *Data Kenaikan Pengguna Angkutan Udara*. Jakarta: Dirjen Perhubungan Udara, Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- [2] Profil Garuda Indonesia. (2014) diakses dari www.garuda-indonesia.com pada tanggal 30 Agustus 2014
- [3] Chiou, Y-Choun et al. (2006). *Route-based performance evaluation of Taiwanese domestic airlines using data envelopment analysis*. Taipei : **Transportation Research Part E 42: 116-127.**
- [4] Kusumadewi, S dan Purnomo, S. 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- [5] Hatami, A et al. (2011). *A taxonomy and review of the fuzzy data envelopment analysis literature : two decades in the making*. Belgium : **European journal of operation research 214: 457-472.**
- [6] Safeedpari, P et al (2012) *Application of Fuzzy Data Envelopment Analysis for Ranking Dairy Farms in the View of Energy Efficiency* . Iran : **J Anim Prod Av, 2(6): 284-294.**
- [7] Realis, D. (2009). *Aplikasi metode fuzzy-data envelopment analysis untuk menganalisa efisiensi PDAM Surabaya*. Surabaya: Tugas Akhir jurusan Teknik Industri ITS Surabaya
- [8] Lertworasirikul, S. (2002). *Fuzzy data envelopment analysis*. North Carolina : Dissertation of Industrial Engineering of North Carolina university.
- [9] Khazastri, E. (2009). *Analisis Produktivitas Proses Pelayanan pada Divisi Fleksi dengan Metode Data Envelopment Analysis di PT. Telkom Tbk*. Medan : Tugas Akhir jurusan Teknik Industri USU Medan.



TERIMA KASIH