PENGALOKASIAN ANGGARAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN *MULTI-INPUT/OUTPUT* MENGGUNAKAN *DATA ENVELOPMENT ANALYSIS*

I Nyoman Sutapa
Dosen Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri – Unversitas Kristen Petra

ABSTRAK

Dalam artikel ini dikembangkan sebuah model *data envelopment analysis (DEA)* untuk memecahkan masalah pengalokasian anggaran ke masing-masing unit pengambil keputusan (UPK) dalam sebuah organisasi, yang mempertimbangkan *multi-input/output.* Dalam mengembangkan model, dilakukan dengan beberapa contoh numeris. Hasil perhitungan dengan model DEA ini, didapatkan alokasi anggaran optimal yang berupa batas bawah dan atas serta nilai alokasi diantara kedua nilai tersebut.

Kata kunci : *data envelopment analysis*, efisiensi, alokasi anggaran.

ABSTRACT

In this article is developed a data envelopment analysis (DEA) model to solve a budget allocation problem to the decision-making units (DMU's) in an organisation. The allocation is depend on multi-input/output. To develop the model is used some of numerical examples. The results of calculation by DEA model are an optimum budget allocation in lower and upper bound and a fix value between them.

Keywords: data envelopment analysis, efficiency, budget allocation.

1. PENDAHULUAN

Model *data envelopment analysis (DEA)* dikembangkan pertama kali oleh Charnes, Cooper dan Rhodes (1978), untuk mengevaluasi efisiensi relatif unit-unit pengambil keputusan (UPK) dalam sebuah organisasi dengan memberi bobot pada input/output. Model DEA ini beserta turunannya disebut model standar, dimana dalam model ini setiap UPK memilih secara terpisah bobot-bobotnya untuk memaksimalkan efisiensi secara individual.

Dalam perkembangan lebih lanjut, Beasley (1998), mengembangkan model DEA yang lebih umum (model DEA generalisasi), dimana bobot-bobot dari input dan output dipilih secara simultan untuk semua UPK sedemikian hingga memaksimalkan efisiensi setiap UPK secara rerata.

Dalam artikel ini dikembangkan sebuah model DEA untuk memecahkan masalah pengalokasikan anggaran ke masing-masing UPK dalam suatu organisasi yang didasarkan atas model DEA generalisasi.

2. MODEL DEA GENERALISASI

Misalkan:

s jumlah output yang diukur
t jumlah input yang diukur
n jumlah UPK yang dievaluasi
y_{ip} nilai output ke-i $(i=1,..,s)$ dari UPK ke-p $(p=1,..,n)$
x_{jp} nilai input ke-j $(j=1,..,t)$ dari UPK ke-p $(p=1,..,n)$
u_{ip} bobot tertimbang bagi nilai output ke-i $(i=1,..,s)$ dari UPK ke-p $(p=1,..,n)$
v_{jp} bobot tertimbang bagi nilai input ke-j $(j=1,..,t)$ dari UPK ke-p $(p=1,..,n)$
E_{pq} efisiensi relatif UPK ke-q $(q=1,..,n)$ bila dievaluasi menggunakan bobot-bobot yang diasosiasikan dengan UPK ke-p $(p=1,..,n)$
e sebuah bilangan yang sangat kecil $(0<e<<1)$

maka E_{pq} dapat didefinisikan sebagai :

$$E_{pq} = \frac{\sum_{i=1}^{s} u_{ip} y_{iq}}{\sum_{j=1}^{t} v_{jp} x_{jq}}, \quad p = 1,..,n; \; q = 1,..,n \tag{1}$$

dimana

$$0 \le E_{pq} \le 1, \quad p = 1,..,n; \; q = 1,..,n \tag{2}$$

dalam hal ini E_{pq} adalah efisiensi dari UPK ke-q bila dievaluasi menggunakan bobot-bobot yang berhubungan dengan UPK ke-p.

Dalam pendekatan DEA standar, dicari efisiensi E_{pp} untuk UPK ke-p yang dapat dirumuskan menggunakan programa nonlinier:

$$\text{Maks.} \quad E_{pp} = \frac{\sum_{i=1}^{s} u_{ip} y_{ip}}{\sum_{j=1}^{t} v_{jp} x_{jp}} \tag{3}$$

dengan kendala

$$0 \le E_{pq} \le 1, \quad p, q = 1,..,n \tag{4}$$

$$u_{ip} \ge e, \; v_{jp} \ge e, \quad i = 1,..,s; \; j = 1,..,t \tag{5}$$

Programa nonlinier (3)-(5) dapat dikonversi menjadi programa linier, dengan menetapkan penyebut persamaan (3) menjadi sebuah konstanta dan selanjutnya menetapkannya menjadi sebuah kendala. Programa nonlinier ini dapat diinterpretasikan sebagai pemilihan bobot-bobot tertimbang sedemikian hingga memaksimalkankan efisiensi UPK ke-p relatif terhadap UPK-UPK lainnya. Dalam penentuan efisiensi semua UPK, maka programa nonlinier (3)-(5) diatas harus dipecahkan sebanyak n kali, masing-masing satu untuk setiap p $(p=1,..,n)$.

Menurut Beasley (1998), n programa nonlinier yang saling bebas dapat dikonsolidasikan menjadi sebuah programa nonlinier konsolidasi. Karena, ke-n programa linier (3)-(5) diatas adalah bebas linier, maka dapat dikonsolidasikan menjadi memaksimalkan rerata efisiensi semua UPK, yaitu:

$$\text{Maks.} \quad \sum_{p=1}^{n} \frac{E_{pp}}{n} \tag{6}$$

dengan kendala

$$0 \le E_{pq} \le 1, \quad q = 1,..,n; \;\; p = 1,..,n \tag{7}$$

$$u_{ip} \ge e, \;\; v_{jp} \ge e, \quad i = 1,..,s; \;\; j = 1,..,t; \;\; p = 1,..,n \tag{8}$$

Cara lain menginterpretasikan programa nonlinier konsolidasi ini adalah bobot-bobot dipilih secara simultan untuk semua UPK sedemikian hingga memaksimalkan rerata efisiensi UPK.

3. PEMODELAN DEA UNTUK ALOKASI ANGGARAN

Misalkan sebuah organisasi mempunyai total anggaran dengan jumlah tertentu, ingin dialokasikasikan sesuai proporsi ke setiap UPK. Masalah ini biasa ditemui dalam penganggaran/pembiayaan organisasi, yaitu membagi *overhead cost* diantara berbagai unit (UPK).

Berikut ini diturunkan sebuah model DEA untuk memutuskan bagaimana mengalokasikan anggaran secara optimal diantara UPK-UPK. Dalam model DEA, yang dimaksudkan dengan optimal adalah efisiensi setiap UPK sama dengan satu.

3.1 Model DEA dengan Multi-output dan Single Input (Alokasi Anggaran)

Misalkan dalam suatu organisasi ada 5 unit (UPK) secara bersama-sama mengajukan anggaran untuk memenuhi pengeluaran yang akan direncanakan. Tiga jenis pengeluaran, didefinisikan sebagai output, direncanakan akan terjadi untuk tahun anggaran yang akan datang. Tabel 1 berikut ini berisikan data jumlah pengeluaran (output) yang direncanakan (satuannya sesuai dengan jenis output, dimana dalam semua jenis output ukuran satuannya tidak perlu disamakan/dijadikan satu ukuran).

Tabel 1. Data Output setiap Unit

UPK	Output ke-		
	1	**2**	**3**
1	10	40	4
2	5	5	2
3	27	10	1
4	4	7	5
5	15	5	7
Total	**61**	**67**	**19**

Misalkan bahwa total anggaran yang tersedia untuk dialokasikan ke-5 UPK ini adalah terbatas, lebih kecil dibandingkan dengan total permintaan. Misalkan total anggaran besarnya F rupiah. Masalahnya, bagaimana membagi atau mengalokasikan anggaran ini sedemikian hingga setiap UPK mendapatkan alokasi yang sepadan dengan rencana pengeluarannya dan seadil mungkin.

Dalam membuat model DEA untuk menyelesaikan masalah ini, misalkan f_p *(³0)* menyatakan jumlah alokasi anggaran, didefinisikan sebagi input, yang harus dialokasikan kesetiap UPK-*p* $(p=1,..,5)$, dalam hal ini $f_1+f_2+f_3+f_4+f_5=F$. Jadi dalam masalah ini ada satu input dan tiga buah output.

Dalam model DEA, pengalokasian anggaran ini didefinisikan sebagai penentuan efisiensi setiap UPK. Sehingga untuk UPK ke-1 misalnya, efisiensinya dapat didefinisikan sebagai $(10a_1+40a_2+4a_3)/f_1$, dengan a_i $(i=1,2,3)$ merupakan bobot tertimbang untuk ketiga output.

Dalam artikel ini, anggaran harus dialokasikan sedemikian hingga setiap UPK mendapatkan alokasi secara optimal (dalam model setiap UPK mempunyai efisiensi satu). Secara konseptual, setiap UPK memerlukan anggaran (sebuah input dalam bentuk implisit) untuk menghasilkan output yang optimal.

Selanjutnya, model DEA akan dikembangkan sedemikian hingga setiap UPK mendapatkan alokasi anggaran dengan bobot yang sama bagi setiap jenis output untuk setiap UPK, dan memungkinkan setiap UPK mempunyai efisiensi sama dengan satu. Dalam hal ini, terkandung maksud bahwa semua UPK dievaluasi terhadap bobot yang sama dan juga semua UPK mempunyai efisiensi maksimal. Sehingga setiap UPK mendapatkan alokasi anggaran yang adil dan sepadan, dan ini akan memungkinkan mereka semua untuk mencapai efisiensi maksimal dengan menggunakan bobot yang sama.

Agar setiap UPK memiliki efisiensi satu terhadap sekumpulan bobot bersama, maka perlu diputuskan alokasi anggaran f_p, $p=1,..,5$ dan bobot a_i, $i=1,2,3$ sedemikian hingga:

$$\frac{10a_1+40a_2+4a_3}{f_1}=1,\quad \frac{5a_1+5a_2+2a_3}{f_2}=1,\quad \frac{27a_1+10a_2+a_3}{f_3}=1$$
$$\frac{4a_1+7a_2+5a_3}{f_4}=1,\ \text{dan}\ \frac{15a_1+5a_2+7a_3}{f_5}=1 \tag{9}$$

$$f_1+f_2+f_3+f_4+f_5=F \tag{10}$$

$$f_p \ge 0,\quad a_i \ge e,\qquad p=1,..,5;\ i=1,2,3 \tag{11}$$

Ada 6 buah kendala berbentuk persamaan dan 8 variabel non-negatif, dan disini secara umum akan ada beberapa derajat fleksibelitas dalam nilai-nilai yang memenuhi persamaan-persamaan diatas. Untuk menginvestigasi secara sistematis fleksibelitas ini, dapat dicari dengan menyelesaikan programa matematis berikut:

Minimalkan f_q
dengan kendala (9) sampai dengan (11)

dan

Maksimalkan f_q
dengan kendala (9) sampai dengan (11), untuk setiap nilai q $(q=1,..,5)$.

Rumusan ini dapat digunakan untuk menginvestigasi derajat fleksibelitas dari besarnya alokasi anggaran untuk setiap UPK. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2 (untuk memudahkan perhitungan, dimisalkan F=Rp 100):

Tabel 2. Batas Alokasi Anggaran Minimum dan Maksimum

UPK	Minimum f_q (Rp)	Maksimum f_q (Rp)
1	16.39	59.70
2	7.46	10.53
3	5.26	44.26
4	6.56	26.32
5	7.46	36.84
Total	**43.13**	**177.65**

Dari tabel ini, untuk UPK ke-1 dialokasikan anggaran yang besarnya antara 16.39 dan 59.70 rupiah. Jangkauan antara besarnya anggaran minimal dan maksimal untuk setiap UPK, dapat dilihat pada Tabel 2, didefinisikan sebagai "jangkauan yang dapat diterima" bagi setiap UPK.

Misalkan L_q dan U_q adalah anggaran minimal dan maksimal yang dialokasikan bagi UPK ke-q. Dalam hal ini, tidak ada UPK yang mendapatkan alokasi anggaran diluar $[L_q,U_q]$. Jelas bahwa, setiap UPK ke-q dihaharapkan mendapat alokasi seminimal mungkin, yaitu hanya L_q. Bagaiamanapun, karena jumlahan total nilai minimal ini hanya Rp 43.13 sehingga solusinya tidak mencakup keseluruhan anggaran $F=Rp\ 100$.

Untuk menangani masalah diatas dan supaya setiap UPK dapat memiliki efisiensi satu (nilai efisiensi maksimal), definisikan p_{max} dan p_{min} $(^{3}0)$ sebagai proporsi maksimal/minimal, lebih dan diatas anggaran minimal L_q yang mesti dialokasikan ke masing-masing UPK ke-q, yaitu dalam jangkauan yang dapat diterima $[L_q,U_q]$.

Maka modelnya dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Min} \quad p_{max} - p_{min} \tag{12}$$

dengan kendala:

$$p_{max} \geq \frac{f_q - L_q}{U_q - L_q}, \quad q = 1,..,5 \tag{13}$$

$$p_{min} \leq \frac{f_q - L_q}{U_q - L_q}, \quad q = 1,..,5 \tag{14}$$

persamaan (9) sampai (11) (15)

$$p_{max},\ p_{min} \geq 0 \tag{16}$$

persamaan (13) menjamin bahwa p_{max} sekurang-kurangnya bernilai sebesar proporsi terbesar yang harus dialokasikan ke setiap UPK, sedangkan persamaan (14) menjamin bahwa p_{min} sekurang-kurangnya bernilai sekecil proporsi terkecil yang harus dialokasikan ke setiap UPK. Meminimalkan perbedaan antara p_{max} dan p_{min} berarti bahwa meminimalkan perbedaan antara proporsi maksimal dan minimal yang harus dialokasikan ke setiap UPK. Dalam hal ini, ada kemungkinan bagi setiap UPK mendapat alokasi dengan proporsi yang sama dengan nilai lebih dan diatas anggaran minimal, yaitu $(f_q - L_q)/(U_q - L_q) = (f_p - L_p)/(U_p - L_p)\ \forall q,p$ sehingga $p_{max} = p_{min}$. Dalam kasus ini, solusi optimal (12)-(16) nilainya nol.

Solusi dari model (12)-(16) diatas adalah $p_{max}=0.46145$ dan p_{min} =0.37066, dengan perbedaan 0.09079. Dalam hal ini, setiap UPK mendapatkan alokasi dengan proporsi yang sama yaitu lebih dan diatas anggaran minimal, dengan mana setiap UPK masih mempunyai efisiensi satu. Alokasi anggaran ke-5 UPK adalah $f_1=Rp\ 36.4$, $f_2=Rp\ 8.6$, $f_3=Rp\ 19.7$, $f_4=Rp\ 14.3$ *dan* $f_5=Rp\ 21.0$. Bobot yang berhubungan dengan alokasi anggaran ini adalah $a_1=0.4336$, $a_2=0.6393$ *dan* $a_3=1.6168$.

3.2 Model DEA dengan Multi-output dan Multi-input (Alokasi Anggaran + input lainnya)

Dalam kasus dimana setiap UPK memiliki banyak output dan banyak input, maka model DEA-nya dapat dikembangkan dari model DEA (12)-(16), sebagai berikut:

Misalkan sebagai tambahan bahwa:

- a_i bobot tertimbang untuk output i $(i=1,..,s)$
- b_j bobot tertimbang untuk input j $(j=1,..,t)$
- E_p efisiensi relatif UPK ke-p $(p=1,..,n)$
- S himpunan UPK-UPK yang alokasi anggarannya telah diputuskan (dimana awalnya ditetapkan $S=Æ$), dimana setiap UPK $p\,\hat{I}S$ mempunyai himpunan anggaran F_p. Himpunan ini hanya digunakan apabila ada beberapa UPK tidak memiliki fleksibelitas dalam alokasi anggaran-nya atau jika diinginkan untuk memindahkan flleksibelitas UPK dengan perbedaan proporsi minimal $(p_{max}-p_{min})$ yang telah didapat.

Maka alokasi anggarannya, dapat dirumuskan sebagai berikut:

Langkah 1: Tentukan rerata maksimal efisiensi UPK menggunakan programa nonlinier:

$$\text{Maksimalkan} \quad \sum_{p=1}^{n} \frac{E_p}{n} \tag{17}$$

dengan kendala:

$$E_p = \frac{\sum_{i=1}^{s} a_i y_{ip}}{\sum_{j=1}^{t} b_j x_{jp} + f_p}, \qquad p=1,..,n \tag{18}$$

$$f_p = F_p, \qquad \forall p \in S \tag{19}$$

$$f_p \geq 0, \qquad p=1,..,n \tag{20}$$

$$0 \leq E_p \leq 1, \qquad p=1,..,n \tag{21}$$

$$a_i \geq e, \quad b_j \geq e, \qquad i=1,..,s; \quad j=1,..,t \tag{22}$$

Persamaan (18) mendefinisikan efisiensi setiap UPK. Persamaan (19) menjamin bahwa jumlah semua anggaran yang dialokasikan harus tepat sama dengan F. Misalkan E^* adalah solusi optimal dari rumusan (17)-(22).

Langkah 2. Perlu ditentukan fleksibelitas yang dihubungkan dengan alokasi anggaran untuk setiap UPK, dengan menyelesaikan programa nonlinier:

Minimalkan f_q dengan kendala (18)-(22) dan $\sum_{p+1}^{n} \frac{E_p}{n} = E^*$ dan,

Maksimalkan f_q dengan kendala (18)-(22) dan $\sum_{p+1}^{n} \frac{E_p}{n} = E^*$, untuk $q=1,..,n$.

Seperti sebelumnya, misalkan L_q dan U_q solusi optimum (minimal/ maksimal anggaran yang dialokasikan) untuk UPK ke-q untuk programa nonlinier diatas. Tetapkan $S=S\cup\{q\}$ dan $F_q=L_q$ untuk semua UPK ke-$q \notin S$ $(q=1,..,n)$ dengan $L_q=U_q$. Catatan: jika $E^*=1$ programa nonlinier diatas dapat dinyatakan sebagai programa linier.

Langkah 3. Definisikan p_{max} dan p_{min} (≥ 0) sebagai proporsi maksimal/minimal, lebih dan diatas anggaran minimal, dibayarkan oleh sembarang UPK ke-q dalam jangkauan yang dapat diterima $[L_q,U_q]$. Pecahkan yang berikut ini:

Minimumkan $p_{max} - p_{min}$ (23)

dengan kendala

$$p_{max} \geq \frac{f_q - L_q}{U_q - L_q}, \quad q = 1,..,n; \;\; q \notin S$$
$$p_{min} \leq \frac{f_q - L_q}{U_q - L_q}, \quad q = 1,..,n; \;\; q \notin S \tag{24}$$

persamaan (18)-(22) dan $\sum_{p=1}^{n} \frac{E_p}{n} = E^*$ (25)

$p_{max}, \; p_{min} \geq 0$ (26)

Misalkan P^* solusi optimum yang dihubungkan dengan (23)-(26).

Langkah 4. Selanjutnya, perlu ditentukan apakah masih ada fleksibelitas yang dapat dilakukan terhadap alokasi anggaran untuk setiap UPK ke-q, dengan memecahkan:

minimalkan f_q dengan kendala (22)-(24) dan p_{max}-$p_{min}=P^*$ dan
maksimalkan f_q dengan kendala (22)-(24) dan p_{max}-$p_{min}=P^*$
untuk $q=1,..,n$. Seperti sebelumnya, misalkan solusi optimum adalah L_q dan U_q.

Langkah 5. Jika $L_q=U_q$ $(q=1,..,n)$ maka solusi akhir dari alokasi anggaran telah dicapai untuk setiap UPK *ke*-q, yaitu $f_q=L_q=U_q$. Bagaimanapun, jika $L_q<U_q$ untuk beberapa UPK ke-q, maka dalam hal ini masih ada beberapa fleksibelitas tersisa. Jika kasusnya demikian, ambillah UPK ke-k yang berhubungan dengan U_k-$L_k=min[U_q$-$L_q|U_q$-$L_q>0, \;\; q=1,..,n; q \notin S]$ dan tetapkan $F_k=(L_k+U_k)/2$. Ini berhubungan dengan penetapan anggaran bagi UPK ke-k dengan jangkauan yang dapat diterima terkecil $[L_k,U_k]$ *ke* $(L_k+U_k)/2$. Jika hal ini dapat diselesaikan, maka tetapkan dulu $S=S\cup\{k\}$ dan lanjutkan ke Langkah 2.

3.3 Contoh Numeris

Berikut diberikan sebuah contoh numeris perhitungan alokasi anggaran menggunakan data seperti pada Tabel 3, yang meliputi $n=12$ UPK, $s=2$ output dan $t=3$ input dengan total anggaran $F=Rp\ 100$.

Tabel 3. Data Input dan Output setiap UPK

UPK	Output 1	Output 2	Input 1	Input 2	Input 3
1	67	751	350	39	9
2	73	611	298	26	8
3	75	584	422	31	7
4	70	665	281	16	9
5	75	445	301	16	6
6	83	1070	360	29	17
7	72	457	540	18	10
8	78	590	276	33	5
9	75	1074	323	25	5
10	74	1072	444	64	6
11	25	350	323	25	5
12	104	1199	444	64	6

Dengan menerapkan pendekatan umum yang diberikan diatas, maka didapatkan:

Langkah 1. Tetapkan $E^*=1$, agar semua UPK dapat mencapai efisiensi satu.

Langkah 2. Tentukan $[L_q,U_q]$ untuk $q=1,..,12$ didapatkan [Rp5,37; Rp8,79], [Rp5,31; Rp9,69], [Rp3,50; Rp9,82], [Rp4,78; Rp12,73], [Rp3,68; Rp12,16], [Rp0; Rp19,17], [Rp0; Rp11,13], [Rp3,70; Rp12,94], [Rp8,61; Rp24,48], [Rp2,06; Rp17,28], [Rp0; Rp3,95], dan [Rp8,25; Rp22,52].

Langkah 3. P^* = 0,126108 dengan p_{max}=0,526717 dan p_{min}=0,400609.

Langkah 4. Tidak ada lagi fleksibelitas, dan alokasi anggaran didapatkan: $f_1=Rp\ 6{,}78$, $f_2=Rp\ 7{,}21$, $f_3=Rp\ 6{,}83$, $f_4=Rp\ 8{,}47$, $f_5=Rp\ 7{,}08$, $f_6=Rp\ 10{,}06$, $f_7=Rp\ 5{,}09$, $f_8=Rp\ 7{,}74$, $f_9=Rp\ 15{,}11$, $f_{10}=Rp\ 10{,}08$, $f_{11}=Rp\ 1{,}58$, dan $f_{12}=Rp\ 13{,}97$.

Dari hasil diatas ini nampak bahwa, total anggaran yang ada, yaitu $F=Rp\ 100$, telah dialokasikan secara merata ke dalam 12 UPK, sesuai dengan input yang mereka perlukan untuk menghasilkan outputnya. Dengan kata lain, setiap UPK mendapatkan alokasi dengan efisiensi 100%. Hal ini jelas nampak, misalnya pada UPK ke-9 dan ke-11, mereka menggunakan input yang sama tetapi output yang dihasilkan berbeda, UPK ke-9 menghasilkan output yang lebih besar daripada UPK ke-11, sehingga wajar mendapatkan bagian anggaran yang lebih besar, yaitu $f_9=Rp\ 15{,}11 > f_{11}=Rp\ 1{,}58$. Demikian juga kalau dilihat UPK ke-10 dan ke-12.

4. KESIMPULAN

Dalam artikel ini, telah dibahas masalah pengalokasian anggaran ke masing-masing unit pengambil keputusan (UPK), yang saling mendukung dalam sebuah organisasi.

Model matematis pengalokasin anggaran yang dibahas disini menggunakan *data envelopment analysis (DEA)* yang digeneralisasi, dengan bobot-bobot tertimbang dipilih secara simultan sedemikian hingga memaksimalkan rerata efisiensi dari semua UPK. Dari contoh numeris, model DEA digeneralisasi ini ternyata berhasil mengalokasikan total anggaran yang ada secara merata dengan efisiensi setiap UPK adalah seratus persen.

DAFTAR PUSTAKA

Beasley, J.E., 1998. *Allocating Fixed Costs and Resources via Data Envelopment Analysis,* The Management School, Imperial College, London.

Charnes, A., Cooper, W.W., 1962. *Programming with Linear Fractional Functionals,* Naval Res. Logistics Q. 9, 181-186.

Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E., 1978. *Measuring the Efficiency of Decision Making Units,* European Journal of Operational Research 2, 429-444.

Cook, W.D. and Kress, M., 1999. *Characterizing an Equitable Allocation of Shared Costs: a DEA Approach,* European J. Of Operational research 119, 652-661.

Sutapa, I N., Rahardjo, J., 2001. *Analisis Efisiensi Proses Produksi Mempertimbangkan Aspek Teknis dan Ekonomis dengan Data Envelopment Analysis,* Proseding Seminar Nasional: Teknik Industri dan Manajemen Produksi 2001, Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.