

MASALAH PEMILIHAN PERSONAL DIGITAL ASSISTANT (PDA) (Suatu Pendekatan dengan Metode Data Envelopment Analysis (DEA))

Sani Susanto ¹⁾

F. Rian Pratiko ²⁾

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141

¹⁾sjrh@bdg.centrin.net.id ²⁾frianp@yahoo.com

ABSTRACT

Twelve types of Personal Digital Assistant (PDA), the features and prices of each are known, are currently available in the market. An efficient PDA is defined the one with appropriate features for its current price. The Data Envelopment Analysis (DEA) is applied to determine whether certain PDA is efficient.

Keywords: Data Envelopment Analysis, Efficiency

PENDAHULUAN

PDA atau *Personal Digital Assistant* pada awalnya dibuat untuk berfungsi sebagai "asisten pribadi" untuk menyimpan data nama, alamat, telepon dan catatan harian saja. Perkembangan teknologi telah membuat PDA berubah menjadi komputer pribadi. Banyak aplikasi komputer terkini sudah dapat dioperasikan melalui PDA. Kini PDA dapat dipakai untuk mengetik, mengolah angka, presentasi, multimedia serta pendukung koneksi ke jaringan internet. Berbeda dengan komputer pribadi yang menggunakan papan ketik

untuk menginput data, pada umumnya PDA menggunakan pena khusus yang biasa disebut *stylus* sebagai gantinya. Ini berarti PDA mampu mengenali tulisan tangan manusia untuk diubah menjadi teks, bahkan beberapa jenis PDA memiliki teknologi pengenalan suara. Desain PDA yang mungil menyebabkan banyak orang lebih menyukainya dibandingkan komputer pribadi. Kepopulerannya telah membuat pabrikan telekomunikasi mengintegrasikan PDA dengan telepon seluler. Saat ini telah beredar di pasaran produk *smartphone* dan *PDAphone*. *Smart-*

phone adalah telepon selular yang memiliki kemampuan sebagai PDA. Sedangkan *PDA-phone* adalah PDA yang memiliki kemampuan sebagai telepon selular.

Berdasarkan pada penggunaan sistem operasinya PDA dibagi kedalam 3 kelompok berikut:

- *Palm*, kelompok ini memiliki bentuk yang mungil dan pengoperasiannya menggunakan pena khusus (*stylus*) yang didukung sistem operasi *Palm OS*.
- *Psion*, kelompok ini bentuknya mirip dengan *notebook* yang dilengkapi dengan

papan ketik mungil. Sistem operasinya memakai *software* yang biasa disebut *EPOC (Electronic Piece Of Cheese)*.

- *Pocket PC*, kelompok ini memakai sistem operasi *Windows CE*, dalam pengoperasiannya pun menggunakan pena khusus atau *stylus*.

Mengingat banyak merek (jenis) PDA yang tersedia di pasaran, pembeli sebagai konsumen memiliki kesempatan untuk menimbang-nimbang PDA mana yang layak dijadikan pilihan olehnya. Kelayakan dalam hal ini mencakup keseimbangan antara harga setiap jenis PDA dengan fitur yang ditawarkannya. Fitur yang dimaksud meliputi panjang/lebar layar (dinyatakan dalam jumlah piksel), ukuran RAM (Random Access Memory) dan ROM (Read Only Memory) (dalam MB atau megabytes), umur baterai (dalam mA atau milliampere-hour), bobot (dalam gram) dan konektivitas (dinyatakan dalam skor).

Dalam tulisan ini akan dibahas masalah pemilihan merek (jenis) PDA melalui

penerapan metode Data Envelopment Analysis (DEA), suatu metode yang pertama kali diperkenalkan oleh J. Callen pada tahun 1991. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk menganalisis efisiensi PDA yang telah beredar di pasar.

PEMBAHASAN

Mekanisme Analisis dalam DEA dalam Pemilihan Jenis PDA

Suatu merek PDA dikatakan **efisien** apabila fitur yang ditawarkan seimbang dengan harganya. Mengingat merek PDA yang beredar di pasaran satu sama lain dalam hal harga maupun fitur yang ditawarkan berbeda, maka pengertian **efisien** dalam konteks ini bersifat **relatif**. Artinya bila suatu merek PDA bersifat efisien, ia efisien bila dibandingkan dengan merek (jenis) PDA yang diperbandingkan dengannya. Pada penelitian ini analisis efisiensi dilakukan berdasarkan adaptasi Winston (2003) dan Susanto dkk (2004).

Ada 12 jenis PDA yang akan dikaji efisiensinya. Untuk kerahasiaan, maka selanjutnya

jenis PDA akan dinamakan PDA-1, PDA-2, ..., PDA-12.

Dalam pengukuran besaran input/output perlu diperhatikan beberapa prinsip berikut (Purwantoro, 2004):

- **Prinsip Positivitas**, artinya DEA menuntut bahwa semua variabel yang menggambarkan *nilai dari satu satuan input* (t_i) maupun variabel yang menggambarkan *nilai dari satu satuan output* (w_j) harus bernilai positif
- **Prinsip Isotonisitas**, artinya DEA menuntut bahwa untuk setiap kenaikan pada variabel input yang mana pun harus menghasilkan kenaikan pada sekurang-kurangnya satu variabel output, dan tak ada satu pun variabel output yang mengalami penurunan
- **Prinsip Homogenitas**, artinya DEA menuntut bahwa seluruh unit yang akan dievaluasi efisiensinya harus memiliki variabel input dan output yang sama jenisnya
- **Prinsip "lebih banyak akan lebih baik dari out-**

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12

Catal

put", artinya DEA menuntut bahwa skala yang digunakan pada variabel output haruslah bersifat "more is better" atau "lebih banyak berarti lebih baik"

- Prinsip "Lebih sedikit lebih baik dalam input", artinya DEA menuntut bahwa skala yang digunakan pada variabel input haruslah bersifat "lebih sedikit berarti lebih baik"

Kedua-belas jenis PDA melakukan transformasi terhadap inputnya, yaitu harga PDA (dalam US\$), menjadi ketujuh outputnya, yaitu panjang layar (dinyatakan dalam jumlah pixel), lebar layar (dinyatakan dalam jumlah pixel), ukuran RAM (Random Access Memory) (dalam MB atau megabytes), ukuran ROM (Read Only Memory) (dalam MB atau megabytes), umur batere

(dalam mAH atau milliampere-hour), bobot (dalam gram) dan konektivitas, yang dinyatakan dalam skor sebagai berikut, konektivitas terhadap inframerah diberi skor 1, konektivitas terhadap *bluetooth* diberi skor 2 dan konektivitas terhadap *wi-fi* diberi skor 6.

Besaran input dan output dari kedua-belas unit PDA disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Besaran Input dan Output dari 12 (dua belas) PDA

No	JENIS PDA	INPUT		OUTPUT						
		Harga	Panjang Layar	Lebar Layar	Memori RAM	Memori ROM	Umur Batere	Bobot	Konektivitas	
		US\$	Pixel	pixel	MB	MB	mAH	gram*)	Skor	
1	PDA-1	279	240	320	64	32	1500	35	inframerah	1
2	PDA-2	259	240	320	64	32	1000	70	inframerah, <i>bluetooth</i>	3
3	PDA-3	400	240	320	64	32	1200	59	inframerah	1
4	PDA-4	299	240	320	64	32	900	77	inframerah, <i>bluetooth</i>	3
5	PDA-5	399	240	320	64	32	900	56	inframerah, <i>bluetooth</i>	3
6	PDA-6	499	240	320	64	32	1000	74	inframerah, <i>bluetooth, wi-fi</i>	9
7	PDA-7	549	240	320	64	32	1000	30	inframerah, <i>bluetooth, wi-fi</i>	9
8	PDA-8	649	240	320	128	48	1250	10	inframerah, <i>bluetooth, wi-fi</i>	9
9	PDA-9	499	320	320	64	32	1500	22	inframerah, <i>wi-fi</i>	7
10	PDA-10	405	320	480	64	32	900	45	inframerah, <i>bluetooth</i>	3
11	PDA-11	299	240	320	64	32	980	63	inframerah	1
12	PDA-12	599	480	640	128	48	1250	2	inframerah, <i>bluetooth, wi-fi</i>	9

⁷Catatan: untuk memenuhi syarat "lebih banyak lebih baik" pada variabel output Bobot, dalam hal ini besarnya variabel-Bobot dinyatakan sebagai kurangnya bobot suatu PDA dari 200 gram. Sebagai contoh untuk PDA-1, bobot sebenarnya adalah 165 gram, untuk pemenuhan syarat "lebih banyak lebih baik", maka bobot ini dikonversikan menjadi (200-165) gram atau 35 gram

Selanjutnya didefinisikan dua variabel, satu variabel menggambarkan dari satu satuan input (w_s) dan satu variabel lagi menggambarkan

nilai dari satu satuan output (t_r) sebagai berikut:

t_r = harga atau nilai dari satu satuan output ke-r ($r = 1, 2, \dots, 7$)

w_s = biaya atau nilai dari satu satuan input ke-s ($s = 1$)

Efisiensi dihitung menggunakan persamaan (1) untuk ke-12 PDA ditunjukkan Tabel 2.

$$\text{efisiensi PDA ke } -i = \frac{\text{harga atau nilai total dari output unit ke } -i}{\text{biaya atau nilai total dari input unit ke } -i} \quad (1)$$

Tabel 2. Model Perhitungan Efisiensi ke-12 PDA

Efisiensi	Model
PDA-1	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1500t_5 + 35t_6 + 1t_7}{279w_1}$
PDA-2	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 70t_6 + 3t_7}{259w_1}$
PDA-3	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1200t_5 + 59t_6 + 1t_7}{400w_1}$
PDA-4	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 77t_6 + 3t_7}{299w_1}$
PDA-5	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 56t_6 + 3t_7}{399w_1}$
PDA-6	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 74t_6 + 9t_7}{499w_1}$
PDA-7	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 30t_6 + 9t_7}{549w_1}$
PDA-8	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 128t_3 + 48t_4 + 1250t_5 + 10t_6 + 9t_7}{649w_1}$
PDA-9	$\frac{320t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1500t_5 + 22t_6 + 7t_7}{499w_1}$
PDA-10	$\frac{320t_1 + 480t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 45t_6 + 3t_7}{405w_1}$
PDA-11	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 980t_5 + 63t_6 + 1t_7}{299w_1}$
PDA-12	$\frac{480t_1 + 640t_2 + 128t_3 + 48t_4 + 1250t_5 + 2t_6 + 9t_7}{599w_1}$

Optimasi dilakukan dengan membentuk fungsi tujuan dan kendala terlebih dahulu. Perumusan model matematis kendala dan fungsi tujuan menggunakan 4 (empat) pendekatan, yaitu :

- 1) Pendekatan-1: untuk menyederhanakan perhitungan, lakukan penskalaan terhadap nilai total input unit i dengan menyamakannya dengan nilai 1 (satu).
- 2) Pendekatan-2: terhadap efisiensi unit ke- i diusahakan untuk memaksimumkannya.
- 3) Pendekatan-3: tak ada unit yang efisiensinya lebih dari 100%.
- 4) Pendekatan-4: setiap nilai output t , maupun nilai input w , haruslah bernilai positif.

Hasil dari Pendekatan-1 ini adalah didapatkannya 12 kendala, yang kita sebut dengan kendala penskalaan (dapat dilihat pada Tabel 3).

Tabel 3. Kendala Penskalaan Efisiensi

PDA	Kendala
1	$279w_1 = 1$
2	$259w_1 = 1$
3	$400w_1 = 1$
4	$299w_1 = 1$
5	$399w_1 = 1$
6	$499w_1 = 1$
7	$549w_1 = 1$
8	$649w_1 = 1$
9	$499w_1 = 1$
10	$405w_1 = 1$
11	$299w_1 = 1$
12	$599w_1 = 1$

Terhadap efisiensi PDA jenis ke- i , melalui Pendekatan-2, akan dicari kombinasi nilai input w , dan nilai output t , sehingga efisiensi dari unit ini bernilai maksimum. Bila nilai maksimum efisiensi suatu unit sama dengan 1 (satu), maka dikatakan bahwa unit ini **telah efisien**, bila nilai maksimum efisiensi suatu unit kurang dari 1 (satu), maka dikatakan bahwa unit ini **tidak efisien**.

Kendala efisiensi selanjutnya ditentukan menggunakan Pendekatan-3, seperti yang ditunjukkan Tabel 4, berlaku untuk semua unit PDA.

Fungsi objektif didapatkan dengan menerapkan Pendekatan-2 dan Pendekatan-3 terhadap besaran efisiensi seperti ditunjukkan pada Tabel 5.

Hasil dari penerapan Pendekatan-4 adalah didapatkannya kendala **positivitas**, yang berlaku untuk seluruh merek (jenis) PDA, sebagai berikut:

$$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, w_1 > m \quad (2)$$

Simbol m menunjukkan bilangan positif yang cukup kecil, misalnya dapat dipilih $m = 0.0001$. Jadi kendala **positivitas** menjadi:

$$t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7, w_1 > 0.0001 \quad (3)$$

Model efisiensi ternyata berbentuk pemrograman linear. Fungsi tujuan untuk masing-masing PDA ditunjukkan oleh Tabel 5 dan fungsi kendala ditunjukkan oleh Tabel 4 ditambah dengan kendala seperti yang ditunjukkan persamaan (3) dan Tabel 6.

Tabel 4. Kendala Efisiensi

PDA	Kendala Efisiensi
1	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1500t_5 + 35t_6 + 1t_7}{279w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 1500t_5 - 35t_6 - 1t_7 + 279w_1 \geq 0$
2	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 70t_6 + 3t_7}{259w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 1000t_5 - 70t_6 - 3t_7 + 259w_1 \geq 0$
3	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1200t_5 + 59t_6 + 1t_7}{400w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 1200t_5 - 59t_6 - 1t_7 + 400w_1 \geq 0$
4	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 77t_6 + 3t_7}{299w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 900t_5 - 77t_6 - 3t_7 + 299w_1 \geq 0$
5	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 56t_6 + 3t_7}{399w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 900t_5 - 56t_6 - 3t_7 + 399w_1 \geq 0$
6	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 74t_6 + 9t_7}{499w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 1000t_5 - 74t_6 - 9t_7 + 499w_1 \geq 0$
7	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 30t_6 + 9t_7}{549w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 1000t_5 - 30t_6 - 9t_7 + 549w_1 \geq 0$
8	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 128t_3 + 48t_4 + 1250t_5 + 10t_6 + 9t_7}{649w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 128t_3 - 48t_4 - 1250t_5 - 10t_6 - 9t_7 + 649w_1 \geq 0$
9	$\frac{320t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1500t_5 + 22t_6 + 7t_7}{499w_1} \leq 1$ atau $-320t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 1500t_5 - 22t_6 - 7t_7 + 499w_1 \geq 0$
10	$\frac{320t_1 + 480t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 45t_6 + 3t_7}{405w_1} \leq 1$ atau $-320t_1 - 480t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 900t_5 - 45t_6 - 3t_7 + 405w_1 \geq 0$
11	$\frac{240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 980t_5 + 63t_6 + 1t_7}{299w_1} \leq 1$ atau $-240t_1 - 320t_2 - 64t_3 - 32t_4 - 980t_5 - 63t_6 - 1t_7 + 299w_1 \geq 0$
12	$\frac{480t_1 + 640t_2 + 128t_3 + 48t_4 + 1250t_5 + 2t_6 + 9t_7}{599w_1} \leq 1$ atau $-480t_1 - 640t_2 - 128t_3 - 48t_4 - 1250t_5 - 2t_6 - 9t_7 + 599w_1 \geq 0$

Tabe

PE

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

Mas

PDA-1

mengg

nak QM

sion 2.1

sinya se

Tabel 7.

ra nilai c

Tabel 5. Fungsi Objektif Efisiensi

PDA	Fungsi Objektif
1	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1500t_5 + 35t_6 + 1t_7$
2	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 70t_6 + 3t_7$
3	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1200t_5 + 59t_6 + 1t_7$
4	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 77t_6 + 3t_7$
5	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 56t_6 + 3t_7$
6	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 74t_6 + 9t_7$
7	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1000t_5 + 30t_6 + 9t_7$
8	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 128t_3 + 48t_4 + 1250t_5 + 10t_6 + 9t_7$
9	$\max z = 320t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 1500t_5 + 22t_6 + 7t_7$
10	$\max z = 320t_1 + 480t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 900t_5 + 45t_6 + 3t_7$
11	$\max z = 240t_1 + 320t_2 + 64t_3 + 32t_4 + 980t_5 + 63t_6 + 1t_7$
12	$\max z = 480t_1 + 640t_2 + 128t_3 + 48t_4 + 1250t_5 + 2t_6 + 9t_7$

Tabel 6. Kendala Optimasi Tambah untuk semua PDA

PDA	Fungsi Kendala
1	$279W_1 = 1$
2	$259W_1 = 1$
3	$400W_1 = 1$
4	$299W_1 = 1$
5	$399W_1 = 1$
6	$499W_1 = 1$
7	$549W_1 = 1$
8	$649W_1 = 1$
9	$499W_1 = 1$
10	$405W_1 = 1$
11	$299W_1 = 1$
12	$599W_1 = 1$

Masalah optimasi untuk PDA-1 ini dipecahkan dengan menggunakan perangkat lunak QM untuk Windows Version 2.1, yang input serta solusinya seperti dinyatakan pada Tabel 7. Dari Tabel 7 ini tertera nilai dari sel yang berada

pada baris "Solution->" dan kolom "RHS" adalah 1, artinya PDA-1 ini telah beroperasi secara efisien. Penerapan cara yang sama terhadap kesebelas jenis PDA yang lain akan memberikan hasil jenis PDA-2,6 dan 12 telah efisien, sedangkan jenis PDA-3,4,5,7,8,9,10 dan 11 belum efisien.

Analisis Penyebab Ketidakefisienan Operasi

Terhadap PDA yang belum efisien dapat dilakukan analisis lanjutan yang akan menjelaskan penyebab ketidakefisienan suatu PDA. Analisis ini dilakukan

melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) berdasarkan solusi, tinjau kendala dari setiap unit PDA yang harga mutlak dari nilai dualnya tidak bernilai nol.
- 2) dengan menggunakan harga mutlak dari nilai dual yang didapat pada langkah 1 sebagai bobotnya, lakukan perhitungan nilai rata-rata dari vektor input. Bila komponen ke-s dari vektor ini nilainya lebih kecil daripada input ke-s dari jenis PDA yang sedang dianalisis, artinya untuk menghasilkan output yang

sekarang sebenarnya PDA ini cukup menggunakan input dalam jumlah yang lebih kecil tersebut.

- 3) dengan menggunakan harga mutlak dari nilai dual yang didapat pada langkah 1 sebagai bobotnya, lakukan perhitungan nilai rata-rata dari vektor output.
- 4) Tentang nilai rata-rata dari vektor output. Bila komponen ke-r dari vektor ini nilainya lebih besar daripada output ke-r dari jenis PDA yang sedang dianalisis, artinya dengan input

yang sekarang sebenarnya PDA ini dapat menghasilkan output dalam jumlah yang lebih besar tersebut

Salah satu jenis PDA yang belum efisien adalah PDA-3. Solusi masalah optimasi untuk PDA-3 ini seperti dinyatakan pada Tabel 8. Dari Tabel 8 ini tertera nilai dari sel yang berada pada baris "Solution->" dan kolom "RHS" adalah 0.68, karena nilai ini lebih kecil dari 1, maka PDA-3 ini **belum beroperasi secara efisien**.

Adapun contoh penerapan analisis penentuan faktor penyebab ketidakefisienan terhadap PDA-3 adalah sebagai berikut:

- 1) berdasarkan Tabel 8, tinjau kendala dari setiap unit PDA (yaitu baris *Constraint-1* sampai dengan baris *Constraint-12*), yang harga mutlak dari nilai dualnya tidak bernilai nol, dalam hal ini hanya baris *Constraint-1* dan baris *Constraint-2*, yang masing-

Tabel 7. Input Pemrograman Linear untuk PDA-1

Efile Edit View Module Format Tools Window Help										
<input checked="" type="radio"/> Maximize <input type="radio"/> Minimize		Instruction There are more results available in additional windows. These may be opened by using the WINDOW option in the Main Menu								
(Untitled) Solution										
	11	12	13	14	15	16	17	18	RHS	Dual
Maximize	240.	320.	64.	32.	1,500.	36.	1.	0		
Constraint 1	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,500.	-36.	-1.	279.	0.	-1.
Constraint 2	340.	-320.	-64.	-32.	-1,000.	-70.	-3.	259.	0.	0.
Constraint 3	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,200.	-56.	-1.	400.	0.	0.
Constraint 4	-240.	-320.	-64.	-32.	-800.	-77.	-3.	259.	0.	0.
Constraint 5	-240.	-320.	-64.	-32.	-900.	-56.	-3.	269.	0.	0.
Constraint 6	-340.	-320.	-64.	-32.	-1,000.	-74.	-6.	400.	0.	0.
Constraint 7	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,200.	-36.	-6.	540.	0.	0.
Constraint 8	-240.	-320.	-128.	-64.	-1,250.	-10.	-6.	640.	0.	0.
Constraint 9	-320.	-320.	-64.	-32.	-1,500.	-22.	-7.	400.	0.	0.
Constraint 10	-320.	-480.	-64.	-32.	-900.	-46.	-3.	405.	0.	0.
Constraint 11	-240.	-320.	-64.	-32.	-980.	-62.	-1.	299.	0.	0.
Constraint 12	-480.	-640.	-128.	-64.	-1,250.	-2.	-6.	509.	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	279.	1.	1.
Constraint 14	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-0.0018
Constraint 15	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-0.0027
Constraint 16	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	-0.0006
Constraint 17	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	-0.0003
Constraint 18	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.
Constraint 19	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	-0.0012
Constraint 20	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.
Constraint 21	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.
Solution->	0.	0.	0.	0.	0.0005	0.	0.111	0.0006	1.	

Tabel 8. Solusi masalah Pemrograman Linear untuk PDA-3

File Edit View Module Format Tools Window Help											
<input checked="" type="radio"/> Maximize <input type="radio"/> Minimize		Instruction There are more results available in additional windows. These may be opened by using the WINDOW option in the Main Menu.									
(untitled) Solution											
	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	w1		RHS	Dual
Maximize	240.	320.	64.	32.	1,200.	59.	1.	0.			
Constraint 1	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,500.	-35.	-1.	279.	>=	0.	-0.3571
Constraint 2	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,000.	-70.	-3.	259.	>=	0.	-0.6643
Constraint 3	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,200.	-59.	-1.	400.	>=	0.	0.
Constraint 4	-240.	-320.	-64.	-32.	-900.	-77.	-3.	299.	>=	0.	0.
Constraint 5	-240.	-320.	-64.	-32.	-900.	-56.	-3.	399.	>=	0.	0.
Constraint 6	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,000.	-74.	-9.	499.	>=	0.	0.
Constraint 7	-240.	-320.	-64.	-32.	-1,000.	-30.	-9.	549.	>=	0.	0.
Constraint 8	-240.	-320.	-128.	-48.	-1,250.	-10.	-9.	649.	>=	0.	0.
Constraint 9	-320.	-320.	-64.	-32.	-1,500.	-22.	-7.	499.	>=	0.	0.
Constraint 10	-320.	-480.	-64.	-32.	-900.	-45.	-3.	405.	>=	0.	0.
Constraint 11	-240.	-320.	-64.	-32.	-980.	-63.	-1.	299.	>=	0.	0.
Constraint 12	-480.	-640.	-128.	-48.	-1,250.	-2.	-9.	599.	>=	0.	0.
Constraint 13	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	400.	=	1.	0.6792
Constraint 14	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	>=	0.0001	-5.1423
Constraint 15	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	>=	0.0001	-6.8568
Constraint 16	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	0.	>=	0.0001	-1.3714
Constraint 17	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	0.	>=	0.0001	-0.6857
Constraint 18	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	0.	>=	0.0001	0.
Constraint 19	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	0.	>=	0.0001	0.
Constraint 20	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	0.	>=	0.0001	-1.3499
Constraint 21	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	1.	>=	0.0001	0.
Solution->	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0034	0.0001	0.0025		0.68	

masing terkait dengan PDA-1 dan PDA-2,

- 2) dengan menggunakan harga mutlak dari nilai dual yang didapat pada langkah 1 sebagai bobotnya, lakukan perhitungan nilai rata-rata dari vektor input, untuk kasus ini didapatkan:

$$0.3571 \times \text{vektor input PDA -1} + 0.6643 \times \text{vektor input PDA -2}$$

$$= 0.3571(279) + 0.6643(259) = (272)$$

Interpretasi dari perhitungan ini adalah sebagai berikut: PDA-3 belum efisien

karena dengan fitur yang ditawarkannya sekarang ini sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 272 (sedangkan adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 400),

- 3) dengan menggunakan harga mutlak dari nilai dual yang didapat pada langkah 1 sebagai bobotnya, lakukan perhitungan nilai rata-rata dari vektor output, untuk kasus ini didapatkan:

$$\text{Vektor output PDA -3} = 0.3571 \times \text{vektor output PDA -1} + 0.6643 \times \text{vektor output PDA -2}$$

$$= 0.3571 \begin{pmatrix} 240 \\ 320 \\ 64 \\ 32 \\ 1500 \\ 35 \\ 1 \end{pmatrix} + 0.6643 \begin{pmatrix} 240 \\ 320 \\ 64 \\ 32 \\ 1000 \\ 70 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 245 \\ 327 \\ 65 \\ 33 \\ 1200 \\ 59 \\ 2.35 \end{pmatrix}$$

Interpretasi dari perhitungan ini adalah sebagai berikut: dengan input sekarang, yaitu harga \$400, seharusnya PDA-3 mampu memberikan fitur seperti yang ditunjukkan Tabel 9.

Tabel 9. Perbandingan Karakteristik PDA-3

Karakteristik	Saat ini	Seharusnya
Panjang layar	240 pixel	bisa mencapai 245 pixel
Lebar layar	320 pixel	bisa mencapai 327 pixel
RAM	64 MB	bisa mencapai 65 MB
ROM	32 MB	bisa mencapai 33 MB
Konektivitas	skor 1 (hanya dengan infra merah)	bisa mencapai skor 2.35 (inframerah dan bluetooth)

Adapun fitur umur batere dan bobot saat ini, yaitu berturut-turut 1200 mAH dan (200-59) = 141 gram sudah dapat diterima.

Analisis penyebab ketidakefisienan operasi dari PDA-4,5,7,8,9,10 dan 11 dilakukan dengan cara yang sama seperti yang telah dilakukan terhadap PDA-3.

Analisis penyebab ketidakefisienan PDA-4 hanya menggunakan harga mutlak dari nilai dual PDA-2 (karena harga mutlak dari nilai dual PDA-1,6 dan 12 bernilai 0). Vektor input dirata-ratakan untuk PDA-4 adalah 285. PDA-4 ini belum efisien karena dengan fitur yang sekarang ini (lihat Tabel-

1, yaitu panjang layar 240 pixel, lebar layar 320 pixel, memori RAM 64 MB, memori ROM 32 MB, umur batere 900 mAH, bobot 200-77 = 123 gram, serta hanya memiliki konektivitas terhadap inframerah

dan *blue-tooth*) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 285, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 299.

Berdasarkan perhitungan, vektor output dirata-ratakan adalah $[264 \ 352 \ 70 \ 35 \ 1100 \ 77 \ 3.30]^T$. Vektor output dirata-ratakan ini menunjukkan bahwa PDA-4 belum efisien, karena dengan input sekarang, yaitu harga \$299, seharusnya mampu memberikan fitur seperti yang ditunjukkan Tabel 10.

Tabel 10. Perbandingan Karakteristik PDA-4

Karakteristik	Saat ini	Seharusnya
Panjang layar	240 pixel	bisa mencapai 264 pixel
Lebar layar	320 pixel	bisa mencapai 352 pixel
RAM	64 MB	bisa mencapai 70 MB
ROM	32 MB	bisa mencapai 35 MB
Konektivitas	900 mAH	bisa mencapai 1100 mAH

Adapun fitur bobot batere dan konektivitas dapat diterima.

Sama halnya dengan PDA-4, perhitungan vektor input dirata-ratakan PDA-5 juga hanya menggunakan harga mutlak dari nilai dual PDA-2. Vektor input dirata-ratakan PDA-5 adalah 259, artinya PDA-5 belum efisien karena dengan fitur yang sekarang ini (lihat Tabel-1, yaitu panjang layar 240 pixel, lebar layar 320 pixel, memori RAM 64 MB, memori ROM 32 MB, umur batere 900 mAH, bobot 200-56 = 144 gram, serta hanya memiliki konektivitas terhadap inframerah) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 259, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 399.

Vektor output dirata-ratakan untuk PDA-5 adalah $[240 \ 320 \ 64 \ 32 \ 1000 \ 70 \ 30]^T$. Angka-angka ini menunjukkan bahwa PDA-5 belum efisien,

karena dengan input sekarang, yaitu harga \$399, seharusnya mampu memberikan bobot yang lebih ringan, yaitu 130 gram. Adapun fitur panjang layar, lebar layar, memori RAM, memori ROM, umur batere dan konektivitas dapat diterima.

Analisis faktor penyebab ketidakefisienan PDA-7 menggunakan harga mutlak dari nilai dual PDA-6 (karena harga mutlak dari nilai dual PDA-1,2 dan 12 bernilai 0). Vektor input dirata-ratakan untuk PDA-7 adalah 494. PDA-7 belum efisien karena dengan fitur sekarang ini (lihat Tabel-1, yaitu panjang layar 240 pixel, lebar layar 320 pixel, memori RAM 64 MB, memori ROM 32 MB, umur batere 1000 mAH, bobot $200-30 = 170$ gram, serta memiliki konektivitas terhadap inframerah, *bluetooth* dan *wi-fi*) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 499, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 549.

Vektor output dirata-ratakan PDA-7 adalah $[240 \ 320 \ 64 \ 32 \ 1000 \ 74 \ 9]^T$. PDA-7 belum efisien karena dengan input sekarang, yaitu harga \$549, seharusnya mampu

memberikan bobot sebesar 126 gram. Adapun fitur panjang layar, lebar layar, memori RAM, memori ROM, umur batere dan konektivitas dapat diterima.

Perhitungan vektor input dirata-ratakan untuk PDA-8 menggunakan harga mutlak dari nilai dual PDA-2,6 dan 12 (karena harga mutlak dari nilai dual PDA-1 bernilai 0). Nilai vektor input dirata-ratakan PDA-8 adalah 601. Angka ini menunjukkan bahwa PDA-8 belum efisien karena dengan fitur yang sekarang ini (lihat Tabel-1, yaitu panjang layar 240 pixel, lebar layar 320 pixel, memori RAM 128 MB, memori ROM 48 MB, umur batere 1250 mAH, bobot $200-10 = 190$ gram, serta memiliki konektivitas terhadap inframerah, *Bluetooth* dan *wi-fi*) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 601, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 649.

Vektor output dirata-ratakan untuk PDA-8 adalah $[480 \ 640 \ 128 \ 48 \ 1293 \ 10 \ 9]^T$. Angka ini menunjukkan bahwa PDA-8 belum efisien karena dengan harga \$ 649 seharusnya

mempunyai panjang layer hingga 480 pixel, lebar layer hingga 640 pixel dan umur batere harusnya bisa mencapai 1293 mAH.

Perhitungan vektor input dirata-ratakan untuk PDA-9 menggunakan harga mutlak dari nilai dual PDA-2 dan PDA-6 (karena harga mutlak dari nilai dual PDA-1 dan 12 bernilai 0). Vektor input dirata-ratakan untuk PDA-9 adalah 489. PDA-9 belum efisien karena dengan fitur yang sekarang ini (lihat Tabel-1, yaitu panjang layar 320 pixel, lebar layar 320 pixel, memori RAM 64 MB, memori ROM 32 MB, umur batere 1500 mAH, bobot $(200-22) = 178$ gram, serta memiliki konektivitas terhadap inframerah dan *wi-fi*) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 489, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 499.

Vektor output dirata-ratakan untuk PDA-9 adalah $[360 \ 480 \ 96 \ 48 \ 1500 \ 107 \ 7]^T$. Angka ini menunjukkan bahwa dengan harga \$ 499, panjang layar bisa mencapai 360 pixel, lebar layar bisa mencapai 480 pixel, RAM bisa mencapai 96

MB, ROM bisa mencapai 48 MB dan bobot sebesar 93 gram. Fitur umur baterai dan konektivitas sudah dapat diterima.

Vektor input dirata-ratakan PDA-10 (menggunakan harga mutlak dari nilai dual PDA-2) sebesar 389. PDA-10 belum efisien karena dengan fitur yang sekarang ini (lihat Tabel-1, yaitu panjang layar 320 pixel, lebar layar 480 pixel, memori RAM 64 MB, memori ROM 32 MB, umur batere 900 mAH, bobot $(200-45) = 155$ gram, serta memiliki konektivitas terhadap inframerah dan *bluetooth*) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 389, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 405.

Vektor output dirata-ratakan adalah $[360 \ 480 \ 96 \ 48 \ 1500 \ 105 \ 5]^T$. Vektor ini menunjukkan bahwa PDA-10 belum efisien, karena dengan input sekarang, yaitu harga \$405, seharusnya mampu memberikan panjang layar hingga 360 pixel, RAM hingga 96 MB, ROM hingga 48 MB, umur baterai hingga 1500 mAH dan bobot sebesar 95 gram.

Fitur lebar layar dan konektivitas dapat diterima.

Vektor input dirata-ratakan untuk PDA-11 adalah 259, dengan harga mutlak dari nilai dual yang digunakan PDA-2. PDA-11 (karena harga mutlak dari nilai dual PDA-1 dan 6), PDA-11 belum efisien karena dengan fitur yang sekarang ini (lihat Tabel-1, yaitu panjang layar 240 pixel, lebar layar 320 pixel, memori RAM 64 MB, memori ROM 32 MB, umur batere 980 mAH, bobot $200-63 = 137$ gram, serta memiliki konektivitas terhadap inframerah, *blue-tooth* dan *wi-fi*) sebenarnya sudah dapat diperoleh dengan harga US\$ 259, adapun harga jual di pasaran saat ini adalah US\$ 299.

Vektor output dirata-ratakan untuk PDA-11 adalah $[240 \ 320 \ 64 \ 32 \ 1000 \ 70 \ 3]^T$. Dilihat dari vektor output ini, PDA-11 belum efisien, karena dengan input sekarang, yaitu harga \$299, seharusnya mampu memberikan umur batere hingga 1000 mAH, bobot sebesar 130 gram dan skor konektivitas 3 (memiliki konektivitas terhadap infra merah dan *bluetooth*). Fitur panjang

layar, lebar layar, RAM dan ROM sudah dapat diterima.

PENUTUP

1. Dari keduabelas jenis PDA yang beredar di pasaran ternyata hanya PDA-1, 2, 6 dan 12 yang menawarkan fitur-fitur yang pantas dibandingkan dengan harga yang ditawarkannya
2. Bagi produsen PDA-3, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$400 per unit menjadi US\$ 272. Bila harga US\$ 400 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur panjang layar 245 pixel, lebar layar 327 pixel, memori RAM 65 MB, memori ROM 33 MB dan konektivitas hingga mencapai skor 2.35 (artinya mendekati kombinasi konektivitas terhadap inframerah dan *bluetooth*), adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.

3. Bagi produsen PDA-4, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 299 per unit menjadi US\$ 285. Bila harga US\$ 299 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur panjang layar 264 pixel, lebar layar hingga 352 pixel, memori RAM 70 MB, memori ROM 35 MB dan umur batere 1100 mAH, adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.
4. Bagi produsen PDA-5, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 399 per unit menjadi US\$ 259. Bila harga US\$ 399 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur bobot cukup sebesar $(200 - 70) = 130$ gram, adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.
5. Bagi produsen PDA-7, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 549 per unit menjadi US\$ 499. Bila harga US\$ 549 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur bobot cukup sebesar $(200 - 74) = 126$ gram, adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.
6. Bagi produsen PDA-8, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 649 per unit menjadi US\$ 601. Bila harga US\$ 649 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur panjang layar 480 pixel, lebar layar 640 pixel dan umur batere 1293 mAH, adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.
7. Bagi produsen PDA-9, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 499 per unit menjadi US\$ 489. Bila harga US\$ 499 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur panjang layar 360 pixel, lebar layar 480 pixel, memori RAM 96 MB, memori ROM 48 MB dan bobot cukup sebesar $(200 - 107) = 93$ gram, adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.
8. Bagi produsen PDA-10, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 405 per unit menjadi US\$ 389. Bila harga US\$ 405 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan

kan fitur panjang layar 360 pixel, memori RAM 96 MB, memori ROM 48 MB, umur batere 1500 mAH dan bobot cukup sebesar $(200 - 105) = 95$ gram, adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.

9. Bagi produsen PDA-11, bila fitur-fitur yang ditawarkan tetap, maka sebaiknya dilakukan penurunan harga dari harga per unit US\$ 299 per unit menjadi US\$ 259. Bila harga US\$ 299 hendak dipertahankan, hendaknya disertai dengan perbaikan terhadap fitur-fitur tertentu hingga didapatkan fitur umur batere 1000 mAH, bobot cukup

$(200-70)=130$ gram dan skor konektivitas hingga 3 (artinya memiliki konektivitas terhadap inframerah dan *bluetooth*), adapun fitur-fitur lainnya dapat dipertahankan.

No.1. hal. 9-20. Januari 2005.

Winston, W.L. **Introduction to Mathematical Programming, Operations Research: Volume One.** Brooks/Cole-Thomson Learning. USA. 2003.

DAFTAR PUSTAKA

- Purwantoro, R.N. **MODUL Data Envelopment Analysis (DEA).** Laboratorium Studi Manajemen. Departemen Manajemen. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia. Jakarta. 2004.
- Susanto, S., Aritonang, YMK, dan Pramudito, J.T. **Pengantar Data Envelopment Analysis (DEA).** SINERGI@. Volume 2

Ucapan Terima kasih

Kedua penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Saudari Yuliani Senjaya, mahasiswa Jurusan Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan, yang telah memberikan data harga dan fitur beberapa PDA untuk diolah lebih lanjut.