

Optimasi Multirespon pada Metode Taguchi dengan Pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA) (Study Kasus Mesin *Wire-EDM*)

Aulia Rochmah, Sony Sunaryo, Muhammad Sjahid Akbar

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: sonny_s@statistika.its.ac.id, sjahidakbar@yahoo.co.id

Abstrak— *Wire-Electrical Discharge Machine* (EDM) merupakan salah satu jenis EDM yang banyak digunakan untuk membuat benda kerja seperti pahat potong. *Wire-EDM* menggunakan pahat kawat yang berbentuk silinder dengan diameter tertentu untuk membuat benda kerja. Pada beberapa proses pemesinan, produsen memerlukan sebuah pahat potong khusus yang harus dibuat sendiri karena tidak tersedia di pasaran. Penelitian ini menjelaskan tentang pendekatan yang efisiensi untuk memecahkan masalah multirespon dalam metode Taguchi dengan *Data Envelopment Analysis* formulasi agresif. Rancangan *Orthogonal Array* (OA) $L_8(2^7)$ untuk menentukan *Decision Making Unit* (DMU). Respon dalam penelitian ini adalah waktu pengerjaan, tebal lapisan *recast*, lebar pemotongan, dan kekasaran permukaan dengan karakteristik *smaller the better* (STB) sebagai input sedangkan menetapkan unit (satu) sebagai output. Hasil yang dapat disimpulkan yaitu seting kombinasi optimal dari parameter proses pada percobaan kinerja *wire-EDM* yang diperoleh yaitu seting kombinasi optimal berada pada kondisi Pengaruh *Open Voltage* dengan 18 volt, Pengaruh *Servo Voltage* dengan 44 volt dan Konsentrasi Serbuk Aluminium dengan 0,25 gr/liter. Hasil perhitungan nilai mean pada setiap level pada setingan kombinasi optimal untuk semua respon yaitu pengaruh *on time* dengan 8 ms, pengaruh *open voltage* dengan 18 volt, pengaruh *arc on time* dengan 6 ms, pengaruh *off time* dengan 18 ms, pengaruh *servo voltage* dengan 44 volt dan pengaruh serbuk aluminium dengan 0,25 gr/liter untuk metode DEA Agresif. Kesimpulan yang diperoleh DEA Agresif lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode DEA.

Kata-kata Kunci— *Wire-EDM*, Taguchi Multirespon, *Data Envelopment Analysis* (DEA) Agresif, Tebal Lapisan *Recast*.

I. PENDAHULUAN

KUALITAS merupakan suatu kondisi dinamis yang berpengaruh dengan produk, jasa, manusia, proses dan lingkungan yang memenuhi atau melebihi harapan [1]. Sangatlah mustahil menghasilkan produk dan jasa yang berkualitas tanpa melalui manusia dan produk yang berkualitas. Kualitas yang bagus adalah jika kombinasi antar parameter prosesnya sesuai. Kombinasi yang optimal diperoleh dengan cara optimasi. Optimasi didefinisikan sebagai pencarian nilai-nilai variabel yang dianggap optimal, efektif dan efisien untuk mencapai hasil yang diinginkan. Masalah dalam optimasi sendiri beraneka ragam tergantung dari bidangnya. Secara khusus untuk bidang manufaktur pada mesin pahat potong seperti *wire-EDM*, pene-

rapan optimasi pada *wire-EDM* adalah dengan cara memaksimalkan waktu pengerjaan, tebal lapisan *recast*, lebar pemotongan dan kekasaran permukaannya.

Banyak metode Taguchi yang telah digunakan terutama dengan satu respon, tetapi belakangan ini mulai muncul metode Taguchi dengan multirespon salah satunya adalah metode *Data Envelopment Analysis* (DEA). DEA dikembangkan sebagai model dalam pengukuran tingkat kinerja atau produktifitas/efisiensi sekelompok unit organisasi. Pengukuran efisiensi secara DEA dilakukan dengan mengidentifikasi unit-unit yang digunakan sebagai referensi yang dapat membantu mencari penyebab ketidakefisienan. Metode DEA sering digunakan dalam bidang manajemen karena pendekatan DEA tidak membutuhkan banyak informasi, sehingga lebih sedikit data yang dibutuhkan. Penelitian-penelitian tentang DEA yang telah dilakukan adalah [2] yang meneliti tentang Taguchi multirespon dengan menggunakan metode DEA dengan formulasi agresif dan [3] yang meneliti tentang metode DEA.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Box Behnken dan optimasi dilakukan dengan menggunakan metode permukaan respon. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *on time*, *off time*, *main power supply current*, *main power supply voltage* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap respon yang diamati. Hasil penelitian juga menunjukkan adanya interaksi yang signifikan antara *on time* dengan *main power supply voltage* dan *main power supply current* dengan *main power supply voltage*. [4] meneliti tentang optimasi waktu pengerjaan baja HSS pada *wire-EDM* menggunakan metode Taguchi dengan menggunakan satu respon yaitu waktu pemotongan. Hasil yang diperoleh adalah ANOVA dari data yang diolah dengan respon *rasio signal to noise* menghasilkan variabel proses yang signifikan adalah *off time* dan *servo reference voltage*. *Setting* yang tepat dari variabel proses pada proses pemesinan *wire-EDM* untuk dapat mengoptimasi waktu potong adalah ON20FF1SV2AC1 yaitu *on time* 8 sekon, *off time* 12 sekon, *servo reference voltage* 44 volt, dan konsentrasi aluminium 0 cm³/l. Pada penelitian ini akan digunakan DEA formula agresif untuk mendapatkan kombinasi nilai yang optimum dari nilai kekasaran permukaan, tebal lapisan *recast*, lebar pemotongan dan waktu pengerjaan secara bersama.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Variabel Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari [5] mahasiswa ITS jurusan Teknik Mesin tahun 2010 dengan judul optimasi kekasaran permukaan, lebar lapisan recast, lebar pemotongan, dan waktu pengerjaan dalam cairan dielektrik yang mengandung serbuk aluminium pada wire-EDM menggunakan metode Taguchi. Variabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1.
Variabel Penelitian

Variabel	Keterangan
Y ₁	Waktu Pengerjaan
Y ₂	Tebal Lapisan Recast
Y ₃	Lebar Pemotongan
Y ₄	Kekasaran Permukaan

Variabel kontrol adalah sebagai berikut :

Tabel 2.
Variabel Kontrol

Faktor	Keterangan	Level	Ket
A	Pengaruh <i>on time</i>	1	4 ms
		2	8 ms
B	Pengaruh <i>open voltage</i>	1	12 volt
		2	18 volt
C	Pengaruh <i>arch on time</i>	1	3 ms
		2	6 ms
D	Pengaruh <i>off time</i>	1	12 ms
		2	18 ms
E	Pengaruh <i>servo voltage</i>	1	38 volt
		2	44 volt
F	Pengaruh konsentrasi serbuk aluminium	1	0,25 gr/liter
		2	1 gr/liter

B. Rancangan Orthogonal Array

Pada penelitian ini menggunakan *orthogonal array* yang diperoleh dari jumlah nilai derajat bebas dari faktor utama yaitu $A + B + C + D + E + F = (2-1) + (2-1) + (2-1) + (2-1) + (2-1) + (2-1) = 6$, karena L_8 lebih besar dari jumlah derajat bebas faktor utama, maka menggunakan *orthogonal array* $L_8(2^7)$

Dimana :

- L : Menyatakan informasi tentang *Orthogonal Array*.
- 8 : Menyatakan banyaknya percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal Array*.
- 7 : Menyatakan banyaknya faktor yang diamati dalam *Orthogonal Array* (kolom).
- 2 : Menyatakan banyaknya level pada setiap faktor.

Langkah analisis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yakni sebagai berikut.

1. Menentukan setiap percobaan sebagai suatu DMU (*Decision Making Unit*). Jika semua respon adalah jenis *Smaller the Better* (STB) maka semua respon sebagai *input*, sedangkan menetapkan unit (satu) sebagai *output*. Pada penelitian ini nilai waktu pengerjaan, tebal lapisan recast, lebar pemotongan, dan kekasaran permukaan adalah sebagai *input*. *Output* dalam penelitian ini adalah dengan menetapkan unit (satu).
2. Menghitung nilai E_{oo} .
3. Menghitung bobot dari setiap *input* dan *output*.
4. Menentukan nilai matriks *cross-efficiencies*.
5. Menghitung nilai ordinal untuk menentukan peringkat.

6. Menentukan peringkat dengan melihat nilai *average of ordinal value* dan menentukan nilai yang terkecil sebagai peringkat pertama kemudian nilai yang terbesar sebagai peringkat yang terbesar.
7. Menentukan nilai yang optimal dengan menggunakan metode Taguchi.

III. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Penentuan DMU

Penentuan DMU dapat diperoleh dengan mengasumsikan respon dengan karakteristik *smaller the better* sebagai *input* dan menetapkan unit (satu) sebagai *output*. Tabel 3 berikut adalah data DMU yang sudah di tetapkan :

Tabel 3.
Penentuan DMU *Input* dan *Output*

Input				Output
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁
344,000	4,307	297,667	1,657	1
443,000	6,533	383,000	1,510	1
382,000	10,087	356,000	1,933	1
343,000	13,367	400,333	1,800	1
369,000	5,757	352,000	1,777	1
292,667	8,183	397,333	2,890	1
380,333	15,560	410,333	2,377	1
244,667	11,440	368,000	2,280	1

Data pada Tabel 3 tersebut ditentukan karena pada kasus kali ini keempat respon yaitu waktu pengerjaan, tebal lapisan recast, lebar pemotongan dan kekasaran permukaan memiliki karakteristik yang sama yaitu *smaller the better*, sehingga keempat respon tersebut masuk dalam DMU *input*. Unit (satu) ditetapkan juga sebagai DMU *output*.

B. Perhitungan Nilai DEA Model CCR

Dalam kasus ini menunjukkan bahwa respon waktu pengerjaan, tebal lapisan recast, lebar pemotongan, dan kekasaran permukaan mempunyai karakteristik *Smaller The Better* (STB) sehingga dapat menetapkan semua respon sebagai *input* dan menetapkan nilai (satu) sebagai *output*. Tabel 4 adalah hasil perhitungan nilai E_{oo} atau DEA model CCR secara keseluruhan dari DMU 1 sampai dengan DMU 8:

Tabel 4.
Perhitungan Model DEA CCR

DMU _j	Input				Output	E _{oo}
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Y ₁	
DMU1	344,000	4,307	297,667	1,657	1	1,000
DMU2	443,000	6,533	383,000	1,510	1	1,000
DMU3	382,000	10,087	356,000	1,933	1	0,881
DMU4	343,000	13,367	400,333	1,800	1	0,965
DMU5	369,000	5,757	352,000	1,777	1	0,932
DMU6	292,667	8,183	397,333	2,890	1	0,993
DMU7	380,333	15,560	410,333	2,377	1	0,801
DMU8	244,667	11,440	368,000	2,280	1	1,000

Perhitungan nilai pada Tabel 4 diperoleh dengan menggunakan *software Lingo* pada Lampiran A dan dapat dilihat hasil dari DEA model CCR pada kolom E_{oo} dengan menggunakan rumus $E_{oo} = \text{Max } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} = 1$; $\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad j = 1, \dots, n$; $u_1, u_2, \dots, u_s \geq 0$; dan $v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0$ dimana nilai 1 pada data tersebut ada 3

DMU, hal tersebut akan mempersulit peneliti untuk menentukan ranking pada nilai 1 tersebut dikarenakan nilai tidak efisien. Maka dari itu harus dilakukan penelitian lebih lanjut agar data yang didapat memperoleh nilai yang lebih efisien dengan menggunakan metode DEA agresif.

C. Perhitungan Nilai DEA Formula Agresif

Model CCR dapat memberikan nilai efisiensi yang salah dengan mengidentifikasi nilai DMU dengan skema bobot yang tidak realistis untuk menjadi efisien. E_{oo} dapat sama dengan satu selama DMU lebih dari satu. Akibatnya, model CCR gagal untuk membuktikan DMU_s yang efisien, dengan menggunakan formula agresif meningkatkan diskriminan antara efisien dengan efisiensi yang memungkinkan dengan mengambil nilai yang lebih besar dari satu yang memungkinkan dalam DMU *peer-evaluation* bukan *self-evaluation*. Tabel 5 adalah hasil perhitungannya nilai u_1, v_1, v_2, v_3 dan v_4 pada DMU_1 sampai dengan DMU_8 :

Tabel 5. Perhitungan Formula Model DEA Agresif

DMUj	Formula Agresif					
	Delta	u_1j	v_1j	v_2j	v_3j	v_4j
DMU1	0	0,0607	0	0,0141	0	0
DMU2	0	0,0951	0	0,0146	0	0
DMU3	0	0,1192	0	0	0	0,0700
DMU4	0	0,1205	0	0	0	0,0693
DMU5	0	0,0773	0	0,0144	0	0
DMU6	0	0,1160	0,0004	0	0	0
DMU7	0	0,1260	0,0004	0	0	0
DMU8	0	0,0958	0,0004	0	0	0

Hasil perhitungan Tabel 5 diperoleh dari hasil *output* software Lingo dengan rumus $\text{Min } \sum_{r=1}^s (u_{ro} \cdot \sum_{j \neq o} y_{rj}) - i=1 \text{m} v_{io} \cdot \sum_{j \neq o} x_{ij} = 1$; dengan kendala $i=1 \text{m} v_{io} \cdot \sum_{j \neq o} x_{ij} = 1$; $\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_{io} x_{ij} \leq \delta, \forall j \neq o$; $\sum_{r=1}^s u_{ro} y_{ro} - E_{oo} \cdot \sum_{i=1}^m v_{io} x_{io} = 0$; $u_{ro}, v_{io} \geq 0$ dan menunjukkan bahwa u_{1j} merupakan nilai bobot dari data *output*, v_{1j} merupakan nilai bobot dari data *input* 1, v_{2j} merupakan nilai bobot dari data *input* 2, v_{3j} merupakan nilai bobot dari data *input* 3, dan v_{4j} merupakan nilai bobot dari data *input* 4. Setelah diperoleh nilai bobotnya maka dapat dilanjutkan dengan menghitung nilai *cross-efficiencies matrix* dengan menggunakan rumus $E_{oj} = \sum_{r=1}^s u_{ro} y_{rj} / \sum_{i=1}^m v_{io} x_{ij}; j \neq o$ dan dapat diperoleh hasil perhitungan pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Perhitungan Nilai DEA Agresif

DMUj	Cross-Efficiencies matrix								
	DMUo	DMU1	DMU2	DMU3	DMU4	DMU5	DMU6	DMU7	DMU8
DMU1			0,66	0,43	0,32	1,33	0,53	0,28	0,38
DMU2	1,52			0,65	0,49	2,02	0,8	0,42	0,57
DMU3	1,03	1,13			0,95	1,7	0,59	0,72	0,75
DMU4	1,05	1,15	0,9			1,74	0,6	0,73	0,78
DMU5	1,25	0,82	0,53	0,4			0,66	0,34	0,41
DMU6	0,85	0,66	0,76	0,85	1,4			0,76	1,19
DMU7	0,89	0,69	0,8	0,89	1,47	1,04			1,25
DMU8	0,71	0,55	0,64	0,71	1,18	0,84	0,64		
e_j	1,04	0,81	0,67	0,66	1,55	0,72	0,56	0,77	
OV	7	6	3	4	8	2	1	5	

Hasil perhitungan Tabel 6 menunjukkan bahwa e_j adalah nilai rata-rata data dari tiap DMU yang diperoleh dengan rumus

$e_j = \sum_{o \neq j} E_{oj} / (n - 1); j = 1, \dots, n$, sedangkan *ordinal value* (OV) adalah nilai ranking dari rata-rata tersebut, nilai ranking diperoleh dari peringkat data *average* dari yang terkecil sampai yang terbesar. Nilai *ordinal value* ini adalah sebagai nilai akhir dari DEA agresif. Selanjutnya dapat dilakukan penentuan nilai optimal dengan menggunakan metode Taguchi.

D. Analisis Varian

Analisis varian ini dilakukan terhadap respon tunggal yaitu nilai DEA Agresif yang mewakili keempat respon. Tabel 7 adalah hasil perhitungan ANOVA berdasarkan *output* Minitab:

Tabel 7.

ANOVA Semua Faktor					
Source of variance	Sum of Square	Degrees of Freedom	Mean Square	F hitung	P-value
A	0	1	0	0	1
B	24,5	1	24,5	49	0,09
C	0,5	1	0,5	1	0,5
D	0,5	1	0,5	1	0,5
E	8	1	8	16	0,156
F	8	1	8	16	0,156
Error	0,5	1	0,5		
Total	42	7			

Berdasarkan beberapa uji hipotesis dan hasil perhitungan analisis pada Tabel 7 di atas, maka dapat diketahui bahwa ada beberapa faktor yang tidak signifikan karena nilai *p-value* > α (0,05). Oleh karena itu dilakukan penggabungan (*pooling*) untuk memperoleh faktor yang signifikan pada ANOVA. Berikut ini adalah hasil *Analysis of Varians* setelah dilakukan penggabungan :

Tabel 8. ANOVA setelah penggabungan

Source of variance	Sum of Square	Degrees of Freedom	Mean Square	F hitung	P-value
B	24,5	1	24,5	65,33	0,001
E	8	1	8	21,33	0,01
F	8	1	8	21,33	0,01
Error	9,5	5	1,9		
Total	42	7			

Berdasarkan hasil perhitungan analisis pada Tabel 8 menunjukkan bahwa faktor yang signifikan adalah faktor B, E dan faktor F karena nilai *p-value* < α (0,05).

E. Penentuan Kondisi Optimal

Pengujian Analisis Varian telah dilakukan, selanjutnya dapat ditentukan kombinasi optimal setiap respon. Berdasarkan hasil ANOVA yang telah dilakukan dapat diketahui faktor yang berpengaruh signifikan adalah faktor B dan faktor F. Langkah selanjutnya akan ditentukan kondisi yang optimal dengan melihat nilai *mean* yang terbesar tiap level pada semua faktor yang ada. Hasil perbedaan nilai *mean* pada setiap faktor dapat dilihat pada Tabel 9 berikut ini :

Tabel 9.

Nilai Mean Setiap Level

Level	A	B	C	D	E	F
1	4,5	6,25	4,75	4,75	5,5	3,5
2	4,5	2,75	4,25	4,25	3,5	5,5
Delta	0	3,5	0,5	0,5	2	2
Rank	6	1	4,5	4,5	2,5	2,5

Berdasarkan nilai *mean* setiap level yang telah diperoleh pada Tabel 9 maka dapat diketahui bahwa kondisi optimum setiap faktor dapat diketahui dari nilai *mean* yang terkecil pada setiap faktor. Pada faktor A (Pengaruh *On Time*) nilai *mean* yang memberikan pengaruh terbesar terdapat pada level 2 (8 ms) yaitu sebesar 4,5, untuk faktor B (Pengaruh *Open Voltage*) nilai *mean* yang memberikan pengaruh terbesar adalah pada level 2 (18 volt) yaitu sebesar 2,75, untuk faktor C (Pengaruh *Arch On Time*) nilai *mean* yang memberikan pengaruh terbesar adalah pada level 2 (6 ms) yaitu sebesar 4,25, untuk faktor D (Pengaruh *Off Time*) nilai *mean* yang memberikan pengaruh terbesar adalah pada level 2 (18 ms) yaitu sebesar 4,25, untuk faktor E (Pengaruh *Servo Voltage*) nilai *mean* yang memberikan pengaruh terbesar adalah pada level 2 (44 volt) yaitu sebesar 3,5 sedangkan untuk faktor F (Pengaruh Konsentrasi Serbuk Aluminium) nilai *mean* yang memberikan pengaruh terbesar adalah pada level 1 (0,25 gr/liter) yaitu sebesar 3,5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) Agresif didapatkan settingan kombinasi optimal yaitu $A_2B_2C_2D_2E_2F_1$. Metode DEA perhitungan nilai ANOVA dapat dilihat pada Lampiran E.

F. Perbandingan Metode DEA Agresif dengan DEA

Hasil perhitungan nilai taksiran untuk metode DEA Agresif dengan kondisi optimum $A_2B_2C_2D_2E_2F_1$ dan metode DEA dengan kondisi optimum $A_2B_2C_1D_2E_2F_1$ telah diperoleh pada perhitungan di atas, dan dapat diperjelas kembali dengan hasil pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Perbandingan DEA Agresif dengan DEA

Variabel Respon	DEA Agresif		
	Kombinasi Optimum	Prediksi Kondisi Optimum	CI
Waktu Pengerjaan	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1$	339,15	$277,77 < \mu < 400,53$
Tebal Lapisan Recast	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1$	16,478	$15,397 < \mu < 17,559$
Lebar Pemotongan	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1$	449,3835	$336,3165 < \mu < 562,4505$
Kekasaran Permukaan	$A_2B_2C_2D_2E_2F_1$	2,634	$1,237 < \mu < 4,031$
Variabel Respon	DEA		
	Kombinasi Optimum	Prediksi Kondisi Optimum	CI
Waktu Pengerjaan	$A_2B_2C_1D_2E_2F_1$	377,15	$315,77 < \mu < 438,53$
Tebal Lapisan Recast	$A_2B_2C_1D_2E_2F_1$	15,525	$14,444 < \mu < 16,606$
Lebar Pemotongan	$A_2B_2C_1D_2E_2F_1$	416,184	$303,117 < \mu < 529,251$
Kekasaran Permukaan	$A_2B_2C_1D_2E_2F_1$	2,45	$1,053 < \mu < 3,847$

Hasil pada Tabel 10 menunjukkan bahwa metode DEA Agresif lebih baik hal ini ditunjukkan dengan nilai prediksi kondisi optimum pada metode DEA Agresif setiap respon dimana karakteristik pada setiap respon adalah sama *smaller the better* mempunyai nilai yang lebih besar daripada metode DEA. Nilai CI yang diperoleh metode DEA Agresif mempunyai nilai CI dengan jarak yang lebih kecil dibandingkan dengan metode DEA. Metode DEA pada kasus

ini tidak terdapat satupun respon yang mempunyai nilai signifikan, maka lebih baik dipilih metode DEA Agresif.

IV. KESIMPULAN

Hasil analisis yang telah dilakukan maka dapat di ambil kesimpulan bahwa dengan dilakukan analisis menggunakan metode DEA Agresif menjelaskan bahwa kombinasi optimal dari parameter proses pada percobaan kinerja *wire-EDM* yang diperoleh yaitu $B_2E_2F_1$ yang berarti bahwa setting kombinasi optimal berada pada kondisi faktor B (Pengaruh *Open Voltage*) dengan level 2 (18 volt), faktor E (Pengaruh *Servo Voltage*) dengan level 2 (44 volt) dan faktor F (Konsentrasi Serbuk Aluminium) dengan level 1 (0,25 gr/liter). Hasil perhitungan nilai mean pada setiap level pada settingan kombinasi optimal untuk semua respon yaitu $A_2B_2C_2D_2E_2F_1$ untuk metode DEA Agresif dan $A_2B_2C_1D_2E_2F_1$ untuk metode DEA didapatkan hasil bahwa nilai taksiran untuk metode DEA lebih kecil dari nilai taksiran untuk metode DEA Agresif. Hal tersebut belum berarti bahwa metode DEA lebih baik digunakan dibandingkan dengan metode DEA Agresif dikarenakan pada metode DEA tidak ada satupun faktor yang signifikan, jadi metode DEA Agresif masih lebih baik dibandingkan dengan metode DEA.

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini yaitu percobaan konfirmasi terhadap kondisi yang optimum juga diperlukan untuk menentukan metode satu lebih baik daripada metode yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tjiptono, F. 2001. *Strategi Pemasaran*. Edisi Pertama. Andi Offset. Yogyakarta.
- [2] Al-Refaie, A dan Li, M. H. (2008). *Solving the Multiresponse Problem in Taguchi Method by Aggressive Formulation in DEA*. Proceedings of the World Congress on Engineering, vol. II.
- [3] Angulo-Meza, L dan Lins, M.P.E. (2002). *Review of Methods for Increasing Discrimination in Data Envelopment Analysis*. Annuals of Operation Research, vol. 116, pp. 225-242.
- [4] Efendi, M. M. (2010). *Optimasi Waktu Pemotongan Baja HSS pada Wire-EDM Menggunakan Metode Taguchi*. Tugas Akhir : Perpustakaan ITS.
- [5] Kurniawan, D. W. 2010. *Optimasi Kekasaran Permukaan, Tebal Lapisan Recast, Lebar Pemotongan, dan Waktu Pengerjaan dalam Cairan Dielektrik yang Mengandung Serbuk Aluminium pada Wire-EDM Menggunakan Metode Taguchi*. Tugas Akhir : Perpustakaan ITS.