

OPTIMASI PARAMETER PROSES PEMBENTUKAN SHOT PEENING DALAM MEMINIMASI PENYIMPANGAN TINGGI LENGKUNG ALMEN (STUDI KASUS DI PT. DIRGANTARA INDONESIA)

YM Kinley Aritonang ^{#1}, Ari Setiawan ^{*2}, Ronny Hernawan Chandra ^{#3}

[#] *Jurusan Teknik Industri, Universitas Katholik Parahyangan, Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung
Telp : 022-2032700*

¹ kinley@home.unpar.ac.id

³ronny_h_chandra@yahoo.com

^{*} *Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa, Jl. Dipati Ukur 80, Bandung
Telp : 022-2506604 Fax 022-2507901*

² ari_setiawan@ithb.ac.id

Abstrak— Pesatnya perkembangan industri manufaktur merangsang tumbuhnya kebutuhan akan komponen logam yang sesuai dengan spesifikasi. Spesifikasi komponen logam tidak hanya meliputi bentuk fisik yang semakin rumit, tetapi juga meliputi struktur dan kekuatan material. Proses shot peening merupakan salah satu proses pembentukan yang dapat mengakomodir tuntutan akan kekuatan permukaan dari suatu komponen logam. Kriteria keberhasilan proses shot peening ini ditentukan oleh tinggi lengkung almen yang terjadi. Tinggi lengkung almen yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, tentunya mengisyaratkan bahwa proses shot peening yang dilakukan telah berhasil.

Saat ini, pada divisi aero manufacturing PT. Dirgantara Indonesia diketahui bahwa terjadi penyimpangan tinggi lengkung almen dari target yang diinginkan. Walaupun penyimpangan ini masih dalam batas toleransi yang ditetapkan, namun improvement pada proses berupa usaha untuk meminimasi penyimpangan ini tetap diperlukan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat membantu mengidentifikasi parameter apa saja yang mempengaruhi penyimpangan tinggi lengkung almen, dan selanjutnya mencari solusi yang tentunya bertujuan untuk meminimasi tinggi lengkung almen tersebut.

Kata kunci— *Shot Peening, Tinggi Lengkung Almen*

Abstract— *The fast industrial development of manufactures stimulates the growth of metal components requirements based on the proper specification. The specification of metal components does not only cover the physical form which is being more complicated, but also covers the structure and material strength. The shot peening process represents one of forming processes which can accommodate the surface strength demand of metal components. The efficacy criterion of this shot peening process is*

determined by the almen arch height. The almen arch height suitable to the wanted specification, perhaps signs that the process of shot peening has been done successfully.

Now in the division of aero manufacturing at PT. Dirgantara Indonesia detected that it had been occurring the high deviation of the almen arch height from the wanted goals. Although this deviation is within specified tolerance, but the improvement of process in the form of effort for minimizing this deviation remains to be needed. Therefore, this research which is expected can assist to identify any parameters influencing the almen arch height deviation, and then looks for the solution which perhaps aim to minimizing the almen arch height.

Keywords— *Shot Peening, Metode Taguchi, Response Surface Methodology, Least Square Regression, Dual Response surface.*

I. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu dan perkembangan teknologi, tentunya kebutuhan manusia akan selalu berubah dan berkembang, termasuk kebutuhan akan barang atau *part* (komponen) yang terbuat dari material logam. Dua hal utama yang harus diperhatikan dalam pembuatan material logam adalah bentuk dan struktur logam. Bentuk meliputi desain fisik *part* secara keseluruhan, sedangkan struktur logam membahas tentang susunan atom (*cell*) yang menyusun material logam tersebut. Dimana susunan atom (*cell*) ini menentukan kekuatan, ketahanan dan sifat-sifat lainnya pada suatu material logam.

Untuk memenuhi tuntutan kekuatan, ketahanan dan sifat material, maka salah satunya dapat digunakan proses *shot peening*. *Shot peening* merupakan sebuah teknologi proses

pembentukan yang sudah lama ada, namun hingga kini masih jarang digunakan dalam dunia industri. Proses *shot peening* digolongkan dalam proses pembentukan karena tidak menghasilkan *scrap* (geram) dalam prosesnya. Ciri utama dari proses *shot peening* ini adalah digunakan suatu media kecil berbentuk bola yang dibenturkan pada permukaan material logam yang dikerjakan. Proses *shot peening* hanya bekerja dan memberi manfaat pada permukaan material logam saja. Manfaat yang diperoleh dari proses *shot peening* didasarkan pada efek yang diterima oleh permukaan material logam yang dikerjakan. Efek yang diterima oleh permukaan material logam tersebut adalah gaya tekan (*tension stress*) dan pengerjaan dingin (*cold working*).

PT Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace*) yang dulu lebih dikenal dengan nama IPTN (Industri Pesawat Terbang Nasional) merupakan salah satu perusahaan yang mengaplikasikan proses *shot peening* dalam rangkaian proses manufakturnya. Proses *shot peening* yang dilakukan pada perusahaan ini digolongkan menjadi dua jenis proses yang didasarkan pada tujuan proses tersebut. Yang pertama adalah proses *corrective shot peening*, dimana proses *shot peening* dilakukan untuk memperbaiki bentuk part yang kurang baik seperti lengkungan pada suatu part. Sedangkan yang kedua merupakan proses *surface treatment shot peening*, dimana proses *shot peening* dilakukan untuk memberikan perlakuan khusus kepada permukaan material logam sehingga diperoleh berbagai kelebihan seperti yang telah dibahas sebelumnya. Proses *shot peening* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *surface treatment shot peening*.

Proses *shot peening* dilakukan pada perusahaan ini karena sebagian besar part logam membutuhkan manfaat atau kelebihan yang dapat diperoleh dari proses *shot peening*, khususnya pada permukaan part logam tersebut. Suatu part dikatakan membutuhkan proses *shot peening* jika part tersebut nantinya akan mengalami gaya atau pembebanan yang besar serta bersifat replikatif (berulang-ulang). Berdasarkan hasil wawancara dengan *engineer* perusahaan diketahui bahwa sebagian besar dari part pesawat terbang nantinya akan mengalami gaya yang besar dan replikatif, sehingga dibutuhkan proses *shot peening* dalam rangkaian proses produksi part-part tersebut.

Berdasarkan studi pendahuluan, diketahui bahwa untuk mengetahui apakah proses *shot peening* yang dilakukan telah berhasil atau telah memenuhi spesifikasi produk yang diinginkan, digunakan suatu ukuran yaitu tinggi lengkung almen (*arc height*). Almen merupakan sebuah plat logam datar yang digunakan untuk mengukur besar intensitas yang terjadi pada permukaan material setelah proses *shot peening* dilakukan. Besarnya intensitas yang diterima oleh almen direpresentasikan dengan tinggi lengkung almen yang dihitung dalam satuan inci. Jadi, keberhasilan proses *shot peening* ditentukan oleh kesesuaian tinggi lengkung almen yang diperoleh dengan spesifikasi tinggi lengkung almen yang sebelumnya telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, material yang digunakan adalah aluminium yang memiliki spesifikasi tinggi lengkung almen sebesar 0.01 inci. Pengujian almen ini

dilakukan sebelum proses *shot peening* dilakukan pada part yang sebenarnya.

A. Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Permasalahan yang sedang dihadapi divisi *aero manufacturing* adalah besarnya variasi tinggi lengkung almen dari tinggi lengkung almen yang diharapkan. Walaupun saat ini besarnya variasi tinggi lengkung almen yang terjadi masih dalam batas spesifikasi yang ditentukan, namun lebih baik lagi jika besar variasi tinggi lengkung almen tersebut dapat diminimasi. Besarnya variasi tinggi lengkung almen tentunya akan menyebabkan turunnya kualitas dari proses *shot peening* yang dilakukan. Oleh karena itu diperlukan penentuan parameter proses yang dapat meminimasi besar penyimpangan variasi tinggi lengkung almen tersebut. Objek yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah pada mesin *automated shot peening* dengan operasi *surface treatment shot peening* seperti yang telah dibahas sebelumnya.

Dari hasil pengamatan pada studi pendahuluan serta wawancara dengan operator mesin, didapatkan lima parameter yang akan diteliti lebih lanjut. Parameter-parameter tersebut antara lain *wheel up speed* (rpm), *wheel down speed* (rpm), *conveyor speed* (mm/s), dan *shot flow* (kg/s). Parameter-parameter tersebut selanjutnya akan disebut sebagai parameter yang dapat dikendalikan. Sedangkan parameter yang tidak dapat dikendalikan (noise) adalah *wheel side* dimana parameter ini juga berpengaruh terhadap tinggi lengkung almen yang terjadi.

Untuk mencari parameter proses yang optimal sehingga dapat meminimasi penyimpangan tinggi lengkung almen yang terjadi, maka digunakan metode Taguchi dan dilanjutkan dengan pendekatan *Response Surface Methodology* (RSM). Metode Taguchi digunakan agar dapat dihasilkan kombinasi parameter proses yang lebih *robust* terhadap variasi dari luar dan untuk mengidentifikasi pengaruh setiap parameter maupun interaksinya terhadap nilai rata-rata respon maupun variansi. Sedangkan penggunaan RSM ditujukan untuk melakukan optimasi dari hasil pengolahan dengan metode Taguchi. Penggunaan dan untuk mengetahui pengaruh dari setiap parameter terhadap tinggi lengkung almen dalam bentuk persamaan regresi, sehingga dapat diketahui secara mendetail pengaruh dari setiap parameter terhadap respon.

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Parameter apa saja yang berpengaruh terhadap penyimpangan tinggi lengkung almen dan selanjutnya menjadi parameter terkendali, parameter tidak terkendali, ataupun merupakan parameter yang tidak diperhitungkan?
2. Berdasarkan pengolahan dengan metode Taguchi, apakah level yang di-set pada setiap parameter berpengaruh terhadap tinggi lengkung almen?
3. Bagaimana model regresi pada analisis *Response Surface*?
4. Bagaimana parameter-parameter tersebut beserta interaksinya berpengaruh terhadap tinggi lengkung almen?

5. Bagaimana kombinasi nilai atau level dari setiap parameter proses yang seharusnya digunakan pada saat proses *shot peening* dilakukan sehingga dapat meminimasi penyimpangan tinggi lengkung almen?

B. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian dilakukan pada mesin 16 x 11 Kw *Spencer and Halstead Blast Wheel Peening Machine* dengan operasi *surface treatment shot peening* pada lantai produksi PT. Dirgantara Indonesia.
2. Penelitian ini difokuskan pada jenis komponen atau part yang terbuat dari material aluminium dengan tinggi lengkung yang diharapkan pada almen 0.01 inci.
3. Karakteristik kualitas proses *shot peening* yang digunakan dan ingin dicapai pada penelitian ini hanya penyimpangan tinggi lengkung almen yang terjadi.
4. Interaksi antar parameter yang diamati dalam penelitian ini dilakukan untuk interaksi dua parameter saja.
5. Tidak melakukan proses *steepest ascent* pada perhitungan dengan metode RSM.
6. Penelitian yang dilakukan hanya sampai tahap usulan.

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mengidentifikasi semua parameter yang berpengaruh terhadap penyimpangan tinggi lengkung almen dan selanjutnya menjadi parameter terkendali, parameter tidak terkendali, ataupun merupakan parameter yang tidak diperhitungkan.
2. Mengetahui apakah level yang di-set pada setiap parameter berpengaruh terhadap tinggi lengkung almen berdasarkan pengolahan dengan metode Taguchi.
3. Menentukan model regresi pada analisis *Response Surface*.
4. Mengidentifikasi pengaruh parameter beserta interaksinya terhadap tinggi lengkung almen.
5. Menentukan kombinasi nilai atau level dari setiap parameter proses yang seharusnya digunakan pada saat proses *shot peening* dilakukan sehingga dapat meminimasi penyimpangan tinggi lengkung almen.

D. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. Dirgantara Indonesia. Objek dalam penelitian ini adalah mesin *shot peening* dengan karakteristik kualitas penyimpangan tinggi lengkung almen. Pengujian tinggi lengkung almen dilakukan dengan menggunakan *almen gauge*. Rancangan eksperimen awal dilakukan dengan menggunakan *orthogonal array* yang sesuai yakni OA L_8 dimana dalam setiap kolomnya terdapat 4

parameter utama dan 3 interaksi antar parameter. Data kekuatan tekan yang diperoleh dari pengamatan diolah dengan menggunakan perhitungan ANOVA. Dari hasil ANOVA dapat diketahui parameter-parameter yang berpengaruh terhadap respon dan variansi respon. Dengan menggunakan *response surface methodology* akan dicari titik optimal dan *setting level* yang tepat untuk meminimasi penyimpangan tinggi lengkung almen.

II. LANDASAN TEORI

A. Shot Peening

Shot peening adalah suatu proses dimana permukaan logam dikenai tumbukan bola-bola baja dengan kecepatan tertentu secara berulang sehingga terbentuknya tegangan sisa tekan yang berpengaruh positif pada sifat mekanik, terutama dalam meningkatkan ketahanan lelahnya. Karena itu, proses shot peening paling banyak diaplikasikan pada part struktur dan komponen pesawat terbang yang mengalami beban dinamis.

B. Metode Taguchi dan RSM

Metode Taguchi dan RSM merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam usaha peningkatan kualitas. Metode Taguchi akan memberikan rancangan produk atau proses yang *robust* atau kokoh terhadap *noise* atau parameter tidak terkendali. *Response Surface Methodology* (RSM) adalah sekumpulan teknik statistik dan matematika yang dapat digunakan untuk mengembangkan, memperbaiki dan mengoptimasi proses. Selain itu RSM juga merupakan aplikasi penting dalam desain, pengembangan dan formulasi dari produk baru, contohnya adalah perbaikan desain dari produk sebelumnya.

III. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

A. Penentuan Level Parameter

Berikut penentuan level perlakuan dari setiap parameter yang diperhitungkan

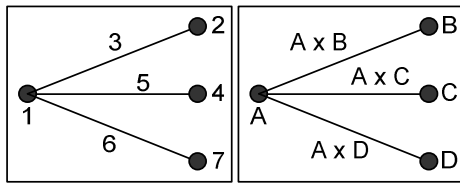
Parameter Terkendali	LEVEL	
	1	2
<i>Shot Flow</i>	10 kg/ 5s	14 kg/ 5s
<i>Conveyor Speed</i>	8 mm/s	12 mm/s
<i>Wheel Up Speed</i>	1300 rpm	1800 rpm
<i>Wheel Down Speed</i>	1300 rpm	1800 rpm

Parameter Tidak Terkendali	LEVEL	
	1	2
<i>Wheel Side</i>	Front	Rear

B. Penempatan Parameter dan Interaksinya pada Kolom Orthogonal Array

Untuk menempatkan parameter dan interaksinya pada kolom-kolom *orthogonal array*, maka digunakan *linear graph*. *Orthogonal array* yang digunakan adalah L_8 . Berdasarkan

hasil konsultasi dengan teknisi mesin diketahui bahwa terdapat tiga interaksi antar parameter. Berikut *linear graph* yang mungkin terjadi :



Dari *linear graph* diatas, berikut penempatan parameter dan interaksinya pada kolom *orthogonal array* :

- A (*Shot Flow*) → klm 1
- B (*Conveyor Speed*) → klm 2
- C (*Wheel Up Speed*) → klm 4
- D (*Wheel Down Speed*) → klm 7
- Interaksi A dan B → klm 3
- Interaksi A dan C → klm 5
- Interaksi A dan D → klm 6

C. Pengumpulan Data

Berikut tabel penyimpangan tinggi lengkung almen yang terjadi, selanjutnya disebut dengan respon :

D. ANOVA untuk Menentukan Parameter yang Berpengaruh Signifikan Terhadap Nilai Rata-rata dan Variansi Respon

Dari hasil perhitungan ANOVA *pooled* dapat diketahui parameter dan interaksinya yang berpengaruh terhadap rata-rata respon secara signifikan. Berikut parameter dan interaksinya yang berpengaruh secara signifikan terhadap rata-rata respon :

1. Parameter A, B, C, D dan N
2. Interaksi parameter A dan B
3. Interaksi parameter A dan C
4. Interaksi parameter A dan D
5. Interaksi faktor AB dan N
6. Interaksi faktor AD dan N

Dalam penelitian kali ini hanya dibatasi sampai interaksi dua parameter saja, sehingga untuk interaksi AB-N dan AD-N tidak digunakan dalam perhitungan dan pengolahan data bagian selanjutnya. Sedangkan parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap variansi respon :

1. Parameter A, B, dan D
2. Interaksi parameter A dan B
3. Interaksi parameter A dan C
4. Interaksi parameter A dan D

E. Penentuan Faktor Lokasi (Rata-rata) dan Faktor Dispersi (Variansi)

Hasil perhitungan ANOVA untuk parameter yang berpengaruh terhadap nilai rata-rata dan variansi respon dapat dimasukkan dalam *adjustment factor*. Penempatan atau *adjustment factor* digunakan untuk mengetahui sejauh mana prosedur dua tahap dari metode Taguchi dapat digunakan untuk memaksimalkan parameter yang berpengaruh signifikan terhadap penyimpangan tinggi lengkung almen.

Pengaruh Pada		Lokasi (Rata-rata)	
		Ada	Tidak
Dispersi (Variansi)	Ada	A, B, D	
	Tidak	C	

Dari hasil yang didapatkan pada penentuan faktor lokasi dan dispersi dapat disimpulkan bahwa prosedur dua tahap metode Taguchi tidak dapat diaplikasikan karena walaupun parameter yang berpengaruh terhadap lokasi dan tidak berpengaruh terhadap dispersi dapat ditentukan yaitu parameter C, tetapi parameter yang berpengaruh terhadap dispersi dan tidak berpengaruh terhadap lokasi tidak dapat ditentukan.

Karena parameter A, B, dan D mempunyai pengaruh terhadap lokasi dan juga dispersi maka dapat diketahui terdapat interaksi antar faktor lokasi dan dispersi. Hal ini mengakibatkan terjadi pelanggaran prosedur optimasi yang kedua sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan prosedur dua tahap dengan metode Taguchi tidak dapat mencapai optimal.

F. Perhitungan dengan Response Surface Methodology

Parameter A, B, C dan D tidak dapat dimaksimalkan dengan optimasi dua tahap dari Taguchi sehingga dilakukan perhitungan menggunakan metode *Response Surface*. Model persamaan regresi yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

$$\hat{y} = -6.056 + 0.361x_1 - 0.627x_2 + 4.875x_3 + 6.238x_4 + 0.431x_5 + 2.256x_1x_2 - 1.721x_1x_3 - 1.859x_1x_4 - 0.8x_4x_5$$

dimana :

$$x_1 = \text{shot flow}$$

$$x_2 = \text{conveyor speed}$$

$$x_3 = \text{wheel up speed}$$

$$x_4 = \text{wheel down speed}$$

$$x_5 = \text{wheel side (noise)}$$

$$\hat{y} = \text{tinggi lengkung almen}$$

Untuk memvalidasi persamaan yang digunakan, dilakukan perhitungan koefisien determinasi dan pengujian *lack of fit*. Nilai koefisien determinasi diperoleh sebesar 0.974, hal ini menunjukkan bahwa persamaan regresi yang digunakan dapat mewakili respon sebesar 97.4%. Sedangkan dari hasil pengujian *lack of fit* diketahui bahwa model regresi yang diperoleh sudah sesuai atau dapat mewakili keadaan proses yang sebenarnya.

G. Penyelesaian Untuk Kasus Dimana Ada Interaksi Faktor Terkendali dengan Noise

Untuk kasus dimana ada interaksi antara parameter terkendali dan *noise* digunakan persamaan regresi yang didapatkan dari hasil *first order model*.

$$\hat{y} = -6.056 + 0.361x_1 - 0.627x_2 + 4.875x_3 + 6.238x_4 + 0.431x_5 + 2.256x_1x_2 - 1.721x_1x_3 - 1.859x_1x_4 - 0.8x_4x_5$$

Persamaan regresi ini dipisah antara parameter yang tidak berinteraksi dengan *noise* dan parameter yang berinteraksi dengan *noise*. Dengan faktor *noise* (x_5) diasumsikan sebagai z dan *noise* ini dianggap sebagai *random variable* dengan

rata-rata 0 dan variansi sebesar σ_z^2 . Nilai $\sigma^2 = \text{MSE error} = 2.298$.

Persamaan respon:

$$E_z[y(x,z_1)] = -6.056 + 0.361x_1 - 0.627x_2 + 4.875x_3 + 6.238x_4 + 2.256x_1x_2 - 1.721x_1x_3 - 1.859x_1x_4$$

Persamaan variansi proses:

$$\text{Var}_z[y(x,z_1)] = 2.48376 - 0.6896x_4 + 0.64x_4^2$$

H. Pengkombinasian Parameter Proses

Berdasarkan tujuan penelitian yakni untuk meminimasi penyimpangan tinggi lengkung almen, maka selanjutnya akan dilakukan proses optimasi terhadap dua persamaan regresi yang telah diperoleh pada pengolahan pada bagian sebelumnya secara bersamaan. Berikut optimasi yang akan dilakukan terhadap dua persamaan regresi tersebut :

1. Mencapai nilai nol untuk persamaan respon. Hal ini didasari oleh tujuan penelitian yakni meminimasi penyimpangan rata-rata proses *shot peening*.

Kombinasi	x1	x2	x3	x4	Kedekatan	Keterangan
1	-1	-1	-1	1.2511	0.7511	
2	-1	-1	1	-0.3782	0.8782	
4	-1	1	1	0.3340	0.1660	Dipilih
6	1	-1	1	0.9523	0.4523	
8	1	1	1	0.2083	0.2917	

Proses pemilihan set kombinasi ini merupakan tahapan terakhir dari perhitungan dalam penelitian ini. Untuk lebih memperjelas nilai kombinasi yang dipilih, maka nilai tersebut akan dikonversi dalam satuan parameter asalnya. Berikut konversi yang dilakukan :

1. Parameter x_1 pada nilai -1 = 10kg/ 5s (*shot flow*)
2. Parameter x_2 pada nilai 1 = 12 mm/s (*conveyor speed*)
3. Parameter x_3 pada nilai 1 = 1800 rpm (*wheel up speed*)
4. Parameter x_4 pada nilai 0.334 = 1633.5 rpm (*wheel down speed*)

I. Penentuan Parameter Proses Terbaik

Tiga kriteria pemilihan yang akan digunakan untuk memilih set parameter yang terbaik :

1. Mencapai nilai respon 0 (nol)
2. Memiliki nilai POE minimum.
3. Parameter x_4 (*wheel down speed*) yang akan diset berada dalam *range* yang normal, yakni bernilai -1 (1300 rpm) sampai 1 (1800 rpm).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- A. Penelitian ini merupakan penelitian dengan *dual response* (ada dua buah respon), dimana RSM digunakan tidak hanya memperhatikan nilai rata-rata yang maksimal tetapi juga memperhatikan variansi yang seminimum mungkin tapi masih *reliable*.

2. Meminimasi nilai dari persamaan proses variansi. Suatu proses dapat memiliki performansi lebih baik jika menghasilkan suatu nilai yang lebih stabil, tidak berubah dan lebih *robust* dari pengaruh *noise*.

Berikut kombinasi parameter proses yang dilakukan :

Kombinasi	x4	x1	x2	x3	x5
1	Diset	-1	-1	-1	0
2		-1	-1	1	0
4		-1	1	1	0
6		1	-1	1	0
8		1	1	1	0

Berdasarkan grafik POE diatas, diketahui bahwa nilai POE terkecil terjadi saat parameter x_4 diset pada nilai 0.5. Hal ini menunjukkan bahwa jika parameter x_4 diset pada nilai 0.5, maka proses akan memiliki ketahanan lebih tinggi terhadap *noise* yang akan mempengaruhi nilai rata-rata respon.

Berikut tabel pemilihan set kombinasi parameter terbaik :

- B. Dengan menggunakan *setting level* parameter dari hasil penelitian ini, selain dapat meminimasi penyimpangan tinggi lengkung almen, juga dapat meminimumkan variansi yang disebabkan oleh adanya faktor gangguan (*noise*).

SARAN

Saran yang dapat diberikan kepada pihak perusahaan :

- a. Pada proses *shot peening*, parameter dari kategori mesin menjadi perhatian utama dalam menghasilkan proses *shot peening* dengan penyimpangan tinggi lengkung almen minimal.
- b. Perusahaan dapat melakukan eksperimen yang sejenis dengan penelitian ini, tentunya dengan batasan dan asumsi yang minimal serta replikasi data yang besar, sehingga dapat memberikan hasil perhitungan yang lebih valid.
- c. Dilakukan pengetesan dimensi dari setiap almen yang akan digunakan, hal ini dikarenakan spesifikasi almen yang berbeda akan berdampak pada ketinggian lengkung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Myers Raymond H, Douglas C Montgomery, 2002, Response Surface Methodology, Process dan Product optimization Using Designed Experiment, John Wiley and Son
- [2] Blank, Leland, 1982, Statistical Procedure for Engineering, Management, and Science, McGraw-Hill.
- [3] Cochran, William G. and Gertrude M. Cox, 1959, Experimental Designs, 2nd ed., John Wiley & Sons Inc., New York.

- [4] Ross, Philip J., 1996, Taguchi Techniques for Quality Engineering : loss function, orthogonal experiments, parameter and tolerance design, McGraw-Hill Inc., New York.
- [5] Hicks, Charles R., 1982, Fundamental Concepts in the Design of Experiments, 3rd ed., Holt-Saunders International Editions, New York.
- [6] Mitra, Amitava, 1998, Fundamentals of Quality Control and Improvement, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey.
- [7] Lawson, John and John Erjavec, 2001, Modern Statistics for Engineering & Quality Improvement, Thomson Learning, Duxbury.
- [8] Bagchi, Tapan P., 1993, Taguchi Methods Explained Practical Steps To Robust Design, Prentice-Hall of India, New Delhi.
- [9] Berger, P.D. and Maurer, R.E., 2002, Experimental Design with Applications in Management, Engineering, and the Sciences, Thomson Learning, Belmont.
- [10] Peace, G.S., 1993 Taguchi Methods : A Hands-On Approach. Addison-Wesley, Massachusetts.
- [11] Irianto, Hartono dan Taroepatjeka, 2000, Pengembangan Model Response Surface dengan Karakteristik Dinamis Untuk Peningkatan Kualitas, Jurusan Teknik Industri, ITB, Bandung.
- [12] Metal Improvement Company, Shot Peening Application, 7th ed