

PREDIKSI TITIK LAS BAJA TULANG *KING CROSS* MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI

Raden Muhammad Rafi Hadiriyanto¹, Reza Setiawan², Aa Santosa³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS. Ronggo Waluyo, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, Indonesia

1910631150190@student.unsika.ac.id¹

Abstrak

Pengelasan merupakan suatu proses penggabungan material yang menghasilkan peleburan pada suhu pengelasan, baik dengan menerapkan tekanan atau tanpa adanya tekanan, serta menggunakan logam pengisi atau tanpa menggunakannya. Sebelum dilakukan proses pengelasan, diperlukan penempatan las titik yang bertujuan untuk menahan posisi sebelumnya ke operasi pengelasan. Pada proses las titik dilakukan dengan menempatkan gumpalan kecil las pada jalur pengelasan. Maka dari itu penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah las titik serta memprediksi titik las pada baja tulang *king cross* dengan menggunakan metode Taguchi. Penyusunan *orthogonal array* dipergunakan sebagai tata letak eksperimen pada metode Taguchi, hasil eksperimen dari metode ini perlu dianalisa kembali keakuratannya untuk memenuhi suatu kondisi tertentu. Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan metode taguchi dalam memprediksi titik las, ditemukan hasil bahwa faktor utama yang paling mempengaruhi dalam build up setting *kingcross* ialah jarak antar titik las, faktor kedua ialah jumlah titik las, dan faktor ketiga ialah panjang titik las. Dengan demikian nilai optimal yang didapat pada *build up setting king cross* dengan jumlah titik las sebanyak 38 titik dalam 15420 mm atau 2.464332036 titik las disetiap meternya, dengan jarak antar titik las sejauh 354.22mm, dan panjang titik las sepanjang 61.22 mm.

Kata kunci : las titik, *king cross* dan metode taguchi

Abstract

Welding is a process of joining materials that results in melting at welding temperatures, either by applying pressure or in the absence of pressure, and using filler metal or without using it. Before the welding process is carried out, a spot weld placement is required which aims to hold the previous position to the welding operation. In the process of spot welding is done by placing a small blob of weld on the welding line. Therefore, this research needs to be done to determine the effect of the number of spot welds and predict the weld point on king cross bone steel using the Taguchi method. The Taguchi method is used to arrange an orthogonal array as the experimental layout, in this method the experimental results must be further analyzed for accuracy to meet certain conditions. Based on the results of research using the Taguchi method in predicting weld points, it was found that the main factor that most influences the build up setting kingcross is the distance between weld points, the second factor is the number of weld points, and the third factor is the length of the weld point. Thus the optimal value obtained in the build up setting king cross with the number of welding points as many as 38 points in 15420 mm or 2.464332036 welding points in each meter, with the distance between welding points as far as 354.22mm, and the length of the welding point along 61.22 mm.

Key words : weld points, *king cross* and taguchi methods.

PENDAHULUAN

Perkembangan Pada pembuatan *king cross* dilakukan intermitten las titik yang selanjutnya dilakukan las penuh. Intermitten las titik dilakukan untuk menjaga bentuk awal dari *king cross* tanpa perubahan kekuatan dari material [1]. Karena, ketika dilakukan pengelasan penuh tanpa adanya intermitten las titik akan terjadi *buckling* atau *collapse* pada material [2]. Dengan dilakukannya intermitten las titik juga meningkatkan longitudinal *ductility* pada material [3]. *King cross* merupakan gabungan dari dua buah baja profil *wide flange* yang dilas penuh pada kedua sisi webnya [4].



Gambar 1 Tampak depan *king cross*.

Sumber: Purboningtyas A.S., Suswanto Budi, dan Kristijanto Heppy, 2016.

Dalam tahap pembuatan *king cross* terdapat tahapan fabrikasi yang perlu dilakukan. Adapun tahapan dalam melakukan fabrikasi sebagai berikut. Pertama, membuat atau mendapatkan gambar atau sketsa fabrikasi. Kedua, melakukan pengembangan terhadap prosedur yang dikelola dengan matang. Ketiga, mengumpulkan alat dan bahan. Keempat, membuat template, pola, dan perlengkapan jika diperlukan. Kelima, memotong material. Keenam, membuat preparat tepi dan membersihkan area logam. Ketujuh, membuat jig atau perlengkapan jika diperlukan. Kedelapan, memposisikan dan menjepit material sebelum pengelasan. Kesembilan, membuat las titik, memeriksa dimensi, setup, dan kuadrat. Kesepuluh, menempatkan lasan akhir dan merakit fabrikasi akhir. Kesebelas, mengecat fabrikasi [5].

Lasan didefinisikan oleh *American Welding Society* (AWS) sebagai penyatuan lokal (perpaduan atau tumbuh bersama dari struktur butir dari bahan yang dilas) dari logam atau bukan logam yang dihasilkan baik dengan memanaskan bahan sampai suhu pengelasan yang dibutuhkan, dengan atau tanpa penerapan tekanan, atau dengan penerapan tekanan saja dan dengan atau tanpa penggunaan bahan pengisi [6].

Las titik merupakan penerapan las sementara di area akar sambungan yang berfungsi untuk memegang material untuk digabungkan dengan pengelasan [7]. Las titik harus seragam, berukuran kecil, dan bebas dari cacat sehingga tidak

merugikan mempengaruhi hasil las [8]. Penempatan las titik harus terletak di sepanjang jalur las sesungguhnya [9]. Sehingga las titik akan mendapatkan busur yang sepenuhnya stabil dan panas maksimum, dengan demikian las titik sepenuhnya dilebur kembali ke dalam manik las [10].

Tujuan dalam penelitian ini melakukan analisa pada pembuatan *king cross* untuk mengetahui pengaruh dari panjang titik las, jumlah titik las, dan jarak antar titik las dengan menggunakan metode Taguchi.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian pengelasan baja tulang *king cross* ini menggunakan metode Taguchi dengan bantuan aplikasi Minitab@19 dan Matlab 2018b. Metode Taguchi termasuk dalam kelompok *fractional factorial* eksperimen. Tata letak eksperimen pada metode Taguchi disusun oleh *orthogonal array*. Kemampuan dalam mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test minimum merupakan keuntungan dari *orthogonal array*. Dalam pelaksanaan penelitian ini dilakukan beberapa langkah penelitian yang dilakukan, adapun langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

Desain parameter dengan metode Taguchi dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut [9]:

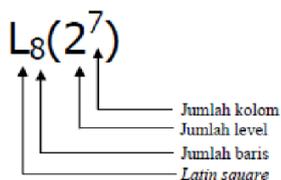
1. Menentukan karakteristik kualitas, nilai apa yang harus dioptimasi
2. Menentukan jumlah level untuk desain parameter
3. Melakukan desain matrik eksperimen dan menentukan prosedur data analisis
4. Menghitung matriks eksperimen
5. Melakukan analisis dari hasil eksperimental dengan menggunakan S/N dan analisis ANOVA
6. Menyeleksi level parameter yang memberikan hasil optimal
7. Melakukan prediksi pada level ini
8. Verifikasi desain parameter dengan melakukan konfirmasi eksperimen.

Fractional factorial merupakan eksperimen yang menjadi desain eksperimen dalam metode Taguchi. Dengan menyusun *orthogonal array* sebagai tata letak dalam eksperimennya. *Orthogonal array* dapat mengevaluasi beberapa faktor dengan jumlah test yang minimum, hal tersebut yang menjadi keuntungan dari *orthogonal array*.

Orthogonal array dipergunakan untuk mendeskripsikan jumlah eksperimen yang dilakukan. Untuk menentukan *orthogonal array*

yang sesuai dengan eksperimen ini, maka perlu dilakukan beberapa prosedur sebagai berikut [9]:

1. Mendefinisikan jumlah faktor dan levelnya. Melakukan pengamatan terhadap parameter-parameter yang terjadi dalam suatu proses produksi. Setelah parameter telah diketahui, selanjutnya menentukan level pengamatan untuk setiap faktor yang mempengaruhi.
2. Tentukan derajat kebebasan (*degrees of freedom*). Derajat kebebasan (*degrees of freedom*) adalah sebuah konsep yang mendiskripsikan seberapa besar eksperimen yang mesti dilakukan dan seberapa banyak informasi yang didapatkan dari eksperimen tersebut. Dimana jumlah eksperimen yang harus dilakukan didalam *orthogonal array* \geq total DoF. Dan dalam menyeleksi *orthogonal array* harus berdasarkan kombinasi dari level faktor. Berikut aturan *degree of freedom* (DoF):
 - a. Secara keseluruhan mean selalu memiliki 1 derajat kebebasan.
 - b. Setiap faktor, A, B, ...; jika jumlah level adalah n_A, n_B , untuk setiap faktor, nilai derajat kebebasannya adalah = jumlah level-1.
 - c. Ketika ada faktor interaksi, seperti contoh interaksi antara AB nilai derajat kebebasannya adalah $= (n_A - 1)(n_B - 1)$.
3. Memilih *orthogonal array*. Pemilihan *orthogonal array* dilakukan untuk menyesuaikan atau mencocokkan *orthogonal array* yang tepat untuk eksperimen ini. Hal tersebut dilakukan dengan diperlukannya suatu persamaan dari *orthogonal array* yang mempresentasikan jumlah faktor, jumlah level, dan jumlah pengamatan yang akan dilakukan. Adapun untuk gambar bentuk umum dari model *orthogonal array* yaitu sebagai berikut:



Gambar 2 Bentuk umum model *orthogonal array*.
Sumber: Damayanti M.K., 2017

Adapun penjelasan mengenai gambar di atas adalah sebagai berikut:

- a. Notasi L, merupakan informasi yang berdasarkan pada penyusunan faktor latin *square*. Penyusunan latin *square* adalah penyusunan *square* matriks dengan pemisahan faktor-faktor yang

berpengaruh. Sehingga notasi L menggambarkan informasi *orthogonal array*.

- b. Jumlah baris, merupakan jumlah eksperimen yang dibutuhkan pada saat menggunakan *orthogonal array*.
 - c. Jumlah kolom, merupakan jumlah faktor yang dapat dipelajari dalam *orthogonal array* yang dipilih.
 - d. Jumlah level, merupakan jumlah level dari faktor faktor yang digunakan dalam eksperimen.
4. Melakukan analisis. Hasil yang diperoleh dari *orthogonal array* kemudian dianalisis untuk mencapai tujuan berikut:
 - a. Mengestimasi kontribusi dari faktor yang berpengaruh terhadap kualitas.
 - b. Memperoleh kondisi proses atau produk yang terbaik (optimum).
 - c. Memperkirakan respon dari parameter desain produk pada kondisi optimum.

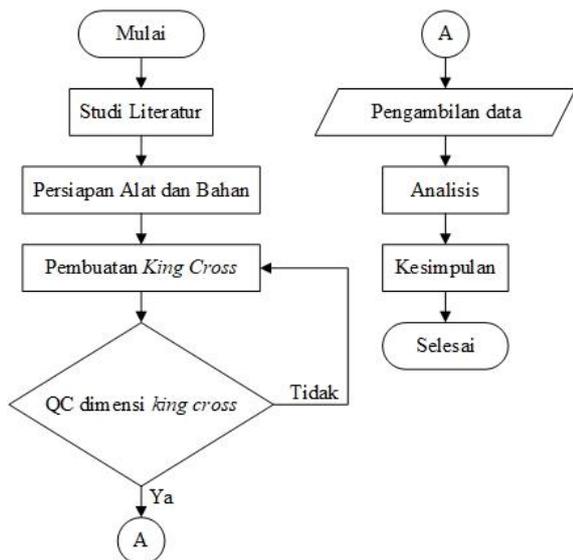
HASIL DAN PEMBAHASAN

Definisi

Pada penelitian ini material *king cross* yang digunakan ialah SS 400. Terdapat 14 buah *kingcross* yang dibuat dengan dimensi 650mm x 220mm x 13mm x 24mm dan dengan 5 jenis ukuran panjang yang berbeda, yaitu 3000mm, 13150mm, 12200mm, 12000mm, dan 15420mm. Setiap *king cross* memiliki 4 sisi yang dilas titik.

Alur Penelitian

Gambar 3 menunjukkan tentang diagram alir penelitian. Penelitian berawal dari memulai, dimana pada tahap ini ide dan gagasan terbentuk. Selanjutnya melakukan studi literatur untuk memperkuat pemahaman tentang ide dan gagasan yang telah terbentuk sebelumnya. Kemudian melakukan persiapan alat dan bahan untuk melakukan pengujian. Setelah alat dan bahan telah disiapkan, langkah selanjutnya melakukan pembuatan *king cross*.



Gambar 3 Diagram alir penelitian

Jika pembuatan sudah selesai, maka dilakukannya *quality control* untuk mengetahui apakah ukurannya sudah sesuai atau belum. Jika tidak sesuai maka diperlukan perbaikan. Jika sudah sesuai, selanjutnya dilakukan pengambilan data dengan mencatat ukuran panjang titik las, jumlah titik las, dan jarak antar titik las. Setelah mendapatkan data, diperlukannya analisis untuk mengetahui nilai optimum dari variabel yang diuji. Langkah selanjutnya membuat kesimpulan dari pengujian yang telah dilakukan, kemudian selesai atau berakhir.

Perhitungan

Pada penelitian ini terdapat nilai yang akan dioptimalkan ialah jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las. Sehingga karakteristik kualitas yang digunakan ialah *smaller the better*. Penentuan *Setting Level* Parameter.

Penentuan nilai *setting level* didasarkan pada studi literatur dan pengalaman pengambilan data yang telah dilakukan sebelumnya. Nilai *setting parameter* yang ditentukan untuk masing-masing faktor terkendali.

Tabel 1 Kombinasi parameter proses dan level

F	Level					
a k t o r	Deskripsi	1	2	3	4	5
	Jumlah					
	A Titik Las (mm)	11	34.2	31	37.2	38
	Jarak					
	B Antar Titik Las (mm)	245	340	354	288	354

Panjang Titik Las (mm)	53.4	50.2	50.9	42.4	61.2
------------------------	------	------	------	------	------

Penentuan Orthogonal Array

Untuk menentukan jenis *orthogonal array* yang akan digunakan, yaitu dengan menghitung nilai *degree of freedom* (DoF). Dalam penelitian ini menggunakan tiga faktor terkendali, dimana masing-masing variabel memiliki 5 level.

Tabel 2 Perhitungan nilai *degree of freedom* (DoF)

No	Sistem	Jumlah Level	Jumlah DoF
1	Grand Mean	1	1
2	Jumlah Titik Las	5	4
	Jarak Antar Titik Las	5	4
	Panjang Titik Las	5	4
Jumlah			13

Dengan menggunakan jenis *orthogonal array* L25 pada metode Taguchi, jumlah data eksperimen yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian, efek yang paling utama adalah jumlahnya berkurang hingga berjumlah 25. Dengan bantuan aplikasi Matlab 2018b sehingga didapat *orthogonal array*-nya sebagai berikut.

Tabel 3 Matriks *Orthogonal Array*

Eksperimen	Faktor		
	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	1	4	4
5	1	5	5
6	2	1	2
7	2	2	3
8	2	3	4
9	2	4	5
10	2	5	1
11	3	1	3
12	3	2	4
13	3	3	5
14	3	4	1
15	3	5	2
16	4	1	4
17	4	2	5
18	4	3	1
19	4	4	2
20	4	5	3
21	5	1	5
22	5	2	1
23	5	3	2

Eksperimen	Faktor		
	A	B	C
24	5	4	3
25	5	5	4

Perhitungan analisis variansi (ANOVA) nilai rata-rata

Pada penelitian ini untuk mengoptimasikan jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las menggunakan karakteristik kualitas *smaller the better* untuk melihat hasil optimum. Berikut merupakan perhitungan ANOVA nilai mean dan nilai SN ratio

$$M.S.D. = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y_i)^2 \dots\dots\dots(1)$$

$$\eta = -10. \log(M.S.D.) \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- η : S/N ratio
- N : jumlah pengulangan dari suatu percobaan
- y : nilai FF

Menghitung rata-rata semua eksperimen

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{n} \dots\dots\dots(3)$$

Menghitung nilai rata-rata setiap level faktor

$$\bar{y}_{jk} = \frac{\sum \bar{y}_{ijk}}{n_{ijk}} \dots\dots\dots(4)$$

Membuat tabel respon dan grafik respon nilai mean dan nilai SN ratio

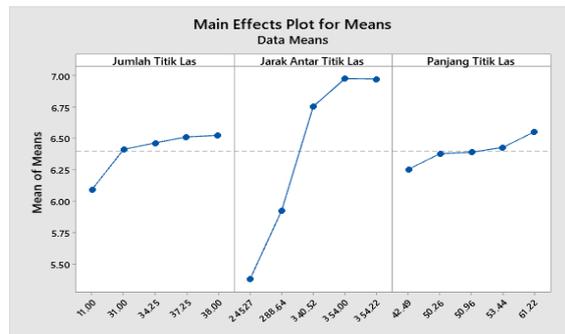
Jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las dari proses optimasi taguchi ini bisa diprediksi nilainya dengan memberikan level pada tiap faktor. Nilai ini bisa diperoleh dari pengolahan data Taguchi dengan Minitab® 19 yang ditunjukkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4 Nilai mean jumlah titik las, jarak antar titik las, dan pajang titik las

Level	Jumlah Titik Las	Jarak Antar Titik Las	Panjang Titik Las
1	6.092	5.375	6.254
2	6.412	5.925	6.378
3	6.464	6.755	6.390
4	6.512	6.977	6.429
5	6.254	6.974	6.554
Delta	0.432	1.602	0.299
Rank	2	1	3

Berdasarkan tabel 4 maka bisa dilihat bahwa pengaruh dalam pembuatan *king cross* ialah yang pertama jarak antar titik las, kedua jumlah titik las, dan ketiga panjang titik las. Dengan nilai jarak antar titik las, jumlah titik las, dan panjang titik las

sebesar 1.602, 0.432, dan 0.299. Berikut merupakan grafik dari nilai mean.



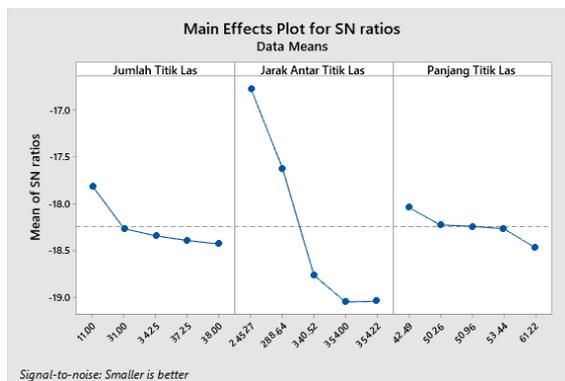
Gambar 4 Plot mean dari nilai jumlah titik las, Jarak antar titik las, dan rata-rata panjang titik las

Berdasarkan gambar 4 tentang mean dari jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las memperlihatkan bahwa jumlah titik las dengan jumlah 11 titik memiliki nilai mean yang terendah, pada jarak antar titik las dengan panjang 245.27mm mendapatkan nilai mean terendah, dan pada panjang titik las dengan panjang 42.49 mm mendapatkan nilai mean yang terendah.

Tabel 5 Nilai SN ratio jumlah titik las, jarak antar titik las, dan pajang titik las

Level	Jumlah Titik Las	Jarak Antar Titik Las	Panjang Titik Las
1	-17.81	-16.77	-18.03
2	-18.26	-17.61	-18.22
3	-18.34	-18.76	-18.24
4	-18.39	-19.04	-18.26
5	-18.42	-19.03	-18.46
Delta	0.62	2.27	0.43
Rank	2	1	3

Berdasarkan perhitungan *signal to noise rasio* dengan bantuan minitab19 maka faktor utama yang mempengaruhi ialah jarak antar titik las dengan selisih 2.27, faktor kedua jumlah titik las dengan selisih 0.62, dan faktor ketiga ialah panjang titik las dengan selisih 0.43.



Gambar 5 Plot SN ratio nilai jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las (*smaller the better*)

Berdasarkan gambar 5 *signal to noise ratio* menunjukkan bahwa semakin kecil semakin baik. Pada jumlah titik las yang mendapatkan nilai SN ratio terendah ialah 38 titik, pada jarak antar titik las yang mendapatkan nilai SN ratio terendah ialah 354.22 mm, dan pada panjang titik las yang mendapatkan nilai SN ratio terendah ialah 61.22 mm.

Menghitung nilai total *sum of square*

$$SS_{total} = \sum Y^2 \dots\dots\dots(5)$$

Menghitung nilai *sum of square due to mean*

$$mean(S_m) = n\bar{y}^2 \dots\dots\dots(6)$$

Menghitung *sum of square due to factor*

$$SS_A = (n_{A1}x\bar{A1}^2) + (n_{A2}x\bar{A2}^2) + (n_{A3}x\bar{A3}^2) + (n_{A4}x\bar{A4}^2) + (n_{A5}x\bar{A5}^2) - SS_m \dots\dots\dots(7)$$

Menghitung nilai *sum of square due to error*

$$SS_e = SS_{total} - S_m - (SS_A + SS_B + SS_C) \dots\dots(8)$$

Menghitung derajat kebebasan

$$DF_A = \text{Jumlah level} - 1 \dots\dots\dots(9)$$

Menghitung nilai mean *sum of square*

$$MS_A = \frac{SS_A}{DF_A} \dots\dots\dots(10)$$

Menghitung nilai F ratio

$$F = \frac{MS_A}{MS_e} \dots\dots\dots(11)$$

Menghitung *pure sum of square*

$$SS'_A = SS_A - (DF_A x M_e) \dots\dots\dots(12)$$

Berikut merupakan tabel hasil perhitungan analisis variansi (ANOVA) nilai mean dan nilai SN ratio.

Tabel 6 Hasil perhitungan ANOVA nilai mean

Sumber	SS	DF	MS	F Rasio	SS'
A	0.634	4	0.15	10,934,001	0.6
B	10.32	4	2.58	177,961,486	10
C	0.231	4	0.05	3,990,821	0.2
Error	58x10 ⁻⁹	4	145x10 ⁻¹⁰	1	
Mean	1024	1			
S _{total}	1035	25			

Hasil perhitungan ANOVA nilai mean seperti yang disajikan tabel 6 memperlihatkan bahwa nilai *error* yang didapat oleh *sum of square* sebesar 58 x 10⁻⁹ dan nilai *error* yang didapat oleh nilai mean *sum of square* sebesar 145 x 10⁻¹⁰. Dari semua nilai yang disajikan pada tabel 6, sumber B atau jarak antar titik las memiliki nilai tertinggi.

Sedangkan hasil perhitungan ANOVA nilai SN ratio seperti yang disajikan tabel 7 memperlihatkan bahwa nilai *error* yang didapat oleh *sum of square* sebesar 0.01292 dan nilai *error* yang didapat oleh nilai mean *sum of square* sebesar 0.003. Dari semua nilai yang disajikan pada tabel 6, sumber B atau jarak antar titik las memiliki nilai tertinggi.

Tabel 7 Hasil perhitungan ANOVA nilai SN ratio

Sumber	SS	DF	MS	F Rasio	SS'
A	1.26387	4	0.315	97.7	0.634
B	20.4397	4	5.109	1,581	10.32
C	0.46552	4	0.116	36	0.231
Error	0.01292	4	0.003	1	
Mean	3843.29	1			
S _{total}	3865.48	25			

Pembahasan

Dari hasil analisis DOE metode Taguchi dengan Minitab® 19 dan Matlab bisa diketahui pula kombinasi parameter proses mana yang memberikan nilai maksimum, sekalipun kombinasi parameter tersebut tidak dilakukan pada eksperimen. Pada hasil perhitungan diperoleh nilai mean jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las yang ditampilkan dalam bentuk plot pada gambar 4.

Untuk mengetahui parameter proses yang memberikan nilai respon yang optimal dari plot Taguchi bisa melihat dari posisi plot yang paling optimum untuk kondisi karakteristik kualitas *smaller the better*. Dari gambar 4 dapat diketahui bahwa jumlah titik las dengan jumlah 11 titik memiliki nilai mean yang terendah, pada jarak antar titik las dengan panjang 245.27mm mendapatkan nilai mean

terendah, dan pada panjang titik las dengan panjang 42.49 mm mendapatkan nilai mean yang terendah.

Jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las dari proses optimasi taguchi ini bisa diprediksi nilainya dengan memberikan level pada tiap faktor. Nilai ini bisa diperoleh dari pengolahan data Taguchi dengan Minitab® 19 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Pada analisis variansi nilai mean memiliki nilai *error* 0.00000058, sehingga dengan demikian faktor yang paling mempengaruhi pada proses *build up setting king cross* ialah jarak antar titik las.

Dari Gambar 5 Plot SN ratio nilai jumlah titik las, jarak antar titik las, dan panjang titik las (smaller the better) diketahui bahwa jumlah titik las yang mendapatkan nilai SN ratio terendah ialah 38 titik, pada jarak antar titik las yang mendapatkan nilai SN ratio terendah ialah 354.22 mm, dan pada panjang titik las yang mendapatkan nilai SN ratio terendah ialah 61.22 mm.

Pada Analisis variansi nilai SN ratio memiliki nilai *error* 0.012926788, sehingga nilai optimal pada jumlah titik las ialah 38 titik dalam 15420 atau 2.464332036 pada tiap meternya, jarak antar titik las 354.22mm, dan panjang titik las sebesar 61.22 mm.

Bagian ini memuat data (dalam bentuk ringkas), analisis data dan interpretasi terhadap hasil. Pembahasan dilakukan dengan mengkaitkan studi empiris atau teori untuk interpretasi. Jika dilihat dari proporsi tulisan, bagian ini harusnya mengambil proporsi terbanyak, bisa mencapai 50% atau lebih. Bagian ini bisa dibagi menjadi beberapa sub bab, tetapi tidak perlu mencantumkan penomorannya.

KESIMPULAN

Setelah melakukan rangkaian langkah-langkah dalam melakukan analisis menggunakan metode Taguchi yang dibantu oleh aplikasi Matlab 2018b dan Minitab®19. Maka dapat diprediksi bahwa, nilai optimal pada *build up setting king cross* didapat jumlah titik las sebanyak 38 titik dalam 15420 mm atau 2.464332036 titik las pada tiap meternya, dengan jarak antar titik las sejauh 354.22mm, dan panjang titik las sepanjang 61.22 mm. Berdasarkan nilai mean yang didapat, maka faktor utama yang berpengaruh *build up setting king cross* ialah jarak antar titik las dengan nilai 1.602.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya ucapkan kepada seluruh pihak yang sudah membantu dan mendukung baik dari segi finansial maupun non finansial, terutama

kepada orang tua saya, terima kasih karena selalu mendoakan yang terbaik dan juga kepada dosen pembimbing, terima kasih karena sudah membimbing saya dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Xiangyang Jian, Haiqing Liu, Zhongwei Zhao, Xiufeng Wu, Ming Lei, dan Zimu Chen. A study of the mechanical behavior of rectangular steel tubular column strengthened using intermittent welding angle steel. Structures, Vol. 33, 2021.
- [2] Khedmatia M.R., Mehran R., dan Khosrow G. Numerical study on the permissible gap of intermittent fillet welds of longitudinally stiffened plates under in plane axial compression. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 63, 2007.
- [3] Khedmati, M.R., Mehran R., Khosrow G. Ultimate strength and ductility characteristics of intermittently welded stiffened plates. Journal of Constructional Steel Research, Vol. 65, 2009.
- [4] Purboningtyas A.S., Suswanto Budi, dan Kristijanto Heppy. Modifikasi Perencanaan Struktur Gedung Hotel Santika Bekasi Menggunakan King Cross Column dan Octogonal Castellated Beam. Repository ITS, 2016, pp.1-6.
- [5] Segui W.T., Steel Design, Fourth. THOMSON, 2007.
- [6] Jeffus L., Welding: Principles and Applications, Eighth ed. Boston: Cengage Learning, 2017.
- [7] Marlow F.M., Welding fabrication & repair: questions and answers. New York: Industrial Press Inc., 2002.
- [8] Oentoeng, Konstruksi Baja, vol. 06, no. 01. 2013.
- [9] Damayanti M.K., "Desain Parameter Eksperimen untuk Optimasi Nilai Frangibility Factor Material Komposit dengan Metode Taguchi dan Neural Network," Library ITS Undergraduate, 2017.
- [10] Timings R., Fabrication and Welding Engineering. New York: Newnes, 2008.