

## Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode *Robust Design* untuk Mengurangi Jumlah Cacat Produk

Adzani Sofyanti \*, Rakhmat Ceha, Luthfi Nurwandi

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

adzani.sofyanti2107@gmail.com, rceha@unisba.ac.id, luthfiutamab@gmail.com

**Abstract.** PT. X is an industrial company that produces footwear. The problem faced by the company is that the defect rate exceeds the company's established tolerance limit of 2% it must be minimized to reduce losses. The types of defects that occur include tilted shoe lasting and torn uppers. To minimize defects begin with identifying the factors causing defects using Statistical Quality Control (SQC). After obtaining the highest defect rate for the shoes produced, experiments are conducted based on the factors causing defects using the Robust Design method. This research aims to create an optimal composition design to minimize losses and losses experienced by the company. The factors used in developing the experimental plan were temperature (°C), pressure (kg), and shoe drying time (minutes). The results of the research indicated that the most dominant factor was pressing, with an optimal composition design of A2 – B1 – C2, encompassing a temperature of 46.57 °C, a pressure of 1.2 kg, and a shoe drying time of 13 minutes. This indicates that the company can minimize losses due to product loss during the production process at PT Primarindo Asia Infrastructure Tbk.

**Keywords:** *Quality Control, Robust Design, Statistical Quality Control (SQC).*

**Abstrak.** PT. X merupakan sebuah perusahaan industri yang menghasilkan produk sepatu. Permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan ini adalah tingkat kecacatan yang melebihi batas toleransi yang telah ditetapkan oleh perusahaan sebesar 2%, sehingga kecacatan tersebut harus diminimalisir guna mengurangi kerugian yang dialami. Jenis kecacatan yang terjadi yaitu lasting miring dan upper sepatu sobek. Upaya yang dilakukan untuk meminimalisir kecacatan dimulai dengan mengidentifikasi faktor penyebab kecacatan dengan menggunakan *Statistical Quality Control (SQC)*. Setelah memperoleh tingkat kecacatan tertinggi dari sepatu yang diproduksi, melakukan eksperimen berdasarkan faktor penyebab terjadinya kecacatan dengan menggunakan metode *Robust Design*. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancangan komposisi yang optimal untuk meminimalisir kecacatan dan kerugian yang dialami perusahaan. Faktor yang digunakan dalam membuat rancangan eksperimen tersebut yaitu suhu (°C), pressing (Kg) dan juga waktu pengeringan sepatu (menit). Hasil penelitian menunjukan bahwa faktor paling dominan adalah faktor pressing dengan rancangan komposisi yang optimal yaitu A2 – B1 – C2 yang meliputi suhu sebesar 46,57 °C, tekanan sebesar 1,2 kg dengan durasi pengeringan sepatu selama 13 menit. Hal tersebut memberikan indikasi bahwa dapat meminimalisir kerugian yang dialami perusahaan yang diakibatkan kecacatan produk saat proses produksi berlangsung di PT. X.

**Kata Kunci:** *Pengendalian Kualitas, Robust Design, Statistical Quality Control (SQC).*

## A. Pendahuluan

PT. X merupakan salah satu perusahaan yang berfokus dalam industri alas kaki, PT. X berkomitmen untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi yang memenuhi kebutuhan konsumen. Namun, dalam beberapa periode terakhir, perusahaan mengalami tingkat *defect* atau kecacatan yang cukup tinggi dan melebihi 2% sebagai toleransi kecacatan yang sudah ditetapkan pada produk sepatu yang dihasilkan. Permasalahan ini terbukti menjadi hambatan signifikan dalam upaya peningkatan kualitas produk dan kepuasan pelanggan serta berdampak pada efisiensi biaya produksi. Kecacatan produk tinggi butuh strategi perbaikan yang tidak hanya mengidentifikasi sumber masalah, tetapi juga memastikan kestabilan performa proses produksi terhadap variasi yang tidak diinginkan. Maka dari itu, penerapan *Robust Design* menjadi solusi yang baik untuk meminimalkan variabilitas proses terhadap kualitas produk.

*Robust Design* merupakan pendekatan yang dikembangkan untuk mengoptimalkan proses dan produk sehingga lebih tahan terhadap *noise* faktor variasi, baik yang berasal dari proses internal maupun lingkungan eksternal (Phadke, 1989). Walaupun penelitian sebelumnya telah memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan *Robust Design*, sebagian besar studi masih banyak menerapkannya pada domain produk industri komponen mekanik dan otomotif. Penelitian konsep *Robust Design* dalam konteks industri sepatu masih relatif minim dalam literatur ilmiah.

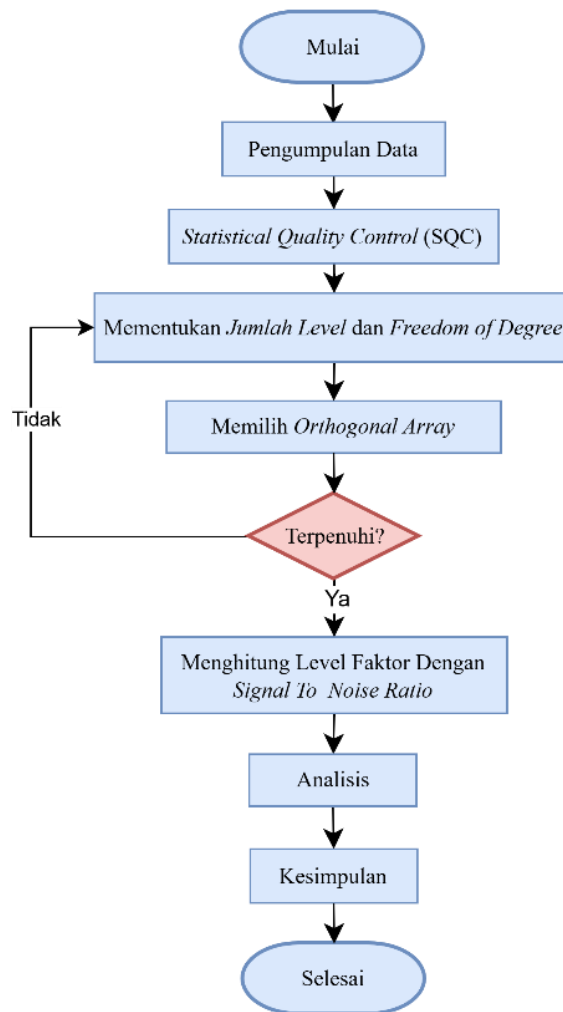
*Statistical Quality Control* (SQC) berfokus pada analisis variasi proses yang diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu variasi yang bersifat acak (*common cause variation*) dan variasi yang disebabkan oleh faktor tertentu (*special cause variation*). Variasi acak merupakan variasi alami yang melekat pada sistem produksi, sedangkan variasi khusus muncul akibat gangguan tertentu seperti kesalahan operator, kerusakan mesin, atau ketidaksesuaian material, melalui alat-alat statistik memungkinkan perusahaan untuk mendeteksi proses sejak dini serta menentukan tindakan korektif (Oakland, 2014).

Berbeda dengan penelitian terdahulu, penelitian ini memfokuskan pada analisis *Robust Design* terhadap variabilitas yang terjadi dalam proses produksi sepatu di PT.X dengan fokus pada identifikasi terhadap proses yang memiliki dampak signifikan terhadap kecacatan produk. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi perusahaan maka perlu dilakukan perbaikan kualitas produk dengan tujuan:

1. Mengidentifikasi faktor penyebab kecacatan produk yang paling tinggi pada produk di PT.X.
2. Mendesain *experiment* yang dapat meminimalisir kecacatan pada produk di PT. X.
3. Memberikan kombinasi percobaan yang optimal untuk perbaikan kualitas produk dengan menggunakan metode *Robust Design*.

## B. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tujuan menganalisis dan meminimalkan tingkat kecacatan produk sepatu melalui penerapan *Robust Design*. Objek penelitian adalah alas kaki yang diproduksi di PT.X yang mengalami kecacatan cukup tinggi. Penelitian ini dilakukan dengan memanfaatkan data primer dan data sekunder sebagai dasar analisis. Data primer diperoleh secara langsung dari hasil observasi, wawancara yang dilakukan dengan kepala departemen dan kepala laborat serta mengisi lembar pengamatan di departemen *assembling* serta pencatatan tingkat kecacatan produk yang terjadi selama periode penelitian. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari dokumen internal perusahaan, seperti laporan kualitas, jenis kecacatan dan jumlah produksi kecacatan sepatu. Kombinasi kedua jenis data tersebut digunakan untuk mendukung analisis eksperimen dan pengambilan keputusan dalam perancangan *Robust Design*. Penelitian ini digambarkan secara singkat seperti pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Metodologi Penelitian

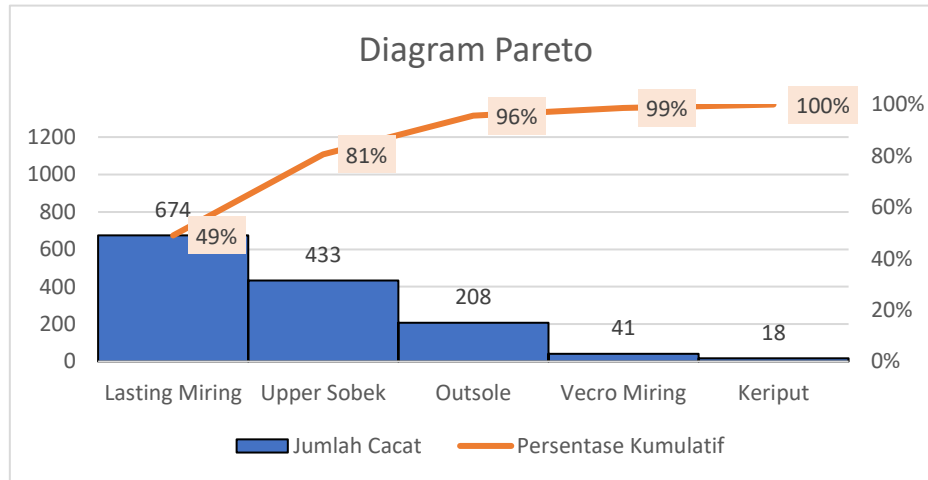
Penelitian ini melibatkan beberapa *tools* pada pengendalian kualitas yang dilakukan, berikut ini merupakan penjelasan secara singkat pengendalian kualitas yang digunakan:

1. Diagram Pareto: berfungsi untuk memisahkan faktor-faktor yang paling signifikan dari sekian banyak faktor penyebab sehingga upaya perbaikan dapat difokuskan pada masalah yang paling berpengaruh terhadap kualitas (Montgomery, 2017)
2. Diagram Sebab-Akibat: menjelaskan bahwa diagram ini digunakan untuk menganalisis hubungan sebab dan akibat secara *visual* sehingga organisasi dapat memfokuskan upaya perbaikan pada penyebab utama, bukan hanya gejala masalah (Goetsch, D. L., & Davis, S. 2014)
3. Peta Kendali: peta kendali digunakan untuk memastikan proses produksi berjalan konsisten dari waktu ke waktu dan menjadi dasar penting dalam pengendalian kualitas berkelanjutan (Evans & Lindsay, 2020)
4. *Orthogonal Array*: menekankan bahwa orthogonal array membantu peneliti dan praktisi industri dalam pengambilan keputusan berbasis data dengan memfokuskan eksperimen pada kombinasi faktor yang paling informatif. Dengan demikian, orthogonal array berfungsi sebagai kerangka eksperimen yang efisien, sistematis, dan ekonomis untuk menganalisis pengaruh faktor dalam upaya peningkatan kualitas dan perbaikan proses. (Antony, 2014)
5. *Analysis of Variance* (ANOVA): merupakan alat penting dalam analisis eksperimen karena mampu mengevaluasi pengaruh satu atau lebih faktor secara simultan terhadap suatu respon kuantitatif (Kutner et al 2005)

### C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan alat yang mempermudah untuk dilakukan pada proses perbaikan untuk mengetahui jenis cacat dari terbesar hingga jenis cacat yang terkecil (Wijaya, 2022)

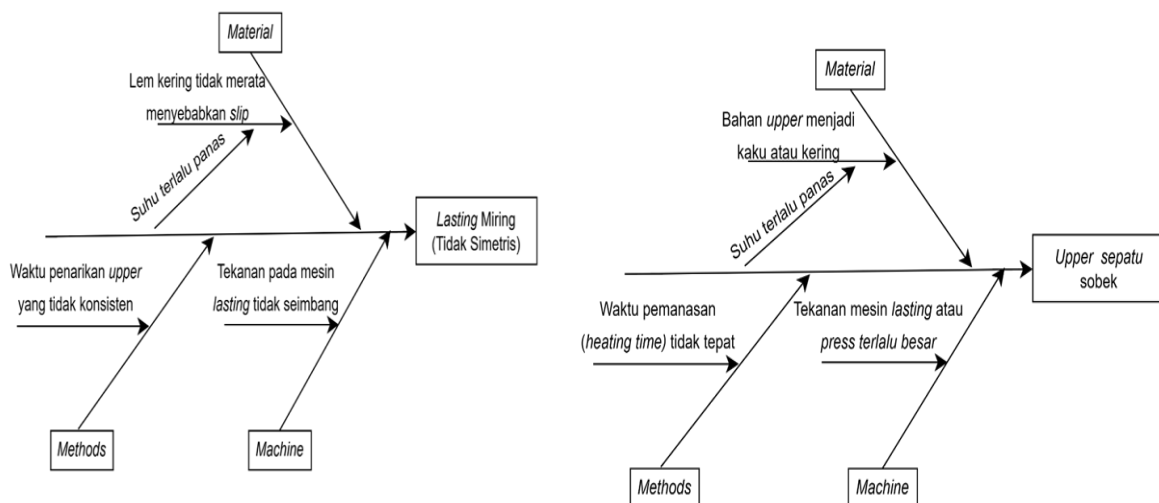


**Gambar 2.** Diagram Pareto Kecacatan Sepatu

Berdasarkan hasil tersebut dapat dikatakan bahwa cacat dominan yaitu adalah *lasting* miring dengan jumlah 49% serta *upper* sobek sebesar 32%. Sehingga kedua jenis kecacatan tersebut menjadi prioritas yang harus segera diperbaiki. Kecacatan tersebut dapat disebabkan oleh proses yang terjadi seperti proses pengeleman, proses *press*, proses pengeringan, sehingga proses tersebut harus diamati dan diteliti untuk perbaikan pada kecacatan yang terjadi.

#### Diagram Fishbone

Diagram *Fishbone* digunakan sebagai alat analisis sebab-akibat yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mendokumentasikan penyebab potensial suatu masalah kualitas. *Fishbone Diagram* banyak digunakan dalam program peningkatan kualitas karena kemampuan menyederhanakan masalah kompleks menjadi struktur yang mudah dipahami (Bassard, M. & Ritter, D., 2010). Berikut permasalahan yang terjadi di PT. X yang dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram *Fishbone*

Hasil pada diagram *fishbone* menunjukkan bahwa dari kedua kecacatan tersebut diperoleh ketiga faktor utama yang berpotensi menyebabkan kecacatan, ketiga faktor tersebut adalah suhu, *pressing* dan waktu. Sehingga perlunya peta kendali untuk membuat batasan pada faktor yang akan diuji.

### Peta Kendali

Peta Kendali digunakan untuk memastikan proses produksi berjalan konsisten dari waktu ke waktu dan menjadi dasar penting dalam pengendalian kualitas berkelanjutan (Evans dan Lindsay, 2017)



**Gambar 4.** Peta Kendali Faktor Suhu, *Pressing*, dan Waktu

### Penentuan Kode, Level dan Derajat Kebebasan

Setelah dibuat batasan dengan peta kendali, maka diperoleh dua level uji untuk masing-masing faktor. Kemudian setiap faktor diberikan kode untuk mempermudah saat perhitungan dilakukan yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel. 1** Kode Faktor dan Level

| Kode | Faktor               | Level |      |
|------|----------------------|-------|------|
|      |                      | 1     | 2    |
| A    | Suhu (°C)            | 45,5  | 46,7 |
| B    | <i>Pressing</i> (Kg) | 1,2   | 1,4  |
| C    | Waktu (Menit)        | 6,4   | 13,3 |

Berdasarkan penentuan level dan faktor tersebut, maka selanjutnya adalah menghitung derajat kebebasan. Derajat kebebasan dihitung dengan tujuan untuk menentukan jumlah nilai yang bebas untuk bervariasi dalam perhitungan statistik setelah beberapa batasan atau ketentuan dikenakan.

**Tabel. 2** Derajat Kebebasan

| Kode                     | Faktor        | Jumlah Level (j) | V = j – 1 |
|--------------------------|---------------|------------------|-----------|
| A                        | Suhu (°C)     | 2                | 1         |
| B                        | Pressing (Kg) | 2                | 1         |
| C                        | Waktu (Menit) | 2                | 1         |
| <b>Degree of Freedom</b> |               |                  | 3         |

Hasil perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa total derajat kebebasan pada penelitian ini yaitu 3, dimana penelitian ini dilakukan dengan tiga faktor dan dua level faktor yang mencakup suhu, pressing dan waktu.

### **Orthogonal Array**

*Orthogonal Array* digunakan untuk menyederhanakan perancangan eksperimen ketika sumber daya terbatas. *Orthogonal array* atau matriks *orthogonal* memungkinkan pengujian faktor-faktor kunci yang paling berpengaruh terhadap kualitas proses tanpa harus menguji seluruh kombinasi faktor secara lengkap (Montgomery & Runger, 2014)

**Tabel 3.** Orthogonal Array

| Perc. | Faktor Suhu (A) | Faktor Pressing (B) | Faktor Waktu (C) | Perc. | Faktor Suhu (A) | Faktor Pressing (B) | Faktor Waktu (C) |
|-------|-----------------|---------------------|------------------|-------|-----------------|---------------------|------------------|
| 1     | 1               | 1                   | 1                | 1     | 45,69           | 1,18                | 11,41            |
| 2     | 1               | 1                   | 2                | 2     | 45,48           | 1,41                | 14,31            |
| 3     | 1               | 2                   | 1                | 3     | 45,31           | 1,21                | 13,64            |
| 4     | 1               | 2                   | 2                | 4     | 45,35           | 1,18                | 5,81             |
| 5     | 2               | 1                   | 1                | 5     | 45,30           | 1,23                | 3,05             |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..    | ..              | ..                  | ..               |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..    | ..              | ..                  | ..               |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..    | ..              | ..                  | ..               |
| 28    | 1               | 2                   | 2                | 28    | 45,69           | 1,29                | 18,05            |
| 29    | 2               | 1                   | 1                | 29    | 46,01           | 1,20                | 14,10            |
| 30    | 2               | 1                   | 2                | 30    | 46,76           | 1,26                | 9,69             |

Penelitian ini menggunakan *orthogonal array* L8(2<sup>3</sup>) dimana penelitian ini melibatkan 2 level, 3 faktor dan minimal 8 kali percobaan. Namun, untuk meningkatkan estimasi ANOVA, simulasi dilakukan sebanyak 30 kali, yang kemudian menentukan replikasi dengan persamaan.

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15 \quad \dots(1)$$

$$(30 - 1)(r - 1) \geq 15$$

$$(29)(r - 1) \geq 15$$

$$29r - 29 \geq 15$$

$$r \geq 44/29$$

$$r > 1.517 \approx 2 \text{ replikasi}$$

Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa dengan 30 percobaan yang dilakukan pada proses produksi sepatu perlu dilakukan dengan 2 replikasi. Perhitungan level faktor pada rata-rata cacat dari produk sepatu berdasarkan 2 replikasi yang telah dihitung, maka perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Perhitungan Level Faktor Pada Rata-rata Cacat

| Perc. | Faktor Suhu (A) | Faktor Pressing (B) | Faktor Waktu (C) | Jumlah Cacat |      | Rata-rata |
|-------|-----------------|---------------------|------------------|--------------|------|-----------|
|       |                 |                     |                  | Y1           | Y2   |           |
| 1     | 45,69           | 1,18                | 11,41            | 0,06         | 0,08 | 0,07      |
| 2     | 45,48           | 1,41                | 14,31            | 0,04         | 0,08 | 0,06      |
| 3     | 45,31           | 1,21                | 13,64            | 0,07         | 0,1  | 0,085     |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..           | ..   | ..        |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..           | ..   | ..        |
| 28    | 45,69           | 1,29                | 18,05            | 0,07         | 0,04 | 0,055     |
| 29    | 46,01           | 1,20                | 14,10            | 0,06         | 0,08 | 0,07      |
| 30    | 46,76           | 1,26                | 9,69             | 0,08         | 0,07 | 0,075     |

**Pengaruh Level Faktir Terhadap Variabilitas (*Signal to Noise Ratio*)**

Perhitungan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan setiap level faktor pada variabilitas dengan menggunakan Signal to Noise Ratio. Perhitungan yang dilakukan meliputi Signal to Noise Ratio dengan memperhatikan berasan variabilitas kecacatan yang diperoleh masing-masing faktor yang mempengaruhi, sehingga hasil perhitungan akan menunjukan faktor apa saja yang menimbulkan kecacatan pada produk sepatu yang diperoleh.

**Tabel 5.** Rekapitulasi S/N Ratio

| Perc. | Faktor Suhu (A) | Faktor Pressing (B) | Faktor Waktu (C) | Jumlah Cacat |      | Rata-Rata | S/N Ratio |
|-------|-----------------|---------------------|------------------|--------------|------|-----------|-----------|
|       |                 |                     |                  | Y1           | Y2   |           |           |
| 1     | 45,69           | 1,18                | 11,41            | 0,06         | 0,08 | 0,07      | 23,01     |
| 2     | 45,48           | 1,41                | 14,31            | 0,04         | 0,08 | 0,06      | 23,98     |
| 3     | 45,31           | 1,21                | 13,64            | 0,07         | 0,1  | 0,085     | 21,28     |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..           | ..   | ..        | ..        |
| ..    | ..              | ..                  | ..               | ..           | ..   | ..        | ..        |
| 28    | 45,69           | 1,29                | 18,05            | 0,07         | 0,04 | 0,055     | 24,88     |
| 29    | 46,01           | 1,20                | 14,10            | 0,06         | 0,08 | 0,07      | 23,01     |
| 30    | 46,76           | 1,26                | 9,69             | 0,08         | 0,07 | 0,075     | 22,48     |

**Analysis of Variance (ANOVA)**

ANOVA bekerja dengan membandingkan variasi antar kelompok dan variasi di dalam kelompok untuk menentukan apakah suatu faktor perlakuan memberikan pengaruh yang bermakna terhadap variabel respon (Field, 2018)

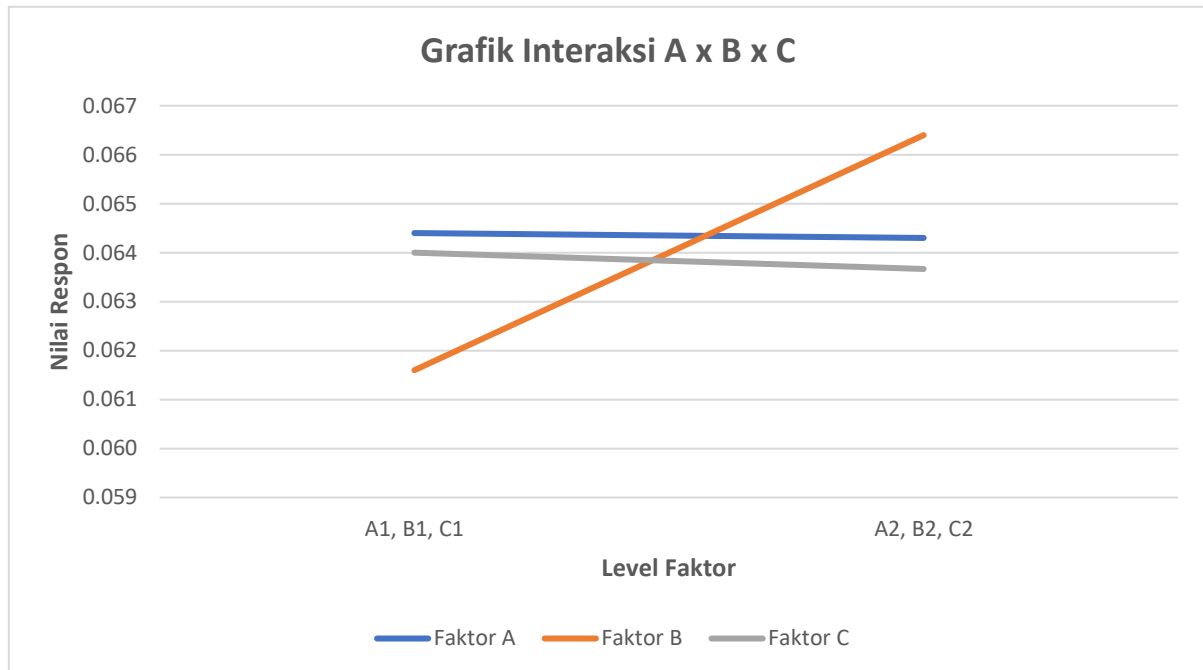
**Tabel 6.** ANOVA

| Faktor | Derajat Kebebasan | Jumlah Kuadrat | Jumlah Kuadrat Tengah | F Hitung | Persentase Kontribusi |
|--------|-------------------|----------------|-----------------------|----------|-----------------------|
| A      | 1                 | 0,01           | 0,01                  | 0,35     | 0,18%                 |
| B      | 1                 | 3,05           | 3,05                  | 158,8    | 82,92%                |
| C      | 1                 | 0,12           | 0,12                  | 6,39     | 3,33%                 |
| E      | 26                | 0,50           | 0,019                 | 0        | 13,57%                |
| Total  | 29                | 3,67           | 3,19                  | 165,6    | 100%                  |

Persentase kontribusi dari masing masing faktor pun menunjukan bahwa faktor A (suhu) memperoleh sebesar 0,18% terhadap total variasi cacat, lalu faktor B (Pressing) sebesar 82,92% dan faktor waktu memperoleh nilai 3,33%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa, faktor pressing merupakan faktor paling dominan dalam mempengaruhi jumlah cacat. Maka dari itu, pengendalian kualitas akan difokuskan pada pengaturan pressing untuk meminimalisir jumlah cacat pada produksi sepatu.

### Analisis dan Pembahasan

Penelitian ini melakukan analisis menggunakan grafik interaksi, grafik interaksi tidak hanya berfungsi sebagai alat eksplorasi data, tetapi juga sebagai sarana validasi hasil analisis statistik, seperti *analysis of variance* (ANOVA). Grafik ini membantu memastikan bahwa efek interaksi yang teridentifikasi secara statistik dapat dipahami secara praktis dan aplikatif dalam proses produksi (Wu & Hamada, 2009). Grafik interaksi pada penelitian ini dilakukan sebanyak 7 kali, dimana dilakukan antar faktor kemudian grafik interaksi keseluruhan untuk melihat interaksi antar faktor apakah saling berhubungan atau tidak. Hubungan keseluruhan faktor dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Grafik Interaksi

Berdasarkan grafik interaksi seluruh faktor ( $A \times B \times C$ ) menunjukkan pola perubahan kecacatan yang berbeda untuk masing-masing faktor. Ketika berpindah dari kombinasi A1,B1,C1 ke A2,B2,C2. Faktor suhu mengalami penurunan kecacatan, faktor *pressing* mengalami kenaikan kecacatan yang cukup signifikan dan faktor waktu mengalami penurunan kecil. Pola garis yang tidak sejajar dan menunjukkan arah perubahan yang sangat berbeda terutama antara faktor suhu dan faktor *pressing* yang bergerak berlawanan mengindikasikan adanya potensi interaksi tiga arah (*three-way interaction*) antara faktor suhu, *pressing* dan waktu ( $A \times B \times C$ ). Interaksi ini menunjukkan bahwa efek faktor terhadap kecacatan saling berhubungan, karena dapat berubah pada kombinasi level faktor lainnya, seperti jika suhu dinaikan maka akan berpengaruh kepada faktor waktu dan *pressing*. Begitupun dengan faktor yang lain, jika diubah maka akan berpengaruh kepada faktor lainnya. Dari grafik terlihat bahwa faktor *pressing* meningkat tajam sementara faktor suhu menurun, dapat disimpulkan bahwa faktor *pressing* tampak memberikan pengaruh paling besar dalam kombinasi tiga faktor tersebut. Secara keseluruhan, grafik interaksi seluruh faktor ini memperlihatkan bahwa kecacatan akhir dipengaruhi oleh kombinasi simultan ketiga faktor, bukan efek masing-masing faktor saja. Sehingga kombinasi optimal yang disarankan kepada PT. X untuk menurunkan kecacatan adalah A2, B1 dan C2, dengan level A2 (suhu level 2) 46,57°C, B1 (*pressing* level 1) 1,2 kg dan C2 (waktu level 2) waktu selama 13 menit. Kombinasi tersebut dipilih karena, nilai terhadap respon cacat dari setiap faktor dipilih nilai yang terkecil.



#### D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan perhitungan dan analisa yang dilakukan, terlihat bahwa faktor yang paling berpengaruh terhadap kecacatan dalam proses produksi adalah faktor B (*pressing*).
2. Hasil dari grafik interaksi antara faktor *pressing* dan waktu (B x C) Y1 menunjukkan interaksi yang paling signifikan karena arah efeknya berlawanan sehingga diketahui memiliki interaksi antar faktor dan berpengaruh terhadap perubahan cacat.
3. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menunjukkan usulan perbaikan yang optimal adalah A2 (suhu level 2) 46,57°C, B1 (*pressing* level 1) 1,2 kg dan C2 (waktu level 2) waktu selama 13 menit. Kombinasi ini memberikan indikasi dapat menghasilkan jumlah cacat paling sedikit dan dapat menjadi rekomendasi untuk perbaikan pengendalian kualitas di PT. X di departemen *assembling*.

#### Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada PT. X yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian.

#### Daftar Pustaka

- Antony, J. (2014). *Design of Experiments for Engineers and Scientists 2nd Edition*,. London: Elsevier.
- Brassard, M. &. Ritter, D. (2010). *The memory jogger II*. ASQ Quality Press.
- Evans, J. R. &. Lindsay, W. M. (2020). *Managing for Quality and Performance Excellence*.
- Field, A. (2018). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics*. Newbury Park: 5th Edition, Sage.
- Goetsch, D. L. & Davis, S. B. (2016). *Quality Management for Organizational Excellence: Introduction to total quality* (8th ed.). Pearson, Upper Saddle River.
- Kutner, M. H. (2005). *Applied linear statistical models*. Boston: McGraw-Hill Irwin.
- Montgomery, D. (2017). *Design and Analysis of Experiments Arisona, State University. Ninth Edition*. New York: John Wiley & Sons.
- Montgomery, D. C. & Runger, G. C.(2014). *Applied Statistics and Probability for Engineers*. Wiley.
- Oakland, J. S. (2014). *Total Quality Management and Operational Excellence (4th ed.)*. Routledge.
- Phadke, M. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design*. Prentice Hall: Englewood Cliffs.
- Wijaya, H. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Beras dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control di UD. Penggilingan Beras Putri Jaya. *Jurnal Intent*, 5(1), 131-142.
- Wu, C. F. J., & Hamada, M. S. (2009). *Experiments: Planning, Analysis, and Optimization* (2nd ed.). Wiley
- Siti Nur Hamidah, Aprilia H. Pengendalian Kualitas Produk Cacat Produksi E-Clips Menggunakan Metode Six Sigma. *Jurnal Riset Teknik Industri*. 2024 Dec 30;141–54. doi:10.29313/jrti.v4i2.5439

Muhammad Yudio Saralino, Puti Renosori. Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode SQC dan TRIZ. Jurnal Riset Teknik Industri. 2024 Jul 9;49–58. doi:10.29313/jrti.v4i1.3841

Saeful Nurochim, As'ad NR, Rukmana AN. Perancangan Produk Waistbag dengan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). Jurnal Riset Teknik Industri. 2021 Jul 6;1(1):1–13. doi:10.29313/jrti.v1i1.91