

Analisis Pengaruh Kebisingan, Temperatur dan Pencahayaan Terhadap Produktivitas Kerja Pengeleman Amplop Secara Manual

Brury Jatmiko, Bambang Suhardi , Rahmadiyah Dwi Astuti*
Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Abstract

This research explores the analysis of the optimum setting for the noise (80dB, 77dB, 80dB), temperature (18°C, 24°C, 34°C) and illumination (155lux, 200lux, 300lux) to optimize manually envelope folding jobs productivity. The analysis that will be implemented here is design experiments factorial method to determine the significant factors that influence manually envelope folding jobs productivity. Also, the response surface method will be applied to obtain the approximation model for manually envelope folding jobs productivity as a function of the factor found earlier so that the most optimum result can be obtained under a design optimization method.

Keywords : *productivity, experiments design, factorial design, response surface.*

1. Pendahuluan

Manusia akan mampu melaksanakan kegiatannya dengan baik dan mencapai hasil yang optimal apabila lingkungan kerjanya mendukung. Kondisi kualitas lingkungan yang baik akan memberikan rasa nyaman dan sehat yang mendukung kinerja dan produktivitas manusia (A. Hedge dan M. Navai, 2003). Lingkungan kerja dipengaruhi beberapa kondisi, yaitu kondisi temperatur, kondisi kebisingan, kondisi pencahayaan, kualitas udara dan getaran.

PT. Solo Murni merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri pembuatan produk-produk dari kertas. Pembuatan produk tersebut saat ini masih dilakukan secara manual, sehingga perusahaan memerlukan banyak tenaga kerja. Untuk itu perusahaan perlu memikirkan kualitas lingkungan kerja yang mendukung produktivitas kerja.

Penelitian ini mengambil contoh kasus pada produktivitas kerja pengeleman amplop secara manual di PT. Solo Murni. Fokus penelitian ini adalah mengukur seberapa besar pengaruh faktor-faktor fisik lingkungan kerja terhadap produktivitas pengeleman amplop secara manual. Pada penelitian ini kategori bahan baku dan operator tidak dipilih karena kategori tersebut merupakan faktor yang tidak dapat diukur secara kuantitatif dan presisi. Namun demikian, pengaruhnya dapat diminimalkan dengan menggunakan bahan baku kertas amplop dan operator yang sama selama percobaan berlangsung.

Beberapa asumsi yang digunakan antara lain:

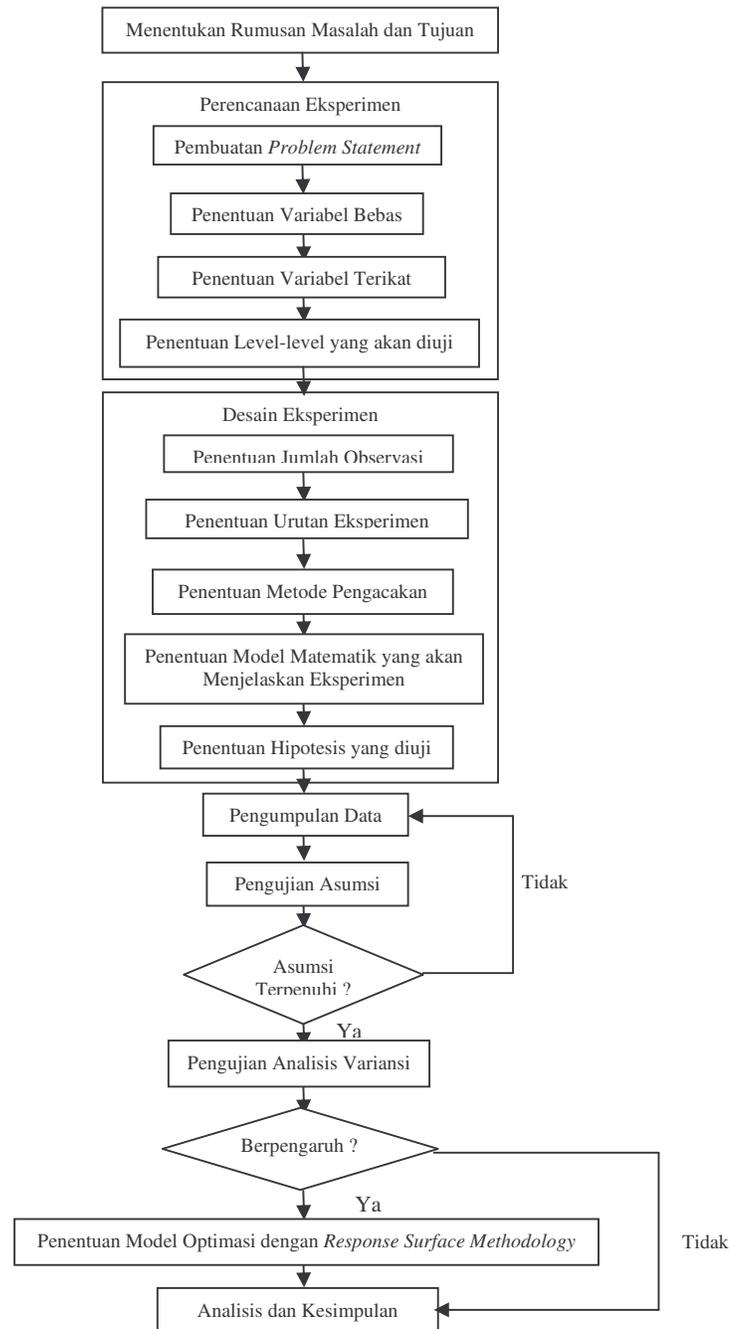
1. Operator yang melakukan eksperimen bekerja dalam kondisi normal dan memiliki kemampuan yang sama dengan pekerja di pengeleman amplop di PT. Solo Murni.
2. Semua peralatan yang digunakan berada dalam kondisi baik dan mendukung pelaksanaan eksperimen.

* *Correspondence* : E-mail : utan@uns.ac.id

3. Pembacaan alat ukur selama pengambilan data valid.
4. Variabel bebas lain yang muncul pada saat pengukuran berkaitan dengan waktu pengambilan data seperti perbedaan hari tidak berpengaruh terhadap variabel respon

2. Metodologi Penelitian

Langkah-langkah analisis sistem yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Metodologi Penelitian

3. Pengolahan Data

Pengolahan data melalui dua tahap, yaitu desain eksperimen dan penentuan kondisi optimal dari faktor-faktor dengan *regression response surface*.

3.1 Tahap Desain Eksperimen

Pada tahap desain eksperimen dilakukan uji sebelum anova, uji anova, dan dilakukan teknik *pooling-up* terhadap faktor-faktor yang tidak berpengaruh.

i. Uji sebelum Anova

Uji sebelum anava merupakan pengujian asumsi-asumsi *residual*, meliputi uji kenormalan, uji homogenitas, dan uji independensi. Pembahasan uji asumsi *residual* dimulai dari pembahasan uji normalitas, uji homogenitas dan uji independensi dengan metode *plot residual* data Nilai *residual* data observasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. *Residual* data observasi

Perlakuan	Data Perlakuan				rata-rata	residual			
A1B1C1	6	5	6	6	5,75	0,25	-0,75	0,25	0,25
A1B1C2	6	7	6	6	6,25	-0,25	0,75	-0,25	-0,25
A1B1C3	6	5	6	6	5,75	-0,25	-1,25	-0,25	-0,25
A2B1C1	6	7	7	6	6,5	-0,5	0,5	0,5	-0,5
A2B1C2	6	6	6	6	6	0	0	0	0
A2B1C3	6	6	7	7	6,5	-0,5	-0,5	0,5	0,5
A3B1C1	5	5	6	5	5,25	-0,25	-0,25	0,75	-0,25
A3B1C2	5	5	5	5	5	0	0	0	0
A3B1C3	4	5	5	4	4,5	-0,5	0,5	0,5	-0,5
A1B2C1	7	6	7	6	6,5	0,5	-0,5	0,5	-0,5
A1B2C2	6	7	6	6	6,25	-0,25	0,75	-0,25	-0,25
A1B2C3	7	7	7	6	6,75	0,25	0,25	0,25	-0,75
A2B2C1	6	7	7	7	6,75	-0,75	0,25	0,25	0,25
A2B2C2	7	8	7	7	7,25	-0,25	0,75	-0,25	-0,25
A2B2C3	7	6	7	7	6,75	0,25	-0,75	0,25	0,25
A3B2C1	5	5	6	6	5,5	-0,5	-0,5	0,5	0,5
A3B2C2	5	6	6	5	5,5	-0,5	0,5	0,5	-0,5
A3B2C3	5	5	6	5	5,25	-0,25	-0,25	0,75	-0,25
A1B3C1	7	7	7	7	7	0	0	0	0
A1B3C2	7	7	7	7	7	0	0	0	0
A1B3C3	7	7	7	6	6,75	0,25	0,25	0,25	-0,75
A2B3C1	9	9	9	9	9	0	0	0	0
A2B3C2	9	9	9	9	9	0	0	0	0
A2B3C3	9	9	8	9	8,75	0,25	0,25	-0,75	0,25
A3B3C1	6	6	6	6	6	0	0	0	0
A3B3C2	6	7	7	6	6,5	-0,5	0,5	0,5	-0,5
A3B3C3	6	6	7	6	6,25	-0,25	-0,25	0,75	-0,25

- **Pengujian Normalitas**

Uji normalitas dilakukan terhadap data observasi yang merupakan sampel dari populasi. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah data observasi berdistribusi secara normal atau tidak. Pengujian normalitas pada pembahasan ini dilakukan dengan menggunakan uji *Lilliefors* langkah-langkahnya yaitu:

1. Urutkan data observasi dari yang terkecil sampai terbesar
2. Hitung rata-rata (\bar{x}) dan standar deviasi (s) data tersebut
3. Transformasikan data (x) tersebut menjadi nilai baku (z).
4. Dari nilai baku (z), tentukan nilai probabilitasnya $P(z)$ berdasarkan sebaran normal baku, sebagai probabilitas pengamatan. Gunakan tabel standar luas wilayah di bawah kurva normal, atau dengan bantuan Ms. Excel dengan *function NORMSDIST*.
5. Tentukan nilai probabilitas harapan kumulatif $P(x)$ dengan cara sebagai berikut:
 $P(x_i) = i / n$
6. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(z)$ dan $P(x)$ maks $|P(z) - P(x)|$, sebagai nilai L hitung
7. Tentukan nilai maksimum dari selisih absolut $P(x_{i-1})$ dan $P(z)$ maks $|P(x_{i-1}) - P(z)|$
8. Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah semua sampel data observasi berdistribusi normal. Hipotesis yang diajukan adalah :
 H_0 : Sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal
 H_1 : Sampel data observasi berasal dari populasi yang tidak berdistribusi normal
 Taraf nyata yang dipilih $\alpha = 0,01$, dengan wilayah kritik $L_{hitung} > L_{\alpha(n)}$. Nilai L_{tabel} dari distribusi L yaitu $L_{\alpha(n)} = L_{0.05(108)} = 0,886$. Berdasarkan hasil perhitungan, terlihat bahwa nilai $L_{hitung} (0,215) < L_{tabel} (0,886)$, maka terima H_0 , dari hasil tersebut menyatakan bahwa sampel data observasi berasal dari populasi yang berdistribusi normal.

- **Pengujian Homogenitas**

Pengujian homogenitas dilakukan dengan membuat plot data *residual* tiap *level* faktornya. Pada pembahasan ini pengujian homogenitas dilakukan dengan cara mengelompokkan berdasarkan faktor suhu, faktor kebisingan dan faktor pencahayaan. Pengujian homogenitas juga dapat dilakukan dengan metode *lavene test*, yaitu menguji kesamaan ragam data observasi antar *level* faktornya. Uji homogenitas dilakukan terhadap data yang dikelompokkan berdasarkan faktor temperatur, faktor kebisingan dan faktor pencahayaan.

Hipotesis yang diajukan adalah :

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

H_1 : Data antar *level* pencahayaan memiliki ragam yang tidak sama

Taraf nyata $\alpha = 0.01$ dan wilayah kritik $F > F_{0.01} (2 ; 105)$

Uji homogenitas data antar *level* pencahayaan dapat dilihat sebagaimana tabel 2, kemudian dicari rata-rata tiap *level* ukuran faktor dan dihitung selisih absolut nilai pengamatan terhadap rata-ratanya.

Tabel 2. Data antar *level* pencahayaan (unit amplop)

No	Pencahayaan		
	155 lux	200 lux	300 lux
1	6	6	6
2	5	7	5
3	6	6	6
4	6	6	6
5	7	6	7
6	7	7	6
7	7	6	7
8	6	6	6
9	7	7	7
10	7	7	7
11	7	7	7
12	6	7	7
13	6	6	6
14	6	6	7
15	7	6	7
16	7	6	6
17	7	7	6
18	6	8	7
19	7	7	7
20	7	7	7
21	9	9	9
22	9	9	9
23	8	9	9
24	9	9	9
25	4	5	5
26	5	5	5
27	5	5	6
28	4	5	5
29	5	5	5
30	5	6	5
31	6	6	6
32	5	5	6
33	6	6	6
34	6	7	6
35	7	7	6
36	6	6	6
Rata-rata	6.36	6.53	6.47

- **Pengujian Independensi**

Pengujian independensi dilakukan dengan uji *Durbin-Watson*, yaitu untuk mengetahui apakah pengambilan data hasil eksperimen yang telah dilakukan bersifat acak atau tidak. Langkah-langkah pengujian *Durbin-Watson* sebagai berikut:

1. Menentukan nilai residual (e_i)
2. Hitung nilai *Durbin-Watson* (d) sebagai berikut:

$$d = \frac{\sum_i^n (e_i - e_{i-1})^2}{\sum_i^n e_i^2}$$

3. Untuk ukuran sampel tertentu dan banyaknya variabel yang menjelaskan tertentu, dapatkan nilai kritis d_L dan d_U (lihat tabel statistik d dari *Durbin-Watson*)
4. Tahap berikutnya adalah menganalisis apakah data bersifat acak atau tidak.

Jika hipotesis nol (H_0) adalah bahwa data tidak ada serial korelasi positif, maka jika

$d < d_L$: menolak H_0

$d > d_U$: tidak menolak H_0

$d_L \leq d \leq d_U$: pengujian tidak meyakinkan

Jika hipotesis nol (H_0) adalah bahwa data tidak ada serial korelasi negatif, maka jika

$d > 4-d_L$: menolak H_0

$d < 4-d_U$: tidak menolak H_0

$4-d_U \leq d \leq 4-d_L$: pengujian tidak meyakinkan

Jika hipotesis nol (H_0) adalah dua ujung, bahwa tidak ada serial autokorelasi baik positif maupun negatif, maka jika

$d < d_L$: menolak H_0

$d > 4-d_L$: menolak H_0

$d_U < d < 4-d_U$: tidak menolak H_0

$4-d_U \leq d \leq 4-d_L$ atau $d_L \leq d \leq d_U$: pengujian tidak meyakinkan

ii. Pengujian Analisis variansi

Pengujian analisis variansi dilakukan untuk mengetahui apakah faktor-faktor yang diteliti berpengaruh signifikan terhadap variabel respon tersebut. Tahap selanjutnya melakukan *pooling up* terhadap faktor yang mempunyai persentase kontribusi sangat kecil dari model

- **Pengujian Anova.**

Prosedur pengujian anava diperlihatkan sebagaimana pembahasan di bawah ini. Adapun hipotesis nol yang diajukan dalam analisis variansi adalah :

H_{01} : Pengaruh kebisingan tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

H_{02} : Pengaruh suhu tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

H_{03} : Pengaruh pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

H_{04} : Pengaruh interaksi kebisingan dan suhu tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

H_{05} : Pengaruh interaksi kebisingan dan pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

H_{06} : Pengaruh interaksi suhu dan pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

H_{07} : Pengaruh interaksi kebisingan, suhu dan pencahayaan tidak signifikan terhadap produktivitas kerja.

Model matematik yang dipakai dalam analisis ini adalah :

$$Y_{ijklm} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \varepsilon_{m(ijk)}$$

Dimana :

i	= 1, 2, , a
j	= 1, 2, . . . , b
k	= 1, 2, , c
l	= 1, 2, , n (replikasi)
Y_{ijk}	= variabel respon karena pengaruh bersama <i>level</i> ke- i faktor A dan <i>level</i> ke- j faktor B yang terdapat pada observasi ke- l
μ	= efek rata-rata yang sebenarnya (berharga konstan)
A_i	= efek sebenarnya dari <i>level</i> ke- i faktor A
B_j	= efek sebenarnya dari <i>level</i> ke- j faktor B
C_k	= efek sebenarnya dari <i>level</i> ke- l faktor C
AB_{ij}	= efek sebenarnya dari interaksi <i>level</i> ke- i faktor A dengan <i>level</i> ke- j faktor B
AC_{ik}	= efek sebenarnya dari interaksi <i>level</i> ke- i faktor A dengan <i>level</i> ke- k faktor C
BC_{jk}	= efek sebenarnya dari interaksi <i>level</i> ke- j faktor B dengan <i>level</i> ke- k faktor C
ABC_{ijk}	= efek sebenarnya dari interaksi <i>level</i> ke- i faktor A, <i>level</i> ke- j faktor B dan <i>level</i> ke- k faktor C
$\mathcal{E}_{k(ijk)}$	= efek sebenarnya dari unit eksperimen ke- k dalam kombinasi perlakuan (ijk)

- **Perhitungan Persentase Kontribusi (P)**

Tujuan perhitungan ini untuk memastikan apakah semua faktor yang berpengaruh signifikan telah masuk dalam model. Selain itu persentase kontribusi digunakan untuk melihat seberapa besar faktor tersebut memberikan kontribusi pada jumlah kuadrat totalnya. Prosedur perhitungan persentase kontribusi dijelaskan pada pembahasan di bawah ini.

P = persentase kontribusi

$$SS_A' = SS_A - vAxVe$$

- **Perhitungan Teknik Pooling Up**

Teknik *Pooling Up* digunakan untuk menarik keluar faktor yang mempunyai persentase kontribusi sangat kecil dari model. Sebagaimana hasil perhitungan persentase kontribusi di atas, faktor pencahayaan beserta interaksinya mempunyai nilai kontribusi yang kecil sekali terhadap model. Sehingga faktor pencahayaan dan interaksinya ditarik keluar dari model.

iii. Pengujian *Response Surface Regression*

Pengujian *response surface regression* ini dilakukan dengan model kuadrat penuh. Hasil metode kuadrat penuh ini yaitu akan didapatkan perkiraan koefisien regresi dari faktor-faktor yang berpengaruh beserta interaksinya. Dari pengujian *response surface regression* ini didapatkan sebuah model persamaan untuk memaksimalkan produktivitas dengan mengoptimalkan nilai temperatur dan kebisingan

4. Analisis

Hasil analisis variansi pada penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat tiga sumber variansi yang memiliki pengaruh yang signifikan, yaitu kebisingan, temperatur dan interaksi keduanya. Sedangkan untuk variansi berupa faktor pencahayaan pada *level* 155 lux, 200 lux, 300 lux beserta seluruh interaksinya tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap produktivitas kerja pengeleman amplop secara manual. Hal ini terlihat dari nilai statistik F dan nilai signifikansi untuk faktor kebisingan dan temperatur masing-masing sebesar 150,76 ; 120,94 dan 0,00 ; 0,00, sedangkan untuk faktor pencahayaan nilai statistik F sebesar 25 dan nilai signifikansinya 0,291.

Dari perhitungan anava dengan SPSS menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0.884, hal ini mengindikasikan bahwa 88.4% variasi dalam produktivitas pengeleman amplop dipengaruhi oleh faktor kebisingan, temperatur dan pencahayaan beserta seluruh interaksinya.

Hasil perhitungan *Response Surface* pada penelitian didapatkan model desain yang optimal. Hasil model desain yang optimal pada penelitian ini terdapat dua variabel yang belum diketahui nilai optimalnya, yaitu variabel kebisingan dan temperatur. Untuk mengetahui seberapa besar tingkat nilai variabel kebisingan dan temperatur yang optimal untuk menghasilkan produktivitas pengeleman amplop maksimal dapat digunakan cara menurunkan model persamaan hasil perhitungan *response surface* tersebut. Hasil penurunan model didapatkan nilai optimal variabel kebisingan sebesar 63,49 dB dan variabel temperatur sebesar 26,79°C dengan nilai produktivitas pengeleman amplop maksimal sebesar 8,58 buah.

5. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa ada dua faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas pengeleman amplop secara manual yaitu faktor kebisingan dan temperatur. Sedangkan faktor pencahayaan dengan level 155lux, 200lux dan 300lux tidak berpengaruh secara signifikan terhadap produktivitas kerja pengeleman amplop secara manual. Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan hasil optimal untuk kondisi terbaik untuk pengeleman amplop secara manual yaitu untuk kebisingan sebesar 63.49 dB dan temperatur sebesar 26.79°C. Perbaikan kondisi lingkungan kerja ini dapat meningkatkan angka produktivitas kerja pengeleman amplop dari 2,50 amplop/menit menjadi 2,86 amplop/menit.

Daftar Pustaka

- Belavendram and Nicolo. *Quality By Design*. London: Prentice Hall International, 1995.
- Breyfogle, Forrest W. *Implementing Six Sigma Smarter Solution Using Statistical Methods*, 1994.
- Gujarati, Damodar. *Ekonometrika Dasar*. Jakarta: Erlangga, 1999
- Joseph F. Hair, Jr et. al. *Multivariate Data Analysis*. Fifth Edition. Prentice Hall International, Inc
- Hicks, Charles R. *Fundamental Concepts in The Design of Experiments*. Saunders College Publishing, 1993.

- Mansur, Agus dan Sri Wulandari. *“The Ergonomic Improvement of Noise, Temperature and Illumination to Increase Productivity”*. Prosiding Seminar Nasional Ergonomi. Yogyakarta, 2004. Hal 261-268
- McCormick, E.J and M.S. Sanders. *Human Factor in Engineering and Design*. New York: McGraw Hill Book Company, 1994
- Mitra, Amitava. *Fundamental of Quality and Improvement*. USA: Mc Millan, 1993.
- Priyandari, Yusuf. *Pemilihan Processor Klien Terminal Server Berdasarkan Kriteria Harga dan Kecepatan Akses Aplikasi dengan Eksperimen Faktorial*. Skripsi: Jurusan Teknik Industri Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2003.
- Pulat, B Mustafa. *Fundamentals of Industrial Ergonomics*. School of Industrial Engineering University of Oklahoma, 1992
- Santoso, singih dan Fandy Tjiptono. *Riset Pemasaran Konsep dan Aplikasi SPSS*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo, 2001.
- Sutalaksana dkk. *Teknik Tata Cara Kerja*. Jurusan Teknik Industri, Bandung: ITB, 1979.
- Tarwaka dkk. *Ergonomi untuk keselamatan Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Surakarta: UNIBA PRESS, 2004.
- Wahyudi, Didik dkk. *“Optimasi Kekerasan Kampas Rem dengan Metode Desain Eksperimen”*. Jurnal teknik mesin, 4 (2002). Hal 50-58s