



Pengaruh Jumlah Penumpang dan Durasi Buka Tutup Pintu Terhadap Perubahan Suhu (Studi Kasus: Kereta Inspeksi PPI Madiun)

Wasis Desti Cindy Syafitri¹, Mariana Diah Puspitasari^{2✉}, Fathurrozi Winjaya³

Politeknik Perkeretaapian Indonesia, Kota Madiun, Indonesia^(1,2,3)

DOI: 10.31004/jutin.v7i2.26112

✉ Corresponding author:

[mariana@ppi.ac.id]

Article Info

Abstrak

Kata kunci:
pengkondisian udara;
jumlah penumpang;
durasi buka tutup pintu;
design of experiment;
desain factorial 2²;
data logger

Kereta inspeksi merupakan peralatan khusus untuk pemeriksaan jalan rel, membawa petugas, dan peralatan kerja. Kereta inspeksi harus dilengkapi dengan peralatan operasional, peralatan pemantau dan peralatan kenyamanan kerja. Salah satu peralatan kenyamanan kerja yaitu pengaturan sirkulasi udara yang harus mampu memberi kenyamanan pada petugas disaat bekerja. Faktor yang mempengaruhi temperatur udara pada kereta inspeksi diantaranya jumlah penumpang dan durasi pintu terbuka. Penelitian ini menggunakan metode pengolahan data *Design of Experiment* dan metode analisis datanya adalah percobaan desain faktorial 2 faktor yang menggunakan bantuan *software* minitab untuk menganalisis dan mengetahui pengaruh dari jumlah penumpang dan durasi buka tutup pintu serta pengaruh interaksi jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu pada kereta inspeksi. Hasil penelitian menggunakan minitab menunjukkan bahwa faktor jumlah penumpang berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu pada kereta inspeksi sebesar 5,2%, faktor durasi buka tutup pintu tidak berpengaruh terhadap perubahan suhu, dan interaksi antara jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu pada kereta inspeksi Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun.

Abstract

Keywords:
Air condtioning;
Number of passengers;
Door open closed
duration;
Design of experiment;
2²factorial design;

The inspection train is specialized equipment used for examining railway tracks, transporting personnel, and carrying work equipment. The inspection train must be equipped with operational tools, monitoring equipment, and work comfort equipment. One of the comfort equipment is air circulation control, which should provide comfort to the personnel while working. Factors influencing the air temperature inside the inspection train include the number of passengers and duration of door opening. This research employs the Design of Experiment data

Data logger

processing method, with the data analyzed using a 2-factor factorial design experiment, with the assistance of Minitab software to understand the influence of the number of passengers and the duration of door opening-closing on temperature changes inside the inspection train. The result obtained from Minitab analysis indicate that the number of passengers has a significant influence on temperature changes inside the inspection train, accounting for 5.2% of the variation. On the other hand, the duration of door opening-closing does not have a significant effect on temperature changes. Additionally, the interaction between the number of passengers and the door open-close duration does not have a significant influence on temperature changes inside the PPI Madiun Inspection Train.

1. PENDAHULUAN

Kereta api adalah satu jenis transportasi darat yang memiliki ciri khas tersendiri yaitu hanya dapat beroperasi pada jalur khusus yang disebut dengan *track* atau jalan rel (Jamaludin et al., 2019). jalan rel yang setiap hari dilewati tentu membutuhkan perawatan demi menjaga keadaan jalan rel tetap baik dan aman. Inspeksi dan pemeriksaan jalan rel merupakan faktor penting dalam menjamin keselamatan perjalanan kereta api tetap terjaga. Berdasarkan PM 44 tahun 2010, kereta inpeksi merupakan peralatan khusus untuk pemeriksaan jalan rel, membawa petugas, dan peralatan kerja. Kereta ini berfungsi untuk memastikan keamanan dan keselamatan jalur rel. Kereta inspeksi harus dijaga dalam keadaan baik agar dapat memberikan hasil inspeksi yang akurat dan handal.

Kereta inspeksi tentu harus dilengkapi dengan peralatan operasional, peralatan pemantau dan peralatan kenyamanan kerja. Salah satu peralatan kenyamanan kerja yaitu pengaturan sirkulasi dan temperatur udara yang harus mampu memberi kenyamanan pada petugas disaat bekerja. Menurut (Santoso, 2012) kenyamanan termal merupakan faktor pribadi dengan lingkungan *indoor* yang menghasilkan kondisi lingkungan termal dapat diterima sampai 80% atau lebih dari penghuni sebuah ruang. Temperatur udara menjadi faktor kenyamanan penting para petugas dalam melakukan pekerjaan di dalam kereta inspeksi. Pengkondisian udara berperan dalam menurunkan suhu udara serta menjaga kelembaban agar mencapai Tingkat yang diinginkan, selain itu juga mengontrol aliran uadara dan menjaga kebersihannya (Novtian et al., 2017). Ketentuan pengaturan udara ini yaitu pemakaian pendingin udara atau AC dengan temperatur 22°C hingga 26°C.

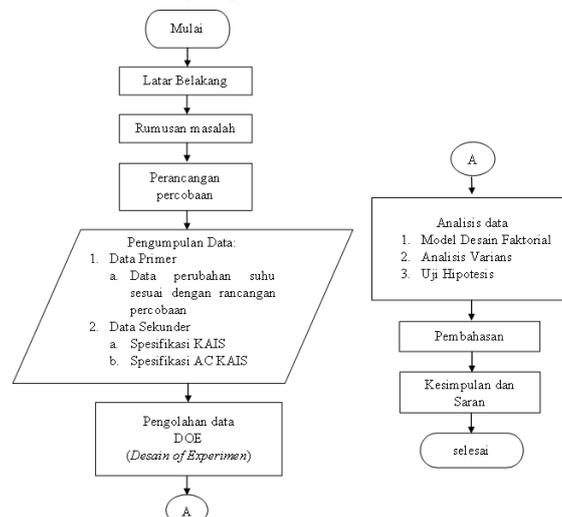
Kapasitas penumpang yang berlebih pada saat melakukan pekerjaan dapat menyebabkan kurang nyamannya kondisi temperatur udara di dalam kereta inspeksi.

Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh faktor jumlah penumpang dan faktor durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu pada KAIS. Dan untuk menganalisis pengaruh interaksi faktor jumlah penumpang dengan faktor durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu pada KAIS.

2. METODE

2.1 Diagram Alir

Berikut ini diagram alir mengenai penelitina yang akan dilakukan:



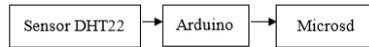
Gambar 1 Diagram Alir

2.2 Pembuatan Alat Ukur

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan alat pengukur yang dilengkapi dengan sensor dan sistem perekam data (*data logger*). *Data logger* merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mencatat data dari waktu ke waktu, dan dapat terhubung dengan sensor dan instrumen lainnya. Pada penelitian ini, *data logger* digunakan untuk mengambil data suhu dan data waktu. Hasil data yang tercatat dalam sistem *data logger* ditabulasikan ke dalam tabel percobaan, kemudian dianalisis hasilnya untuk membuktikan hipotesis yang telah dibuat. Tujuan dari pembuatan alat ukur yaitu untuk membantu dalam pengambilan data di lapangan. Pembuatan alat ukur diawali dengan membuat blok diagram, *flowchart*, *wiring diagram*, perancangan alat, hingga desain alat.

1. Blok diagram

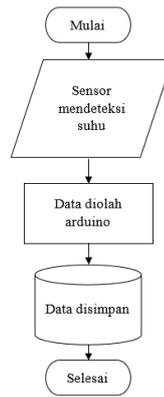
Dibawah ini merupakan diagram blok alat ukur:



Gambar 2 Diagram Blok

2. Flowchart

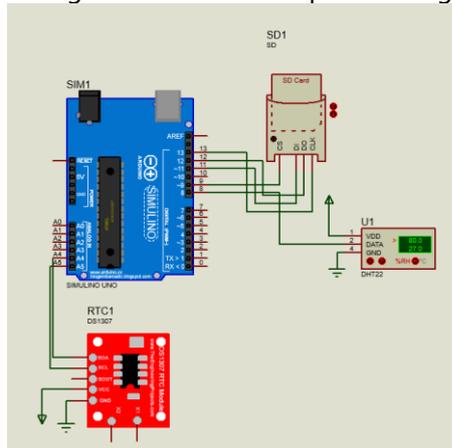
Dibawah ini merupakan *flowchart* dari *data logger*:



Gambar 3 flowchart data logger

3. Wiring diagram

Wiring diagram menjelaskan tentang hubungan antara satu komponen dengan komponen lainnya secara detail.



Gambar 4 wiring diagram

4. Perancangan perangkat keras

Bahan-bahan yang digunakan dalam membuat alat ukur yaitu:

- a. Arduino
- b. Arduino IDE
- c. Sensor DHT22
- d. RTC DS3231
- e. *Module Microsd*
- f. *Microsd*
- g. Pcb

5. Langkah penyusunan
 - a. Menyusun semua komponen-komponen yang telah dirancang. Komponen yang dipasang pada PCB sesuai dengan *wiring* yang telah dibuat sebelumnya. Mulai dari penyusunan Arduino, sensor DHT22, RTC, dan modul *microSD* menggunakan solder.
 - b. Mengupload program data logger yang telah dibuat pada software Arduino IDE ke hardware Arduino.
 - c. Lakukan kalibrasi alat dengan melakukan uji coba menggunakan alat ukur thermometer.
 - d. Setelah dikalibrasi uji coba sekali lagi untuk memastikan hasil perekaman data hasilnya valid
6. Langkah penggunaan

Langkah-langkah dalam penggunaan alat ukur yaitu:

 - a. Masukkan *microsd* ke *module microsd*
 - b. Upload file coding ke Arduino
 - c. Tancapkan *power supply* ke Arduino
 - d. Alat bekerja merekam data yang ditangkap oleh sensor
 - e. Matikan alat
 - f. Ambil *microsd* yang menjadi tempat penyimpanan data
 - g. Pasang *microsd* pada *card reader*
 - h. Tancapkan ke laptop
 - i. Lihat file hasil perekaman data

2.3 Perancangan Percobaan

Percobaan ditandai dengan perlakuan yang mencakup semua kemungkinan kombinasi dari taraf-taraf faktor yang sedang diuji. Dalam merancang sebuah percobaan, ada tiga hal penting yang harus diperhatikan, yaitu: respon yang diharapkan dari objek yang diuji, kondisi tertentu yang diciptakan untuk menghasilkan respon tersebut, dan kondisi lingkungan di sekitar objek yang dapat mempengaruhi respon tersebut. ketiga aspek ini dalam sebuah rancangan percobaan disebut sebagai: rancangan perlakuan, rancangan lingkungan, dan rancangan respon

2.3.1 Rancangan Perlakuan

Pada penelitian ini rancangan perlakuan yang digunakan yaitu *fixed model* dan rancangan perlakuan menggunakan rancangan 2^2 faktor. Faktor yang digunakan pada penelitian ini yaitu jumlah penumpang dikodekan dengan huruf A dan durasi buka pintu dikodekan dengan huruf B, masing-masing faktor tersebut memiliki 2 taraf *low*⁻ dan *high*⁺. Faktor jumlah penumpang memiliki taraf 7⁻ dan 15⁺, sedangkan faktor durasi buka pintu memiliki taraf 2⁻ dan 7⁺. Justifikasi dari pemilihan taraf pada faktor jumlah penumpang disesuaikan dengan melihat kapasitas penumpang dari kereta inspeksi PPIM, sedangkan justifikasi dari pemilihan taraf pada faktor durasi buka tutup pintu ditetapkan dengan diasumsikannya lama waktu langsir kereta inspeksi PPIM seperti kereta eksekutif dengan melihat pada GAPEKA.

2.3.2 Rancangan Lingkungan

Rancangan lingkungan merupakan suatu cara pengaturan pemberian perlakuan terhadap unit-unit percobaan dengan tujuan untuk menampung dan menghilangkan variasi respon yang disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan dan heterogenitas bahan percobaan yang digunakan. Dalam penelitian ni, rancangan yang dipilih adalah rancangan acak lengkap (RAL), yang digunakan Ketika percobaan relative homogen, artinya unit-unit percobaan memiliki karakteristik yang serupa. Berikut tabel 1 sebagai desain rancangan percobaan:

Tabel 1 Kombinasi perlakuan

Faktor		Kombinasi	Perulangan			Total	Rata-rata
A	B		1	2	3		
-	-	(-1)	...	...	...	...	...
+	-	<i>a</i>	...	...	...	...	...
-	+	<i>b</i>	...	...	...	...	...
+	+	<i>ab</i>	...	...	...	...	...

Dilihat dari Tabel 1 terdapat kolom kombinasi yang memiliki notasi penulisan untuk kombinasi percobaan. Notasi (-1) merupakan notasi dari kombinasi percobaan taraf *low* dari faktor A dengan taraf *low* dari faktor B. Notasi *a* merupakan notasi dari kombinasi percobaan taraf *high* faktor A dengan taraf *low* faktor B. Notasi *b* merupakan notasi kombinasi percobaan dari taraf *low* faktor A dengan taraf *high* faktor B. Sedangkan notasi *ab* merupakan notasi dari kombinasi percobaan taraf *high* faktor A dengan taraf *high* faktor B.

Tabel 2 Bantu dua arah

Faktor A	Faktor B		Total	Rata-rata
	2	7		
7

Total
15

Total

Tabel 2 bantu dua arah antara faktor A dan faktor B di atas digunakan guna lebih memudahkan penulis disaat input data. Desain faktorial 2^2 secara otomatis menghasilkan 4 kali kombinasi perulangan yang harus dilakukan. Karena penulis melakukan perulangan sebanyak 3 kali, maka terdapat 12 kali percobaan kombinasi untuk meningkatkan ketelitian.

2.3.3 Rancangan Respon

Rancnagan respon mengacu pada cara pengambilan respon dari unit-unit percobaan yang diteliti dan digunakan untuk menilai atau mengukur pengaruh perlakuan serta metode penilaian atau pengukuran yang digunakan. Dalam penelitian ini, digunakan rancangan respon penuh faktorial. Rancangan respon penuh merupakan bentuk dari eksperimen factorial di mana semua kombinasi dari setiap faktor pada semua tarafnya diuji. Dengan kata lain, semua kemungkinan kombinasi faktor diuji secara menyeluruh untuk mengidentifikasi dan memahami efek dari masing-masing faktor dan interaksi antar faktor.

2.4 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan oleh penulis melalui pengamatan langsung yang sesuai dengan kondisi di lapangan. Penghitungan data perubahan suhu dilakukan berdasarkan rancangan percobaan yang telah dibuat sebelumnya, percobaan tersebut mencakup perlakuan terhadap faktor-faktor yang relevan untuk menilai perubahan suhu. Pengambilan data tersebut dilakukan pada KAIS PPIM. Data diperoleh dengan melakukan percobaan selama 12 kali sesuai dengan rancangan percobaan yang dibuat. *Data logger* yang merekam perubahan suhu per detik digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan pengambilan data primer di lapangan. Setiap setelah melakukan percobaan hasil perubahan suhu yang direkam oleh *data logger*, ditabulasi dan dicatat. Setelah semua data hasil percobaan didapatkan, selanjutnya data tersebut diolah dan dianalisis.

2.5 Pengolahan Data

Eksperimen adalah bagian penting dari metode ilmiah atau rekayasa untuk menjelaskan informasi tentang mengapa dan bagaimana cara kerjanya (Montgomery, 1992). Fakta dan kesimpulan yang dihasilkan sebuah eksperimen bergantung pada metode pengambilan data yang digunakan. Pada penelitian ini, penulis mengolah data menggunakan metode *Design of Experiment* (DoE). DoE merupakan serangkaian tahapan yang digunakan selama proses eksperimen, dimulai dari perencanaan hingga interpretasi hasil eksperimen. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan sebab akibat antara variabel respon dan faktor-faktor yang mempengaruhinya (Muttaqin, 2019). Metode DoE memiliki dua jenis variabel masukkan yaitu faktor terkontrol dan faktor tidak terkontrol dan variabel output. Dari faktor yang diuji terdapat sejumlah taraf atau level. Dalam sebuah percobaan terdapat beberapa kombinasi dari beberapa taraf dari semua faktor yang diuji. Selain itu, dilakukan juga replikasi untuk mengulang percobaan dengan perlakuan yang sama. Ada beberapa konsep DoE yang masih digunakan hingga saat ini, diantaranya adalah desain factorial, analisis variansi (ANOVA), desain *orthogonal*, dan desain *latin square*. Metode-metode ini memungkinkan peneliti untuk mengoptimalkan eksperimen, memahami efek dari berbagai faktor, dan mengambil kesimpulan yang akurat berdasarkan data yang terkumpul.

2.6 Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode desain faktorial 2^2 dengan faktor jumlah penumpang dengan kode A dan faktor durasi buka tutup pintu dengan kode B. Percobaan yang melibatkan 2 faktor, yaitu faktor a dengan 2 taraf (a1 dan a2) dan faktor B dengan 2 taraf (b1 dan b2), dapat disebut sebagai percobaan factorial 2x2. Jika faktor A memiliki a taraf dan faktor B memiliki b taraf, maka jumlah kombinasi dalam percobaan ini dapat dihitung dengan rumus $a \times b \times n$, dengan n merupakan jumlah ulangan atau pengulangan percobaan yang dilakukan (Sulistyaningsih, 2010). Setiap faktor mempunyai dua taraf yaitu *low* dan *high*, taraf-taraf tersebut disusun dalam desain faktorial yang di setiap ulangan percobaan berisi semua kombinasi perlakuan *ab*.

2.6.1 Model Desain Faktorial

Desain faktorial 2^2 merupakan salah satu jenis desain dalam metode *Design of Experiment* yang paling sederhana hanya melibatkan dua faktor atau rangkaian perlakuan. Tujuan dari desain faktorial yaitu untuk melihat interaksi antara faktor yang dicobakan. Keuntungan percobaan faktorial adalah mampu mendeteksi respon dari

taraf masing-masing faktor (pengaruh utama) serta interaksi antara dua faktor (pengaruh sederhana). Pada desain faktorial 2^2 terdapat taraf faktor A dan taraf faktor B, taraf-taraf tersebut disusun dalam desain faktorial yang di setiap ulangan percobaan berisi semua kombinasi perlakuan ab . Percobaan faktorial dapat digambarkan dengan model statistic. Rancangan factorial sering digunakan dalam eksperimen yang melibatkan beberapa faktor yang bertujuan untuk memahami efek Bersama dari faktor-faktor tersebut terhadap suatu respon atau hasil tertentu. Percobaan faktorial dapat digambarkan dengan model statistik. Model linier rancangan yang secara umum ditulis dalam percobaan faktorial 2^2 yaitu:

Rumus 3.1 Model linier rancangan faktorial 2^2

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk} \begin{cases} i = 1, 2, \dots, a \\ j = 1, 2, \dots, b \\ k = 1, 2, \dots, n \end{cases}$$

Keterangan:

μ = Pengaruh rata-rata keseluruhan

α_i = Pengaruh pada taraf- i dari faktor baris A (jumlah penumpang)

β_j = Pengaruh pada taraf- j dari faktor kolom B (durasi buka tutup pintu)

$\alpha\beta_{ij}$ = Pengaruh interaaksi antara T_i dan β_j

ϵ_{ijk} = Random error

2.6.2 Hipotesis

Hipotesis adalah pernyataan yang mengasumsikan kebenaran atau ketidakbenaran mengenai suatu populasi. Hipotesis yang diajukan kemudian dapat ditolak atau diterima melalui proses uji hipotesis (Yuliara, 2016). Hipotesis nol (H_0) adalah hipotesis yang diuji, sementara hipotesis alternatif (H_1) menyatakan alternatif terhadap H_0 . Berikut adalah deskripsi mengenai hipotesis yang diajukan:

1. Pengaruh faktor A (jumlah penumpang)

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

(tidak ada pengaruh taraf jumlah penumpang terhadap perubahan suhu).

$$H_1: \text{paling tidak terdapat satu } i \text{ dengan } \alpha_i \neq 0$$

(ada pengaruh taraf jumlah penumpang terhadap perubahan suhu).

2. Pengaruh faktor B (durasi buka tutup pintu)

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$$

(tidak ada pengaruh taraf durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

$$H_1: \text{paling tidak terdapat satu } j \text{ dengan } \beta_j \neq 0$$

(ada pengaruh taraf durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

3. Pengaruh interaksi faktor AB (jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu)

$$H_0: \alpha\beta_{ij} = 0$$

(tidak ada pengaruh interaksi taraf jumlah penumpang dan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

$$H_1: \text{paling tidak terdapat satu } ij \text{ dengan } \alpha\beta_{ij} \neq 0$$

(ada pengaruh interaksi taraf jumlah penumpang dan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Alat

Peneliti melakukan uji validasi dengan kalibrasi sensor menggunakan *thermometer* untuk sensor DHT22. Diharapkan melalui kalibrasi ini, dapat diketahui nilai kesalahan sensor sehingga tingkat akurasi dari desain yang telah dibuat oleh peneliti dapat diketahui. Kesalahan *error* dapat dihitung menggunakan rumus *error*.

Rumus 4.1 Error:

$$Error = \frac{\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai pembacaan alat ukur}}{\text{nilai pembacaan sensor}} \times 100 \%$$

3.1.1 Kalibrasi Sensor DHT22

Menurut (Jatmikanto, 2022) dalam kalibrasi sensor DHT22 menggunakan rumus penjumlahan atau pengurangan untuk menentukan selisih dari dua faktor. Berikut ini merupakan data hasil kalibrasi alat ukur:

Tabel 3 Data kalibrasi sensor DHT22

No	Suhu sensor DHT22 (°C)	Suhu thermohygrometer (°C)	Selisih (°)	Error (%)
1	27,7	27,6	0,1	0,36
2	27,3	27,3	0	0,00
3	29	28,9	0,1	0,34
4	28,5	28,5	0	0,00
5	28,6	28,6	0	0,00
6	29,5	29,5	0	0,00
7	29,7	29,7	0	0,00
8	29,6	29,6	0	0,00
9	29,8	29,7	0,1	0,34
10	27,4	27,4	0	0,00
Rata – rata error (%)				1,0%

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi yang ditunjukkan oleh tabel 3, didapatkan rata-rata *error* dari kalibrasi sensor DHT22 sebesar 1,0%. Menurut (Asrori et al., 2022) proses kalibrasi yang menghasilkan nilai *error* semakin kecil berarti menunjukkan tingkat akurasi yang semakin baik.

3.2 Hasil Analisis Perubahan Suhu

3.2.1 Hasil Pengumpulan Data

Lokasi pengambilan data dilakukan di dalam KAIS PPIM pada tanggal 17 Juli 2023 pukul 16.28 WIB sampai 17.32 WIB. Penulis dalam melakukan pengambilan data di lapangan menggunakan bantuan 2 *data logger*. Pengambilan nilai rata-rata pada *data logger* disesuaikan dengan taraf faktor durasi buka tutup pintu percobaan yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Berikut ini merupakan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan dari *data logger*:

Tabel 4 Hasil data logger 1

Faktor		Kombinasi	PERULANGAN		
A	B		1	2	3
-	-	(-1)	28,50	29,90	29,50
+	-	a	29,90	30,50	30,30
-	+	b	30,00	29,50	29,50
+	+	ab	30,50	30,30	30,60
Data logger 1					

Tabel 5 Hasil data logger 2

Faktor		Kombinasi	PERULANGAN		
A	B		1	2	3
-	-	(-1)	28,30	29,90	29,30
+	-	a	29,70	30,30	30,10
-	+	b	29,80	29,60	29,30
+	+	ab	30,50	30,40	30,40
Data logger 2					

Pada tabel 4 dan tabel 5 merupakan hasil rata-rata yang berasal dari *data logger 1* dan *data logger 2*, nilai yang dirata-rata merupakan hasil rekam data dari setiap perulangan dan kombinasi perlakuan. Dari semua data tersebut didapatkan tabel hasil pengumpulan data percobaan seperti berikut:

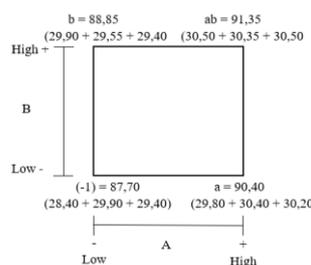
Tabel 6 Hasil Pengumpulan Data Percobaan

Faktor		Kombinasi	PERULANGAN			Total	rata-rata
A	B		1	2	3		
-	-	(-1)	28,40	29,90	29,40	87,70	29,23
+	-	a	29,80	30,40	30,20	90,40	30,13
-	+	b	29,90	29,55	29,40	88,85	29,62
+	+	ab	30,50	30,35	30,50	91,35	30,45

Setelah pengumpulan data selesai selanjutnya data diolah pada minitab dan hasilnya dianalisis.

3.2.2 Menentukan Pengaruh

Secara geometrik, hasil dari pengumpulan data pada tabel 6 Dapat digambarkan seperti berikut:



Gambar 5 Grafik Kombinasi

Berikut merupakan penghitungan efek pengaruh dari faktor-faktor.

1. Pengaruh utama faktor jumlah penumpang (A)

$$A = \frac{1}{2n} [ab + a - b - (1)]$$

$$A = \frac{1}{2(3)} [91,35 + 90,40 - 88,85 - 87,70]$$

$$A = 5,2$$

2. Pengaruh utama faktor durasi buka tutup pintu (B)

$$B = \frac{1}{2n} [ab + b - a - (1)]$$

$$B = \frac{1}{2(3)} [91,35 + 88,85 - 90,40 - 87,70]$$

$$B = 2,1$$

3. Pengaruh interaksi jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu (AB)

$$AB = \frac{1}{2n} [ab + (1) - a - b]$$

$$AB = \frac{1}{2(3)} [91,35 + 87,70 - 90,40 - 88,85]$$

$$AB = -0,2$$

Pengaruh jumlah penumpang (A) adalah 5,2 ini menunjukkan bahwa meningkatkan jumlah penumpang yang berawal dari 7 orang kemudian menjadi 15 orang akan meningkatkan hasil perubahan suhu sebesar 5,2%. Pengaruh durasi buka tutup pintu adalah 2,1 ini menunjukkan bahwa meningkatkan durasi buka tutup pintu dari 2 menit hingga ke 7 menit dapat meningkatkan perubahan suhu sebesar 2,1%. Sedangkan pengaruh interaksi jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu adalah -0,2 menunjukkan bahwa pengaruh interaksi secara bersama-sama dapat mengurangi pengaruh yang diharapkan dari masing-masing faktor.

3.2.3 Jumlah Kuadrat

Berikut ini merupakan penghitungan jumlah kuadrat pada penelitian ini:

1. Jumlah kuadrat dari faktor jumlah penumpang (A)

$$SSA = \frac{[ab+a-b-(1)]^2}{4n}$$

$$SSA = \frac{[91,35+90,40-88,85-87,70]^2}{4(3)}$$

$$SSA = \frac{[5,2]^2}{4(3)}$$

$$SSA = 2,25333$$

2. Jumlah kuadrat dari faktor durasi buka tutup pintu (B)

$$SSB = \frac{[ab+b-a-(1)]^2}{4n}$$

$$SSB = \frac{[91,35+88,85-90,40-87,70]^2}{4(3)}$$

$$SSB = \frac{[2,1]^2}{4(3)}$$

$$SSB = 0,36750$$

3. Jumlah kuadrat dari interaksi jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu (AB)

$$SSAB = \frac{[ab+(1)-a-b]^2}{4n}$$

$$SSAB = \frac{[91,35+87,70-90,40-88,85]^2}{4(3)}$$

$$SSAB = \frac{[-0,2]^2}{4(3)}$$

$$SSAB = -0,00333$$

4. Jumlah kuadrat total

$$SST = \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 \sum_{k=1}^2 y_{ijk}^2 - \frac{y^2}{4n}$$

$$SST = [28,40^2 + 29,90^2 + 29,40^2 + 29,80^2 + 30,40^2 + 30,20^2 + 29,90^2 + 29,55^2 + 29,40^2 + 30,50^2 + 30,35^2 + 30,50^2] - \frac{358,30^2}{4(3)}$$

$$SST = 10702,37 - 10698,24$$

$$SST = 4,12417$$

5. Jumlah kuadrat kesalahan

$$SSE = SST - SSA - SSB - SSAB$$

$$SSE = 4,12417 - 2,25333 - 0,36750 - (-0,00333)$$

$$SSE = 1,50667$$

3.2.4 Analisis Varians

Uji ANOVA (*analysis of variance*) pada desain faktorial adalah metode statistik yang digunakan untuk menganalisis perbedaan signifikan antara kelompok-kelompok dalam desain faktorial. ANOVA digunakan untuk menguji hipotesis apakah ada pengaruh yang signifikan dari faktor-faktor dan interaksi faktorial terhadap variabel respon. Berikut merupakan hasil dari analisis ANOVA pada *software* minitab:

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	3	2,62417	0,87472	4,67	0,036
Linear	2	2,62083	1,31042	6,99	0,018
A	1	2,25333	2,25333	12,02	0,008
B	1	0,36750	0,36750	1,96	0,199
2-Way Interactions	1	0,00333	0,00333	0,02	0,897
A*B	1	0,00333	0,00333	0,02	0,897
Error	8	1,50000	0,18750		
Total	11	4,12417			

Gambar 6 Hasil ANOVA

Pada gambar 6 Di atas menunjukkan nilai *P-value* faktor A (jumlah penumpang) sebesar 0,008, sedangkan nilai *P-value* untuk faktor B (durasi buka tutup pintu) sebesar 0,199, dan nilai *P-value* interaksi A*B (jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu) sebesar 0,897.

3.2.5 Uji Hipotesis

Hasil uji hipotesis penelitian ini dapat dilihat dari hasil pengolahan data pada *software* minitab. Hasil uji hipotesis dapat menunjukkan berpengaruh atau tidaknya faktor-faktor terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM. Berikut merupakan hipotesis yang dibuat oleh penulis:

1. Pengaruh faktor A (jumlah penumpang)

$$H_0: \alpha_1 = \alpha_2 = 0$$

(tidak ada pengaruh taraf jumlah penumpang terhadap perubahan suhu).

$$H_1: \text{paling tidak terdapat satu } i \text{ dengan } \alpha_i \neq 0$$

(ada pengaruh taraf jumlah penumpang terhadap perubahan suhu).

2. Pengaruh faktor B (durasi buka tutup pintu)

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = 0$$

(tidak ada pengaruh taraf durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

$$H_1: \text{paling tidak terdapat satu } j \text{ dengan } \beta_j \neq 0$$

(ada pengaruh taraf durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

3. Pengaruh interaksi faktor AB (jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu)

$$H_0: \alpha\beta_{ij} = 0$$

(tidak ada pengaruh interaksi taraf jumlah penumpang dan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

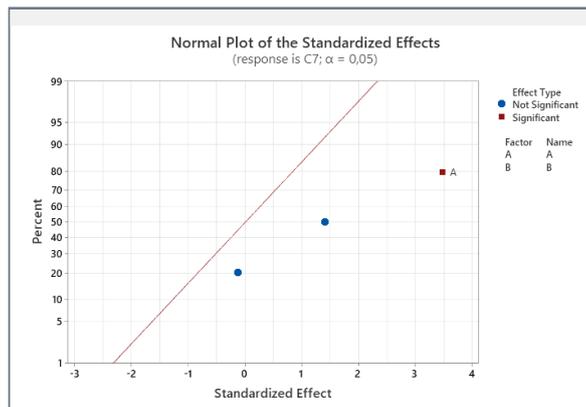
$$H_1: \text{paling tidak terdapat satu } ij \text{ dengan } \alpha\beta_{ij} \neq 0$$

(ada pengaruh interaksi taraf jumlah penumpang dan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu).

Dalam pengambilan keputusan hipotesis tersebut kriteria yang digunakan yaitu:

1. Jika *P-value* < *alpha* 0,05 maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Jika *P-value* > *alpha* 0,05 maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.



Gambar 7 Normal P-Plot

Pada gambar 7 di atas menunjukkan bahwa hasil dari faktor A (jumlah penumpang) signifikan terhadap perubahan suhu, sedangkan faktor B (durasi buka tutup pintu) tidak signifikan terhadap perubahan suhu dan faktor interaksi

antara jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu tidak signifikan terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM.

Coded Coefficients						
Term	Effect	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant		29,858	0,125	238,87	0,000	
A	0,867	0,433	0,125	3,47	0,008	1,00
B	0,350	0,175	0,125	1,40	0,199	1,00
A*B	-0,033	-0,017	0,125	-0,13	0,897	1,00

Gambar 8 Koefisien

Berdasarkan gambar 8 Tersebut dapat diketahui hasil model linier desain faktorialnya yaitu:

$$y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$$y_{ijk} = 29,858 + 0,433A + 0,175B - 0,017AB + \epsilon_{ijk}$$

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai pengaruh rata-rata keseluruhannya 29,858.
2. Pengaruh dari faktor A (jumlah penumpang) sebesar 0,433.
3. Pengaruh dari faktor B (durasi buka tutup pintu) sebesar 0,175.
4. Pengaruh interaksi AB (jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu) sebesar -0,017.

Pada gambar 8 Koefisien menunjukkan hasil nilai P-value dari masing-masing faktor dan interaksi. Berdasarkan hasil gambar tersebut maka dapat diketahui bahwa faktor A (jumlah penumpang) memiliki nilai P-value $0,008 < \alpha 0,05$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima hal ini berarti faktor jumlah penumpang berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM. Faktor B (durasi buka tutup pintu) memiliki nilai P-value $0,199 > \alpha 0,05$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak hal ini berarti faktor durasi buka tutup pintu tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu yang terjadi pada KAIS PPIM. Faktor interaksi AB (jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu) memiliki nilai P-value $0,897 > \alpha 0,05$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak hal ini berarti interaksi antara jumlah penumpang dan durasi buka tutup pintu tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil analisis yang telah dilakukan dengan metode desain faktorial 2 faktor menggunakan bantuan *software* minitab, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pengaruh faktor jumlah penumpang terhadap perubahan suhu berpengaruh signifikan, hal ini dibuktikan dengan uji hipotesis yang menghasilkan faktor jumlah penumpang dengan nilai P-value $0,008 < \alpha 0,05$. Besar pengaruh dari faktor jumlah penumpang terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM adalah sebesar 5,2%. Pengaruh faktor durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu tidak berpengaruh signifikan, hal ini juga dibuktikan dengan uji hipotesis yang menghasilkan faktor durasi buka tutup pintu dengan nilai P-value $0,199 > \alpha 0,05$. Besar pengaruh dari faktor durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM adalah sebesar 2,1%.
2. Pengaruh interaksi faktor jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu berpengaruh tidak signifikan, hal ini dibuktikan dengan grafik P-plot dan nilai P-value $0,897 > \alpha 0,05$. Pengaruh interaksi faktor jumlah penumpang dengan durasi buka tutup pintu terhadap perubahan suhu pada KAIS PPIM secara bersama-sama dapat mengurangi pengaruh yang diharapkan dari masing-masing faktor.

5. REFERENSI

- Asrori, M., Rezika, W. Y., Salim, A. T. A., Indarto, B., & Nudiansyah, R. T. (2022). Kalibrasi Alat Ukur Temperatur dan Kelembapan Kereta Rel Diesel Elektrik. *Jurnal Teknik Terapan*, 1(2), 36–41. <https://doi.org/10.25047/jteta.v1i2.14>
- Jamaludin, Sadili, R., & Alfisyahrin, A. (2019). ANALISIS PERJALANAN KERETA REL LISTRIK PADA LINTAS MANGGARAI - BOGOR. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, 3, 23–29.
- Jatmikanto. (2022). *20192003_Aryo Nur Ahsan J_Rancang Bangun Intensitas Cahaya Lampu Sinyal Otomatis Berdasarkan Cuaca Metode Algoritma K-NN*.
- Montgomery, D. C. (1992). DESIGN AND ANALYSIS OF EXPERIMENTS. In *John Wiley & Sons, Inc* (Vol. 173, Issue 1). <https://doi.org/10.1002/pssb.2221730144>
- Muttaqin, B. I. A. (2019). Telaah Kajian dan Literature Review Design of Experiment (DoE). *Journal of Advances in Information and Industrial Technology*, 1(1), 33–40. <https://doi.org/10.52435/jaiit.v1i1.10>
- Novtian, W. S., Suyitno, B. M., & Hermawan, R. (2017). OPTIMASI SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA KERETA

REL LISTRIK. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, 06, No. 4, 277–281.

Santoso, E. I. (2012). Kenyamanan Termal Indoor Pada Bangunan Di Daerah Beriklim Tropis Lembab. *Indonesian Green Technology Journal*, 1(1), 13–19.

Sulistyaningsih, D. R. (2010). *Analisis Varian Rancangan Faktorial Dua Faktor RAL dengan Metode AMMI*. 1–114.

Yuliara, I. M. (2016). Modul Regresi Linier Berganda. *Universitas Udayana*, 2(2), 18.