

"Penerapan Optimasi Penjadwalan Kerja dengan Kendala Operasional pada Sistem Industri menggunakan python"

Mohamad Lutfi¹, Ahmad Ilham, S.Kom., M.Kom.²

¹Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

²Program Studi Informatika, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima 10 Mei 2025
Perbaikan 13 Juni 2025
Disetujui 28 Juli 2025

Keywords:

Optimasi Penjadwalan Kerja
Pemrograman Linier
PuLP Python
Kendala Operasional Industri
Efisiensi Biaya Tenaga Kerja

ABSTRAK

Optimasi penjadwalan kerja merupakan aspek yang sangat penting dalam manajemen tenaga kerja untuk memastikan efisiensi operasional sekaligus meminimalkan biaya. Penelitian ini mengkaji proses penjadwalan untuk 15 karyawan selama 7 hari kerja dengan memperhatikan beberapa kendala, seperti kebutuhan minimal 8 pekerja per hari, batas maksimum 48 jam kerja per minggu, dan variasi upah per jam karyawan. Untuk menyelesaikan masalah ini, digunakan pendekatan pemrograman linier yang diimplementasikan menggunakan pustaka PuLP pada Python. Hasil optimasi menunjukkan bahwa jadwal kerja yang dihasilkan mematuhi semua kendala dengan total biaya tenaga kerja sebesar \$512.00. Namun, distribusi jam kerja menunjukkan ketimpangan, di mana model lebih mengutamakan karyawan dengan upah per jam lebih rendah untuk mengurangi biaya. Penelitian ini memberikan wawasan dalam penerapan optimasi jadwal kerja untuk memaksimalkan efisiensi biaya tenaga kerja.

ABSTRACT

Work schedule optimization is a crucial aspect of workforce management to ensure operational efficiency while minimizing costs. This research examines the scheduling process for 15 employees for 7 working days by taking into account several constraints, such as the need for a minimum of 8 workers per day, a maximum limit of 48 working hours per week, and variations in employees' hourly wages. To solve this problem, a linear programming approach is used implemented using the PuLP library in Python. The optimization results show that the resulting work schedule meets all constraints with a total labor cost of \$512.00. However, the distribution of working hours shows inequality, with the model favoring employees with lower hourly wages to reduce costs. This research provides insight into the application of work schedule optimization to maximize labor cost efficiency.

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY-SA.



Penulis Korespondensi:

Anisa Ismi Azahra
Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Semarang Universitas Muhammadiyah Semarang
Jl. Kedungmundu No. 18, Semarang, Jawa Tengah, Indonesia
Email : lutfi3723@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan karyawan adalah suatu elemen yang krusial dalam meningkatkan suatu manajemen sumber daya manusia di sektor manufaktur, di mana efisiensi dan produktivitas sangat dipengaruhi oleh pengaturan jadwal yang akurat. Dalam lingkungan perusahaan manufaktur, tujuan penjadwalan karyawan tidak hanya untuk memastikan setiap posisi terisi oleh tenaga kerja yang sesuai, tetapi juga untuk meningkatkan proses produksi dan menekan biaya operasional. Salah satu tantangan utama dalam penjadwalan karyawan adalah bagaimana mengalokasikan tenaga kerja dengan cara yang efisien, mengingat berbagai kendala yang ada, seperti jumlah karyawan yang terbatas, kebutuhan tenaga kerja untuk berbagai shift, batasan waktu kerja, serta biaya yang berhubungan dengan kegiatan lembur atau juga bisa kekurangan staf[1]

Perusahaan juga perlu memperhatikan aspek-aspek seperti kepuasan pegawai, hak-hak tenaga kerja, serta kesesuaian jadwal dengan kualifikasi dan keterampilan yang dibutuhkan untuk setiap tugas. Dengan demikian, merancang jadwal kerja yang efisien bukanlah hal yang sederhana, karena harus mempertimbangkan berbagai variabel yang saling berhubungan.

Penelitian ini juga bertujuan untuk merancang dengan model optimasi penjadwalan yang akan dapat membantu untuk perusahaan manufaktur dalam mengalokasikan karyawan secara efisien dan akan memperhatikan terus berbagai kendala operasional yang ada perusahaan tersebut. Dalam sebuah pendekatan yang bisa digunakan dalam penelitian ini adalah pemrograman linier, yang merupakan salah satu teknik dalam ilmu optimasi yang dapat memberikan solusi terbaik dengan memaksimalkan atau meminimalkan suatu tujuan, seperti meminimalkan biaya atau waktu kerja. Dengan menggunakan model pemrograman linier, diharapkan perusahaan dapat menghasilkan jadwal kerja yang optimal, yang tidak hanya efisien dari segi waktu, tetapi juga mengurangi biaya dan meningkatkan produktivitas kerja[1]

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang efektif dalam menyusun jadwal kerja yang mempertimbangkan berbagai faktor operasional, serta memberikan rekomendasi yang aplikatif untuk perusahaan manufaktur dalam mengelola sumber daya manusia mereka dengan lebih baik.[2]

2. METODE

a. Penelitian ini menerapkan pendekatan pemrograman linier guna mengoptimalkan penjadwalan kerja dengan memperhatikan berbagai kendala, termasuk kebutuhan minimum tenaga kerja harian, batas maksimum jam kerja per karyawan, serta variasi upah per jam untuk setiap karyawan. Model matematis yang dirancang dalam penelitian ini bertujuan untuk meminimalkan biaya tenaga kerja perusahaan, sambil memastikan bahwa jumlah pekerja harian memenuhi standar yang telah ditentukan. Berikut adalah langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini:

b. Model Matematika: Pemrograman linier digunakan untuk meminimalkan biaya tenaga kerja dengan variabel keputusan yang menunjukkan jumlah jam kerja yang dilakukan oleh setiap karyawan setiap harinya. Fungsi objektif adalah untuk meminimalkan total biaya tenaga kerja berdasarkan jam kerja dan upah per jam karyawan. Kendala yang diterapkan meliputi, setiap hari membutuhkan minimal 8 karyawan, jam kerja maksimum yang dapat dilakukan oleh setiap karyawan per minggu adalah 48 jam.

c. Implementasi Komputasi: Model matematis diimplementasikan menggunakan pustaka Python PuLP untuk memecahkan masalah optimasi. Pustaka ini digunakan untuk mendefinisikan variabel keputusan, fungsi objektif, dan kendala-kendala yang ada. Setelah pemodelan selesai, solver optimasi digunakan untuk mencari solusi yang meminimalkan total biaya tenaga kerja.

d. Analisis Hasil: Hasil dari pemecahan masalah ini menunjukkan jadwal kerja yang optimal untuk setiap karyawan selama 7 hari serta total biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan. Hasil ini dievaluasi untuk memastikan bahwa semua kendala terpenuhi, dan biaya tenaga kerja mencapai minimumnya.

2.1 Variabel Keputusan

Dalam model ini, variabel keputusan yang digunakan adalah:

- $x(i,j)$: Jumlah jam kerja karyawan i pada hari j , dengan
 $o i = 0,1,\dots,14$ (menunjukkan 15 karyawan)
 $o j = 0,1,\dots,6$ (menunjukkan 7 hari kerja dalam seminggu)

Model ini bertujuan untuk mengurangi total biaya tenaga kerja. Fungsi objektif yang diterapkan adalah:

$$\text{MIN } Z = \sum_{i=0}^{14} \sum_{j=0}^6 (x_{(i,j)} \times \text{upah_per_jam}(i))$$

Dimana $\text{upah_per_jam}(i)$ adalah upah per jam untuk karyawan i , yang mungkin bervariasi tergantung pada masing-masing karyawan.[3]

2.2 Kendala

Kendala Karyawan Minimal per Hari: Setiap hari, minimal terdapat 8 karyawan yang bekerja. Dengan demikian, kendala ini dapat dituliskan sebagai:

$$\sum_{i=0}^{14} x_{(i,j)} \geq 8, \quad \text{untuk setiap } j = 0, 1, \dots, 6$$

Kendala Jam Kerja per Hari: Setiap karyawan hanya dapat bekerja maksimal 8 jam per hari. Oleh karena itu, kendala ini dapat dituliskan sebagai:

$$0 \leq x_{(i,j)} \leq 8, \quad \text{untuk setiap } i = 0, 1, \dots, 14 \text{ dan } j = 0, 1, \dots, 6$$

Dengan adanya kendala-kendala ini, model matematis bertujuan untuk menghasilkan jadwal kerja yang efisien dan mengoptimalkan biaya tenaga kerja dalam perusahaan manufaktur.

Karyawan	Hari 1	Hari 2	Hari 3	Hari 4	Hari 5	Hari 6	Hari 7	Total Jam Mingguan
Karyawan 1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0	16.0
Karyawan 3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 7	0.0	0.0	0.0	8.0	0.0	0.0	0.0	8.0
Karyawan 8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 12	8.0	8.0	8.0	0.0	8.0	0.0	0.0	32.0
Karyawan 13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Karyawan 15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Total Biaya Tenaga Kerja: \$512.00

Berdasarkan hasil dari pemecahan masalah optimasi penjadwalan kerja, jadwal kerja optimal untuk setiap karyawan selama 7 hari ditampilkan pada tabel di atas. Dalam solusi ini, hanya beberapa karyawan yang bekerja, yaitu Karyawan 2, Karyawan 7, dan Karyawan 12. Karyawan lainnya tidak bekerja pada hari-hari yang ditentukan.

1. Karyawan 2 bekerja 8 jam pada hari ke-6 dan hari ke-7.
2. Karyawan 7 bekerja 8 jam pada hari ke-4.

3. Karyawan 12 bekerja selama 8 jam pada hari ke-1, ke-2, ke-3, dan ke-5.

Total biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan adalah \$512.00, yang merupakan hasil dari jam kerja yang dilakukan oleh karyawan dan upah per jam yang ditetapkan. Solusi ini memastikan bahwa total biaya tenaga kerja seminimal mungkin sambil memenuhi kendala kebutuhan tenaga kerja minimal per hari dan jam kerja maksimum per karyawan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penjadwalan kerja dengan meminimalkan biaya tenaga kerja menggunakan metode pemrograman linier. Model matematis yang digunakan terdiri dari variabel keputusan yang mewakili jumlah jam kerja yang dilakukan oleh setiap karyawan pada setiap hari dalam seminggu. Fungsi objektif adalah untuk meminimalkan biaya tenaga kerja, sementara kendala yang diterapkan adalah pemenuhan kebutuhan minimum pekerja per hari dan jam kerja maksimum yang dapat dilakukan oleh setiap karyawan dalam seminggu.

3.1. Implementasi Model Matematika Menggunakan Python

Model ini diimplementasikan menggunakan pustaka Python PuLP yang menyediakan kemampuan untuk menyelesaikan masalah optimasi linier. Berikut adalah langkah-langkah implementasi solusi menggunakan Python:

3.1.1. Definisi Variabel Keputusan

Variabel keputusan dalam model ini adalah jumlah jam kerja yang dilakukan oleh setiap karyawan per hari tersebut didefinisikan dengan menggunakan `LpVariable.dicts` dari pustaka PuLP. Variabel ini memiliki domain bilangan non-negatif, yang berarti setiap karyawan hanya dapat bekerja dalam batas jam tertentu (dalam hal ini jam kerja positif atau nol).

```
# Variabel keputusan: jadwal karyawan (1 jika bekerja, 0 jika tidak)
x = {
    (i, j): LpVariable(name=f"x_{i}_{j}", cat="Binary")
    for i in range(1, num_employees + 1)
    for j in range(1, num_shifts + 1)
}
```

3.1.2. Penerapan Fungsi Objektif

Fungsi objektif dari model ini adalah untuk meminimalkan biaya tenaga kerja, yang dihitung sebagai hasil perkalian antara upah per jam dan jam kerja yang dilakukan oleh setiap karyawan setiap harinya.

Fungsi ini diterapkan dengan menggunakan fungsi `lpSum`, yang menjumlahkan biaya tenaga kerja untuk semua karyawan dan semua hari.

```
# Fungsi tujuan: meminimalkan total biaya tenaga kerja
total_biaya = lpSum(x[i, j] * shift_hours * hourly_wage for i in range(1, num_employees + 1) for j in range(1, num_shifts + 1))
model += -total_biaya
```

3.1.3. Pendefinisian Kendala

Model ini memiliki dua kendala utama:

1. Kendala Jumlah Pekerja Minimum per Hari: Setiap hari membutuhkan minimal 1 pekerja yang bekerja dan setiap karyawan harus di pastikan bekerja satu shift dalam satu hari

```
# Kendala: setiap shift harus diisi oleh setidaknya satu karyawan
for j in range(1, num_shifts + 1):
    model += lpSum(x[i, j] for i in range(1, num_employees + 1)) >= 1, f"shift_{j}_coverage"

# Kendala: setiap karyawan bekerja maksimal satu shift per hari
for i in range(1, num_employees + 1):
    model += lpSum(x[i, j] for j in range(1, num_shifts + 1)) <= 1, f"employee_{i}_max_one_shift"
```

3.1.4. Pemecahan Masalah dengan Solver Optimasi

Setelah mendefinisikan fungsi objektif dan kendala, masalah ini diselesaikan dengan menggunakan solver optimasi CBC dari pustaka PuLP. Solver ini mencari solusi yang meminimalkan biaya tenaga kerja sambil memenuhi semua kendala yang telah didefinisikan.

```
# Menyelesaikan model
solver = PULP_CBC_CMD(msg=False)
status = model.solve(solver)

# Output hasil
print(f"Status Solusi: {model.status}")
print("\nJadwal Kerja Optimal:")
for i in range(1, num_employees + 1):
    shifts = [x[i, j].value() * shift_hours for j in range(1, num_shifts + 1)]
    print(f"Karyawan {i}: {shifts}")
```

3.2. Hasil Penjadwalan Kerja

Setelah solusi ditemukan, jadwal kerja optimal untuk setiap karyawan selama 7 hari dapat ditampilkan. Berikut adalah jadwal kerja optimal yang dihasilkan oleh model ini: Total Biaya Tenaga Kerja

 Status Solusi: 1

Jadwal Kerja Optimal:

```
Karyawan 1: [0.0, 0.0, 0.0, 8.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 2: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 3: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 4: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 5: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0]
Karyawan 6: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 7: [0.0, 8.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 8: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0, 0.0]
Karyawan 9: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 10: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 11: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 8.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 12: [8.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 13: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 14: [0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
Karyawan 15: [0.0, 0.0, 8.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0]
```

3.3. Total Biaya Tenaga Kerja

Selain jadwal kerja, model juga memberikan hasil total biaya tenaga kerja yang dikeluarkan oleh perusahaan selama seminggu. Total biaya ini dihitung berdasarkan jumlah jam kerja yang dilakukan oleh karyawan dan upah per jam mereka.

Total Biaya Tenaga Kerja: \$512.00

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa hanya sebagian kecil karyawan yang bekerja, dengan Karyawan 2, Karyawan 7, dan Karyawan 12 yang terlibat dalam penjadwalan. Model ini berhasil meminimalkan biaya tenaga kerja dengan memaksimalkan efisiensi penggunaan jam kerja karyawan yang ada.

Dengan demikian, model optimasi ini dapat diterapkan di dunia industri untuk membantu perusahaan mengelola jadwal kerja karyawan dengan lebih efisien, mengurangi biaya tenaga kerja, dan memastikan bahwa kebutuhan tenaga kerja minimum per hari terpenuhi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan model optimasi jadwal kerja menggunakan pustaka PuLP pada Python untuk meminimalkan biaya tenaga kerja. Dengan pendekatan pemrograman linier, model ini menetapkan fungsi objektif untuk mengurangi biaya berdasarkan jam kerja dan upah per jam, serta mengintegrasikan kendala kebutuhan minimum pekerja harian dan batasan jam kerja maksimum per minggu. Hasil optimasi menunjukkan

bahwa hanya sebagian kecil karyawan yang terlibat dalam jadwal kerja, yang mencerminkan efisiensi tinggi dalam pengelolaan sumber daya manusia. Total biaya tenaga kerja yang dihasilkan adalah \$512.00 per minggu, yang menggambarkan kemampuan model untuk mencapai solusi optimal dengan memenuhi semua kendala yang ditetapkan. Pendekatan ini relevan dan dapat diterapkan untuk membantu perusahaan dalam meningkatkan efisiensi operasional melalui perencanaan kerja yang lebih terstruktur dan hemat biaya

REFERENSI

- [1] C. Mashuri, A. H. Mujiyanto, H. Sucipto, and R. Y. Arsam, "Penerapan Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) untuk Optimasi Waktu Produksi Pada Penjadwalan Produksi," *J. Sist. Inf. Bisnis*, vol. 10, no. 2, pp. 131–136, 2020, doi: 10.21456/vol10iss2pp131-136.
- [2] L. A. Zahir, S. Si, M. Pd, and K. A. Suhudi, "Penjadwalan Proyek Konstruksi Bangunan (Implementation of Mathematical Modeling Using Genetic Algorithms in Solving Building Construction Project Scheduling Problems)," vol. 03, pp. 62–74, 2023.
- [3] M. Efisiensi, P. Shift, and K. Studi, "Jurnal EurekaMatika Penerapan Non Preemptive Goal Programming dalam," vol. 12, no. 1, pp. 79–92, 2024.