



Minimasi Biaya Masalah Penjadwalan Awak Pesawat Menggunakan Teknik Penugasan

Elis Ratna Wulan, A. Mujtaba, Rima Mutia

Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung

*Correspondence: E-mail: ^{a)} elis_ratna_wulan@uinsgd.ac.id ^{b)} aamujtaba3@gmail.com
^{c)} rimamutia12@gmail.com

ABSTRAK

Pada makalah ini, dikaji permasalahan penjadwalan kru maskapai. Kendala utama dari masalah penjadwalan kru adalah pembagian tugas berkelompok, pencampuran tim berdasarkan ukurannya yang besar, dan penataan awalnya, serta peraturan dan pedoman fleksibel dari posisi bandara. Dalam makalah ini, diusulkan masalah di mana jadwal penerbangan dan jadwal kru pesawat difiksasi secara optimal dengan memberikan data. Kemudian, dibangun model matematika dengan membatasi biaya transportasi dari semua penjadwalan penerbangan dari periode waktu tertentu untuk tidak mengganggu anggota kru dengan kru yang tersedia. Model tersebut diselesaikan dengan metode Hungarian. Dari studi kasus yang diambil, solusi optimal dari biaya maskapai yang diberikan antara rute kru Bhubaneswar dan Kolkata tercatat sebesar 85 jam.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima 20 Oktober 2023

Direvisi 22 Oktober 2023

Disetujui 31 Oktober 2023

Tersedia online 1 November 2023

Dipublikasikan 1 Desember 2023

Kata Kunci:

Biaya Minimal,

Metode Hungarian,

Penjadwalan Kru Penerbangan.

ABSTRACT

In this paper, the problem of airline crew scheduling is studied. The main difficulties are divided into team missions and team mixes based on their sheer size, initial arrangement, and flexible rules and directions of airport locations. In this paper, we propose the problem in which flight schedules and crew schedules for aircraft are optimally fixed through data provision. Then, we construct a mathematical model by determining the transportation cost from all flight schedules for a given time period to not disturb crew members with available crews. The model is solved using the Hungarian method. From the present study undertaken, the optimum solution for the given cost between Bhubaneswar and Kolkata flight routes was observed as 85 hours.

© 2023 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI

Keywords:

Flight Crew Scheduling,

Hungarian Method,

Minimum Cost.

1. PENDAHULUAN

Masalah penugasan adalah suatu masalah mengenai pengaturan objek untuk melaksanakan tugas dengan tujuan meminimalkan biaya, waktu atau jarak ataupun memaksimalkan keuntungan (Rahman & Wahyudin, 2021). Dalam dunia industri, manajemen sering kali menghadapi masalah-masalah yang berhubungan dengan penugasan optimal dari bermacam-macam sumber yang produktif atau personalia yang mempunyai tingkat efisiensi yang berbeda-beda untuk tugas yang berbeda. Penugasan dapat diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari tidak hanya terbatas pada penugasan pekerjaan dengan pekerja atau mesinnya namun lebih luas lagi.

Penugasan adalah salah satu kasus spesial dalam permasalahan transportasi. Masalah penjadwalan kru maskapai adalah masalah penugasan sekelompok anggota kru untuk beberapa penerbangan yang sudah dijadwalkan sehingga setiap penerbangan yang dijadwalkan dicakup sambil mematuhi peraturan dan persetujuan kolektif, yang sebagian besar ditetapkan oleh lembaga keselamatan dan serikat pekerja. Kendala-kendala yang rumit membuat ini menjadi salah satu masalah penjadwalan kru yang paling sulit dalam industri transportasi. Penulis menyajikan tinjauan umum yang mendalam tentang penelitian masalah penjadwalan kru maskapai, dan menyajikan model dan pendekatan solusi baru untuk masalah penugasan pilot.

Sejauh ini permasalahan penugasan dapat diselesaikan dengan empat metode yaitu metode simpleks, metode pencacahan, metode transportasi dan metode Hungarian. Di antara semua metode, metode Hungarian menjadi metode yang paling optimal (Andoko, et al., 2019). Istilah Hungarian diberikan untuk mengabadikan D. Konig, ahli matematika asal Hungaria yang pertama kali mengembangkan model ini (Basriati & Lestari, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan pendekatan optimasi untuk menyelesaikan masalah penjadwalan kru maskapai, di mana semua segmen penerbangan yang diberikan dicakup oleh kru yang tersedia tanpa melanggar serangkaian aturan. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan solusi yang lebih baik dalam menangani masalah penugasan pilot dengan mempertimbangkan aktivitas dan preferensi yang telah ada dalam literatur dengan metode Hungarian.

2. METODE

Artikel ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR). Systematic Literature Review (SLR) merupakan istilah suatu cara identifikasi, evaluasi, dan interpretasi semua ketersediaan penelitian yang relevan terhadap rumusan masalah atau area topik yang diteliti. Tujuan dari penelitian Systematic Literature Review (SLR) ini adalah untuk menemukan strategi yang akan membantu mengatasi masalah yang dihadapi serta mengidentifikasi perspektif yang berbeda terkait dengan masalah yang sedang diteliti dan mengungkap teori-teori yang relevan. Kasus yang diangkat dalam penelitian ini mengenai minimasi biaya masalah penjadwalan awak pesawat menggunakan teknik penugasan (Divya & Balaji, 2020).

Metode Hungarian adalah metode yang memodifikasi baris dan kolom dalam matriks efektivitas hingga komponen nol tunggal muncul di setiap baris atau kolom yang dapat dipilih sebagai alokasi penugasan (Basriati & Lestari, 2017; Paendong & Prang, 2011). Masalah penugasan (*assignment problems*) adalah masalah mengenai pengaturan individu (objek) untuk melaksanakan tugas (kegiatan), sehingga biaya yang dikeluarkan untuk masalah tugas dapat diminimalkan (Mardiani, et al., 2020). Penugasan merupakan metode yang dapat digunakan untuk model transportasi dimana pekerja yang harus ditugaskan ke masing-masing

kegiatan, yang dapat didefinisikan sebagai $(i, j = 1, 2, 3, 4, 5)$. Beberapa hal yang harus dipelajari dalam menyelesaikan masalah penugasan adalah: jumlah pekerja (m), jumlah pekerjaan yang harus diselesaikan (n), penugasan pekerja ke suatu pekerjaan (X_{ij}), parameter alokasi yang ditugaskan (C_{ij}).

$X_{ij} = 1$ Jika pekerja i ditugaskan ke salah satu mesin.

$X_{ij} = 0$ Jika pekerja i tidak ditugaskan ke mesin manapun

Model matematika dalam kasus ini berdasarkan fungsi kendala yang didapatkan kemudian dimasukkan ke dalam tabel penugasan (Basriati & Lestari, 2017). Secara umum masalah penugasan dapat ditulis dengan rumus sebagai berikut (Basriati & Lestari, 2017):

Optimumkan:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Dengan kendala:

$$\sum_{i=1}^m C_{ij} = 1; i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1; i = 1, 2, 3, \dots, n$$

Keterangan:

Z : Fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya (maksimal atau minimal)

n : Jumlah tugas yang diselesaikan

X_{ij} : Penugasan dari sumber (pekerja) i ke tujuan (tugas) j

C_{ij} : Parameter alokasi dari sumber i ke tujuan j .

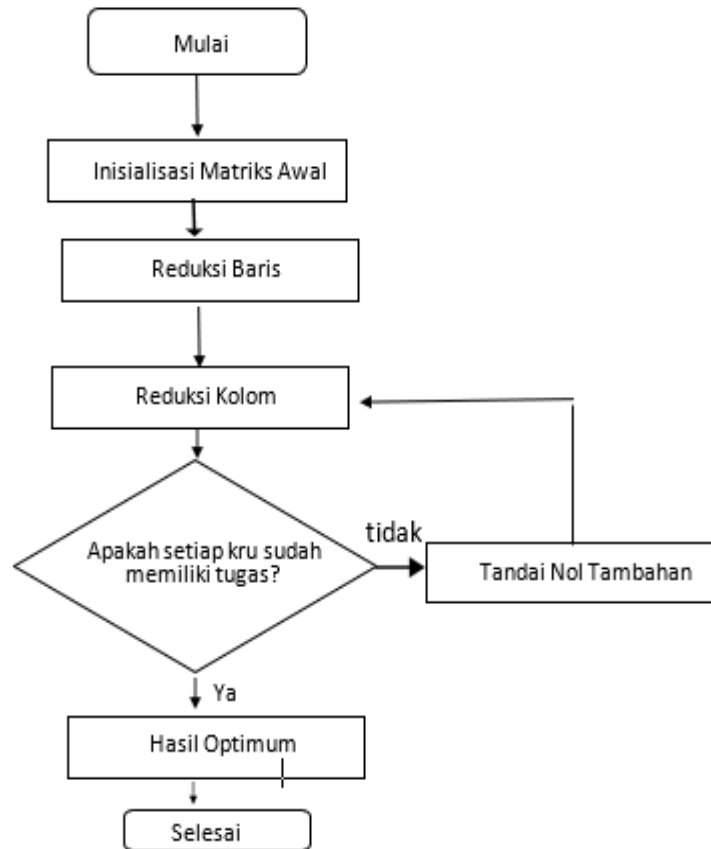
Metode Hungarian biasanya digunakan untuk menyelesaikan masalah penugasan (Wulan, *et al.*, 2019), dengan langkah-langkah sebagai berikut:

Langkah 1: Temukan elemen minimum di setiap baris matriks biaya max. Bangun matriks baru dengan mengurangi dari setiap biaya-biaya minimum dalam barisnya. Untuk matriks baru ini, cari biaya minimum di setiap kolom. Bangun sebuah matriks baru (disebut matriks biaya yang dikurangi) dengan mengurangi dari setiap biaya biaya minimum dalam kolomnya.

Langkah 2: Gambarkan jumlah minimum garis (horizontal, vertikal, atau keduanya) yang diperlukan untuk mencakup semua nol dalam matriks biaya yang dikurangi. Jika garis m diperlukan, maka solusi optimal tersedia di antara nol yang tercakup dalam matriks. Jika dibutuhkan kurang dari garis m , maka lanjutkan ke langkah 3.

Langkah 3: Temukan elemen bukan nol terkecil (sebut nilainya k) dalam matriks biaya rendah yang dibuka oleh garis-garis yang diambil pada langkah 2. Sekarang kurangi k dari setiap elemen yang tidak ditemukan dari matriks biaya rendah dan tambahkan k untuk setiap elemen ditutupi oleh dua garis. Kembali ke langkah 2.

Langkah-langkah tersebut dapat digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metode Hungarian untuk Alokasi Kru

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dipaparkan contoh penyelesaian masalah penugasan untuk kru pesawat. Di India untuk perjalanan dari Bhubaneswar ke Kolkata dan harus kembali lagi ke Bhubaneswar dengan cepat, sehingga pesawat akan melakukan perjalanan keberangkatan dan perjalanan pulang. Oleh karena itu, untuk pesawat masing-masing mempunyai enam jadwal keberangkatan dan kepulangan antara Bhubaneswar- Kolkata atau sebaliknya Kolkata-Bhubaneswar. Data disajikan pada Tabel 1 (Durmaz & Koyuncu, 2019).

Tabel 1. Jadwal Perjalanan dan Kepulangan Bhubaneswar-Kolkata atau Sebaliknya

Bhubaneswar-Kolkata			Kolkata-Bhubaneswar		
Nomor Penerbangan	Keberangkatan	Kedatangan	Nomor Penerbangan	Keberangkatan	Kedatangan
a	06.00 AM	07.00 AM	1	08.00 AM	09.15 AM
b	07.30 AM	08.30 AM	2	09.00 AM	10.15 AM
c	10.30 AM	11.30 AM	3	11.30 AM	00.45 PM
d	02.00 PM	03.00 PM	4	03.00 PM	04.15 PM
e	06.00 PM	07.00 PM	5	07.30 PM	08.45 PM
f	11.30 PM	00.30 AM	6	10.00 PM	11.15 PM

Pada tahap ini akan dihitung nilai untuk waktu singgah tabel kedatangan (Bhubaneswar Kolkata) dan keberangkatan (Kolkata-Bhubaneswar).

Baris Pertama:

Kru di Kolkata pada pukul 07.00 AM
 07.00 AM-08.00 AM = 25 jam
 07.00 AM-09.00 AM = 26 jam
 07.00 AM-11.30 AM = 28,5 jam
 07.00 AM-03.00 PM = 20 jam
 07.00 AM-07.30 PM = 24,5 jam
 07.00 AM-10.00 PM = 27 jam

Baris Kedua:

Kru di Kolkata pada pukul 08.30 AM
 08.30 AM-08.00 AM = 23,5 jam
 08.30 AM-09.00 AM = 24,5 jam
 08.30 AM-11.30 AM = 27 jam
 08.30 AM-03.00 PM = 18,5 jam
 08.30 AM-07.30 PM = 23 jam
 08.30 AM-10.00 PM = 23,5 jam

Baris Ketiga:

Kru di Kolkata pada pukul 11.30 AM
 11.30 AM-08.00 AM = 20,5 jam
 11.30 AM-09.00 AM = 21,5 jam
 11.30 AM-11.30 AM = 24 jam
 11.30 AM-03.00 PM = 15,5 jam
 11.30 AM-07.30 PM = 20 jam
 11.30 AM-10.00 PM = 22,5 jam

Baris Keempat:

Kru di Kolkata pada pukul 03.00 PM
 03.00 PM -08.00 AM = 29 jam
 03.00 PM -09.00 AM = 6 jam
 03.00 PM -11.30 AM = 8,5 jam
 03.00 PM -03.00 PM = 24 jam
 03.00 PM -07.30 PM = 28,5 jam
 03.00 PM -10.00 PM = 7 jam

Baris Kelima:

Kru di Kolkata pada pukul 07.00 PM
 07.00 PM-08.00 AM = 25 jam
 07.00 PM-09.00 AM = 26 jam
 07.00 PM-11.30 AM = 28,5 jam
 07.00 PM-03.00 PM = 20 jam
 07.00 PM-07.30 PM = 24,5 jam
 07.00 PM-10.00 PM = 27 jam

Baris Keenam:

Kru di Kolkata pada pukul 00.30 AM
 00.30 AM-08.00 AM = 7,5 jam
 00.30 AM-09.00 AM = 8,5 jam
 00.30 AM-11.30 AM = 11 jam
 00.30 AM-03.00 PM = 26,5 jam
 00.30 AM-07.30 PM = 7 jam
 00.30 AM-10.00 PM = 9,5 jam

Untuk mengatasi penundaan waktu keberangkatan, asumsi yang diambil adalah pilot dan kru perlu beristirahat selama 5 Jam, dan tidak boleh berdiri lebih dari 24 Jam. Misal, pilot dan kru melakukan perjalanan penerbangan meninggalkan Bhubaneswar pada pukul 06.00 pagi, tiba pada pukul 12.00 siang di Kolkata, dan kembali ke Bhubaneswar pada pukul 05.30, keesokan harinya, dengan melakukan penundaan 24 jam untuk waktu istirahat kru dan pilot. Untuk menentukan rute pasangan yang optimal, maka kita menghitung waktu singgah dari jadwal di atas.

Tabel 2. Waktu Singgah dan Perjalanan Kru dan Pilot di Bhubaneswar

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	25	26	28,5	20	24,5	27
b	23,5	24,5	27	18,5	23	25,5
c	20,5	21,5	24	15,5	20	22,5
d	29	6	8,5	24	28,5	7
e	25	26	28,5	20	24,5	27
f	7,5	8,5	11	26,5	7	9,5

Selanjutnya, akan dihitung nilai untuk waktu singgah tabel keberangkatan (Bhubaneswar-Kolkata) dan kedatangan (Kolkata-Bhubaneswar).

Kolom Pertama:

Kru di Bhubaneswar pada pukul 06.00 AM
 06.00 AM-09.15 AM = 20,75 jam
 06.00 AM-10.15 AM = 19,75 jam
 06.00 AM-00.45 PM = 5,25 jam
 06.00 AM-04.15 PM = 25,75 jam
 06.00 AM-08.45 PM = 21,25 jam
 06.00 AM-11.15 PM = 18,75 jam

Kolom Ketiga:

Kru di Bhubaneswar pada pukul 10.30 AM
 10.30 AM- 09.15 AM = 25.25 jam
 10.30 AM- 10.15 AM = 24.25 jam
 10.30 AM- 00.45 PM = 9.75 jam
 10.30 AM- 04.15 PM = 6.25 jam
 10.30 AM- 08.45 PM = 25.75 jam
 10.30 AM- 11.15 PM = 23.25 jam

Kolom Kedua:

Kru di Bhubaneswar pada pukul 07.30 AM
 07.30 AM-09.15 AM = 22,25 jam
 07.30 AM-10.15 AM = 21,25 jam
 07.30 AM-00.45 PM = 6,75 jam
 07.30 AM-04.15 PM = 27, 25 jam
 07.30 AM-08.45 PM = 22,75 jam
 07.30 AM-11.15 PM = 10,25 jam

Kolom Keempat:

Kru di Bhubaneswar pada pukul 02.00 PM
 02.00 PM-09.15 AM = 16.75 jam
 02.00 PM-10.15 AM = 15.75 jam
 02.00 PM-00.45 PM = 25.25 jam
 02.00 PM-04.15 PM = 21.75 jam
 02.00 PM-08.45 PM = 17.25 jam
 02.00 PM-11.15 PM = 14.75 jam

Kolom Kelima:

Kru di Bhubaneswar pada pukul 06.00 PM
 06.00 PM-09.15 AM = 20.75 jam
 06.00 PM-10.15 AM = 19.75 jam
 06.00 PM-00.45 PM = 5.25 jam
 06.00 PM-04.15 PM = 25.75 jam
 06.00 PM-08.45 PM = 21.25 jam
 06.00 PM-11.15 PM = 18.75 jam

Kolom Keenam:

Kru di Bhubaneswar pada pukul 11.30 PM
 11.30 PM-09.15 AM = 26.25 jam
 11.30 PM-10.15 AM = 25.25 jam
 11.30 PM-00.45 PM = 10.75 jam
 11.30 PM-04.15 PM = 7.25 jam
 11.30 PM-08.45 PM = 26.75 jam
 11.30 PM-11.15 PM = 24.25 jam

Setelah menghitung nilai untuk waktu singgah pada tabel keberangkatan (Bhubaneswar-Kolkata) dan kedatangan (Kolkata-Bhubaneswar) maka, hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Waktu Singgah dan Perjalanan Kru dan Pilot di Kolkata

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	20,75	19,75	5,25	25,75	21,25	18,75
b	22,25	21,25	6,75	27,25	22,75	20,25
c	25,25	24,25	9,75	6,25	25,75	23,25
d	16,75	15,75	25,25	21,75	17,25	14,75
e	20,75	19,75	5,25	25,75	21,25	18,75
f	26,25	25,25	10,75	7,25	26,75	24,25

Hasil dari perbandingan nilai waktu tunda dari Tabel 2 dan 3 maka, nilai terkecilnya diambil dari Tabel 3. Sehingga menghasilkan Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Minimum di Setiap Baris

Rute Kru	1	2	3	4	5	6	Nilai minimum baris
a	20,75	19,75	5,25*	25,75	21,25	18,75	5,25
b	22,25	21,25	6,75*	27,25	22,75	20,25	6,75
c	25,25	24,25	9,75	6,25*	25,75	23,25	6,25
d	16,75	15,75	25,25	21,75	17,25	14,75*	14,75
e	20,75	19,75	5,25*	25,75	21,25	18,75	5,25
f	26,25	25,25	10,75	7,25*	26,75	24,25	7,25

Nilai yang diberi tanda bintang merupakan nilai terkecil dari setiap baris.

Langkah 1: Kurangi setiap baris dengan nilai terkecil dari baris tersebut dan temukan nilai terkecilnya. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Minimum di Setiap Kolom

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	15,5	14,5	0	20,5	16	13,5
b	15,5	14,5	0	20,5	16	3,5
c	19	18	3,5	0	19,5	17
d	2	1	10,5	7	2,5	0
e	15,5	14,5	0	20,5	16	13,5
f	19	18	3,5	0	19,5	17
Nilai Minimum Kolom	2	1	0	0	2,5	0

Langkah 2: Kurangi setiap kolom dengan nilai terkecil dari kolom tersebut dan temukan nilai terkecilnya. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Setelah Pengurangan Kolom

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	13,5	13,5	0	20,5	13,5	13,5
b	13,5	13,5	0	20,5	13,5	3,5
c	17	17	3,5	0	17	17
d	0	0	10,5	7	0	0
e	13,5	13,5	0	20,5	13,5	13,5
f	17	17	3,5	0	17	17

Langkah 3: Gambar serangkaian garis horizontal dan vertikal untuk menutupi semua angka 0. Ilustrasi terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Gambarkan Jumlah Garis Minimum

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	13,5	13,5	0	20,5	13,5	13,5
b	13,5	13,5	0	20,5	13,5	3,5
c	17	17	3,5	0	17	17
d	0	0	10,5	7	0	0
e	13,5	13,5	0	20,5	13,5	13,5
f	17	17	3,5	0	17	17

Langkah 4: Bangun tabel revisi baru dengan memilih elemen terkecil di antara sel-sel yang tidak tercakup oleh garis apa pun (misalnya $k = 3,5$). Kurangkan $k = 3,5$ dari setiap elemen di sel yang tidak tercakup oleh garis. Tambahkan $k = 3,5$ ke setiap elemen di sel perpotongan dua garis. Hasil perhitungan terdapat pada Tabel 8.

Tabel 8. Mencari Nilai Minimum

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	10	10	0	20,5	10	10
b	10	10	0	20,5	10	0
c	13,5	13,5	3,5	0	13,5	13,5
d	0	0	14	10,5	0	0
e	10	10	0	20,5	10	10
f	13,5	13,5	3,5	0	13,5	13,5

Langkah 5: Tentukan garis dasar, yang dibutuhkan untuk menutupi setiap angka nol dalam jaringan. Ilustrasi terdapat pada Tabel 9.

Tabel 9. Gambarkan Jumlah Garis Minimum

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	10	10	[0]	20,5	10	10
b	10	10	0	20,5	10	[0]
c	13,5	13,5	3,5	[0]	13,5	13,5
d	[0]	0	14	10,5	0	0
e	10	10	0	20,5	10	10
f	13,5	13,5	3,5	0	13,5	13,5

Langkah 6: Bangun tabel revisi baru dengan memilih elemen terkecil di antara sel-sel yang tidak tercakup oleh garis apa pun (katakanlah $k = 10$). Kurangkan $k = 10$ dari setiap elemen di sel yang tidak tercakup oleh garis. Tambahkan $k = 10$ ke setiap elemen di sel perpotongan dua garis. Tabel revisi baru terdapat pada Tabel 10.

Tabel 10. Membuat Angka Nol Tambahan untuk Rute Kru

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	0	0	0	20,5	0	10
b	0	0	0	20,5	0	0
c	3,5	3,5	3,5	0	3,5	13,5
d	0	0	24	20,5	0	0
e	0	0	0	20,5	0	0
f	3,5	3,5	3,5	0	3,5	13,5

Langkah 7: Tutupi semua angka nol dengan jumlah baris minimum. Tentukan jumlah baris minimum yang diperlukan untuk menutupi semua angka nol dalam matriks. Ilustrasi terdapat pada Tabel 11.

Tabel 11. Menggambar Jumlah Garis Minimum

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	0	0	0	20,5	0	0
b	10	10	10	20,5	10	0
c	3,5	3,5	3,5	0	3,5	13,5
d	0	0	24	20,5	0	0
e	0	0	0	20,5	0	0
f	3,5	3,5	3,5	0	3,5	3,5

Langkah 8: Buat angka nol tambahan kemudian memilih elemen terkecil, di antara sel yang tidak tercakup oleh garis mana pun (misalkan $k = 3,5$). Kurangi $k = 3,5$ dari setiap elemen dalam sel yang tidak tercakup oleh garis, tambahkan $k = 3,5$ ke setiap elemen di sel perpotongan dua garis. Hasil terdapat pada Tabel 12.

Tabel 12. Membuat Angka Nol Tambahan

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	0	0	0	24	0	10
b	0	0	0	24	0	0
c	0	0	0	0	0	10
d	0	0	24	24	0	10
e	0	0	0	24	0	10
f	0	0	0	0	0	10

Berdasarkan Tabel 12, diperoleh nilai akhir yang disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Nilai Akhir yang Didapatkan

Rute Kru	1	2	3	4	5	6
a	0	0	[0]	24	0	10
b	0	0	0	24	0	[0]
c	0	0	0	[0]	0	10
d	0	0	24	24	[0]	10
e	0	[0]	0	24	0	10
f	[0]	0	0	0	0	10

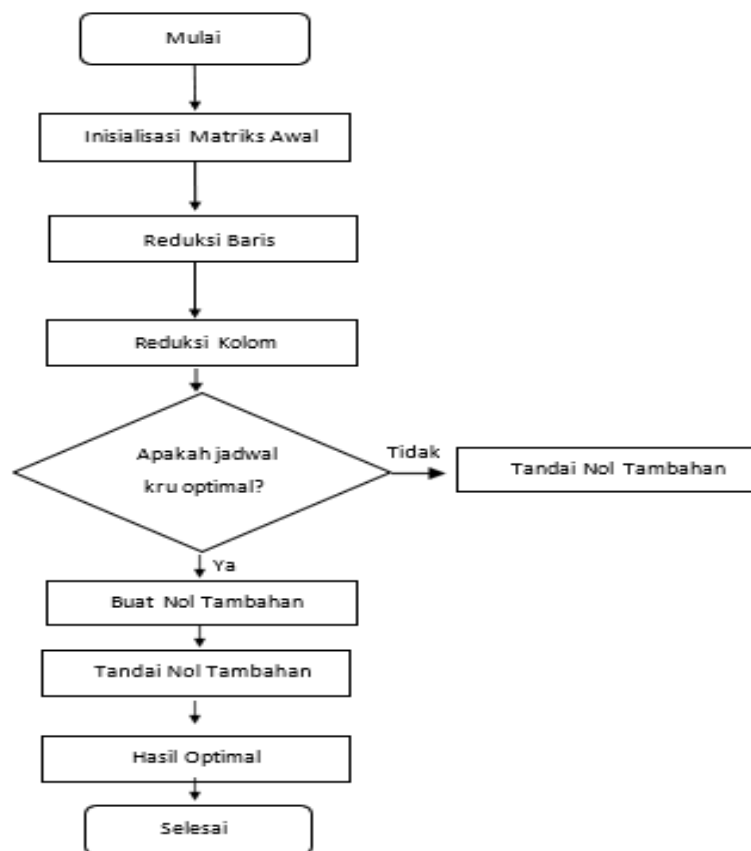
Solusi optimal dari biaya penerbangan yang diberikan antara Bhubaneswar dan Kolkata ditunjukkan pada Tabel 13.

Tabel 14. Nilai Optimal Akhir Antara Maskapai Penerbangan Kru

Rute Kru	Pekerjaan	Biaya
<i>a</i>	3	5,25
<i>b</i>	6	10,25
<i>c</i>	4	6,25
<i>d</i>	5	17,25
<i>e</i>	2	19,75
<i>f</i>	1	26,25
	Total	85

Berdasarkan Tabel 14, kita mendapatkan pengaturan optimal dari rute maskapai udara yang dikombinasikan dengan rute udara 6, sehingga waktu tempuh dari rute udara a ke rute 3 adalah 5,25 jam. Demikian pula, waktu tempuh untuk berbagai rute kelompok yang sesuai adalah sebagai berikut: rute b ke rute 6 adalah 10,25 jam, rute c ke rute 4 adalah 6,25 jam, rute d ke rute 5 adalah 17,25 jam, rute e ke rute 2 adalah 19,75 jam, dan rute f ke rute 1 adalah 26,25 jam. Dalam pertimbangan kita, perlu ditekankan bahwa peran pilot sangat penting, dan penghematan waktu dengan menggunakan integrasinya dari berbagai perspektif penghematan biaya dapat mempertimbangkan peningkatan durasi layanan mereka. Hal ini dapat dilakukan agar tidak ada pilot yang kehilangan pekerjaan dari Bhubaneswar ke Kolkata dan sebaliknya, dengan mengalokasikan rute sehingga pencocokan rute untuk membatasi biaya dari maskapai. Dari permasalahan penugasan, kita dapat mengasumsikan bahwa perjalanan dari Bhubaneswar ke Kolkata dan sebaliknya, lebih efektif rute a ke rute 3 yang memberikan waktu tempuh 5,25 jam, yang merupakan jumlah waktu minimum yang diperlukan untuk mencapai dari Kolkata ke Bhubaneswar. Oleh karena itu, total waktu tunda adalah 85 jam.

Gambar 2 menunjukkan diagram alir aplikasi metode Hungarian untuk penjadwalan kru. Diagram alir pada Gambar 2 merupakan lanjutan dari diagram alir pada Gambar 1. Setelah dipastikan penjadwalan kru sudah optimal, maka dilanjutkan dengan pengalokasi kru sehingga diperoleh hasil yang optimal berupa biaya minimum untuk masalah penugasan kru pesawat (Dubey, et al., 2020; Aung, et al., 2019).



Gambar 2. Flowchart Metode Hungarian untuk Penjadwalan Kru

4. KESIMPULAN

Dari tinjauan literatur yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa menggunakan pendekatan masalah penugasan dalam penelitian ini memberikan solusi yang efektif untuk mengatasi perencanaan rute kru. Melalui metode ini, penelitian berhasil menyelidiki berbagai rute dengan memanfaatkan anggota tim dari rute yang tersedia ke tujuan tertentu untuk mengurangi waktu tunda secara keseluruhan dari awal hingga tujuan. Menggunakan pendekatan metode Hungaria, hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan rute yang dianalisis dengan masalah penugasan mampu mencapai waktu tunda optimal sebesar 85 jam. Hasil dan analisis dari tinjauan literatur ini menegaskan bahwa pendekatan ini memiliki potensi besar sebagai solusi yang lebih baik dalam menangani perencanaan rute kru dan masalah yang berkaitan dengan perjalanan maskapai penerbangan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Andoko, V. C., Handojo, A., & Palit, H. N. (2019). Simulasi online taxis dispatch system dengan metode combinatorial optimization. *Jurnal Infra*, 7(1), 90-96.
- Aung, M., Cho, Y., Htay, K., & Myint, K. (2019). Minimization of assignment problems. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 3(5), 1360-1362.
- Basriati, S., & Lestari, A. (2017). Penyelesaian masalah penugasan menggunakan metode hungarian dan pinalti (Studi Kasus: CV. Surya Pelangi). *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 3(1), 75-81.

- Divya, S., & Balaji, J. (2020). Novel approach to solve the assignment problem. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, 3(6), 3–5.
- Dubey, S. K., Kumar, A., & Upadhyay, V. (2018). The average sum method for the unbalanced assignment problems. *International Journal of Mathematics Trends and Technology*, 55(2), 89-100.
- Durmaz, H., & Koyuncu, M. (2019). Optimization of assignment problems in production lines with different skilled labor levels. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 3(2), 123-136.
- Mardiani, S., Sari, F. L., Novita, C., Fanani, Z. A., & Afandhi, D. A. (2020). Penerapan metode hungarian dalam optimasi penugasan karyawan CV. Paksi Teladan. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(1), 1-6.
- Paendong, M., & Prang, J. D. (2011). Optimisasi Pembagian Tugas Karyawan Menggunakan Metode Hungarian. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(1), 109-115.
- Rahman, L. N., & Wahyudin, W. (2021). Optimalisasi penugasan karyawan jasa ekspedisi menggunakan metode hungarian (Studi kasus CV. Anteraja Cabang Mekarmukti). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(3), 2120-2127.
- Wulan, E. R., Devi, A. R., & Nuraiman, D. (2019, December). The comparative analysis of Hungarian assessment, matrix ones assignment and alternate mansi method in solving assignment problem. *Journal of Physics: Conference Series*, 1402(7), 077090.