

## Masalah Penugasan Pada Teknisi Untuk Perbaikan Mesin Produksi Dalam Skenario Ketidakpastian

Mohammad Syaiful Pradana<sup>1</sup>, Siti Alfiatur Rohmaniah<sup>2</sup>,  
Awawin Mustana Rohmah<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Darul ‘ulum Lamongan, [syaifulp@unisda.ac.id](mailto:syaifulp@unisda.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Islam Darul ‘ulum Lamongan, [sitalfiatur@unisda.ac.id](mailto:sitalfiatur@unisda.ac.id)

<sup>3</sup>Universitas Islam Darul ‘ulum Lamongan, [awawin.emer@unisda.ac.id](mailto:awawin.emer@unisda.ac.id)

**Abstract.** The problem of technician assignment in terms of production machine repair is the main focus of this research to help smooth the production process, maintain the availability and performance of the machine where the repair process depends on the efficiency of the technician team. Unexpected machine damage, the level of complexity of machine repair, as well as different competencies and availability of technicians are part of the uncertainty conditions in machine repair. This research focuses on the uncertainty scenario (Sk1, Sk2, Sk3) of technician assignment for production machine repair with a case study involving 3 machines (M1, M2, M3) and 4 technicians (T1, T2, T3, T4). The method used adapts the Hurwicz and Bayes rules (H+B) where this method is designed for one-time decisions and pure strategies with the aim of minimizing the total machine repair time. The results of the application of the optimal solution method found are assignments (T1 - M1) 6.67 hours, (T2 - M2) 8.46 hours, and (T4 - M3) 7.86 hours and resulting in a minimum total repair time of 22.99 hours. Further research could be conducted to extend the model to consider different repair costs and technician capabilities as well as other approaches to uncertainty such as Fuzzy Logic or Stochastic Programming.

**Keywords:** *Assignment Problems, Production Machine Repair, Hurwicz and Bayes Rules, Uncertainty Conditions*

**Abstrak.** Masalah penugasan teknisi dalam hal perbaikan mesin produksi menjadi fokus utama penelitian ini untuk membatu kelancaran proses produksi, menjaga ketersediaan dan kinerja mesin dimana proses perbaikan tersebut bergantung pada efisiensi tim teknisi. Kerusakan mesin yang tak terduga, tingkat kompleksitas perbaikan mesin, serta kompetensi yang berbeda dan ketersediaan teknisi merupakan bagian dari kondisi ketidakpastian dalam perbaikan mesin. Penelitian ini berfokus pada skenario ketidakpastian (Sk1, Sk2, Sk3) penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi dengan studi kasus yang melibatkan sebanyak 3 mesin (M1, M2, M3) dan 4 teknisi (T1, T2, T3, T4). Metode yang digunakan mengadaptasi aturan Hurwicz dan Bayes (H+B) dimana metode ini dirancang untuk keputusan satu kali dan strategi murni dengan tujuan meminimalkan total waktu perbaikan mesin. Hasil penerapan metode solusi optimal yang ditemukan adalah penugasan (T1 - M1) 6.67 jam, (T2 - M2) 8.46 jam, dan (T4 - M3) 7.86 jam dan menghasilkan total waktu perbaikan minimal 22.99 jam. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan perluasan model untuk mempertimbangkan biaya perbaikan dan kemampuan teknisi yang berbeda serta pendekatan lain untuk ketidakpastian seperti Fuzzy Logic atau Stochastic Programming.

**Kata Kunci:** *Masalah Penugasan, Perbaikan Mesin Produksi, Aturan Hurwicz dan Bayes, Kondisi Ketidakpastian*

## 1 Pendahuluan

Pada dunia manufaktur modern saat ini pengelolaan operasional dihadapkan pada kompleksitas yang semakin rumit terutama dalam memastikan kelancaran proses produksi. Ketersediaan dan kinerja mesin merupakan faktor penting untuk menjaga keberlanjutan produksi dimana perbaikan dan perawatannya bergantung pada seberapa efektif tim teknisi bekerja. Oleh karena itu, menugaskan teknisi untuk memperbaiki mesin produksi menjadi isu yang penting dan menarik untuk dipecahkan. Secara umum, masalah penugasan adalah masalah diskrit dan kombinatorial dimana setiap orang ditugaskan untuk mengerjakan tugas tertentu dengan tujuan mencapai efisiensi tertinggi atau meminimalkan biaya maupun waktu secara keseluruhan [1], [2]. Masalah penugasan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari manajemen sumber daya manusia yang mencakup penyusunan rencana sumber daya manusia, perekrutan tim, serta pengembangan dan pengelolaan tim [3].

Dalam skenario ideal dengan parameter yang deterministik, model optimasi masalah penugasan dapat diselesaikan dengan relatif mudah. Kondisi seperti ini biasanya ditemukan dalam proyek standar yang telah dikenal dan dilaksanakan dalam lingkungan yang stabil dan tenang. Namun, realitas operasional dalam industri manufaktur sering kali jauh dari ideal. Lingkungan yang dinamis dan penuh ketidakpastian menjadikan penugasan teknisi untuk perbaikan mesin sebagai tugas yang jauh lebih rumit [4]. Faktor-faktor seperti kerusakan mesin yang tidak terduga, ketersediaan suku cadang yang bervariasi, tingkat kompleksitas perbaikan yang berbeda-beda, serta kompetensi dan ketersediaan teknisi yang fluktuatif, semuanya berkontribusi pada ketidakpastian ini [5].

Ketika mempertimbangkan proyek-proyek baru (inovasi) atau proyek-proyek yang dilakukan dalam masa-masa yang sangat bergejolak (misalnya, krisis ekonomi, pandemi, perubahan peraturan yang tidak stabil, atau kurangnya bahan baku), estimasi parameter menjadi lebih kompleks. Dalam kasus ekstrem, bahkan penggunaan kalkulus probabilitas pun tidak direkomendasikan. Oleh karena itu, pengambilan keputusan di bawah kondisi kepastian dalam manajemen sumber daya manusia hanya merupakan karakteristik proyek standar yang dilaksanakan di lingkungan yang tenang, yang dalam praktiknya tidak sering terjadi terutama di era sekarang [6]. Ketidakpastian dalam konteks ini diasumsikan terjadi ketika setidaknya satu parameter dari masalah keputusan tidak bersifat deterministik.

Penelitian telah mengeksplorasi masalah penugasan dengan parameter yang tidak pasti melalui metode yang didasarkan pada tinjauan tentang perkembangan dalam masalah penugasan random [7], algoritma genetik untuk memecahkan masalah penugasan multiobjektif fuzzy [8]. Meskipun demikian, ketidakpastian bisa menjadi sangat kompleks sehingga pengukuran-pengukuran tersebut menjadi sulit dipahami secara operasional oleh pengambil keputusan dan hampir tidak mungkin untuk divalidasi [9]. Oleh karena itu, mereka mendorong penggunaan skenario untuk menggambarkan "kemungkinan cara masa depan terungkap".

Perencanaan skenario (*Scenario Planning*) adalah alat yang banyak diterapkan dalam proses pengambilan keputusan, terutama berguna dalam menghadapi masalah di bawah ketidakpastian [9], [10]. Keunggulannya terletak pada kesederhanaannya dan tidak memerlukan informasi tentang kemungkinan yang sangat dibutuhkan dalam proyek-proyek dengan tingkat kebaruan yang tinggi

dan lingkungan yang cepat berubah. *Scenario Planning* telah dikombinasikan dengan masalah penugasan dalam situasi di mana pengambil keputusan adalah seorang pesimis yang kuat. Helena Gaspars-Wieloch telah mengusulkan algoritma yang menggabungkan pemrograman biner dengan perencanaan skenario dan menerapkan koefisien optimisme, yang menggambarkan sifat manajer (sikap terhadap risiko) [11]. Pendekatan ini mengatasi keterbatasan probabilitas dalam konteks proyek inovatif yang data historisnya terbatas.

Dalam konteks penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi, parameter kinerja teknisi (misalnya, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan perbaikan atau biaya yang terkait) dapat sangat bervariasi. Faktor-faktor internal seperti pengalaman, kemampuan, kondisi fisik dan mental teknisi dapat berubah. Selain itu, faktor eksternal seperti ketersediaan alat khusus, kompleksitas kerusakan yang tidak diketahui sebelumnya, keterlambatan pengiriman suku cadang, dan bahkan kondisi lingkungan kerja dapat memengaruhi kinerja. Oleh karena itu, pendekatan deterministik tidak lagi memadai.

Gap dalam literatur yang diidentifikasi adalah kurangnya metode yang dirancang untuk masalah penugasan dalam kondisi ketidakpastian, yang (1) mudah digunakan oleh manajer, (2) tidak memerlukan data yang terlalu sulit untuk diperkirakan dalam kasus proyek dengan tingkat kebaruan tinggi dan lingkungan yang cepat berubah (seperti angka fuzzy atau probabilitas), dan (3) akan berguna untuk semua jenis pengambil keputusan (pesimis, moderat, dan optimis). Penelitian ini bertujuan untuk mengisi celah tersebut dengan mengembangkan model dan prosedur yang sesuai untuk masalah penugasan teknisi dalam perbaikan mesin produksi di bawah ketidakpastian, dengan mempertimbangkan karakteristik unik dari lingkungan industri manufaktur.

## 2 Metode Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber pada skenario penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi. Sumber data secara spesifik sebagai berikut.

1. Definisi tugas dan agen berupa identifikasi secara jelas jumlah mesin yang memerlukan perbaikan dan jumlah teknisi yang tersedia. Dalam studi kasus ini, terdapat 3 mesin (M1, M2, M3) yang memerlukan perbaikan dan 4 teknisi (T1, T2, T3, T4) yang tersedia.
2. Data kinerja berdasarkan skenario berupa waktu perbaikan (dalam jam) untuk setiap kombinasi teknisi-mesin dikumpulkan dan dikategorikan berdasarkan skenario ketidakpastian meliputi kerusakan ringan (Sk.1), kerusakan sedang (Sk.2), dan kerusakan berat (Sk.3).
3. Koefisien optimisme dan pesimisme manajer berupa tingkat optimisme ( $\alpha$ ) ditetapkan untuk setiap teknisi dimana mencerminkan sikap manajer terhadap kemampuan teknisi tersebut dalam menyelesaikan tugas dengan cepat (meminimalkan waktu). Koefisien ini dapat didasarkan pada pengalaman masa lalu dan keandalan teknisi.
4. Batasan spesialisasi berupa informasi mengenai batasan kemampuan teknisi untuk memperbaiki jenis mesin tertentu juga akan disertakan sebagai batasan dalam model optimasi (diketahui T1 tidak bisa memperbaiki M3, dan T3 tidak bisa memperbaiki M1).

Kondisi ketidakpastian dalam masalah penugasan teknisi ini dimodelkan melalui pendekatan perencanaan skenario (*scenario planning*). Pendekatan ini memungkinkan evaluasi kinerja di bawah berbagai kemungkinan kondisi tanpa memerlukan estimasi probabilitas yang sulit dan tidak realistis untuk situasi yang cepat berubah atau belum pernah terjadi sebelumnya. Ketidakpastian muncul karena kinerja teknisi dalam memperbaiki mesin sangat bergantung pada kondisi mesin yang tidak selalu bisa diprediksi, seperti tingkat kerusakan (minor maupun mayor), ketersediaan suku cadang yang tak terduga, atau kompleksitas masalah yang baru terungkap saat perbaikan.

Dalam penelitian ini, skenario-skenario yang relevan yaitu 1) skenario 1 (Sk.1/kerusakan ringan) merepresentasikan kondisi ideal dengan waktu perbaikan minimal, 2) skenario 2 (Sk.2/kerusakan sedang) merepresentasikan kondisi umum dengan tingkat kesulitan menengah dan 3) skenario 3 (Sk.3/kerusakan berat) merepresentasikan kondisi terburuk dengan waktu perbaikan maksimal. Setiap skenario akan memiliki nilai waktu perbaikan yang berbeda untuk setiap kombinasi teknisi-mesin, memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap dampak ketidakpastian terhadap solusi penugasan.

Algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan masalah penugasan teknisi dalam kondisi ketidakpastian ini didasarkan pada metode yang mengadaptasi aturan Hurwicz dan Bayes (H+B) [12]. Algoritma ini dirancang untuk keputusan satu kali (*one-shot decisions*) dan strategi murni (*pure strategies*), yang berarti hanya satu varian keputusan yang dipilih. Langkah-langkah utama algoritma adalah sebagai berikut:

**1. Definisi Awal Target dan Batasan**

Menentukan tujuan, kumpulan agen, kumpulan tugas, batasan, dan skenario yang mungkin untuk setiap kinerja agen-tugas yang tidak pasti.

**2. Estimasi Koefisien Optimisme dan Pesimisme Manajer**

Untuk setiap teknisi, diestimasi koefisien optimisme ( $\alpha$ ) yang mencerminkan sikap pengambil keputusan terhadap risiko. Karena tujuannya adalah meminimisasi waktu perbaikan, koefisien optimisme yang tinggi berarti manajer sangat optimis bahwa teknisi akan menyelesaikan pekerjaan dengan cepat, bahkan dalam kondisi terburuk. Koefisien pesimisme ( $\beta$ ) dihitung sebagai  $1-\alpha$ . Contoh koefisien optimisme untuk setiap teknisi telah ditetapkan (misalnya, T1:  $\alpha=0.8$ , T2:  $\alpha=0.3$ , T3:  $\alpha=0.5$ , T4:  $\alpha=0.6$ ).

**3. Penerapan Aturan H+B untuk Menghitung Indeks Waktu Perbaikan**

Aturan H+B diterapkan secara terpisah untuk setiap kombinasi teknisi-mesin yang memungkinkan. Indeks H+B ini menggabungkan fitur dari aturan Hurwicz (yang mempertimbangkan nilai ekstrem) dan aturan Bayes (yang mempertimbangkan semua skenario) untuk menghasilkan nilai tertimbang yang merepresentasikan "waktu perbaikan yang diharapkan" dalam kondisi ketidakpastian dan sikap manajer. Karena tujuan adalah meminimisasi waktu, "nilai terbaik" adalah waktu terkecil dari skenario, dan "nilai terburuk" adalah waktu terbesar.

- Untuk Manajer Optimis ( $\alpha > 0.5$ ): koefisien optimisme ( $\alpha$ ) dikalikan dengan nilai terbaik (terkecil), dan sisa bobot ( $\beta$ ) diberikan kepada nilai-nilai skenario lainnya. Formula yang digunakan untuk meminimisasi saat manajer optimis yaitu:

$$H + B_{idx} = \frac{(\alpha \times \text{nilai terkecil}) + \sum_{i=1}^{n-1} (\beta \times \text{nilai skenario sisa ke } - i)}{(\alpha + \sum_{i=1}^{n-1} \beta_i)} \quad (1)$$

- Untuk Manajer Pesimis ( $\alpha < 0.5$ ): koefisien pesimisme ( $\beta$ ) dikalikan dengan nilai terburuk (terbesar), dan sisa bobot ( $\alpha$ ) diberikan kepada nilai-nilai skenario lainnya. Formula yang digunakan untuk minimisasi saat manajer pesimis yaitu:

$$H + B_{idx} = \frac{(\beta \times \text{nilai terbesar}) + \sum_{i=1}^{n-1} (\alpha \times \text{nilai skenario sisa ke } - i)}{(\beta + \sum_{i=1}^{n-1} \alpha_i)} \quad (2)$$

- Untuk pengambil keputusan moderat ( $\alpha = \beta = 0.5$ ): indeks H+B setara dengan indeks Bayes, di mana semua nilai skenario diberi bobot yang sama atau mengikuti salah satu formula di atas dengan  $\alpha=0.5$ .

Perhitungan ini akan diulang untuk semua kombinasi teknisi-mesin, menghasilkan matriks indeks H+B yang sudah deterministik.

#### 4. Penyelesaian Model

Penyelesaian model optimasi ini menghasilkan penugasan teknisi yang meminimalkan total waktu perbaikan berdasarkan indeks H+B dengan menggunakan metode penugasan (melalui inspeksi manual untuk kasus kecil atau solver optimasi)

#### 5. Koreksi Solusi (Opsional)

Setelah mendapatkan penugasan optimal, manajer dapat menghitung deviasi standar dari waktu perbaikan asli untuk setiap penugasan yang terpilih. Jika ada penugasan yang memiliki deviasi standar sangat tinggi (menunjukkan dispersi hasil skenario yang signifikan), manajer dapat mempertimbangkan untuk mengoreksi penugasan tersebut atau mencari alternatif yang lebih stabil, meskipun mungkin sedikit kurang optimal dari segi waktu H+B. Metode ini memungkinkan untuk memperhitungkan setiap hasil yang diprediksi dan memberikan bobot tertinggi pada hasil yang paling diharapkan oleh pengambil keputusan.

### 3 Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil dari penerapan metode penugasan tak pasti pada studi kasus penugasan teknisi untuk perbaikan mesin produksi, diikuti dengan pembahasan implikasinya. Pada kasus ini, pabrik memiliki beberapa mesin produksi krusial yang memerlukan perawatan atau perbaikan rutin. Pada pabrik ini, ada 3 mesin yang memerlukan perbaikan (M1, M2, M3) dan 4 teknisi yang tersedia (T1, T2, T3, T4). Kinerja teknisi dalam memperbaiki mesin sangat bergantung pada kondisi mesin yang tidak selalu bisa diprediksi (adanya kerusakan minor atau mayor, ketersediaan suku cadang tak terduga, ataupun kompleksitas masalah yang baru terungkap saat perbaikan). Dalam hal ini tujuan pabrik yaitu meminimalkan total waktu perbaikan.

#### 1. Definisi Target dan Batasan

**Tujuan:** Minimalkan

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^3 H + B_{ij} X_{ij}$$

**Batasan:**

- Setiap mesin harus diperbaiki oleh satu teknisi.

$$\sum_{i=1}^4 X_{ij} = 1, \forall \text{ mesin } j \in \{M1, M2, M3\}$$

- Setiap teknisi dapat ditugaskan untuk memperbaiki maksimal satu mesin.

$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} \leq 1, \forall \text{ teknisi } i \in \{T1, T2, T3, T4\}$$

- Ada batasan spesialisasi: T1 tidak bisa memperbaiki M3 dan T3 tidak bisa memperbaiki M1.

$$X_{T1,M3} = 0, X_{T3,M1} = 0$$

- Variabel biner

$$X_{ij} \in \{0,1\}$$

## 2. Data Kinerja dan Skenario Ketidakpastian

Untuk setiap kombinasi Teknisi-Mesin, kita punya beberapa skenario waktu perbaikan (*Sk.1: Kerusakan Ringan, Sk.2: Kerusakan Sedang, Sk.3: Kerusakan Berat*).

**Tabel 1.** Data Kinerja Teknisi (waktu perbaikan dalam Jam) dan Skenario Ketidakpastian

Kombinasi	Sk.1 (Ringan)	Sk.2 (Sedang)	Sk.3 (Berat)
T1 - M1	5	8	12
T1 - M2	6	9	15
T1 - M3	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>
T2 - M1	7	10	14
T2 - M2	4	7	11
T2 - M3	8	12	18
T3 - M1	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>	<i>Tidak Bisa</i>
T3 - M2	5	9	13
T3 - M3	6	10	16
T4 - M1	6	9	13
T4 - M2	7	11	16
T4 - M3	5	8	12

## 3. Estimasi Koefisien Optimisme/Pesimisme Manajer

Manajer proyek memiliki tingkat optimisme yang berbeda terhadap setiap teknisi yang didasarkan pada pengalaman sebelumnya atau keandalan. Karena tujuannya adalah meminimalkan waktu, optimisme yang dimaksud yaitu manajer berharap waktu perbaikan akan rendah. Jadi, koefisien optimisme tinggi berarti manajer sangat optimis bahwa teknisi tersebut akan menyelesaikan pekerjaan dengan cepat, bahkan dalam kondisi terburuk. Koefisien optimisme ( $\alpha$ ) untuk setiap teknisi sebagai berikut.

- T1 (teknisi berpengalaman, cenderung menyelesaikan dengan cepat):  $\alpha = 0.8$  (sangat optimis waktu akan rendah)
- T2 (teknisi baru, kurang pengalaman):  $\alpha = 0.3$  (agak pesimis, cenderung menduga waktu akan tinggi)
- T3 (teknisi kompeten, kadang lambat):  $\alpha = 0.5$  (netral)
- T4 (teknisi cepat, tapi kadang ada hambatan tak terduga):  $\alpha = 0.6$  (cukup optimis)

#### 4. Penerapan Aturan H+B untuk Menghitung Indeks Waktu Perbaikan Rata-rata Tertimbang

Pada tahap ini menghitung Indeks H+B untuk setiap kombinasi teknisi-mesin yang memungkinkan. Indeks ini mengintegrasikan waktu perbaikan dari berbagai skenario ketidakpastian (kerusakan ringan, sedang, dan berat) dengan mempertimbangkan koefisien optimisme ( $\alpha$ ) masing-masing teknisi. Koefisien optimisme dan pesimisme ( $\beta = 1 - \alpha$ ) digunakan untuk menimbang hasil skenario, mencerminkan sikap manajer terhadap risiko. Berdasarkan data waktu perbaikan dan koefisien optimisme teknisi, perhitungan indeks H+B dilakukan sebagai berikut, dengan mengadopsi formula (1) dan (2) sebagai berikut.

- Untuk manajer optimis ( $\alpha > 0.5$ )

$$H + B_{idx} = \frac{(\alpha \times \text{nilai terkecil}) + (\beta \times \text{nilai tengah}) + (\beta \times \text{nilai terbesar})}{(\alpha + \beta + \beta)}$$

- Untuk manajer pesimis ( $\alpha < 0.5$ )

$$H + B_{idx} = \frac{(\beta \times \text{nilai terbesar}) + (\alpha \times \text{nilai tengah}) + (\alpha \times \text{nilai terkecil})}{(\beta + \alpha + \alpha)}$$

- Untuk manajer moderat ( $\alpha = 0.5$ ) menggunakan formula optimis atau pesimis dengan  $\alpha = 0.5$

Hasil perhitungan indeks H+B untuk setiap kombinasi teknisi-mesin yang valid sebagai berikut.

- T1 ( $\alpha = 0.8, \beta = 0.2$ )

T1 – M1: {5,8,12}

$$H + B_{T1-M1} = \frac{(0.8 \times 5) + (0.2 \times 8) + (0.2 \times 12)}{(0.8 + 0.2 + 0.2)} = \frac{8}{1.2} \approx 6.67 \text{ jam}$$

T1 – M2: {6,9,15}

$$H + B_{T1-M2} = \frac{(0.8 \times 6) + (0.2 \times 9) + (0.2 \times 15)}{(0.8 + 0.2 + 0.2)} = \frac{9.6}{1.2} = 8.00 \text{ jam}$$

T1 – M3: tidak bisa

- T2 ( $\alpha = 0.3, \beta = 0.7$ )

T2 – M1: {7,10,14}

$$H + B_{T2-M1} = \frac{(0.7 \times 14) + (0.3 \times 10) + (0.3 \times 7)}{(0.7 + 0.3 + 0.3)} = \frac{14.9}{1.3} \approx 11.46 \text{ jam}$$

T2 – M2: {4,7,11}

$$H + B_{T2-M2} = \frac{(0.7 \times 11) + (0.3 \times 7) + (0.3 \times 4)}{(0.7 + 0.3 + 0.3)} = \frac{11.0}{1.3} \approx 8.46 \text{ jam}$$

T2 – M3: {8,12,18}

$$H + B_{T2-M3} = \frac{(0.7 \times 18) + (0.3 \times 12) + (0.3 \times 8)}{(0.7 + 0.3 + 0.3)} = \frac{18.6}{1.3} \approx 14.31 \text{ jam}$$

- T3 ( $\alpha = 0.5, \beta = 0.5$ )

T3 – M1: tidak bisa

$$T3 - M2: \{5,9,13\}$$

$$H + B_{T3-M2} = \frac{(0.5 \times 5) + (0.5 \times 9) + (0.5 \times 13)}{(0.5 + 0.5 + 0.5)} = \frac{13.5}{1.5} = 9.00 \text{ jam}$$

$$T3 - M3: \{6,10,16\}$$

$$H + B_{T3-M3} = \frac{(0.5 \times 6) + (0.5 \times 10) + (0.5 \times 16)}{(0.5 + 0.5 + 0.5)} = \frac{16.0}{1.5} \approx 10.67 \text{ jam}$$

- $T4(\alpha = 0.6, \beta = 0.4)$

$$T4 - M1: \{6,9,13\}$$

$$H + B_{T4-M1} = \frac{(0.6 \times 6) + (0.4 \times 9) + (0.4 \times 13)}{(0.6 + 0.4 + 0.4)} = \frac{12.4}{1.4} \approx 8.86 \text{ jam}$$

$$T4 - M2: \{7,11,16\}$$

$$H + B_{T4-M2} = \frac{(0.6 \times 7) + (0.4 \times 11) + (0.4 \times 16)}{(0.6 + 0.4 + 0.4)} = \frac{15.0}{1.4} \approx 10.71 \text{ jam}$$

$$T4 - M3: \{5,8,12\}$$

$$H + B_{T4-M3} = \frac{(0.6 \times 5) + (0.4 \times 8) + (0.4 \times 12)}{(0.6 + 0.4 + 0.4)} = \frac{11.0}{1.4} \approx 7.86 \text{ jam}$$

Berdasarkan analisis d matriks indeks H+B yang digunakan untuk optimasi ditunjukkan oleh Tabel 2 (Nilai 'Tidak Bisa' menunjukkan penugasan yang tidak dimungkinkan karena batasan spesialisasi).

**Tabel 2.** Matriks Indeks H+B Waktu Perbaikan (dalam jam)

Kombinasi	M1	M2	M3
T1	6.67	8.00	Tidak Bisa
T2	11.46	8.46	14.31
T3	Tidak Bisa	9.00	10.67
T4	8.86	10.71	7.86

Penyelesaian model optimasi ini menghasilkan penugasan teknisi yang meminimalkan total waktu perbaikan berdasarkan indeks H+B. Melalui inspeksi manual diperoleh solusi optimal sebagai berikut.

- T1 ditugaskan ke M1 (Indeks H+B = 6.67 jam)
- T2 ditugaskan ke M2 (Indeks H+B = 8.46 jam)
- T4 ditugaskan ke M3 (Indeks H+B = 7.86 jam)

Total waktu perbaikan yang diminimalkan sebesar  $6.67+8.46+7.86=22.99$  jam. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan mempertimbangkan ketidakpastian melalui skenario dan sikap manajer terhadap risiko melalui koefisien optimisme, penugasan teknisi dapat dioptimalkan untuk meminimalkan waktu perbaikan yang diharapkan.

Dalam hal pengaruh koefisien optimisme: indeks H+B secara langsung dipengaruhi oleh koefisien optimisme teknisi. Misalnya, Teknisi T1 memiliki koefisien optimisme tertinggi ( $\alpha=0.8$ ), yang menunjukkan bahwa manajer sangat optimis terhadap kecepatannya. Hal ini tercermin dari indeks H+B yang rendah untuk T1-M1 (6.67 jam) dan T1-M2 (8.00 jam), membuatnya menjadi pilihan utama untuk mesin M1 karena biayanya yang paling rendah di antara pilihan yang ada. Di sisi lain, Teknisi T2 memiliki koefisien optimisme rendah ( $\alpha=0.3$ ), yang berarti manajer cenderung pesimis terhadap kecepatan perbaikannya,

sehingga indeks H+B-nya cenderung lebih tinggi (misalnya,  $T2-M1 = 11.46$  jam).

Dalam hal pertimbangan skenario: metode ini secara efektif menggabungkan berbagai kemungkinan kondisi perbaikan (ringan, sedang, berat) ke dalam satu metrik biaya, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih robust dibandingkan dengan pendekatan deterministik yang hanya mengandalkan satu estimasi waktu. Hal ini sangat relevan untuk "proyek yang sangat baru dan lingkungan yang cepat berubah" di mana probabilitas sulit diterapkan.

Dalam hal efisiensi penugasan: penugasan optimal T1-M1, T2-M2, dan T4-M3 menghasilkan total waktu perbaikan yang diharapkan terendah (22.99 jam), yang menunjukkan bagaimana model dapat membantu manajer membuat keputusan yang efisien meskipun dihadapkan pada ketidakpastian operasional. Solusi ini juga mematuhi semua batasan, termasuk spesialisasi teknisi (T1 tidak ditugaskan ke M3, T3 tidak ditugaskan ke M1) dan batasan setiap teknisi maksimal mengerjakan satu mesin.

Algoritma ini cocok untuk keputusan satu kali (*one-shot decisions*) dan strategi murni (*pure strategies*), artinya penugasan ini adalah keputusan final yang tidak akan dikombinasikan dengan varian keputusan lain setelah ditetapkan. Sebagai langkah opsional dapat dilakukan koreksi solusi jika standar deviasi dari waktu perbaikan asli untuk penugasan yang terpilih terlalu tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun indeks H+B membantu dalam pengambilan keputusan, manajer masih harus mempertimbangkan variabilitas inheren dari setiap penugasan untuk memastikan stabilitas dan keandalan operasional, terutama jika mereka memiliki toleransi risiko yang sangat rendah terhadap variasi waktu perbaikan.

Secara keseluruhan, penerapan metode penugasan tak pasti dengan Indeks H+B ini memberikan kerangka kerja yang praktis dan informatif bagi manajer produksi untuk mengalokasikan teknisi secara efisien di tengah kondisi ketidakpastian perbaikan mesin, memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih terinformasi dan meminimalkan dampak negatif dari variabilitas operasional.

## 4 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menerapkan model serta prosedur untuk masalah penugasan teknisi dalam perbaikan mesin produksi di bawah kondisi ketidakpastian. Dengan mengadopsi pendekatan perencanaan skenario dan metode penyesuaian aturan Hurwicz dan Bayes (H+B). Melalui studi kasus penugasan 4 teknisi untuk 3 mesin, terbukti bahwa pendekatan H+B efektif dalam mengintegrasikan berbagai skenario waktu perbaikan (ringan, sedang, dan berat) dan koefisien optimisme atau pesimisme manajer ke dalam satu metrik biaya yang deterministik. Solusi optimal yang ditemukan, yaitu penugasan T1 ke M1, T2 ke M2, dan T4 ke M3, menghasilkan total waktu perbaikan yang diharapkan terendah sebesar 22.99 jam. Penugasan ini telah memenuhi semua batasan yang ditetapkan yaitu spesialisasi teknisi serta batasan setiap teknisi maksimal mengerjakan satu mesin.

Pada penelitian ini tujuan utamanya yaitu meminimalkan waktu perbaikan. Penelitian selanjutnya dapat memperluas model untuk mempertimbangkan biaya

perbaikan (misalnya biaya per jam teknisi atau biaya suku cadang) serta kemampuan teknisi untuk mengerjakan lebih dari satu jenis mesin. Meskipun penelitian ini menyoroti keunggulan H+B untuk keputusan satu kali (*one-shot decisions*) dan strategi murni (*pure strategies*) tanpa probabilitas, akan menarik untuk membandingkan kinerja model ini dengan pendekatan lain untuk ketidakpastian (misalnya, Fuzzy Logic, Stochastic Programming jika data probabilitas tersedia) dalam konteks masalah penugasan yang serupa.

## 5 Daftar Pustaka

- [1] D. T. Phillips dan J. J. Solberg, *Operations research: Principles and practice*. John Wiley & Sons, Inc., 1987.
- [2] M. S. Pradana dan S. A. Rohmaniah, “Penugasan Multi Objective pada Industri Konveksi di Kabupaten Lamongan,” *UJMC (Unisda J. Math. Comput. Sci.*, vol. 10, no. 2, hal. 48–56, 2024.
- [3] S. Tkatek, O. Abdoun, J. Abouchabaka, dan N. Rafalia, “A Multiple Knapsack Approach For Assignment Problem of Human Resources,” *J. Theor. Appl. Inf. Technol.*, vol. 87, no. 3, 2016.
- [4] M. Pinedo, “Scheduling: theory, algorithms, and systems springer science & business media,” *LLC*, 2012.
- [5] D. Sipper dan R. L. Bulfin, “Production: planning, control, and integration,” (*No Title*), 1997.
- [6] F. S. Hillier, *Introduction to operations research*. McGrawHill, 2005.
- [7] P. A. Krokhmal dan P. M. Pardalos, “Random assignment problems,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 194, no. 1, hal. 1–17, 2009.
- [8] J. M. Dhodiya dan A. R. Tailor, “Genetic algorithm based hybrid approach to solve fuzzy multi-objective assignment problem using exponential membership function,” *Springerplus*, vol. 5, no. 1, hal. 2028, 2016.
- [9] I. N. Durbach dan T. J. Stewart, “Modeling uncertainty in multi-criteria decision analysis,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 223, no. 1, hal. 1–14, 2012.
- [10] D. K. Kantu dan I. N. Durbach, “An application of portfolio decision heuristics to support the selection of research grant proposals,” *ORiON*, vol. 40, no. 2, hal. 109–133, 2024.
- [11] H. Gaspars-Wieloch, “The assignment problem in human resource project management under uncertainty,” *Risks*, vol. 9, no. 1, hal. 25, 2021.
- [12] L. Hurwicz, “The generalized Bayes minimax principle: a criterion for decision making under uncertainty,” *Cowles Comm. Discuss. Pap. Stat.*, vol. 335, hal. 1950, 1951.