

***FRAMEWORK PENGAMBILAN KEPUTUSAN  
MENGUNAKAN MACHINE LEARNING DENGAN MULTI-  
CRITERIA DECISION MAKING (MCDM) UNTUK  
KLASIFIKASI INVENTORI MULTI-KRITERIA PADA  
PANSER ANOA 6x6 APC PT PINDAD (PERSERO)***

**Kerja Praktek**



**MUHAMMAD HAFIZ ADITYA**

**I0320064**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2023**

***FRAMEWORK* PENGAMBILAN KEPUTUSAN  
MENGUNAKAN *MACHINE LEARNING* DENGAN *MULTI-  
CRITERIA DECISION MAKING* (MCDM) UNTUK  
KLASIFIKASI INVENTORI MULTI-KRITERIA PADA  
PANSER ANOA 6x6 APC PT PINDAD (PERSERO)**

**Kerja Praktek**



**MUHAMMAD HAFIZ ADITYA**

**I0320064**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA**

**2023**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

Judul Laporan Kerja Praktik :

***FRAMEWORK PENGAMBILAN KEPUTUSAN MENGGUNAKAN  
MACHINE LEARNING DENGAN MULTI-CRITERIA DECISION MAKING  
(MCDM) UNTUK KLASIFIKASI INVENTORI MULTI-KRITERIA PADA  
PANSER ANOA 6x6 APC PT PINDAD (PERSERO)***

Disusun oleh :

**MUHAMMAD HAFIZ ADITYA**

**I0320064**

Mengesahkan,  
Kepala Program Studi Teknik Industri  
Fakultas Teknik,

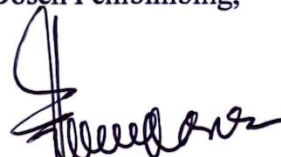


**Dr. Eko Liquidanu, S.T., M.T.**

**NIP 197101281998021001**

Disetujui,

Dosen Pembimbing,



20/03 - 2023 .

**Ir. Renny Rochani, S.T., M.T., Ph.D.**

**NIP 1964080320211101**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas kemurahan dan limpahan kasih-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan kerja praktik dengan judul “*Framework* Pengambilan Keputusan Menggunakan *Machine Learning* dengan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) untuk Klasifikasi Inventori Multi-Kriteria Pada Panser Anoa 6x6 APC PT Pindad (Persero)”. Laporan ini disusun setelah penulis menyelesaikan kerja praktik di PT Pindad selama satu bulan, mulai tanggal 09 Januari 2023 hingga 09 Februari 2023.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu dalam melakukan observasi dan penyusunan laporan kerja praktik ini, yaitu:

1. Tuhan Yang Maha Esa untuk seluruh kebaikan dan berkat serta perlindungan-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan kerja praktik ini dengan baik dan lancar.
2. Orang tua yang senantiasa memberikan doa dan dukungan selama penulis melaksanakan kerja praktik.
3. Bapak Dr. Eko Liquidanu, S.T.,M.T., selaku Kepala Program Studi Sarjana Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Ibu Ir. Renny Rochani, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing kerja praktik yang telah membantu dan mendukung pelaksanaan kerja praktik penulis dari awal hingga akhir.
5. Seluruh pihak PT Pindad (Persero) yang telah memberikan kesempatan padapenulis untuk melakukan kerja praktik selama kurang lebih satu bulan.
6. Bapak Yana Cahyana selaku pembimbing di perusahaan yang senantiasa memberikan informasi yang penulis butuhkan dan *flow process* serta pendampingan selama pengumpulan dan pengolahan data di perusahaan.
7. Staf di Departemen RENTALPROD dan Gudang yang membantu penulis

dalam proses pencarian dan pengumpulan data.

8. Teman-teman kerja praktik di PT Pindad yang memberikan semangat, bantuan, dan dukungan selama pelaksanaan kerja praktik.
9. Nauval Hernandoko dan Aji Manarul Aziz selaku teman kelompok penulis yang senenatiasa memberikan motivasi dan semangat dalam penulisan laporan.
10. Seluruh pihak yang membantu dalam pelaksanaan kerja praktik ini yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu.

Penulis berharap laporan kerja praktik ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Penulis memohon maaf jika terdapat kesalahan dalam penulisan maupun analisis laporan ini. Dengan kerendahan hati, saran dan kritik sangat penulis terima dari para pembaca agar dapat menjadi perbaikan di masa mendatang.

Surakarta, 28 Januari 2023

**Penulis**

## SURAT KETERANGAN



PT. PINDAD (PERSERO)



Certificate No. JKT5006782 +  
JKT5006716A + JKT5006716B

### Surat Keterangan

NOMOR : Sket / 3 / P / BD / II / 2023

**Menerangkan Bahwa:**

Nama : Muhammad Hafiz Aditya  
Tempat, Tanggal Lahir : Magelang, 17 Juli 2002  
Nomor Induk : I0320064  
Sekolah/Perguruan Tinggi : Universitas Sebelas Maret

**Telah melaksanakan PRAKERIN/PENELITIAN/RISET di PT. PINDAD BANDUNG**  
Mulai tanggal 9 Januari 2023 sampai dengan 9 Februari 2023  
Pada bidang Teknik Industri di Divisi Kendaraan Khusus  
Demikian Surat Keterangan ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.



Dikeluarkan di Bandung  
Pada tanggal 9 Februari 2023  
PT. PINDAD  
AN VP TEKNOLOGI INFORMASI  
  
**TRISNO MARDI YANTO**  
MANAGER E - LEARNING

## FORM PENILAIAN

### FORM PENILAIAN PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

Mohon diisi dan dicek seperlunya,

Nama Mahasiswa : Muhammad Hafiz Aditya  
NIM : I0320064  
Program Studi : Teknik Industri – Universitas Sebelas Maret

Telah melaksanakan KERJA PRAKTEK di :

Nama Perusahaan : PT Pindad (Persero)  
Alamat Perusahaan : Jl. Gatot Subroto, No 517, Bandung, Indonesia, 40285  
Lama Kerja Praktek : 09 Januari 2023 sampai dengan 09 Februari 2023.  
Topik yang dibahas : *Framework* Pengambilan Keputusan Menggunakan *Machine Learning* Dengan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) Untuk Klasifikasi Inventori Multi-Kriteria Pada Panser Anoa 6x6 APC PT Pindad (Persero)

Nilai ( sesuai kondite mahasiswa yang bersangkutan )

Sikap : 90

Kerajinan : 93

Prestasi : 90

Nilai rata-rata : 91

Tanggal Penilaian : 06-02-2023

Nama Penilai : Tana

Jabatan Penilai : *Egip Handayani*

Tanda tangan & : 

Stempel Perusahaan : 

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	ii
Kata Pengantar .....	iii
Surat Keterangan.....	iv
Form Penilaian .....	v
Daftar Isi.....	vi
Daftar Tabel .....	x
Daftar Gambar.....	xi

### **BAB I PENDAHULUAN.....I-1**

1.1. Latar Belakang .....	I-1
1.2. Rumusan Masalah .....	I-4
1.3. Tujuan Penelitian.....	I-4
1.4. Manfaat Penelitian.....	I-4
1.5. Batasan Masalah.....	I-5
1.6. Asumsi Penelitian.....	I-5
1.7. Sistematikan Penulisan.....	I-5

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... II-1**

2.1. Tinjauan Umum Perusahaan .....	II-1
2.1.1. Profil Perusahaan .....	II-1
2.1.2. Sejarah Perusahaan .....	II-2
2.1.3. Visi dan Misi Perusahaan .....	II-6
2.1.4. Struktur Organisasi Perusahaan .....	II-7
2.1.5. Produk Perusahaan.....	II-10
2.1.6. Proses Bisnis Perusahaan (Divisi Kendaraan Khusus) .....	II-16
2.1.7. Budaya Perusahaan .....	II-18
2.2. Landasan Teori.....	II-20
2.2.1. Persediaan .....	II-20
2.2.2. <i>Multi-Criteria Decision Making</i> (MCDM).....	II-23
2.2.3. <i>Machine Learning</i> .....	II-27



<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>III-1</b>
3.1. Tahap Awal .....	III-2
3.1.1. Observasi Lapangan.....	III-2
3.1.2. Studi Literatur .....	III-3
3.1.3. Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	III-3
3.1.4. Menentukan Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	III-3
3.1.5. Menentukan Batasan Masalah .....	III-3
3.2. Tahap Pengumpulan Data .....	III-4
3.3. Tahap Pengolahan Data.....	III-4
3.4. Tahap Analisis dan Interpretasi Hasil .....	III-4
3.5. Tahap Akhir.....	III-5
 <b>BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....</b>	 <b>IV-1</b>
4.1. Pengumpulan Data .....	IV-1
4.1.1. Data Produksi.....	IV-1
4.1.2. Data Kebutuhan Material.....	IV-1
4.1.3. Data Harga Material per-unit.....	IV-3
4.1.4. Data <i>Lead Time</i> Bahan Baku .....	IV-5
4.1.5. Data Faktor Kritis Bahan Baku.....	IV-6
4.2. Pengolahan Data.....	IV-8
4.2.1. Penentuan Kriteria dan Pembobotan .....	IV-9
4.2.2. Klasifikasi Bahan Baku Menggunakan Metode AHP-K .....	IV-14
4.2.3. Klasifikasi Bahan Baku Menggunakan Metode EDAS .....	IV-26
4.2.4. Perbandingan Klasifikasi Bahan Baku Metode AHP-K dan EDAS .....	IV-40
4.2.5. <i>Model Machine Learning</i> .....	IV-42
 <b>BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL.....</b>	 <b>V-1</b>
5.1. Analisis Klasifikasi Menggunakan Metode AHP-K .....	V-1
5.2. Analisis Klasifikasi Menggunakan Metode EDAS .....	V-4

5.3. Analisis Perbandingan Hasil Klasifikasi Metode AHP-K dan Metode EDAS .....	V-6
5.4. Analisis <i>Model Machine Learning</i> Untuk Prediksi Klasifikasi Bahan Baku .....	V-8

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... VI-1**

6.1. Kesimpulan.....	VI-1
6.2. Saran.....	VI-2

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Sejarah PT Pindad (Persero) .....	II-2
<b>Tabel 4.1</b>	Data Produksi Panzer Anoa 6x6 APC 2021 .....	IV-1
<b>Tabel 4.2</b>	Kebutuhan Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021.....	IV-2
<b>Tabel 4.3</b>	Kode Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021 .....	IV-3
<b>Tabel 4.4</b>	Harga Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021 .....	IV-3
<b>Tabel 4.5</b>	<i>Lead Time</i> Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021 .....	IV-5
<b>Tabel 4.6</b>	Faktor Kritis Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021.....	IV-6
<b>Tabel 4.7</b>	Kriteria Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021.....	IV-9
<b>Tabel 4.8</b>	Perbandingan Prioritas Kriteria Bahan Baku .....	IV-13
<b>Tabel 4.9</b>	Matrik Perbandingan Berpasangan .....	IV-14
<b>Tabel 4.10</b>	Normalisasi Matrik Perbandingan Berpasangan .....	IV-15
<b>Tabel 4.11</b>	Perhitungan $\lambda$ .....	IV-16
<b>Tabel 4.12</b>	Perhitungan Skor Prioritas dengan Metode AHP-K .....	IV-18
<b>Tabel 4.13</b>	Klasifikasi Bahan Baku Metode AHP-K .....	IV-23
<b>Tabel 4.14</b>	Rata-Rata Kriteria (AV) .....	IV-26
<b>Tabel 4.15</b>	Perhitungan Jarak Positif Kriteria .....	IV-27
<b>Tabel 4.16</b>	Perhitungan Jarak Negatif Kriteria.....	IV-31
<b>Tabel 4.17</b>	Perhitungan Skor Asi .....	IV-35
<b>Tabel 4.18</b>	Klasifikasi Bahan Baku Metode EDAS .....	IV-37
<b>Tabel 4.19</b>	Perbandingan Hasil Klasifikasi Metode AHP-K dan EDAS .....	IV-40
<b>Tabel 4.20</b>	Perbandingan Detail Hasil Klasifikasi Metode AHP-K dan Metode EDAS .....	IV-42
<b>Tabel 4.21</b>	Hasil Akurasi <i>Model Machine Learning</i> .....	IV-44
<b>Tabel 4.22</b>	Hasil <i>Stratified K Fold Cross Validation</i> .....	IV-45

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Logo PT Pindad (Persero) .....	II-2
<b>Gambar 2.2</b>	Struktur Organisasi PT Pindad (Persero) .....	II-7
<b>Gambar 2.3</b>	Struktur Organisasi Divisi Kendaraan Khusus .....	II-9
<b>Gambar 2.4</b>	Produk Senjata PT Pindad (Persero) .....	II-10
<b>Gambar 2.5</b>	Produk Munisi PT Pindad (Persero) .....	II-12
<b>Gambar 2.6</b>	Produk Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero) .....	II-12
<b>Gambar 2.7</b>	Produk Alat Berat PT Pindad (Persero) .....	II-13
<b>Gambar 2.8</b>	Produk Infrastruktur Perhubungan PT Pindad (Persero) .....	II-14
<b>Gambar 2.9</b>	Produk Layanan Pertambangan PT Pindad (Persero) .....	II-15
<b>Gambar 2.10</b>	Peta Proses Bisnis Divisi Kendaraan Khusus .....	II-16
<b>Gambar 2.11</b>	Budaya Perusahaan PT Pindad (Persero) .....	II-18
<b>Gambar 3.1</b>	<i>Flowchart</i> Penelitian .....	III-1
<b>Gambar 4.1</b>	Struktur Hierarki Sistem Klasifikasi .....	IV-14
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Inertia</i> Metode Elbow .....	IV-22
<b>Gambar 4.3</b>	Klasifikasi Inventori Berdasarkan Skor Prioritas .....	IV-23
<b>Gambar 4.4</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Kuantitas Tahunan .....	IV-25
<b>Gambar 4.5</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Harga Material .....	IV-25
<b>Gambar 4.6</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan AU ( <i>Annual Usage</i> ) .....	IV-25
<b>Gambar 4.7</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan <i>Lead Time</i> .....	IV-25
<b>Gambar 4.8</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Faktor Kritis .....	IV-26
<b>Gambar 4.9</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Kuantitas Tahunan .....	IV-39
<b>Gambar 4.10</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Harga Material .....	IV-39
<b>Gambar 4.11</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan AU ( <i>Annual Usage</i> ) .....	IV-39
<b>Gambar 4.12</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan <i>Lead Time</i> .....	IV-40
<b>Gambar 4.13</b>	Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Faktor Kritis .....	IV-40
<b>Gambar 4.14</b>	Jumlah Bahan Baku Setiap Kelas Klasifikasi .....	IV-43



# BAB I

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan mengenai beberapa hal pokok yang menjadi dasar pendahuluan penyusunan laporan kerja praktik di PT Pindad (Persero). Bagian ini akan meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, batasan masalah, asumsi, dan sistematika pembahasan.

### **1.1. Latar Belakang**

Sektor industri pertahanan merupakan suatu sektor vital bagi keberlangsungan suatu negara (Nurulloh, Simbolon, & Deksin, 2022). Sektor tersebut menjadi faktor pendukung utama dalam menjadi penopang kekuatan pertahanan suatu negara, terkhusus pada era globalisasi dan perkembangan teknologi terbaru. Kekuatan industri pertahanan akan menyumbangkan dua dampak utama, yakni dampak langsung dan dampak tak langsung. Dampak langsung dari kuatnya industri pertahanan ialah kuatnya kekuatan pertahanan dan keamanan negara tersebut. Sedangkan dampak tak langsung ada pada sektor ekonomi dan teknologi nasional. Hal ini disebabkan karena apabila suatu negara memiliki kekuatan militer yang relatif lebih kuat daripada negara lain, negara yang lebih inferior akan cenderung memilih kebijakan internasional yang lebih permisif untuk menghindari resiko yang dapat mereka tanggung (Mahendi, 2022). Kemampuan industri pertahanan di suatu negara untuk menyediakan pasokan alat utama sistem pertahanan (alutsista) secara terus-menerus menjadi syarat kritis bagi kepastian pertahanan suatu negara dalam jangka panjang (Setiadi, 2020). MEF atau *Minimum Essential Force* menjadi salah satu standar minimum untuk kekuatan sebagai syarat TNI (Tentara Nasional Indonesia) dapat menjalankan tugas-tugasnya (Susdarwono, Setiawan, & Husna, 2020).

Sektor industri pertahanan merupakan suatu sektor yang bersifat monopoli karena adanya dominasi tunggal pada pasar. Hal ini disebabkan karena industri pertahanan umumnya merupakan industri strategis yang berada di bawah BUMN atau BUMD. Selain itu, hanya terdapat satu konsumen tunggal pada industri ini, yakni negara melalui Kementerian Pertahanan dan Keamanan. Entitas dari negara

lain sebenarnya diperkenankan untuk menjadi konsumen sektor ini, tetapi harus melalui persetujuan negara terlebih dahulu. Untuk itu, pengelolaan entitas industri pertahanan menjadi sangat krusial untuk menentukan keberlangsungan pertahanan dan keamanan suatu negara. Terlebih lagi mengingat anggaran yang diberikan cukup besar bila diproporsikan kepada jumlah entitas yang ada.

PT Pindad (Persero) merupakan suatu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak pada sektor industri pertahanan. PT Pindad (Persero) berlokasi di Kecamatan Kiaracondong, Kota Bandung. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam produk, yang dapat dikategorikan menjadi dari produk hankam dan produk industrial. PT Pindad (Persero) membagi divisi produk hankam menjadi 3 divisi berdasarkan jenis produk yang diproduksi, yakni divisi senjata, munisi, dan kendaraan khusus. Perusahaan ini menjadi pemasok utama fasilitas yang digunakan oleh TNI dan Polri sehingga PT Pindad (Persero) hanya memiliki satu konsumen utama pada produk hankam, yakni Kementrian Pertahanan dan Keamanan. Contoh produk kendaraan khusus yang dihasilkan oleh PT Pindad (Persero) ialah panser 6x6 Anoa, *Medium Tank* Harimau, kendaraan taktis Maung, dsb.

Umumnya, Divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero) menerapkan sistem *Make to Order* (MTO) dalam proses bisnisnya, dengan tidak menutup kemungkinan adanya sistem *Make to Stock* (MTS). Hal ini dikarenakan proses pembuatan produk yang relatif panjang dengan jumlah permintaan yang sedikit (rata-rata di bawah 20 unit) untuk setiap jenis produk per-tahunnya. Upaya yang dilakukan perusahaan ini untuk mempertahankan posisinya dalam pemasok utama industri pertahanan ialah memenuhi permintaan dari konsumen secara tepat waktu dan memiliki kualitas yang sesuai dengan spesifikasi yang diminta. Akan tetapi, berdasarkan wawancara yang telah dilakukan oleh beberapa karyawan Divisi Kendaraan Khusus, pada kenyataannya masih terdapat beberapa keterlambatan pengiriman produk jadi yang disebabkan oleh kedatangan *raw material* yang terlambat. Meskipun alasan keterlambatan itu disebabkan oleh pihak eksternal, proses yang panjang, serta keadaan kahar (*force majeure*). Akan tetapi, pada Lembar Fakta Audit Internal (LFA) terdapat temuan bahwasannya gudang penyimpanan sering penuh atau *overcapacities* sehingga diperlukan pemindahan atau

penambahan tempat inventori. Dengan adanya dua fenomena ini, yakni terlambatnya *raw material* yang menyebabkan penundaan produksi dan penuhnya kapasitas inventori, terdapat indikasi bahwa persiapan dan pengorganisasian *raw material* atau inventori di Divisi Kendaraan Khusus dapat dilakukan secara lebih baik lagi. Klasifikasi *raw material* dapat menjadi langkah awal untuk pembentukan aturan yang berguna untuk meminimalisasi keterlambatan dan optimasi kapasitas gudang. Pada Departmen Rendalprod & Gudang Divisi Kendaraan Khusus, belum terdapat sistem pengklasifikasikan bahan baku atau *raw material* secara rigid dan lugas.

Beberapa teknik *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) dapat menjadi metode untuk melakukan klasifikasi terhadap bahan baku dengan mempertimbangkan berbagai macam kriteria (Kartal, Oztekin, Gunasekaran, & Cebi, 2016). MCDM menjadi metode yang lebih superior ketimbang metode klasifikasi yang sering digunakan, yakni Analisis ABC. Hal ini disebabkan karena dalam metode analisis ABC, jumlah kriteria yang digunakan sangat terbatas dengan hanya satu kriteria saja. Selain itu, beberapa model *machine learning* pada data klasifikasi MCDM juga dapat digunakan oleh perusahaan untuk membantu melakukan klasifikasi terhadap bahan baku baru yang datang.

Penelitian ini akan membahas mengenai usulan *framework* pengambilan keputusan terintegrasi yang dapat digunakan oleh PT Pindad (Persero) untuk klasifikasi bahan baku panser Anoa 6x6 APC dalam upaya untuk meminimalisasi keterlambatan kedatangan bahan baku. Kombinasi klasifikasi bahan baku menggunakan beberapa metode MCDM dengan model *machine learning* untuk melakukan prediksi klasifikasi bahan baku baru dapat menjadi *framework* untuk pengambilan keputusan yang terintegrasi bagi manajemen inventori PT Pindad (Persero). Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk mengangkat tema “*Framework* Pengambilan Keputusan Menggunakan *Machine Learning* dengan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) pada Klasifikasi Inventori Panser Anoa 6x6 APC PT Pindad (Persero).”



### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat disusun rumusan masalah yang akan dibahas pada laporan kerja praktik di PT Pindad (Persero) yaitu sebagai berikut.

1. Bagaimana cara melakukan klasifikasi bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC menggunakan metode MCDM yang melibatkan berbagai kriteria?
2. Bagaimana *framework* pengambilan keputusan terkait klasifikasi bahan baku baru yang dapat muncul pada Panzer Anoa 6x6 APC?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat ditetapkan tujuan penelitian selama kerja praktik di PT Pindad (Persero) yaitu sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi cara melakukan klasifikasi bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC menggunakan metode MCDM yang melibatkan berbagai kriteria.
2. Mengidentifikasi *framework* pengambilan keputusan terintegrasi terkait klasifikasi bahan baku baru yang dapat muncul pada Panzer Anoa 6x6 APC yang menggabungkan MCDM dan *machine learning*.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian di atas, maka dapat ditetapkan manfaat penelitian selama kerja praktik di PT Pindad (Persero) yaitu sebagai berikut.

1. Bagi Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan saran bagi perusahaan sebagai *framework* pengambilan keputusan terintegrasi terkait klasifikasi bahan baku sebagai upaya untuk meminimasi keterlambatan bahan baku serta memenuhi permintaan dari departemen produksi agar proses produksi dapat berjalan secara lancar sehingga permintaan dapat terpenuhi secara tepat waktu.

2. Bagi Program Studi Teknik Industri

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi penambah pengetahuan mengenai penerapan metode MCDM dan *machine learning* pada manajemen inventori utamanya pada klasifikasi bahan baku industri pertahanan. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menambah perbendaharaan pustaka bagi Program Studi Teknik Industri.

### 3. Bagi Penulis

Penelitian ini dapat menambah ilmu serta pengetahuan penulis terutama mengenai industri pertahanan. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan wawasan tambahan mengenai integrasi penerapan teori MCDM dan *machine learning* sebagai *framework* pengambilan keputusan di dunia industri secara nyata.

### 4. Bagi Pembaca

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi dan membuka wawasan pembaca mengenai integrasi penerapan teori MCDM dan *machine learning* sebagai *framework* pengambilan keputusan di industri pertahanan sebagai upaya perbaikan pengelolaan inventori.

## 1.5. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian selama kerja praktik di PT Pindad (Persero) yaitu sebagai berikut.

1. Produk yang diteliti ialah Panser Anoa 6x6 APC
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah data yang didapat dari PT Pindad (Persero) pada 1 periode tahun 2021
3. Pengambilan data dilakukan melalui sumber primer PT Pindad (Persero)
4. Persediaan yang dianalisa hanya terbatas pada persediaan bahan baku (*raw material*)

## 1.6. Asumsi Penelitian

Asumsi penelitian yang digunakan dalam penelitian selama kerja praktik di PT Pindad (Persero) yaitu sebagai berikut.

1. Data yang diambil telah merepresentasikan seluruh bahan baku Panser Anoa 6x6 APC

## 1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian selama kerja praktik di PT Pindad (Persero) yaitu sebagai berikut.

## BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang mengenai tema yang diangkat, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian,

batasan masalah, asumsi, dan sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan laporan kerja praktek.

## BAB II      TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai gambaran umum perusahaan yang menjadi tempat dilaksanakannya kerja praktek dan landasan teori yang merupakan penjelasan secara terperinci mengenai teori-teori yang digunakan sebagai acuan/landasan pemecahan masalah serta memberikan penjelasan secara garis besar metode yang digunakan sebagai kerangka pemecahan masalah dalam penulisan laporan kerja praktek.

## BAB III      METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi mengenai gambaran urutan dan tata cara penyelesaian masalah yang dikaji berkaitan dengan pelaksanaan penyusunan laporan kerja praktik dalam bentuk *flowchart* serta penjelasannya.

## BAB IV      PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi mengenai penyajian kumpulan data-data relevan yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang dibahas dalam laporan kerja praktik ini. Data diperoleh berdasarkan hasil observasi langsung dan wawancara yang dilakukan penulis. Data yang digunakan kemudian diolah dengan menggunakan metode pengolahan data yang sesuai dengan pokok permasalahan yang dibahas dalam laporan kerja praktik ini.

## BAB V      ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Bab ini menjelaskan mengenai analisis dan interpretasi hasil dari pengolahan data yang telah dilakukan sesuai dengan permasalahan yang diangkat

## BAB VI      KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari analisis dan hasil penelitian berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditentukan serta pemberian saran bagi perusahaan maupun peneliti lain.



## **BAB II**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan mengenai tinjauan umum perusahaan tempat kerja praktik dan mengenai landasan teori yang digunakan dalam pemecahan masalah.

#### **2.1. Tinjauan Umum Perusahaan**

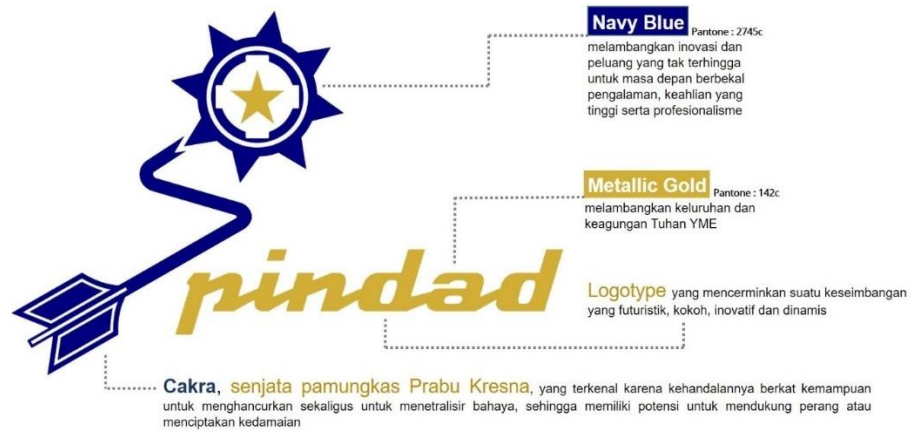
Subbab ini menjelaskan mengenai tinjauan umum PT Pindad (Persero) yang meliputi profil perusahaan beserta logo perusahaan, sejarah serta visi dan misi perusahaan, struktur organisasi, produk yang dihasilkan, proses bisnis perusahaan, serta budaya perusahaan.

##### **2.1.1. Profil Perusahaan**

Sub subbab ini menjelaskan mengenai profil perusahaan PT. Pindad (Persero) sebagai tempat penelitian selama kerja praktik.

Nama Perusahaan	: PT Pindad (Persero)
Status Perusahaan	: BUMN Industri Pertahanan (DEFEND ID)
Alamat Perusahaan	: Jl. Gatot Subroto, No 517, Bandung, Indonesia, 40285 (Kantor Pusat)
Bidang Usaha	: Industri manufaktur, jasa dan perdagangan produk pertahanan keamanan serta produk industrial.
Aktivitas	:Melakukan produksi baik produk alutsista maupun nonalutsista; Memberikan jasa untuk industri pertambangan, konstruksi, dan mesin industri.
Jumlah Pegawai	: 2.536 pegawai

Berikut ini merupakan logo PT Pindad (Persero) beserta penjelasan maknanya.



**Gambar 2.1** Logo PT Pindad (Persero)

Logo perusahaan PT Pindad (Persero) memuat dua komponen utama, yakni Gambar Cakra dan Tulisan Pindad. Gambar Cakra tersebut terdiri dari tiga komponen, yakni bintang segi lima, pisau frais dengan 4 buah lubang spi dan 8 buah pisau (cakra), serta batang dan ekor. Logo tersebut tersusun atas dua warna, yakni warna *navy blue* dan *metallic gold*. Secara umum, logo tersebut memiliki arti dengan memproduksi sarana Hankam dan Komersial, perusahaan melaksanakan misi strategisnya sebagai industri damai. Adapun makna dari setiap komponen yang ada pada logo tersebut, sebagai berikut.

- Cakra (Senjata Pamungkas Prabu Kresna)  
Kemampuan senjata tersebut ialah memiliki kemampuan untuk menghancurkan dan/atau sebaliknya menambarkan (menetralsir) bahaya atau senjata yang datang mengancamnya, sehingga dengan demikian memiliki potensi untuk mendukung perang ataupun menciptakan kedamaian.
- Bintang Segi Lima  
Melambangkan bahwa gerak dan laju perusahaan berlandaskan Pancasila, falsafah/dasar/ideologi bangsa dan negara Indonesia dalam rangka ikut serta mewujudkan terciptanya masyarakat adil dan makmur.

- Pisau Frais

Pisau frais melambangkan industri dengan 1) 4 buah lubang spi melambangkan kemampuan teknologinya untuk mengelola, meniru, merubah dan mecipta sesuatu bahan/produk dan 2) 8 buah pisau (cakra) melambangkan kemampuan untuk memproduksi sarana militer/hankam dan sarana sipil/komersial dalam rangka ikut serta mendukung terciptanya Ketahanan Nasional Bangsa Indonesia yang bertumpu pada 8 gatra (aspek).

- Batang dan Ekor

Melambangkan pengendalian gerak dan laju perusahaan secara berdaya dan berhasil guna dengan 4 helai sirip ekor yang melambangkan keserasian gerak antar unsur-unsur, yakni manusia, modal, metode, dan pemasaran.

- Warna

Warna *navy blue* memiliki arti sebagai lambang inovasi dan peluang yang tak terhingga untuk masa depan berbekal pengalaman, keahlian yang tinggi serta profesionalisme. Sedangkan warna *metallic gold* melambangkan keluhuran dan keagungan Tuhan Yang Maha Esa.

### 2.1.2. Sejarah Perusahaan

Sub subbab ini menjelaskan mengenai sejarah singkat PT Pindad (Persero) sebagai tempat penelitian selama kerja praktik.

PT Pindad (Persero) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak di bidang industri manufaktur, tepatnya jasa dan perdagangan produk pertahanan keamanan serta produk industrial. PT Pindad (Persero) pada mulanya merupakan warisan perusahaan dari kependudukan Belanda sebelum Indonesia merdeka. Berikut ini merupakan sejarah perjalanan PT Pindad (Persero) yang diuraikan dalam bentuk tabel.

**Tabel 2.1** Sejarah PT Pindad (Persero)

No.	Tahun	Sejarah Perjalanan PT Pindad (Persero)
1	1808	<ul style="list-style-type: none"> <li>• William Herman Daendels (Gubernur Jendral</li> </ul>

		<p>Belanda) mendirikan bengkel untuk pengadaan, pemeliharaan, dan perbaikan senjata bernama Constructie Winkel (CW) di Surabaya</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Daendels mendirikan bengkel munisi kaliber besar bernama Projectiel Fabriek (PF) dan laboratorium Kimia di Semarang</li> </ul>
2	1850	Pemerintah Kolonial Belanda mendirikan bengkel pembuatan dan perbaikan munisi dan bahan peledak untuk angkatan laut bernama Pyrotechnische Werkplaats (PW) di Surabaya
3	1851	Constructie Winkel (CW) berubah nama menjadi Artillerie Constructie Winkel (ACW)
4	1861	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACW dan CW disatukan di bawah bendera ACW</li> <li>• ACW memiliki tiga instalasi produk, yakni produksi senjata dan alat-alat perkakasnya, munisi peledak, dan laboratorium penelitian</li> </ul>
5	1918-1920	ACW dipindahkan ke Bandung karena lokasi yang lebih strategis
6	1932	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PW dipindahkan ke Bandung</li> <li>• Institut Pendidikan Pemeliharaan dan Perbaikan Senjata direlokasi ke Bandung dengan nama Geweemarkerschool.</li> <li>• PW bergabung bersama ACW, PF serta laboratorium kimia, dan Geweemarkerschool. Keempat instalasi tersebut dilebur di bawah bendera Artillerie Inrichtingen (AI)</li> </ul>
7	1942-1945 (Masa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ACW berubah nama menjadi Daichi Ichi Kozo</li> <li>• Geweemarkerschool berubah nama menjadi Dai Ni</li> </ul>



	Pendudukan Jepang)	<p>Kozo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PF berubah nama menjadi Dai San Kozo</li> <li>• Monrage Artilerie berubah nama menjadi Dai Go Kazo</li> </ul>
8	1945	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laskar Pemuda merebut ACW dari Jepang dan menamakannya Pabrik Senjata Kiaracandong</li> <li>• Sekutu mengambil alih kekuasaan dan membagi Pabrik Senjata Kiaracandong menjadi dua pabrik. Pabrik pertama terdiri dari ACW, PF, dan PW yang digabung menjadi Leger Produktie Bedrijven (LPB). Pabrik kedua bernama Central Reparatie Werkplaats (sebelumnya bernama Geweemarkerschool)</li> </ul>
9	1949-1950	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penyerahan LPB oleh Belanda kepada Republik Indonesia Serikat (RIS) melalui Konferensi Meja Bundar (KMB)</li> <li>• LPB berubah nama menjadi Pabrik Senjata dan Mesiu (PSM) di bawah pengelolaan TNI-AD</li> <li>• PSM memproduksi senjata berkaliber 9 mm dan 7,7 mm</li> <li>• Sentralisasi organisasi dengan merampingkan lini produksi dari berjumlah 13 lini menjadi 6 lini</li> <li>• Pembentukan lini baru bernama Munisi Kaliber Kecil (MKK)</li> <li>• Modernisasi pabrik dengan pembelian mesin-mesin baru</li> </ul>
10	1958	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PSM berubah nama menjadi Pabrik Alat Peralatan Angkatan Darat (Pabal AD)</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pabal AD mulai memproduksi peralatan militer lain untuk mengurangi ketergantungan dengan pihak negara lain</li> <li>• Penyerahan pabrik ubi kayu Cassava Factory yang ada di Turen, Malang, Jawa Timur oleh pemerintahan Belanda</li> <li>• Pabrik tersebut nantinya menjadi lokasi Divisi Munisi PT Pindad (Persero)</li> </ul>
11	1962	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pabal AD berubah nama menjadi Perindustrian TNI Angkatan Darat (Pindad)</li> <li>• Adanya surat keputusan dari Angkatan Bersenjata untuk memakai senjata Pindad sebagai senjata standar</li> </ul>
12	1972	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pindad berubah nama menjadi Kopindad (Komando Perindustrian TNI Angkatan Darat)</li> <li>• Reorganisasi tersebut berdampak positif terhadap kinerja</li> </ul>
13	1976	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nama Kopindad dikembalikan menjadi Pindad</li> <li>• Pindad berubah dari komando utama pembinaan menjadi badan pelaksana utama di lingkungan TNI-AD</li> </ul>
14	1980	<p>Status Pindad menjadi berbentuk perseroan terbatas. Perubahan status Pindad dilatarbelakangi oleh keterbatasan ruang gerak Pindad sebagai sebuah industri karena terikat peraturan-peraturan dan ketergantungan ekonomi pada anggaran Dephankam sehingga tidak dapat mengembangkan kegiatan produksinya.</p>

15	1983	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serah terima pengelolaan Pindad dari Kasad Jendral (TNI) Rudini kepada Prof. Dr. B. J. Habibie</li> <li>• Sebagai sebuah perusahaan Pindad diharapkan dapat memproduksi peralatan militer yang dibutuhkan secara efisien dan menghasilkan produk-produk komersial berorientasi bisnis</li> <li>• Berdasarkan hasil kajian dari Tim Corporate Plan diputuskan komposisi produksi Pindad adalah 20% produk militer dan 80% komersial atau non militer</li> <li>• Perindustrian Angkatan Darat resmi beralih status dari Institusi yang sebelumnya di bawah naungan Departemen Pertahanan dan Keamanan menjadi Perseroan Terbatas (PT), dengan nama baru sebagai PT. Pindad (Persero)</li> <li>• Kata Pindad dibelakang kata PT bukan merupakan singkatan melainkan kedudukannya utuh sebagai sebuah nama. Selaku Direktur Utama, Menteri Keuangan menunjuk Prof. Dr. Ing. B.J Habibie. Tanggal 29 April 1983 ini diperingati sebagai hari ulang tahun Pindad sampai saat ini</li> </ul>
----	------	--

### 2.1.3. Visi dan Misi Perusahaan

Sub subbab ini menjelaskan mengenai visi dan misi PT Pindad (Persero), yakni sebagai berikut.

#### 1. Visi

“Menjadi Top 100 perusahaan pertahanan global pada tahun 2024, dengan menawarkan solusi produk berkualitas tinggi, melalui inovasi dan kemitraan strategis”

#### 2. Misi

Melaksanakan usaha terpadu di bidang peralatan pertahanan & keamanan serta peralatan industrial untuk mendukung pembangunan

nasional dan secara khusus untuk mendukung pertahanan & keamanan negara.

3. Tujuan

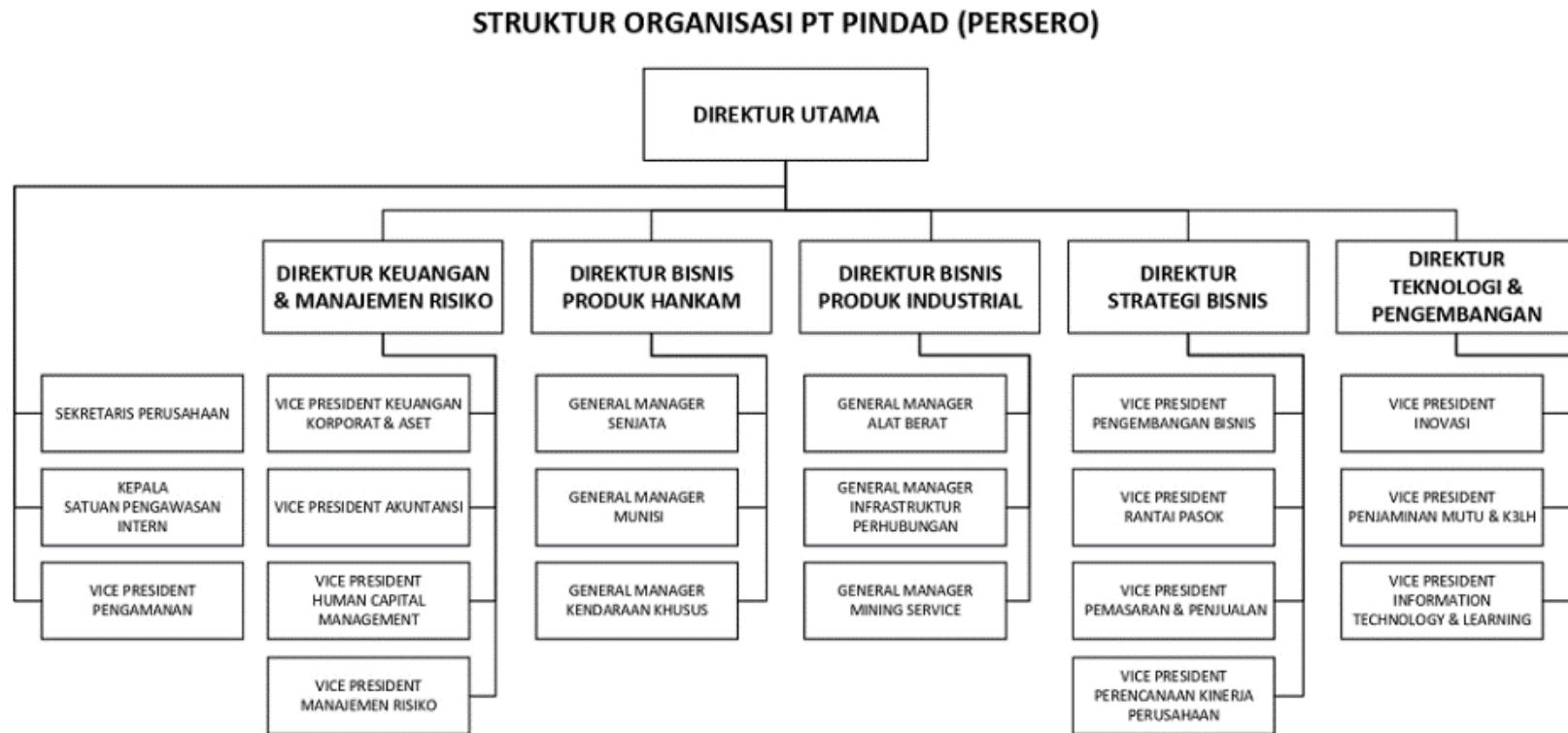
Mampu menyediakan kebutuhan Alat Utama Sistem Persenjataan secara mandiri, untuk mendukung penyelenggaraan pertahanan dan keamanan Negara Republik Indonesia.

4. Sasaran

Meningkatkan potensi perusahaan untuk mendapatkan peluang usaha yang menjamin masa depan perusahaan melalui sinergi internal dan eksternal.

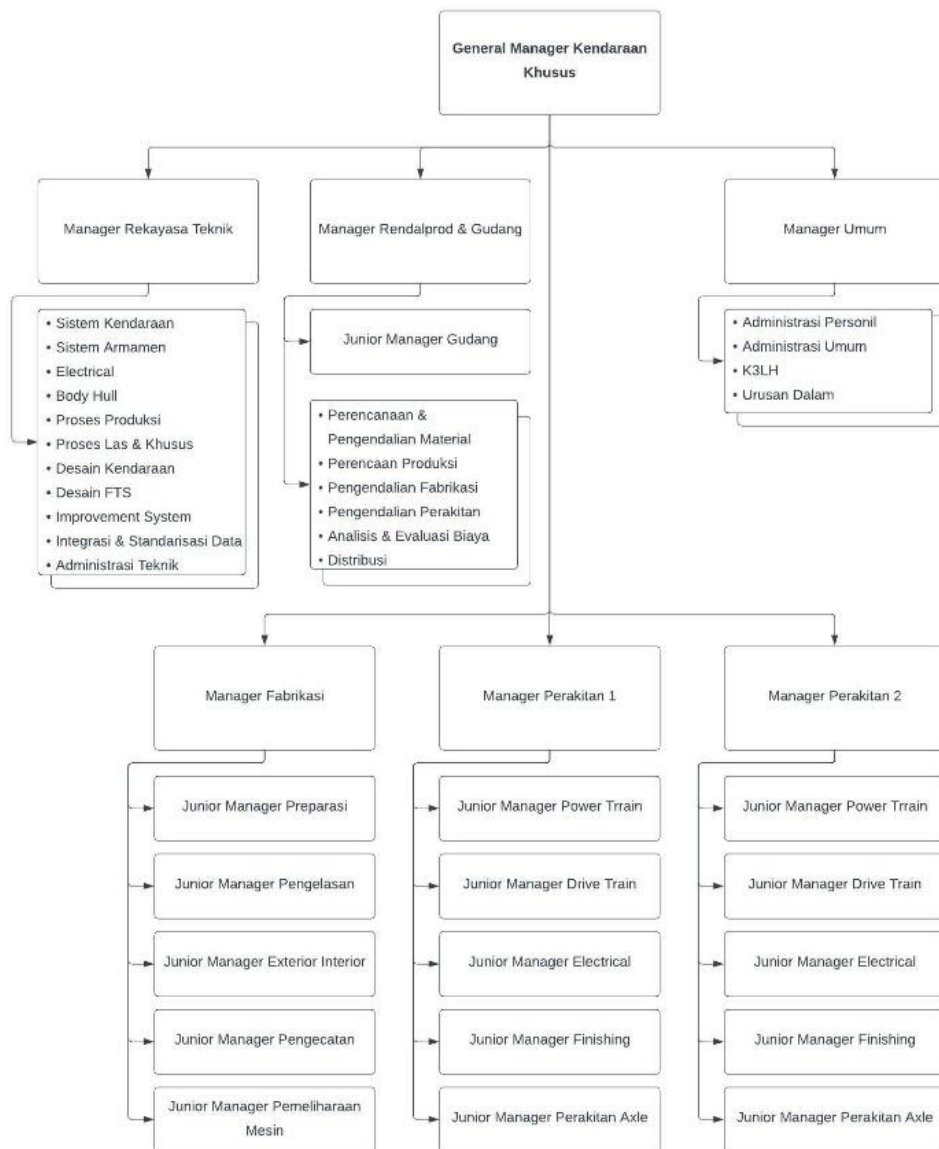
#### 2.1.4. Struktur Organisasi Perusahaan

Sub subbab ini menjelaskan mengenai struktur organisasi PT Pindad (Persero) per- Februari 2023. Berikut merupakan struktur organisasi yang digambarkan melalui organigram.



**Gambar 2.2** Struktur Organisasi PT Pindad (Persero)

PT Pindad (Persero) disusun atas setidaknya 5 direksi yang dipimpin oleh satu direktur utama. Kelima direksi tersebut ialah, Direktur Keuangan & Manajemen resiko, Direktur Bisnis Produk Hankam, Direktur Bisnis Produk Industrial, Direktur Strategi Bisnis, dan Direktur Teknologi & Pengembangan. Lima direksi tersebut dibagi berdasarkan fungsi atau produk yang diproduksi. Direksi Keuangan & Manajemen Resiko memiliki fungsi sebagai pengelola keuangan, akuntansi, serta manajemen resiko dan manajemen *human capital*. Direksi Bisnis Produk Hankam mengelola berbagai macam produk untuk kepentingan pertahanan dan keamanan, seperti senjata, munisi, dan kendaraan khusus. Sedangkan Direksi Bisnis Produk Industrial mengelola berbagai macam produk komersil untuk sektor industri, seperti alat berat, infrastruktur perhubungan, dan layanan pertambangan. Selanjutnya, Direksi Strategi Bisnis mengelola pengembangan bisnis ke depan, rantai pasok, pemasaran serta penjualan. Yang terakhir Direksi Teknologi & Pengembangan mengelola inovasi, penjamin mutu, serta teknologi informasi. Kerja Praktik dilaksanakan di bawah Direktur Bisnis Produk Hankam tepatnya pada Divisi Kendaraan Khusus yang dibawah langsung oleh seorang *general manager*. Berikut ini merupakan diagram struktur organisasi pada Divisi Kendaraan Khusus.



**Gambar 2.3** Struktur Organisasi Divisi Kendaraan Khusus

Divisi kendaraan khusus tersusun atas 6 departmen yang dikepalai oleh seorang *general manager*. Kelima departmen tersebut ialah departemen Rekayasa Teknik, RENTALPROD & Gudang, Umum, Fabrikasi, Perakitan 1, dan Perakitan 2. Departemen perakitan dibedakan oleh tipe kendaraan yang dirakit, perakitan 1 melakukan perakitan pada produk kendaraan 6x6. Sedangkan departemen perakitan 2 melakukan perakitan pada produk kendaraan 4x4 dan *medium tank*. Departemen Rekayasa Teknik bertugas untuk mengelola segala keperluan teknis barang seperti gambar, urutan kerja, dsb. Sedangkan departemen RENTALPROD & Gudang bertugas untuk melakukan perencanaan serta pengendalian produksi maupun material. Selain itu,

departemen ini juga melakukan analisis mengenai biaya aktual serta pengelolaan gudang. Lalu departemen Umum memiliki fungsi untuk mengelola sumber daya manusia yang ada pada divisi Kendaraan Khusus.

#### **2.1.5. Produk Perusahaan**

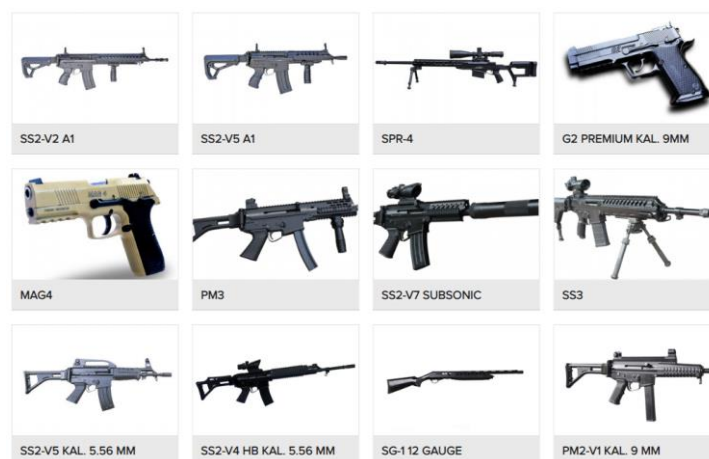
Sub subbab ini menjelaskan mengenai produk-produk yang dihasilkan oleh PT Pindad (Persero).

PT Pindad (Persero) merupakan perusahaan yang memproduksi alat pertahanan, seperti senjata, munisi, dan kendaraan khusus. Selain itu, PT Pindad (Persero) juga memproduksi produk alat berat yaitu ekskavator, produk infrastruktur perhubungan yaitu produk penunjang perkeretaapian Indonesia dan perkapalan, serta produk layanan pertambangan yaitu bahan peledak.

Berikut merupakan contoh-contoh produk dari PT Pindad (Persero).

##### **1. Senjata**

PT Pindad (Persero) sejak berdiri tahun 1983 telah memproduksi berbagai jenis senjata mulai dari senjata laras panjang, senjata genggam, pistol, dan lainnya. Setiap produksi diutamakan untuk menyuplai kebutuhan peralatan pertahanan dan keamanan nasional serta untuk memenuhi pemesanan dari pihak lain.

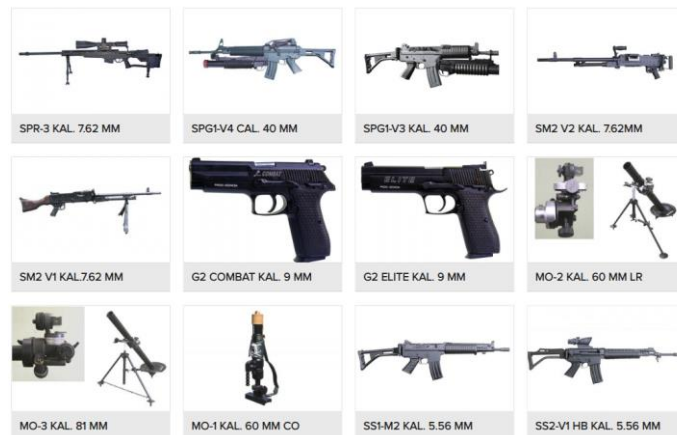


**Gambar 2.4** Produk Senjata PT Pindad (Persero)

Produksi senjata terus ditingkatkan kualitasnya berdasarkan penelitian dan pengembangan dari tenaga-tenaga ahli Pindad bersama dengan pengguna produk untuk menetapkan spesifikasi yang dibutuhkan. Dalam setiap produksi, proses optimasi kami lakukan



untuk memperoleh unjuk kerja dari senjata yang maksimal. Pemeriksaan dilakukan pada setiap proses manufaktur mulai dari penerimaan material sampai proses akhir pembuatan produk. Seluruh produk telah diuji dan memenuhi standar internasional salah satunya Mil STD. Sistem mutu selalu dipelihara dengan menerapkan sistem mutu ISO 9000-2008 yang disertifikasi oleh LRQA.

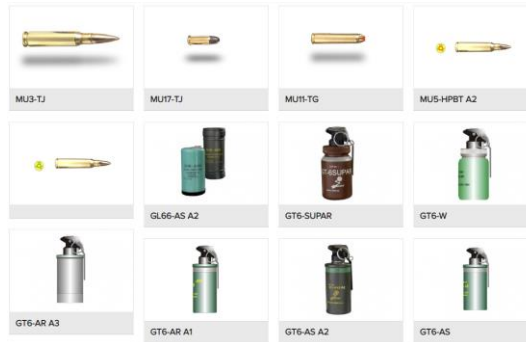


**Gambar 2.4** Produk Senjata PT Pindad (Persero) (Lanjutan)

Senjata Pindad memiliki akurasi yang baik dan ketahanan di medan peperangan sesuai dengan kebutuhan pertahanan dan keamanan. Beberapa senjata telah berhasil meraih prestasi lomba tembak antar angkatan darat se-Asia Tenggara (AARM) dan lomba tembak Angkatan Darat se-Asia Pasifik (ASAM), serta Lomba Tembak tahunan yang diselenggarakan oleh Angkatan Bersenjata Diraja Brunei (BISAM).

## 2. Munisi

PT Pindad (Persero), sebagai perusahaan penyedia peralatan pertahanan dan keamanan, memproduksi berbagai varian amunisi kaliber kecil, kaliber besar, dan kaliber sedang mulai dari kaliber 5.56 mm hingga munisi artileri 105 mm serta berbagai varian granat. Pindad terus melakukan ekspansi produksi amunisi dan mengembangkannya sesuai dengan perkembangan teknologi senjata-senjata yang semakin beragam.

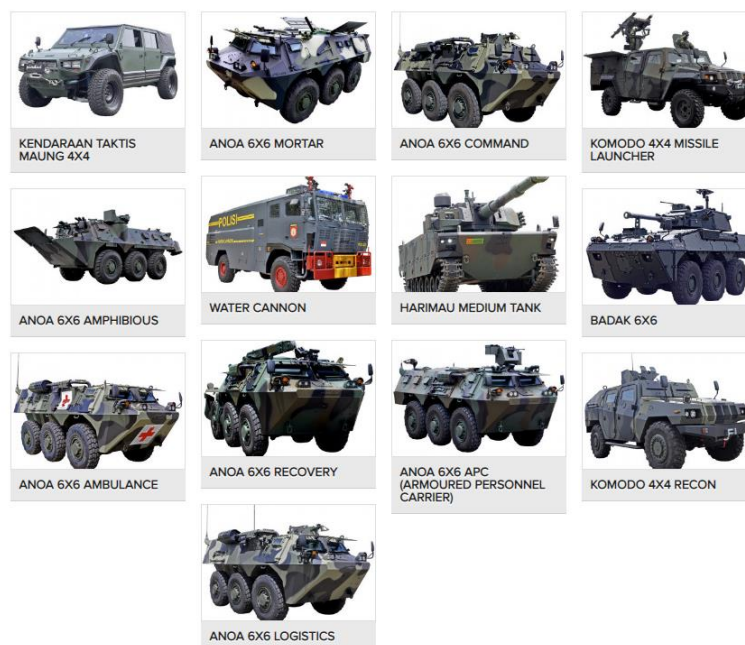


**Gambar 2.5** Produk Munisi PT Pindad (Persero)

Keunggulan dari amunisi Pindad adalah memiliki banyaknya varian yang dapat disesuaikan dengan jenis senjata dan hasil tembakan yang diinginkan.

### 3. Kendaraan Khusus

PT Pindad (Persero) mulai masuk pada pengembangan teknologi kendaraan bermotor pada tahun 1993 melalui program Mobil Nasional. Pindad telah bekerja sama dengan berbagai pihak baik dalam maupun luar negeri dalam upaya untuk mengembangkan teknologi fungsi kendaraan khususnya kendaraan tempur untuk memenuhi kebutuhan pertahanan dan keamanan nasional.



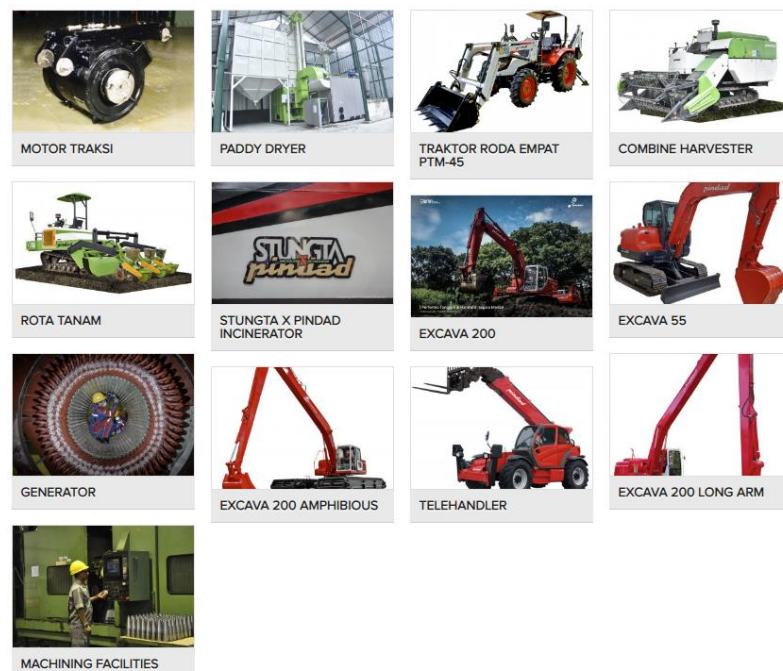
**Gambar 2.6** Produk Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero)

Produk-produk kendaraan tempur yang dihasilkan, diantaranya : Kendaraan Taktis 4x4 “KOMODO” dan Panzer 6x6 “ANOVA” yang telah diproduksi lebih dari 300 unit dengan berbagai varian serta ikut dalam misi perdamaian dunia PBB di berbagai Negara seperti Lebanon, Afrika Tengah, dan Sudan.

Penelitian dan pengembangan terus menerus dilakukan untuk mencapai tujuan masa depan untuk meningkatkan kapasitas bisnis dan teknologi. Produk penelitian dan pengembangan terbaru yang dilakukan oleh Pindad adalah produk Medium Tank “HARIMAU” yang bekerjasama dengan FNSS (Turki) serta didukung oleh Kementerian Pertahanan RI. Sistem ini dilengkapi senjata Turret 105 mm serta mampu melewati berbagai medan pertempuran.

#### 4. Alat Berat

PT. Pindad (Persero) melalui Divisi Alat Berat menghasilkan produk-produk pendukung industri konstruksi dan pertambangan. Produk dan jasa yang kami sediakan antara lain produk Alat Berat, berupa ekskavator dan Jasa Permesinan.



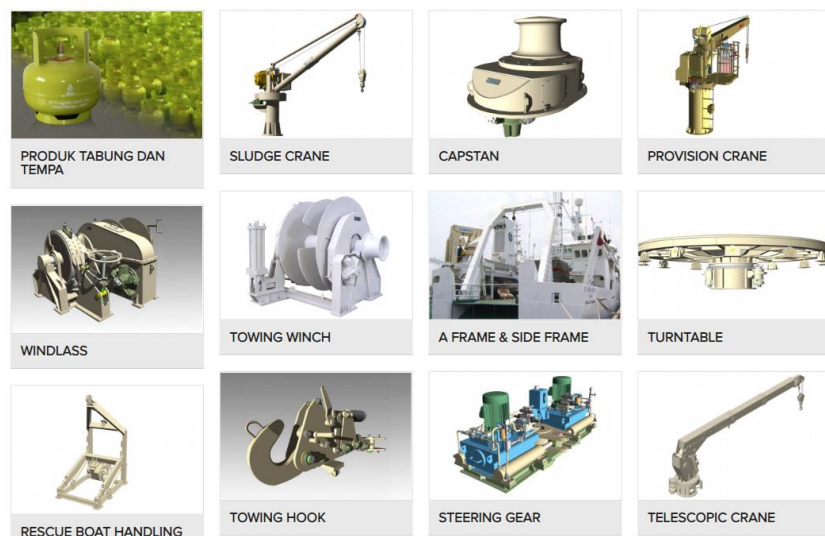
**Gambar 2.7** Produk Alat Berat PT Pindad (Persero)

Melalui transformasi kompetensi pada produk pertahanan yaitu sistem hydraulic dan roda rantai, Pindad menciptakan produk alat berat

pertama dengan merek Excava 200 yang memiliki kapasitas beban sebesar 20 Ton. Setelahnya, kami memproduksi beberapa varian lain dari ekskavator ini hingga berinovasi melalui Excava Amphibious yang dikenal dengan kemampuannya untuk beroperasi diatas air. Selain itu inovasi terbaru dari lini Excava yaitu Excava 50 lahir sebagai solusi untuk pekerjaan konstruksi ringan pada tahun 2019.

## 5. Infrastruktur Perhubungan

Divisi Infrastruktur Perhubungan merupakan bagian dari bisnis PT. Pindad (Persero) yang bertujuan untuk memenuhi permintaan dan mendukung pasar lokal maupun ekspor dalam bidang jasa pengecoran logam dan jasa tempa, mendukung pembangunan infrastruktur perkeretaapian Indonesia melalui produk-produk prasarana kereta api, serta mendukung kegiatan perkapalan melalui produk-produk peralatan kapal laut.

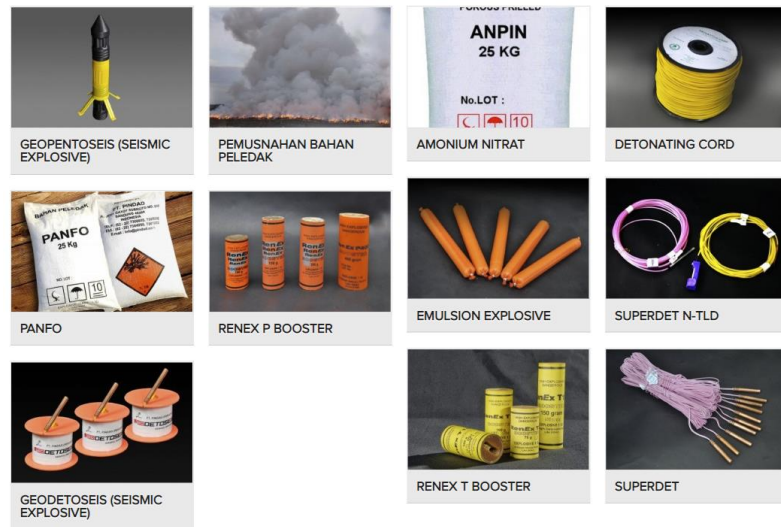


**Gambar 2.8** Produk Infrastruktur Perhubungan PT Pindad (Persero)

## 6. Layanan Pertambangan

Salah satu lini produk dari PT Pindad (Persero) adalah Bahan Peledak Komersial. Keahlian dan pengalaman SDM Pindad di bidang persenjataan dan bahan peledak membuat Pindad mengembangkan produk dan layanannya yang diakomodir oleh Divisi Layanan Pertambangan (Mining Service). Sejak tahun 1991, Pindad telah

memulai memproduksi bahan peledak komersial seperti Booster, Seismic Explosive, Seismic Detonator, Detonator listrik, dsb.



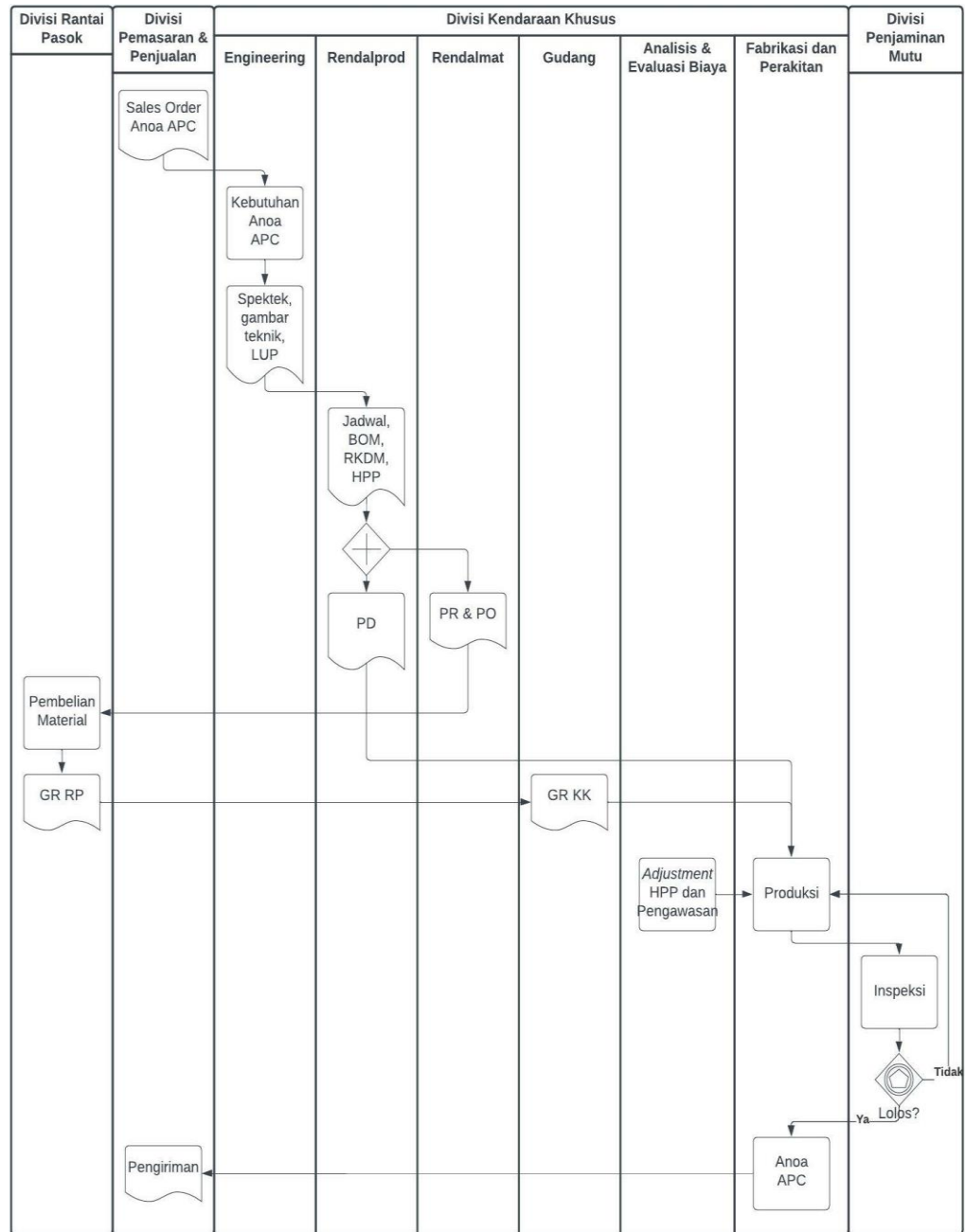
**Gambar 2.9** Produk Layanan Pertambangan PT Pindad (Persero)

## 7. Cyber Security

Sebagai industri pertahanan strategis PT. PINDAD (PERSERO) menyadari untuk tetap konsisten menjalankan core sebagai industri pertahanan dengan Inovasi produk dan layanan Cyber Security dengan tiga mata rantai 1) Solusi Peningkatan Kompetensi Sumber daya manusia (PEOPLE), 2) Solusi Penataan Proses Tata Kelola Kemanan Informasi (PROCESS), 3) Solusi Teknologi sebagai Solution Integrator dan Pengembangan Produk (TECHNOLOGY).

### 2.1.6. Proses Bisnis Perusahaan (Divisi Kendaraan Khusus)

Berikut ini merupakan diagram BPMN yang menjabarkan peta proses bisnis yang dilakukan oleh Divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero).



**Gambar 2.10** Peta Proses Bisnis Divisi Kendaraan Khusus

Proses bisnis Divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero) dimulai ketika perusahaan mendapatkan *order* dari konsumen. Divisi ini umumnya beroperasi secara *Make to Order* (MTO), tetapi tidak menutup kemungkinan juga untuk berjalan secara *Make to Stock* (MTS) berdasarkan *forecast* RAPBN. Umumnya, *order* dari konsumen akan masuk ke dalam Divisi Pemasaran dan Penjualan (PP). Divisi Pemasaran & Penjualan (PP) akan menerbitkan SO MTO (*Sales Order Make to Order*) kepada Divisi Kendaraan Khusus yang diterima oleh sub-departemen Perencanaan Produksi. SO (*Sales Order*) berisikan informasi produk yang dipesan, kuantitas, dan tanggal pengiriman. Selanjutnya Departmen Rendalprod & Gudang akan melakukan beberapa rekapan data seperti data BOM (*Bill of Material*) & RKDM (Rencana Kebutuhan Dasar Material) untuk keperluan material, gambar teknik, KUK (Kartu Urutan Kerja), HPP (Harga Pokok Produksi) dan lain sebagainya. Dengan proses ini, Departmen Rendalprod & Gudang akan mengetahui bahan-bahan apa saja yang dibutuhkan untuk memenuhi SO (*Sales Order*) yang ada.

Selanjutnya, sub-departemen Rendalmat (Perencanaan dan Pengendalian Manterial) akan menerbitkan PR (*Purchase Requisition*) untuk melakukan pengadaan barang yang dilanjutkan dengan PO (*Purchase Order*) untuk melakukan pembelian barang yang dibutuhkan melalui Divisi Rantai Pasok. Barang yang dibeli tersebut akan diterima melalui gudang milik Divisi Rantai Pasok untuk kemudian didistribusikan menuju gudang milik Divisi Kendaraan Khusus. Berjalan secara paralel, sub-departemen Perencanaan Produksi juga membuat dokumen bernama PD (*Production Order*) sebagai wadah dan juga perintah pelaksanaan produksi. PD (*Production Order*) ini akan diterima oleh departmen fabrikasi dan perakitan melalui sistem yang ada di SAP. Selama proses produksi, terdapat berbagai macam inspeksi yang dilakukan oleh Divisi PM & K3LH (Penjaminan Mutu & K3 LH) secara langsung di lapangan. Selain itu, secara berkala juga dilakukan *update* mengenai beberapa dokumen seperti HPP (Harga Pokok Produksi) untuk memberikan estimasi yang lebih akurat. Serta adanya analisa dan evaluasi biaya mengenai berapa biaya aktual pembuatan sebuah produk.



Proses produksi di lapangan juga dilakukan proses pengawasan dan *tracking* dengan pembuatan laporan *progress* mingguan yang berfungsi untuk mengetahui pencapaian aktual dibandingkan dengan pencapaian yang sudah direncanakan. Selain itu, tentu tidak semua hal dapat diproduksi di Divisi Kendaraan Khusus, contohnya seperti ionisasi lapisan logam. Untuk itu, Divisi Kendaraan Khusus dapat meminta bantuan produksi kepada divisi lain yang memiliki fasilitas terkait dengan mengeluarkan dokumen PBP (Permintaan Bantuan Produksi).

Setelah barang pesanan jadi, maka akan dilakukan pengujian akhir untuk mengetahui spesifikasi dan kualitas produk. Apabila produk gagal dalam pengujian tersebut, maka akan dilakukan perbaikan ataupun penyesuaian. Sedangkan apabila produk memenuhi pengujian tersebut, maka produk akan dikirim sesuai dengan perjanjian atau kontrak. Apabila pada keberlangsungan proses terdapat hal-hal yang menyebabkan penyalahan kontrak, seperti kemunduran pengiriman, maka pada kontrak tersebut dapat dilakukan amandemen.

#### **2.1.7. Budaya Perusahaan**

Sub subbab ini menjelaskan mengenai budaya yang diemban oleh PT Pindad (Persero).



**Gambar 2.11** Budaya Perusahaan PT Pindad (Persero)

AKHLAK menjadi budaya PT Pindad (Persero) yang didasarkan pada terbitnya Surat Edaran Kementerian BUMN Nomor: SE-7/MBU/07/2020 tanggal 1 Juli 2020 tentang nilai-nilai utama (*core values*) SDM BUMN dan Surat Keputusan Direksi PT Pindad (Persero) Nomor: Skep/25/P/BD/IX/2020 tentang Tata Nilai Budaya Perusahaan PT Pindad (Persero). AKHLAK merupakan akronim dari amanah, kompeten, harmonis,



loyal, adaptif, dan kolaboratif. Berikut ini merupakan penjelasan dari setiap aspek budaya PT Pindad (Persero).

- Amanah  
Merupakan sifat untuk memegang teguh kepercayaan yang diberikan. Adapun panduan perilaku dari amanah seperti 1) memenuhi janji dan komitmen, 2) bertanggung jawab atas tugas, keputusan, dan tindakan yang dilakukan, dan 3) berpegang teguh kepada nilai moral dan etika.
- Kompeten  
Merupakan sifat untuk terus belajar dan mengembangkan kapabilitas. Adapun panduan perilaku dari kompeten seperti 1) meningkatkan kompetensi diri untuk menjawab tantangan yang selalu berubah, 2) membantu orang lain belajar, dan 3) menyelesaikan tugas dengan kualitas terbaik.
- Harmonis  
Merupakan sifat saling peduli dan menghargai perbedaan. Adapun panduan perilaku dari harmonis seperti 1) menghargai setiap orang apapun latar belakangnya, 2) suka menolong orang lain, dan 3) membangun lingkungan kerja yang kondusif.
- Loyal  
Merupakan sifat untuk berdedikasi dan mengutamakan kepentingan Bangsa dan Negara. Adapun panduan perilaku dari loyal seperti 1) menjaga nama baik sesama karyawan, pimpinan, BUMN dan Negara, 2) rela berkorban untuk mencapai tujuan yang lebih besar, dan 3) patuh kepada pimpinan sepanjang tidak bertentangan dengan hukum dan etika.
- Adaptif  
Merupakan sifat terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan. Adapun panduan perilaku dari adaptif seperti 1) cepat menyesuaikan diri untuk menjadi lebih baik, 2) terus-menerus melakukan perbaikan mengikuti perkembangan teknologi, dan 3) bertindak proaktif.

- Kolaboratif

Merupakan sifat untuk membangun kerja sama yang sinergis. Adapun panduan perilaku dari kolaboratif seperti 1) memberi kesempatan kepada berbagai pihak untuk berkontribusi, 2) terbuka dalam bekerja sama untuk menghasilkan nilai tambah, dan 3) menggerakkan pemanfaatan berbagai sumber daya untuk tujuan bersama.

## **2.2. Landasan Teori**

Subbab ini menjelaskan mengenai landasan teori yang dijadikan pedoman dalam melakukan pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis penelitian yang dilakukan pada PT Pindad (Persero).

### **2.2.1. Persediaan**

Pada dasarnya, persediaan atau inventori merupakan segala sumber daya yang disimpan oleh perusahaan untuk digunakan sebagai pemenuhan permintaan. Persediaan dapat berupa berbagai macam wujud, seperti bahan mentah, komponen, barang setengah jadi, *spare-part*, barang jadi, dsb. Persediaan diperlukan untuk mengantisipasi keadaan permintaan atau penawaran yang tidak pasti. Selain itu, adanya persediaan juga memungkinkan perusahaan untuk mengambil keuntungan dari pembelian berskala besar (*economies of scale*).

Persediaan dalam hal ini merupakan suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode tertentu, atau persediaan barang-barang yang masih dalam pengerjaan/proses produksi, ataupun persediaan bahan baku yang menunggu penggunaannya dalam suatu proses produksi (Rangkuti, 2007). Berdasarkan tahapannya dalam proses, persediaan dapat dibagi menjadi tiga kategori, yakni bahan mentah (*raw material*), bahan dalam proses (*work in process*), dan barang jadi (*finished good*). Di divisi kendaraan khusus, umumnya tahapan tersebut berawal dari pembelian bahan mentah seperti baja anti peluru, aluminium, kuningan, besi, produk sub-assy eksternal, dsb. Selanjutnya bahhan mentah

tersebut diolah untuk menjadi barang setengah jadi seperti *body hull*, barang sub-assy lokal, dsb untuk dilakukan *assembly* hingga terproduksinya barang jadi. Dari sudut pandang tersebut, keseluruhan proses disebut dengan persediaan. Oleh karena itu, persediaan melibatkan dana besar dan menjadi perhatian seluruh fungsi organisasi (Harsanto, 2017).

**a) Penyebab Terjadinya Persediaan**

Persediaan dapat timbul akibat dari kondisi-kondisi berikut (Nasution & Prasetyawan, 2008).

- Mekanisme pemenuhan atas permintaan (*transaction move*)
- Adanya keinginan untuk meredam ketidakpastian (*precautionary motive*)

**b) Manfaat Persediaan**

Persediaan memiliki beberapa manfaat bagi operasi perusahaan sebagai berikut (Heizer & Render, 2004).

- Memisahkan beragam bagian proses produksi. Contohnya, ketika pasokan sebuah perusahaan berfluktuasi, maka diperlukan persediaan tambahan untuk memisahkan proses produksi dari para pemasok.
- Memisahkan perusahaan dari fluktuasi permintaan dan menyediakan barang-barang yang akan memberikan pilihan bagi pelanggan. Persediaan semacam ini umumnya terjadi pada pelanggan eceran.
- Mengambil keuntungan diskon kuantitas, sebab pembelian dalam jumlah besar dapat mengurangi biaya produksi atau pengiriman karena penerapan *economies of scale*.
- Menjaga pengaruh inflasi dan naiknya harga.
- Menjaga kelancaran proses operasi produksi.
- Menghindari kekurangan jumlah bahan baku agar tidak terjadi *stock out*.

**c) Jenis Persediaan**

Selain berdasarkan tahapan proses operasinya, persediaan dapat diklasifikasikan menurut beberapa sudut pandang lain, sebagai berikut (Harsanto, 2017).

- Permintaan

Bila dilihat dari tipe permintaan, persediaan dibedakan menjadi dua kategori, yakni *dependent* dan *independent*. Persediaan dengan tipe permintaan *independent* berarti tidak bergantung pada item persediaan lainnya. Sedangkan persediaan dengan tipe permintaan *dependent* bergantung pada item persediaan lain.

- Jumlah dan Nilai

Dari sisi jumlah dan nilai, persediaan dapat dianalisis menggunakan metode Analisis ABC. Analisis ini membagi persediaan menjadi tiga kategori, yakni tipe A yang merupakan item dalam perusahaan dengan jumlah sedikit tetapi bernilai tinggi. Tipe B mengeleompokkan persediaan menjadi item dengan jumlah persediaan lebih sedikit dan nilai lebih rendah daripada tipe A. Tipe C mengkategorikan persediaan menjadi stok dengan item berjumlah paling sedikit dan nilai terkecil dibandingkan tipe A dan B.

- Kegunaan

Sudut pandang kegunaan mengkategorikan persediaan menjadi tiga kategori, yakni *maintenance*, *repair*, dan *operating*. *Maintenance* merupakan kategori persediaan yang berguna dalam proses pemeliharaan. *Repair* adalah kategori persediaan yang memiliki kegunaan sebagai komponen perbaikan. Sedangkan *operating* merupakan tipe persediaan yang digunakan dalam proses operasi produksi.

Akan tetapi, pada perkembangannya, inventori dapat diklasifikasikan berdasarkan berbagai macam sudut pandang atau kriteria (Lolli, et al., 2018). Hal ini dikarenakan pengklasifikasian berdasarkan satu macam kriteria dianggap tidak bisa menjelaskan kedudukan atau nilai dari suatu material secara holistik.

#### **d) Pengendalian Persediaan**

Pengendalian persediaan adalah serangkaian keputusan atau kebijakan untuk memastikan perusahaan mampu menyediakan stok dengan mutu, jumlah, dan waktu tertentu (Harsanto, 2017). Jumlah yang disediakan harus

pada jumlah yang sesuai, tidak boleh terlalu banyak agar investasi tidak terlalu tinggi serta tidak boleh terlalu sedikit agar perusahaan tidak kehabisan persediaan. Serta penentuan waktu dan mutu persediaan harus tepat. Dengan kata lain, pengelolaan atau pengendalian persediaan merupakan kebijakan yang dilakukan dalam rangka menjaga keseimbangan antara persediaan yang dimiliki perusahaan dengan pelayanan yang diberikan kepada pelanggan. Pada dasarnya, pengendalian persediaan berusaha untuk menjawab dua macam pertanyaan, yakni kapan sebaiknya pesanan ditempatkan dan berapa banyak stok yang harus dipesan.

Praktek pengendalian persediaan yang dilakukan secara ilmiah akan memberikan beberapa manfaat bagi perusahaan, sebagai berikut (Kumar & Suresh, 2008).

- Peningkatan hubungan pelanggan karena pengiriman barang dan jasa yang tepat waktu.
- Produksi yang lancar dan tanpa gangguan.
- Penggunaan modal kerja yang efisien.
- Penghematan dalam pembelian.

**e) Tujuan Persediaan**

Persediaan yang diadakan mulai dari bentuk bahan baku sampai dengan produk jadi akan sangat berguna untuk keperluan sebagai berikut (Harsanto, 2017).

- Menghilangkan resiko *delay* akibat barang yang dipesan terlambat.
- Menghilangkan resiko apabila barang tidak dalam kondisi baik saat datang.
- Melakukan penimbunan sebagai antisipasi kelangkaan barang.
- Menjaga stabilitas produksi.
- Mencapai penggunaan optimal dari mesin produksi.
- Menaikkan tingkat pelayanan pada pelanggan.

**2.2.2. Multi-Criteria Decision Making (MCDM)**

*Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk membantu proses pengambilan keputusan berdasarkan berbagai macam kriteria. MCDM adalah seperangkat metode

yang berhubungan dengan evaluasi serangkaian alternatif yang banyak, sering bertentangan, dan berbagai kriteria (Mulliner, Malys, & Maliene, 2016). Terdapat dua tipe MCDM, yakni *Multi-Attribute Decision Making* (MADM) dan *Multi-Objective Decision Making* (MODM) (Ghorabae, Zavadskas, Turskis, & Antucheviciene, 2016). MADM umumnya menggunakan variabel keputusan diskrit dengan limitasi jumlah alternatif. Sedangkan MODM digunakan untuk menentukan alternatif terbaik dari set alternatif mendekati tak hingga dengan adanya batasan. Akan tetapi, pada banyak penelitian terakhir, penggunaan kata MCDM disamakan dengan MADM.

Terdapat banyak metode-metode dari MCDM yang saat ini sudah banyak dikembangkan untuk memfasilitasi pemilihan alternatif terbaik berdasarkan berbagai macam kriteria (Asadabadi, 2018). Contoh daripada metode tersebut ialah *Analytical Hierarchy Process* (AHP), *Analytical Network Process* (ANP), Edas, Topsis, Vikor, dsb. Akan tetapi, pada penelitian kali ini hanya digunakan dua metode MCDM, yakni AHP-K dan Edas. Karena kedua metode tersebut cocok digunakan untuk permasalahan klasifikasi.

**a) AHP-K**

*Analytical Hierarchy Process* (AHP) merupakan metode umum yang dapat menyelesaikan permasalahan yang didasarkan pada kriteria majemuk. Salah satunya ialah permasalahan mengenai klasifikasi inventori. Flores (1992) menggunakan metode AHP untuk melakukan sintesis bobot beberapa kriteria menjadi satu skor prioritas dari setiap alternatif. AHP dapat menyelesaikan masalah secara kuantitatif dan kualitatif dengan membuat matriks perbandingan berpasangan untuk dicari *eigen value* sebagai skor prioritas.

Akan tetapi, pada masalah klasifikasi, cara klasifikasi *item* kepada atribut kelas masih berdasarkan pertimbangan dari pengambil keputusan. Contohnya, Flores (1992) menggunakan metode Pareto 10% kelas A, 20% kelas B, dan 70% kelas C. Dengan menggunakan metode ini, akan dapat terjadi fenomena paradoks dimana dua *item* yang memiliki skor hampir sama

masuk ke dalam klasifikasi yang berbeda. Dengan kata lain, AHP konvensional sangat dipengaruhi secara sewenang-wenang oleh sifat pengambil keputusan, tanpa memberikan tujuan atau aturan yang dapat dibenarkan untuk mencapai kardinalitas setiap kelas (Lolli, Ishizaka, & Gamberini, 2014). Untuk itu, Lolli et. al (2014) mengusulkan metode perbaikan dari AHP, yakni AHP-K. AHP-K merupakan integrasi dari metode AHP konvensional dengan algoritma K-Means. K-Means merupakan algoritma yang digunakan untuk membuat *clustering* dengan mencari titik tengah atau *centroid* yang paling optimal (Zheng, Lei, Yao, Gong, & Yin, 2018). Penggunaan algoritma K-Means dimaksudkan untuk menghilangkan subjektivitas pengambil keputusan ketika melakukan *clustering*.

AHP memiliki tiga prinsip utama, yakni *decomposition*, *comparative judgement*, dan *logical consistency*. Berikut ini merupakan tahapan dari AHP-K.

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan
2. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama.  
Hierarki tersebut akan berisikan mengenai kriteria apa saja yang digunakan dalam menentukan skor dari setiap alternatif
3. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh dari setiap elemen terhadap kriteria yang setingkat
4. Melakukan pendefinisian perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan  $n$  adalah banyaknya elemen yang dibandingkan. Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan. Intensitas kepentingan:
  - 1 = Kedua elemen sama penting
  - 3 = Salah satu elemen sedikit lebih penting
  - 5 = Salah satu elemen lebih penting
  - 7 = Salah satu elemen jelas lebih mutlak lebih penting
  - 9 = Salah satu elemen lebih penting secara mutlak
  - 2, 4, 6, 8 = Nilai di antara

5. Menghitung nilai *eigen* beserta konsistensinya
6. Mengulangi langkah 3, 4, dan 5 untuk seluruh tingkat hierarki
7. Menghitung vektor *eigen* dari setiap matriks perbandingan berpasangan yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan. Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata. tingkat kepentingan suatu elemen
8. Memeriksa konsistensi. Konsistensi yang baik memiliki nilai *consistency ratio* (CR) berada di bawah 10%.
9. Melakukan normalisasi nilai setiap elemen pada setiap kriteria.
10. Mengalikan nilai normalisasi dengan bobot dari langkah nomor 7. Serta menjumlahkan seluruh nilai yang telah diberi bobot untuk setiap kriteria pada tiap elemen.
11. *Clustering* dengan Algoritma K-Means. Misalkan semua item harus dikelompokkan menjadi 3 kelas berdasarkan skor prioritas  $P_j$  (Langkah 10). Algoritma K-Means menemukan partisi  $P_j$ , berdasarkan jumlah jarak kuadrat antara setiap centroid cluster dan item  $j$  dalam cluster yang paling minimal. Misal  $\mu_n$  menjadi pusat massa dari kluster  $C_n$ , di mana  $n$  adalah *cluster* generik antara 0 dan  $N$ . Jarak kuadrat antara  $\mu_n$  dan item  $j$  dalam cluster  $C_n$  didefinisikan sebagai:

$$SD(C_n) = \sum_{P_j} P_j - \mu_n^2$$

#### **b) EDAS**

EDAS atau *Evaluation based on Distance from Average Solution* merupakan metode yang pada awalnya digunakan dalam klasifikasi inventori, tetapi karena efisiensi dalam melibatkan kriteria majemuk. EDAS digolongkan ke dalam metode MCDM (Ghorabae, Amiri, Zavadskas, Turskis, & Antucheviciene, 2018). Pada metode ini, alternatif dievaluasi



berdasarkan jarak positif dan negatif dengan nilai rata-rata. Alternatif yang memiliki jarak positif paling tinggi dan jarak negatif paling rendah merupakan alternatif yang diinginkan. Berikut ini merupakan langkah-langkah penerapan metode EDAS.

1. Kalkulasi solusi rata-rata setiap kriteria ( $g_j$ )

$$g_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}$$

2. Menentukan jarak positif ( $P_{ij}^d$ ) dan negatif ( $N_{ij}^d$ )

$$P_{ij}^d = \frac{\max(0, x_{ij} - g_j)}{g_j} \text{ if } j \in B$$

$$P_{ij}^d = \frac{\max(0, g_j - x_{ij})}{g_j} \text{ if } j \in C$$

$$N_{ij}^d = \frac{\max(0, g_j - x_{ij})}{g_j} \text{ if } j \in B$$

$$P_{ij}^d = \frac{\max(0, x_{ij} - g_j)}{g_j} \text{ if } j \in C$$

B adalah set kumpulan kriteria benefit, dan C adalah set kumpulan kriteria non-benefit.

3. Pemberian bobot jarak positif dan negatif

$$P_i^w = \sum_{j=1}^m w_j P_{ij}^d$$

$$N_i^w = \sum_{j=1}^m w_j N_{ij}^d$$

4. Normalisasi jarak yang sudah diberikan bobot

$$P_i^n = \frac{P_i^w}{\max(P_k^w)}$$

$$N_i^n = 1 - \frac{N_i^w}{\max(N_k^w)}$$

5. Kalkulasi skor apraisal ( $S_i$ )

$$S_i = \frac{1}{2}(P_i^n + N_i^n)$$

6. Melakukan pengurutan berdasarkan nilai skor apraisal

### 2.2.3. Machine Learning

*Machine Learning* merupakan sebuah studi mengenai algoritma yang mampu mempelajari sesuatu dalam melakukan beberapa hal tertentu yang dapat dilakukan oleh manusia secara otomatis (Shwartz & David, 2014). Belajar dalam hal ini berkaitan dengan bagaimana menuntaskan berbagai tugas yang ada, atau membuat suatu prediksi kesimpulan baru yang akurat

dari berbagai pola yang sudah dipelajari sebelumnya. *Machine learning* merupakan salah satu bidang yang termasuk ke dalam kategori kecerdasan buatan yang menggunakan beberapa aspek keilmuan seperti matematika, statistika, dan ilmu komputer.

*Machine Learning* terbagi menjadi 2 macam konsep pembelajaran, yaitu *Supervised Learning* yang merupakan teknik pembelajaran mesin yang membuat suatu fungsi berdasarkan data latihan yang memiliki label atau nilai y. Kedua adalah *Unsupervised Learning* yang merupakan teknik pembelajaran mesin yang berusaha untuk melakukan representasi pola sebuah input yang berasal dari data latihan dan salah satu yang menjadi perbedaan dengan *Supervised Learning* adalah tidak adanya pengklasifikasian dari input data. Dalam *Machine Learning* teknik *Unsupervised Learning* menjadi esensial karena sistem kerja yang diberikan sama dengan cara kerja otak manusia dimana dalam proses pembelajaran tidak ada role model atau informasi dan contoh yang tersedia untuk dijadikan sebagai model dalam melakukan proses ujicoba untuk penyelesaian sebuah masalah dengan data yang baru.

Terdapat berbagai macam jenis model atau algoritma *machine learning* beserta tujuan yang berbeda-beda pula. Salah satu tujuan yang akan digunakan pada penelitian ini ialah *machine learning* untuk melakukan pengklasifikasian data berdasarkan data atribut. Penjelasan mengenai algoritma yang digunakan akan dijelaskan pada bagian setelah ini.

#### a) **Naïve Bayes**

Naïve Bayes atau *Bayes Classifier* merupakan algoritma klasifikasi yang didasarkan pada teori probabilitas milik Thomas Bayes. Berikut merupakan persamaan dari teori tersebut.

$$P(A|B) = \frac{P(B|A) \times P(A)}{P(B)}$$

*Bayes Classifier* adalah algoritma sederhana dengan asumsi atribut yang independen, yang berarti algoritma mengasumsikan bahwa atribut dilakukan tidak mempengaruhi satu sama lain melalui probabilitas. Untuk seri tertentu dari n atribut, naïve Bayes classifier membuat perhitungan dengan  $2^n$  asumsi independen (Kartal, Oztekin, Gunasekaran, & Cebi, 2016).

## b) SVM

SVM adalah salah satu model *machine learning* yang paling populer dikembangkan oleh Vladimir Vapnik berdasarkan teori pembelajaran statistik (Cortes & Vapnik, 1995). SVM cenderung memiliki performa yang lebih baik pada permasalahan yang kompleks seperti permasalahan rantai pasok karena fitur yang kuat. Fitur *Structural Risk Minimization* (SRM) milik SVM terbukti lebih superior dibandingkan dengan fitur konvensional seperti ERM. SRM melakukan minimasi ekspektasi resiko sedangkan ERM meminimasi *error* pada data *training* yang menyebabkan SRM memiliki generalisasi yang lebih baik.

SVM *classifier* menerima input dari setiap kelas dan membuat vektor input menjadi *feature space* untuk mencari garis pembatas (*hyperplane*) terbaik. Upaya mencari lokasi *hyperplane* optimal ini merupakan inti dari proses pembelajaran pada SVM. Bidang pembatas pertama membatasi kelas pertama sedangkan pada pembatas bidang kedua membatasi kelas kedua sehingga diperoleh persamaan:

$$x_i w + b = 0, \text{ untuk } y_i = 0$$

$$x_i w + b \geq 1, \text{ untuk } y_i = +1$$

$$x_i w + b \leq -1, \text{ untuk } y_i = -1$$

Nilai margin terbesar dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak dengan titik terdekatnya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\frac{1-b-(1-b)}{w} = \frac{1}{|w|}$$

Hal ini dapat dirumuskan sebagai *Quadratic Programming Problem* dengan memaksimalkan nilai  $\frac{1}{|w|}$  sama dengan mencari nilai minimum  $w$ . Masalah ini akan diselesaikan dengan teknik *lagrange multiplier* sehingga didapatkan nilai  $a_i$  yang disebut sebagai *support vector* yang digunakan dalam persamaan *hyperplane*.

## c) Decision Tree

*Decision Tree* atau pohon keputusan merupakan salah satu *model machine learning* untuk masalah klasifikasi yang paling populer karena mudah untuk diinterpretasi (Heizer & Render, 2004). Pohon keputusan adalah

model prediksi menggunakan struktur pohon atau struktur berhirarki. Konsep dari pohon keputusan adalah mengubah data menjadi pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan. Manfaat utama dari penggunaan pohon keputusan adalah kemampuannya untuk mem-*break down* proses pengambilan keputusan yang kompleks menjadi lebih simpel sehingga pengambil keputusan akan lebih menginterpretasikan solusi dari permasalahan.

Teknik klasifikasi pohon keputusan dilakukan menjadi dua fase: pembangunan pohon dan pemangkasan pohon. Pembangunan pohon adalah dilakukan dengan pendekatan *top-down*. Selama fase ini, pohon dipartisi secara rekursif hingga semua item data menjadi milik label kelas yang sama. Ini sangat komputasi intensif sebagai dataset pelatihan dilalui berulang kali. Pemangkasan pohon dilakukan secara *bottom-up*. Ini digunakan untuk meningkatkan prediksi dan akurasi klasifikasi algoritma dengan meminimalkan masalah pohon yang terlalu pas. Masalah *over-pas* dalam keputusan pohon menghasilkan kesalahan klasifikasi.

#### **d) Logistic Regression (Regresi Logistik)**

Analisis Regresi Logistik adalah analisis yang digunakan untuk melihat hubungan antara peubah respon yang berupa data kategorik dengan atributnya yang berupa data kategorik maupun data numerik. Regresi Logistik dapat membangun model dengan keluaran dikotomis maupun multi kategori dan telah terbukti sebagai algoritma yang ampuh dalam pemodelan.

Misalkan terdapat  $p$  atribut pada  $X_i$  dengan respon  $y$  yang bernilai 1 atau 0. Maka peubah  $y$  akan mengikuti sebaran Bernoulli dengan parameter  $\pi(X)$  sebagai berikut.

$$f(y_i) = \pi(X_i)^{y_i} [1 - \pi(X_i)]^{1-y_i}$$

dengan,

$$\pi(x) = \frac{\exp(g(X))}{1 + \exp(g(X))}$$

dengan,

$$g(X) = \sum_{i=1}^p \beta_i X_i$$

Fungsi di atas berbentuk curvilinear sehingga harus dilakukan linearisasi terlebih dahulu. Setelah itu dilakukan algoritma *gradient descent* untuk mendapatkan nilai parameter utama.

e) ***MLP Classifier (Artificial Neural Network)***

*Artificial Neural Network* (ANN) merupakan algoritma pembelajaran yang mampu menyelesaikan masalah klasifikasi (Ghorabae, Zavadskas, Turskis, & Antucheviciene, 2016). Model ANN tersusun atas serangkaian paralel, dinamis, dan saling terkoneksi dalam jaringan syaraf. Syaraf beroperasi secara matematis dengan melakukan proses terhadap *input* sehingga menghasilkan suatu *output*. Lapisan syaraf *output* mendapatkan fungsi transfer dan menerima beban untuk menghasilkan nilai *output*. Dalam suatu jaringan syaraf, ketika vektor input didefinisikan sebagai  $x=[x_1, x_2, \dots, x_n]$  dan berat vektor sebagai  $w=[w_1, w_2, \dots, w_n]$ , maka fungsi transfer dapat didefinisikan sebagai berikut.

$$f(\sum_{i=1}^n w_i \cdot x_i)$$

Jaringan syaraf yang memiliki lebih dari satu *input* akan menggunakan fungsi aktivasi sebagai penentuan klasifikasi *output*. Terdapat beberapa metode fungsi aktivasi, seperti *threshold*, sigmoid, gaussian, dsb. Pemilihan fungsi tersebut bergantung pada fungsi sebagai berikut.

$$f(w'x) = \frac{1}{1+e^{-w'x}}$$

Sedangkan MLP atau *Multilayer Perceptron* merupakan pengembangan dari ANN berlapis tunggal. *MLP Classifier* merupakan ANN yang digunakan untuk melakukan prediksi klasifikasi yang memiliki tambahan 1 atau lebih lapisan layar yang biasa disebut dengan *hidden layer*. Lapisan ini berada di antara *input* dan *output* yang memiliki peran untuk memperluas perhitungan beban dari setiap *input*.

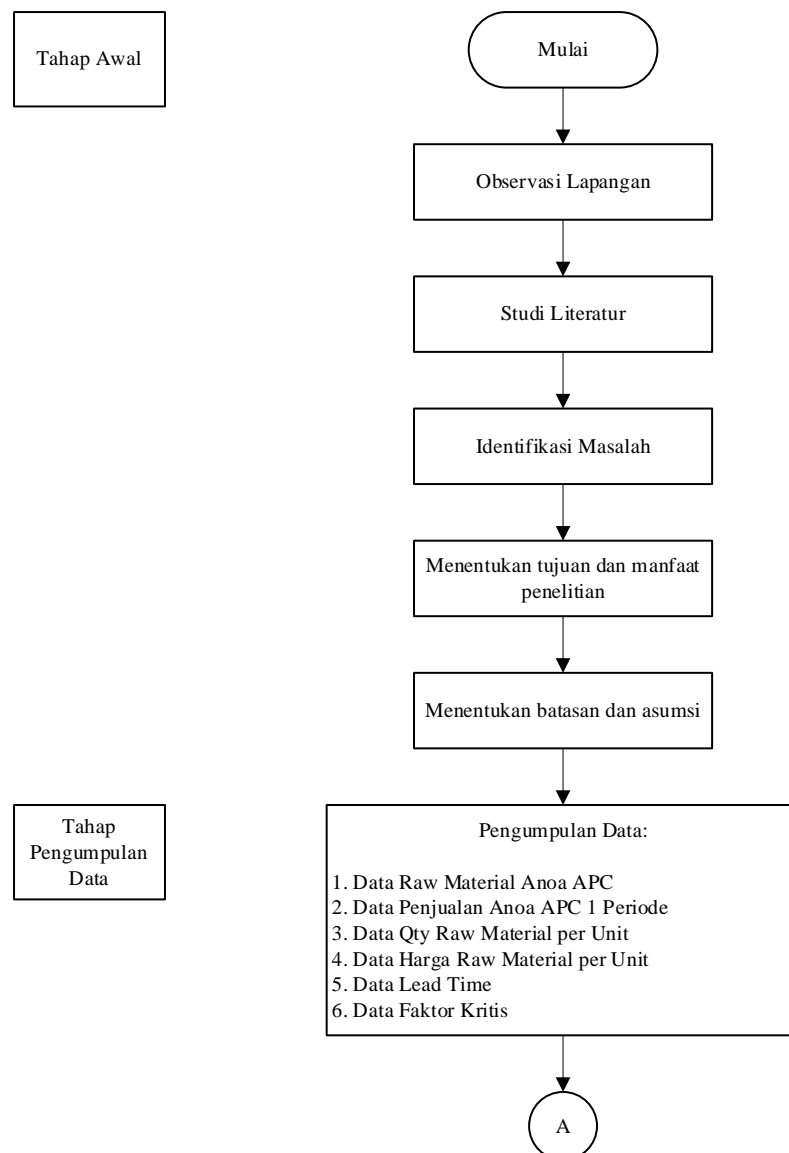


## **BAB III**

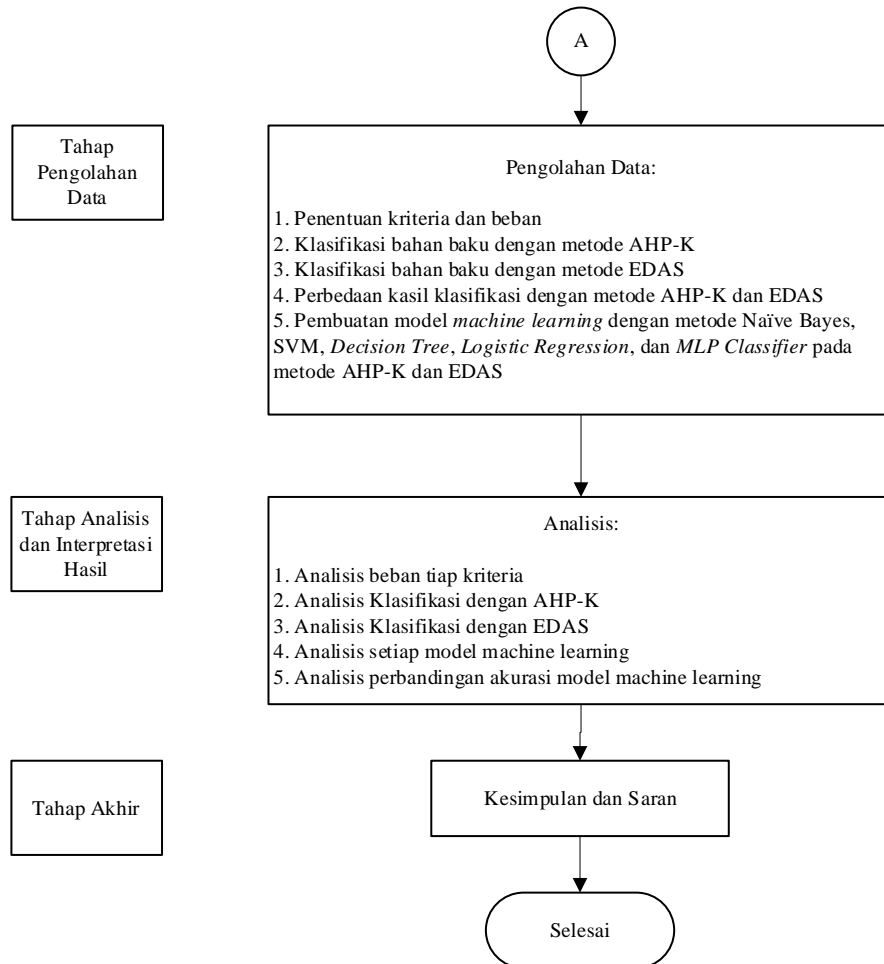
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan mengenai metodologi yang dilakukan dalam melakukan penelitian terhadap *framework* pengambilan keputusan terintegrasi untuk masalah klasifikasi bahan baku Panser Anoa 6x6 APC yang dilaksanakan di PT Pindad (Persero). Metodologi penelitian ini terdiri dari lima tahap, yakni tahap awal, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data, tahap analisis dan interpretasi hasil, dan tahap akhir.



**Gambar 3.1** *Flowchart* Penelitian



**Gambar 3.1** Flowchart Penelitian (Lanjutan)

### 3.1. Tahap Awal

Subbab ini menjelaskan mengenai tahap awal dalam penelitian pada produksi divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero).

#### 3.1.1. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan pada tanggal 9 Januari 2023 hingga 9 Februari 2023. Observasi ini dilakukan dengan pendampingan pembimbing dan karyawan di departemen Rendalprod & Gudang yang menjelaskan seluruh proses bisnis serta produksi yang ada di Divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero). Observasi pada minggu pertama dimulai pada seluruh area produksi mulai dari departemen fabrikasi, perakitan 1, dan perakitan 2. Kemudian pada minggu kedua dilakukan observasi dan wawancara secara langsung kepada karyawan pada setiap departemen yang ada di divisi Kendaraan Khusus.



Divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero) memiliki berbagai lini produksi untuk memproduksi berbagai macam kendaraan khusus. Pada intinya, terdapat proses pengolahan bahan baku seperti pemotongan, pembentukan, *bending*, dsb. Selanjutnya, bahan baku yang sudah diolah akan digabungkan dengan proses pengelasan, pembersihan, *assembly*, dan pengecatan. Observasi dilakukan pada pukul 08.00 WIB hingga 11.30 WIB (istirahat) berdasarkan arahan dan rekomendasi dari pembimbing.

### **3.1.2. Studi Literatur**

Studi literatur pada penelitian ini dilakukan dengan mencari teori, metode, data, dan konsep yang dapat menyelesaikan permasalahan manajemen inventori PT Pindad (Persero). Literasi yang digunakan merupakan penelitian, buku, data-data primer, dan jurnal terbaru yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat.

### **3.1.3. Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Identifikasi masalah dilakukan dengan melakukan perbandingan teori melalui studi literatur dengan kenyataan yang terjadi di rantai produksi berdasarkan hasil observasi langsung, wawancara, serta melihat data primer yang ada di kantor. Masalah yang telah teridentifikasi kemudian disusun menjadi rumusan masalah penelitian.

### **3.1.4. Menentukan Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang terjadi pada produksi panser Anoa APC PT Pindad (Persero). Sementara itu, manfaat penelitian merepresentasikan keuntungan yang didapatkan dari hasil penelitian ini bagi perusahaan, Program Studi Teknik Industri, dan bagi pembaca laporan penelitian ini.

### **3.1.5. Menentukan Batasan Masalah**

Penentuan batasan masalah dilakukan agar ruang lingkup penelitian menjadi lebih jelas dan tidak terlalu luas sehingga penelitian dapat lebih fokus pada permasalahan yang akan diangkat. Batasan masalah dalam penelitian ini terlihat pada fokus penelitian pada salah satu produk kendaraan khusus, yaitu Panser Anoa 6x6 APC, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang didapatkan di PT Pindad (Persero) dalam rentang waktu 1 periode, yakni

tahun 2021. Pengambilan data dilakukan melalui pengamatan langsung pada rantai produksi serta sumber lain seperti wawancara dan mencari data primer. Selain itu, analisis inventori yang dilakukan akan dibatasi pada bahan baku saja.

### **3.2. Tahap Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil informasi secara langsung berdasarkan data, seperti RKDM, BOM, dan HPP Panser Anoa APC pada tahun 2021. Selain itu, dilakukan juga pengumpulan data secara wawancara untuk penggalan informasi secara lebih luas. Tahap pengumpulan data dimulai pada tanggal 10 Januari 2023 hingga 9 Februari 2023 dan seluruhnya dilakukan pada divisi Kendaraan Khusus PT Pindad (Persero). Selain itu, pengambilan data yang dilakukan pada shift yang sama dapat menjaga konsistensi pekerja karena pekerja yang bekerja selalu sama pada tiap shift pada saat pengambilan data dilakukan. Karena alasan keamanan, tidak semua detail data dapat keluar dari PT Pindad (Persero). Untuk itu, data yang diambil merupakan *sample* bahan baku Panser Anoa APC yang diasumsikan dapat merepresentasikan keseluruhan bahan baku.

### **3.3. Tahap Pengolahan Data**

Tahap pengolahan data diawali dengan penentuan kriteria apa saja yang digunakan beserta besaran bobotnya. Setelah itu dilakukan klasifikasi bahan baku menjadi tiga kategori berdasarkan dua metode MCDM, yakni AHP-K dan EDAS. Pengolahan data dilanjutkan membuat *model machine learning* dengan algoritma Naïve Bayes, SVM, *Decision Tree*, *Logistic Regression*, dan *MLP Classifier* berdasarkan klasifikasi dengan metode AHP-K dan EDAS. Terakhir akan dibuat perbandingan akurasi setiap *model machine learning* pada setiap metode klasifikasi MCDM. Pengolahan data dilakukan dengan aplikasi pendukung seperti Microsoft Excel. Sedangkan pembuatan *machine learning* akan menggunakan bahasa pemrograman Python 3.9.1 menggunakan bantuan *library* tambahan seperti Sklearn, Pandas, Numpy, dsb.

### **3.4. Tahap Analisis dan Interpretasi Hasil**

Tahap analisis dilakukan untuk menginterpretasikan hasil pengolahan data sehingga dapat menghasilkan usulan perbaikan sesuai dengan metode-metode yang dilakukan sesuai dengan studi literatur.

### **3.5. Tahap Akhir**

Tahap akhir atau kesimpulan dan saran dilakukan untuk menyatakan hasil akhir penelitian yang telah menyelesaikan permasalahan. Selain itu, saran yang disusun pada tahap ini dapat dilakukan sebagai acuan penelitian selanjutnya.



## **BAB IV**

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

Bab ini menjelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan dalam pembuatan *framework* pengambil keputusan klasifikasi bahan baku sebagai langkah awal upaya untuk minimalis keterlambatan kedatangan bahan baku.

#### **4.1. Pengumpulan Data**

Subbab ini menjelaskan mengenai data apa saja yang dibutuhkan untuk melakukan pengolahan data. Data yang dibutuhkan meliputi data produksi dalam satu periode (tahun), data kebutuhan material Panser Anoa 6x6 APC, data harga material per-unit, data *lead time* bahan baku, dan data faktor kritis bahan baku.

##### **4.1.1. Data Produksi**

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan data jumlah produksi Panser Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero).

**Tabel 4.1** Data Produksi Panser Anoa 6x6 APC 2021

No	Produk	Produksi Tahun 2021
1.	Anoa APC	12 unit

Tabel 4.1 menunjukkan data jumlah produksi kendaraan khusus Panser Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero). Data ini didasarkan pada *sales order* nomor 4610000140 dan kontrak nomor TRAK/303/PDN/V/2021 MABES TNI. Diketahui sepanjang tahun 2021, PT Pindad (Persero) memproduksi dan mengirimkan kendaraan Anoa APC sebanyak 12 unit. Data ini akan digunakan untuk perhitungan estimasi *value* setiap bahan baku dalam satu periode.

##### **4.1.2. Data Kebutuhan Material**

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan *sample* bahan baku beserta kuantitas yang dibutuhkan untuk memproduksi satu unit Panser Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero).

**Tabel 4.2** Kebutuhan Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021

Kode Bahan Baku	Qty/unit	Unit	Kode Bahan Baku	Qty/unit	Unit
BH 1	0.4	lbr	BS 11	3	ltr
BH 2	0.8	lbr	BS 12	1	bh
BH 3	1.2	lbr	BS 13	1	bh
BH 4	1.85	lbr	PT 1	1	unit
BH 5	0.3	lbr	PT 2	1	bh
BH 6	0.75	lbr	PT 3	1	unit
BH 7	0.05	lbr	PT 4	1	bh
BH 8	0.42	btg	PT 5	27	ltr
BH 9	0.25	btg	PT 6	1	unit
BH 10	0.03	btg	PT 7	12	ltr
BH 11	0.04	btg	PT 8	200	ltr
BH 12	0.09	btg	AM 1	1	unit
BH 13	3.2	btg	AM 2	6	bh
BH 14	4	set	AM 3	1	bh
BH 15	1	bh	E 1	1	unit
BH 16	1.25	btg	E 2	4	unit
S 1	1	unit	E 3	2	bh
S 2	6	bh	E 4	1	set
S 3	6	bh	E 5	1	bh
S 4	6	bh	E 6	1	set
SS 1	2	set	E 7	2	bh
SS 2	3	set	E 8	1	set
SS 3	1	set	E 9	2	bh
SS 4	1	bh	E 10	2	bh
SS 5	1	bh	E 11	2	bh
SS 6	1	bh	E 12	1	set
SS 7	1	bh	IE 1	2	set
SS 8	1	bh	IE 2	1	set
SS 9	1	bh	IE 3	1	set
SS 10	8	bh	IE 4	10	set
SS 11	1	set	IE 5	4	unit
SS 12	4	ltr	IE 6	1	set
BS 1	1	unit	IE 7	1	set
BS 2	1	Unit	IE 8	1	unit
BS 3	1	bh	IE 9	1	unit
BS 4	1	bh	IE 10	1	unit
BS 5	2	bh	IE 11	3	bh
BS 6	1	bh	IE 12	6	mtr
BS 7	3	bh	IE 13	1	unit
BS 8	1	bh	ACC 1	1	set
BS 9	4	bh	ACC 2	1	set
BS 10	1	unit	ACC 3	1	set

Tabel 4.2 menunjukkan data beberapa bahan baku utama beserta kuantitas untuk memproduksi satu unit Panzer Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero). Data ini didasarkan pada data HPP yang divalidasi dengan RKDM tahun 2021. Bahan baku disajikan dalam bentuk kode berdasarkan letak kegunaannya pada kendaraan. Arti daripada kode tersebut dijabarkan pada tabel 4.3.

**Tabel 4.3** Kode Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021

<b>Jenis Kode Bahan Baku</b>	<b>Kegunaan</b>
BH	<i>Body Hull</i>
S	<i>Suspension</i>
SS	<i>Steering System</i>
BS	<i>Brake System</i>
PT	<i>Power Train</i>
AM	<i>Armamen</i>
E	Elektrikal
IE	Interior & Exterior
ACC	Aksesoris

#### 4.1.3. Data Harga Material per-unit

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan harga material per-unit dari setiap bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero).

**Tabel 4.4** Harga Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021

<b>Kode Bahan Baku</b>	<b>Harga Material (per unit)</b>	<b>Kode Bahan Baku</b>	<b>Harga Material (per unit)</b>
BH 1	Rp 22,180,762.00	BS 11	Rp 109,000.00
BH 2	Rp 65,302,174.00	BS 12	Rp 1,000,000.00
BH 3	Rp 60,461,280.00	BS 13	Rp 7,650,000.00
BH 4	Rp 4,329,600.00	PT 1	Rp 2,983,000,000.00
BH 5	Rp 2,636,948.00	PT 2	Rp 2,300,000.00
BH 6	Rp 965,250.00	PT 3	Rp 10,500,000.00
BH 7	Rp 14,587,492.00	PT 4	Rp 71,500.00
BH 8	Rp 86,625.00	PT 5	Rp 54,000.00
BH 9	Rp 1,131,900.00	PT 6	Rp 15,300,000.00
BH 10	Rp 838,200.00	PT 7	Rp 30,000.00

BH 11	Rp 304,150.00	PT 8	Rp 30,000.00
BH 12	Rp 513,000.00	AM 1	Rp 14,000,000.00
BH 13	Rp 909,000.00	AM 2	Rp 130,000.00
BH 14	Rp 14,000,000.00	AM 3	Rp 84,000,000.00
BH 15	Rp 133,250.00	E 1	Rp 68,000,000.00
BH 16	Rp 143,000.00	E 2	Rp 6,500,000.00
S 1	Rp 1,845,186,270.00	E 3	Rp 1,250,000.00
S 2	Rp 11,282,700.00	E 4	Rp 125,000.00
S 3	Rp 12,122,110.00	E 5	Rp 680,000.00
S 4	Rp 20,306,000.00	E 6	Rp 215,000.00
SS 1	Rp 8,884,530.00	E 7	Rp 250,000.00
SS 2	Rp 7,085,364.00	E 8	Rp 4,000,000.00
SS 3	Rp 2,744,811.00	E 9	Rp 180,000.00
SS 4	Rp 1,186,900.00	E 10	Rp 100,000.00
SS 5	Rp 9,295,000.00	E 11	Rp 650,000.00
SS 6	Rp 165,000.00	E 12	Rp 1,000,000.00
SS 7	Rp 1,300,000.00	IE 1	Rp 550,000.00
SS 8	Rp 75,000.00	IE 2	Rp 150,000.00
SS 9	Rp 2,040,000.00	IE 3	Rp 9,000,000.00
SS 10	Rp 858,000.00	IE 4	Rp 3,200,000.00
SS 11	Rp 5,569,850.00	IE 5	Rp 300,000.00
SS 12	Rp 62,000.00	IE 6	Rp 34,000,000.00
BS 1	Rp 100,457,000.00	IE 7	Rp 44,000,000.00
BS 2	Rp 7,200,000.00	IE 8	Rp 1,000,000.00
BS 3	Rp 4,132,000.00	IE 9	Rp 500,000.00
BS 4	Rp 328,000.00	IE 10	Rp 300,000.00



BS 5	Rp 239,000.00	IE 11	Rp 900,000.00
BS 6	Rp 279,000.00	IE 12	Rp 30,000.00
BS 7	Rp 11,000.00	IE 13	Rp 50,000.00
BS 8	Rp 12,000.00	ACC 1	Rp 200,000,000.00
BS 9	Rp 16,000.00	ACC 2	Rp 8,000,000.00
BS 10	Rp 44,240,000.00	ACC 3	Rp 2,400,000.00

Tabel 4.4 menunjukkan data harga material per-unit dari setiap bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero). Data ini didasarkan pada data HPP tahun 2021. Dapat dilihat pada tabel bahwa harga material dari bahan baku sangat bervariasi, mulai dari Rp11.000,00 untuk bahan baku BS 7 dan Rp2.983.000.000,00 untuk bahan baku PT 1.

#### 4.1.4. Data *Lead Time* Bahan Baku

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan *lead time* dari setiap bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero).

**Tabel 4.5** *Lead Time* Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021

Kode Bahan Baku	<i>Lead Time</i> (Bulan)	Kode Bahan Baku	<i>Lead Time</i> (Bulan)
BH 1	6	BS 11	1
BH 2	6	BS 12	2
BH 3	6	BS 13	4
BH 4	3	PT 1	8
BH 5	3	PT 2	4
BH 6	2	PT 3	4
BH 7	2	PT 4	2
BH 8	4	PT 5	2
BH 9	4	PT 6	3
BH 10	4	PT 7	1
BH 11	2	PT 8	1
BH 12	2	AM 1	3
BH 13	1	AM 2	5
BH 14	5	AM 3	5
BH 15	1	E 1	3
BH 16	2	E 2	1
S 1	9	E 3	1
S 2	4	E 4	2
S 3	6	E 5	2
S 4	6	E 6	2

SS 1	6	E 7	2
SS 2	6	E 8	2
SS 3	6	E 9	1
SS 4	3	E 10	1
SS 5	4	E 11	1
SS 6	2	E 12	2
SS 7	3	IE 1	2
SS 8	1	IE 2	3
SS 9	2	IE 3	4
SS 10	3	IE 4	4
SS 11	3	IE 5	5
SS 12	1	IE 6	5
BS 1	4	IE 7	6
BS 2	4	IE 8	1
BS 3	4	IE 9	3
BS 4	4	IE 10	2
BS 5	4	IE 11	1
BS 6	4	IE 12	1
BS 7	1	IE 13	1
BS 8	1	ACC 1	8
BS 9	1	ACC 2	2
BS 10	4	ACC 3	1

Tabel 4.5 menunjukkan data *lead time* dalam satuan bulan dari setiap bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero). Data ini didasarkan pada wawancara yang dilakukan oleh penulis dengan Bu Wini selaku karyawan dari sub-departmen Renmat (Perencanaan Material). *Lead time* dihitung dari dikeluarkannya PO (*Purchase Order*) hingga diterbitkannya GR (*Good Receipt*) ketika bahan baku sampai kepada gudang milik Divisi Rantai Pasok. Terlihat pada tabel tersebut bahwa *lead time* bervariasi dari jangka waktu satu hingga sembilan bulan.

#### 4.1.5. Data Faktor Kritis Bahan Baku

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan *lead time* dari setiap bahan baku Panzer Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero).

**Tabel 4.6** Faktor Kritis Bahan Baku Panzer Anoa 6x6 APC 2021

Kode Bahan Baku	Faktor Kritis	Kode Bahan Baku	Faktor Kritis
BH 1	5	BS 11	1
BH 2	5	BS 12	3
BH 3	5	BS 13	3
BH 4	3	PT 1	5
BH 5	3	PT 2	3

BH 6	3	PT 3	3
BH 7	3	PT 4	3
BH 8	3	PT 5	3
BH 9	3	PT 6	3
BH 10	3	PT 7	3
BH 11	3	PT 8	1
BH 12	3	AM 1	3
BH 13	3	AM 2	3
BH 14	3	AM 3	3
BH 15	3	E 1	3
BH 16	3	E 2	3
S 1	5	E 3	1
S 2	3	E 4	1
S 3	3	E 5	1
S 4	3	E 6	1
SS 1	3	E 7	1
SS 2	3	E 8	1
SS 3	3	E 9	1
SS 4	3	E 10	1
SS 5	3	E 11	1
SS 6	1	E 12	3
SS 7	3	IE 1	3
SS 8	1	IE 2	3
SS 9	1	IE 3	3
SS 10	1	IE 4	3
SS 11	3	IE 5	3
SS 12	1	IE 6	3
BS 1	3	IE 7	3
BS 2	3	IE 8	1
BS 3	3	IE 9	3
BS 4	3	IE 10	1
BS 5	3	IE 11	1
BS 6	3	IE 12	1
BS 7	1	IE 13	1
BS 8	1	ACC 1	5
BS 9	1	ACC 2	3
BS 10	3	ACC 3	1

Tabel 4.6 menunjukkan data faktor kritis dari setiap bahan baku Panser Anoa 6x6 APC pada PT Pindad (Persero). Data ini didasarkan pada wawancara yang dilakukan oleh penulis dengan Bu Wini selaku karyawan dari sub-departmen Renmat (Perencanaan Material). Faktor kritis sebenarnya merupakan klasifikasi bahan baku yang sering digunakan oleh sub-departmen

Renprod (Perencanaan Produksi) untuk melakukan estimasi. Faktor kritis ini didasarkan pada kesulitan dan letak geografis *supplier* bahan baku. Faktor kritis bernilai 5 apabila barang tersebut diimpor dari luar negeri dan umumnya membutuhkan waktu pemrosesan serta *lead time* yang lama. Lalu faktor kritis bernilai 3 apabila barang tersebut berasal dari dalam negeri, tetapi membutuhkan waktu untuk pemrosesan produksi. Yang terakhir, faktor kritis bernilai 1 apabila barang tersebut berasal dari dalam negeri dan mudah serta cepat untuk didapatkan.

#### **4.2. Pengolahan Data**

Subbab ini menjelaskan mengenai pengolahan data yang dilakukan untuk membuat *framework* pengambilan keputusan terintegrasi klasifikasi bahan baku Panser Anoa 6x6 APC PT Pindad (Persero). Pengolahan data akan meliputi penentuan kriteria serta pembobotannya, klasifikasi bahan baku menggunakan metode AHP-K serta EDAS, dan penerapan *model machine learning*.

#### 4.2.1. Penentuan Kriteria dan Pembobotan

Berikut ini merupakan tabel yang berisikan bahan baku serta lima kriteria yang akan digunakan untuk menentukan klasifikasi bahan baku.

**Tabel 4.7** Kriteria Bahan Baku Panser Anoa 6x6 APC 2021

Kode Bahan Baku	Qty (Annual)	Harga Material (per unit)	AU	Lead Time (Bulan)	Faktor Kritis
BH 1	4.8	Rp 22,180,762.00	Rp 106,467,657.60	6	5
BH 2	9.6	Rp 65,302,174.00	Rp 626,900,870.40	6	5
BH 3	14.4	Rp 60,461,280.00	Rp 870,642,432.00	6	5
BH 4	22.2	Rp 4,329,600.00	Rp 96,117,120.00	3	3
BH 5	3.6	Rp 2,636,948.00	Rp 9,493,012.80	3	3
BH 6	9	Rp 965,250.00	Rp 8,687,250.00	2	3
BH 7	0.6	Rp 14,587,492.00	Rp 8,752,495.20	2	3
BH 8	5.04	Rp 86,625.00	Rp 436,590.00	4	3
BH 9	3	Rp 1,131,900.00	Rp 3,395,700.00	4	3
BH 10	0.36	Rp 838,200.00	Rp 301,752.00	4	3
BH 11	0.48	Rp 304,150.00	Rp 145,992.00	2	3
BH 12	1.08	Rp 513,000.00	Rp 554,040.00	2	3
BH 13	38.4	Rp 909,000.00	Rp 34,905,600.00	1	3
BH 14	48	Rp 14,000,000.00	Rp 672,000,000.00	5	3
BH 15	12	Rp 133,250.00	Rp 1,599,000.00	1	3
BH 16	15	Rp 143,000.00	Rp 2,145,000.00	2	3
S 1	12	Rp 1,845,186,270.00	Rp 22,142,235,240.00	9	5
S 2	72	Rp 11,282,700.00	Rp 812,354,400.00	4	3
S 3	72	Rp 12,122,110.00	Rp 872,791,920.00	6	3
S 4	72	Rp 20,306,000.00	Rp 1,462,032,000.00	6	3

SS 1	24	Rp	8,884,530.00	Rp	213,228,720.00	6	3
SS 2	36	Rp	7,085,364.00	Rp	255,073,104.00	6	3
SS 3	12	Rp	2,744,811.00	Rp	32,937,732.00	6	3
SS 4	12	Rp	1,186,900.00	Rp	14,242,800.00	3	3
SS 5	12	Rp	9,295,000.00	Rp	111,540,000.00	4	3
SS 6	12	Rp	165,000.00	Rp	1,980,000.00	2	1
SS 7	12	Rp	1,300,000.00	Rp	15,600,000.00	3	3
SS 8	12	Rp	75,000.00	Rp	900,000.00	1	1
SS 9	12	Rp	2,040,000.00	Rp	24,480,000.00	2	1
SS 10	96	Rp	858,000.00	Rp	82,368,000.00	3	1
SS 11	12	Rp	5,569,850.00	Rp	66,838,200.00	3	3
SS 12	48	Rp	62,000.00	Rp	2,976,000.00	1	1
BS 1	12	Rp	100,457,000.00	Rp	1,205,484,000.00	4	3
BS 2	12	Rp	7,200,000.00	Rp	86,400,000.00	4	3
BS 3	12	Rp	4,132,000.00	Rp	49,584,000.00	4	3
BS 4	12	Rp	328,000.00	Rp	3,936,000.00	4	3
BS 5	24	Rp	239,000.00	Rp	5,736,000.00	4	3
BS 6	12	Rp	279,000.00	Rp	3,348,000.00	4	3
BS 7	36	Rp	11,000.00	Rp	396,000.00	1	1
BS 8	12	Rp	12,000.00	Rp	144,000.00	1	1
BS 9	48	Rp	16,000.00	Rp	768,000.00	1	1
BS 10	12	Rp	44,240,000.00	Rp	530,880,000.00	4	3
BS 11	36	Rp	109,000.00	Rp	3,924,000.00	1	1
BS 12	12	Rp	1,000,000.00	Rp	12,000,000.00	2	3
BS 13	12	Rp	7,650,000.00	Rp	91,800,000.00	4	3
PT 1	12	Rp	2,983,000,000.00	Rp	35,796,000,000.00	8	5

PT 2	12	Rp	2,300,000.00	Rp	27,600,000.00	4	3
PT 3	12	Rp	10,500,000.00	Rp	126,000,000.00	4	3
PT 4	12	Rp	71,500.00	Rp	858,000.00	2	3
PT 5	324	Rp	54,000.00	Rp	17,496,000.00	2	3
PT 6	12	Rp	15,300,000.00	Rp	183,600,000.00	3	3
PT 7	144	Rp	30,000.00	Rp	4,320,000.00	1	3
PT 8	2400	Rp	30,000.00	Rp	72,000,000.00	1	1
AM 1	12	Rp	14,000,000.00	Rp	168,000,000.00	3	3
AM 2	72	Rp	130,000.00	Rp	9,360,000.00	5	3
AM 3	12	Rp	84,000,000.00	Rp	1,008,000,000.00	5	3
E 1	12	Rp	68,000,000.00	Rp	816,000,000.00	3	3
E 2	48	Rp	6,500,000.00	Rp	312,000,000.00	1	3
E 3	24	Rp	1,250,000.00	Rp	30,000,000.00	1	1
E 4	12	Rp	125,000.00	Rp	1,500,000.00	2	1
E 5	12	Rp	680,000.00	Rp	8,160,000.00	2	1
E 6	12	Rp	215,000.00	Rp	2,580,000.00	2	1
E 7	24	Rp	250,000.00	Rp	6,000,000.00	2	1
E 8	12	Rp	4,000,000.00	Rp	48,000,000.00	2	1
E 9	24	Rp	180,000.00	Rp	4,320,000.00	1	1
E 10	24	Rp	100,000.00	Rp	2,400,000.00	1	1
E 11	24	Rp	650,000.00	Rp	15,600,000.00	1	1
E 12	12	Rp	1,000,000.00	Rp	12,000,000.00	2	3
IE 1	24	Rp	550,000.00	Rp	13,200,000.00	2	3
IE 2	12	Rp	150,000.00	Rp	1,800,000.00	3	3
IE 3	12	Rp	9,000,000.00	Rp	108,000,000.00	4	3
IE 4	120	Rp	3,200,000.00	Rp	384,000,000.00	4	3

IE 5	48	Rp 300,000.00	Rp 14,400,000.00	5	3
IE 6	12	Rp 34,000,000.00	Rp 408,000,000.00	5	3
IE 7	12	Rp 44,000,000.00	Rp 528,000,000.00	6	3
IE 8	12	Rp 1,000,000.00	Rp 12,000,000.00	1	1
IE 9	12	Rp 500,000.00	Rp 6,000,000.00	3	3
IE 10	12	Rp 300,000.00	Rp 3,600,000.00	2	1
IE 11	36	Rp 900,000.00	Rp 32,400,000.00	1	1
IE 12	72	Rp 30,000.00	Rp 2,160,000.00	1	1
IE 13	12	Rp 50,000.00	Rp 600,000.00	1	1
ACC 1	12	Rp 200,000,000.00	Rp 2,400,000,000.00	8	5
ACC 2	12	Rp 8,000,000.00	Rp 96,000,000.00	2	3
ACC 3	12	Rp 2,400,000.00	Rp 28,800,000.00	1	1



Kelima kriteria yang akan digunakan untuk melakukan klasifikasi ialah kuantitas penggunaan material dalam satu tahun, harga material per-unit, AU (*Annual Usage*), *lead time*, dan faktor kritis. Kriteria kuantitas satu tahun dihitung dengan mengalikan kuantitas satuan dengan jumlah produksi dalam satu tahun, yakni 12 unit. Selanjutnya, AU atau *annual usage* merupakan *value* dalam satuan rupiah penggunaan bahan baku selama satu tahun. Nilai AU dihitung dengan mengalikan kuantitas tahunan dengan harga material per-unit.

Kelima kriteria tersebut tidak memiliki bobot yang sama dalam menentukan skor prioritas dari setiap bahan baku. Karena berdasarkan wawancara dari berbagai pihak, hal yang paling krusial daripada bahan baku ialah *lead time* dari bahan baku tersebut. Berikut ini merupakan tabel perbandingan *value* setiap kriteria.

**Tabel 4.8** Perbandingan Prioritas Kriteria Bahan Baku

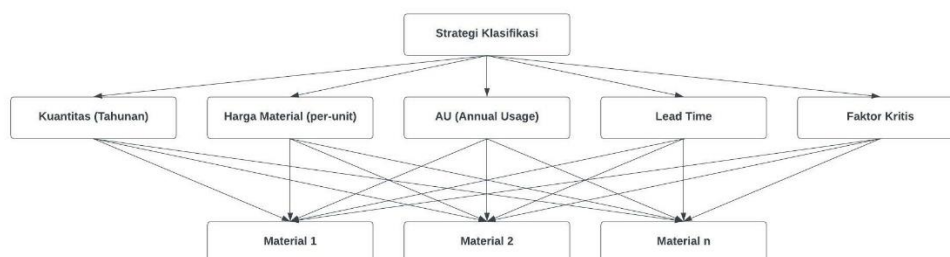
No	Kriteria 1	Kriteria 2	Skala Prioritas
1	Qty (Annual)	Harga Material (per unit)	2
2	Qty (Annual)	AU	2
3	Qty (Annual)	Lead Time	4
4	Qty (Annual)	Faktor Kritis	3
5	Harga Material (per unit)	AU	2
6	Harga Material (per unit)	Lead Time	4
7	Harga Material (per unit)	Faktor Kritis	3
8	AU	Lead Time	3
9	AU	Faktor Kritis	2
10	Lead Time	Faktor Kritis	-2

Skala prioritas yang digunakan ialah berdasarkan pedoman yang digunakan dalam penggunaan metode AHP. Skala prioritas bernilai positif memiliki arti kriteria 2 lebih penting ketimbang kriteria 1, dan sebaliknya. Sedangkan semakin positif atau semakin negatif angka skala prioritas, semakin besar pula tingkat kepentingan suatu kriteria relatif terhadap kriteria yang lain. Tabel skala prioritas ini akan menjadi acuan dalam penentuan bobot kriteria dalam klasifikasi menggunakan metode AHP-K.

#### 4.2.2. Klasifikasi Bahan Baku Menggunakan Metode AHP-K

##### a) Struktur Hierarki

Berdasarkan tujuan, kriteria, alternatif, dan ketentuan yang sudah ditetapkan, kemudian dibangun sebuah struktur hierarki untuk penggambaran yang lebih jelas. Berikut ini merupakan gambar struktur AHP yang digunakan.



**Gambar 4.1** Struktur Hierarki Sistem Klasifikasi

##### b) Pembebanan Kriteria

Proses klasifikasi menggunakan metode AHP-K dilakukan dengan menentukan bobot dari setiap kriteria dimulai dengan membentuk matriks atau vektor perbandingan berpasangan (*pairwise*) antar kriteria. Tabel berikut ini merupakan matriks perbandingan berpasangan tersebut.

**Tabel 4.9** Matrik Perbandingan Berpasangan

Kriteria	Qty (Annual)	Harga Material (per unit)	AU	Lead Time	Faktor Kritis
Qty (Annual)	1	0.5	0.5	0.25	0.333333
Harga Material (per unit)	2	1	0.5	0.25	0.333333
AU	2	2	1	0.333333	0.5
Lead Time	4	4	3	1	2
Faktor Kritis	3	3	2	0.5	1
<b>Jumlah</b>	<b>12</b>	<b>10.5</b>	<b>7</b>	<b>2.333333</b>	<b>4.166667</b>

Nilai yang ada di dalam tabel 4.9 didasarkan pada nilai skala prioritas yang ada pada tabel 4.8. Angka yang terdapat pada kolom merupakan nilai prioritas kriteria kolom relatif dibandingkan dengan kriteria baris. Contohnya, pada kolom 1 baris kedua tertulis angka 2. Hal ini memiliki arti kriteria harga material (per-unit) memiliki prioritas yang lebih tinggi sebesar 2 satuan dibandingkan dengan kriteria qty (*annual*). Selanjutnya, matriks di atas

dilakukan normalisasi dengan membagi nilai pada kolom dengan jumlah dari setiap kriteria. Berikut ini merupakan tabel perbandingan berpasangan yang telah dilakukan normalisasi.

**Tabel 4.10** Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

<b>Kriteria</b>	<b>Qty (Annual)</b>	<b>Harga Material (per unit)</b>	<b>AU</b>	<b>Lead Time</b>	<b>Faktor Kritis</b>	<b>Beban Kriteria</b>
Qty (Annual)	0.083333	0.04761905	0.071429	0.107143	0.08	<b>0.077905</b>
Harga Material (per unit)	0.166667	0.0952381	0.071429	0.107143	0.08	<b>0.104095</b>
AU	0.166667	0.19047619	0.142857	0.142857	0.12	<b>0.152571</b>
Lead Time	0.333333	0.38095238	0.428571	0.428571	0.48	<b>0.410286</b>
Faktor Kritis	0.25	0.28571429	0.285714	0.214286	0.24	<b>0.255143</b>

Pada matriks yang telah dinormalisasi, dapat dilakukan perhitungan beban dari setiap kriteria dengan menghitung rata-rata nilai perbandingan 1 kriteria terhadap kriteria yang lain. Dari tabel 4.10 dapat diketahui mengenai besarnya bobot dari setiap kriteria, kuantitas (tahunan) memiliki bobot paling kecil sebesar 0,07791, dilanjutkan oleh kriteria harga material (per-unit) sebesar 0,10410, dilanjutkan oleh kriteria AU (*annual usage*) sebesar 0,15257, dilanjutkan oleh kriteria faktor kritis sebesar 0,25514, dengan kriteria yang memiliki bobot paling besar ialah *lead time* sebesar 0,41029.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan normalisasi beserta beban kriteria.

- Perhitungan Normalisasi Baris Kolom Qty (*Annual*) /  $X_{11}$

$$\text{Normalisasi } X_{11} = \frac{X_{11}}{\sum_{i=1}^5 X_{i1}}$$

$$\text{Normalisasi } X_{11} = \frac{1}{1+2+2+4+3}$$

$$\text{Normalisasi } X_{11} = 0,0833$$

- Perhitungan Beban Kriteria *Lead Time*

$$\text{Beban Lead Time (W4)} = \frac{\sum_{j=1}^5 \text{Normalisasi } X_{4j}}{n}$$

$$\text{Beban Lead Time (W4)} = \frac{0,333+0,381+0,429+0,429+0,480}{5}$$

$$\text{Beban Lead Time (W4)} = 0,410$$

Setelah mengetahui bobot dari setiap kriteria, dilakukan perhitungan rasio konsistensi untuk menilai konsistensi pembobotan. Berikut ini merupakan tabel perhitungan nilai lamda.

**Tabel 4.11** Perhitungan Lamda

Kriteria	Qty (Annual)	Harga Material (per unit)	AU	Lead Time	Faktor Kritis	Jumlah	Beban Kriteria	Lamda
Qty (Annual)	0.0779	0.0520	0.0763	0.1026	0.0850	<b>0.3939</b>	<b>0.0779</b>	<b>5.0556</b>
Harga Material (per unit)	0.1558	0.1041	0.0763	0.1026	0.0850	<b>0.5238</b>	<b>0.1041</b>	<b>5.0320</b>
AU	0.1558	0.2082	0.1526	0.1368	0.1276	<b>0.7809</b>	<b>0.1526</b>	<b>5.1183</b>
Lead Time	0.3116	0.4164	0.4577	0.4103	0.5103	<b>2.1063</b>	<b>0.4103</b>	<b>5.1337</b>
Faktor Kritis	0.2337	0.3123	0.3051	0.2051	0.2551	<b>1.3114</b>	<b>0.2551</b>	<b>5.1400</b>

Nilai dalam matriks yang sudah dinormalisasi (tabel 4.10) diberi pembebanan berdasarkan beban kriteria kolomnya. Setelah itu dilakukan penjumlahan nilai setiap kriteria baris. Nilai lamda dari setiap kriteria didapat dari membagi penjumlahan nilai dengan beban kriteria. Setelah itu dapat dilakukan perhitungan untuk menentukan besarnya rasio konsistensi dengan menghitung nilai lamda max dan indeks konsistensi terlebih dahulu, sebagai berikut.

- Perhitungan Lamda Max

$$\lambda_{max} = \frac{\sum \lambda}{n}$$

$$\lambda_{max} = \frac{5,0056+5,0320+5,1183+5,1337+5,14}{5}$$

$$\lambda_{max} = 5,095923$$

- Perhitungan Indeks Konsistensi (CI)

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

$$CI = \frac{5,095923 - 5}{5 - 1}$$

$$CI = 0,023981$$

- Perhitungan Rasio Konsistensi (CR)

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

$$CR = \frac{0,023981}{1,12}$$

$$CR = 0,021411$$

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat diketahui nilai rasio konsistensi sebesar 0,021411. Hal ini memiliki arti bahwa pembobotan kriteria yang dilakukan sudah tergolong konsisten karena nilai CR-nya  $< 0,10$ . Oleh karena itu, klasifikasi dengan metode AHP-K dapat dilanjutkan.

c) **Perhitungan Skor Prioritas**

Langkah selanjutnya ialah melakukan normalisasi nilai setiap kriteria dari setiap bahan baku. Berikut ini merupakan tabel yang berisikan nilai setiap kriteria dari setiap bahan baku yang sudah dilakukan normalisasi.

**Tabel 4.12** Perhitungan Skor Prioritas dengan Metode AHP-K

Kode Bahan Baku	n Qty (Annual)	n Harga Material (per unit)	n AU	<i>n Lead Time</i> (Bulan)	n Faktor Kritis	w Qty (Annual)	w Harga Material (per unit)	w AU	<i>w Lead Time</i> (Bulan)	w Faktor Kritis	Skor
BH 1	0.0019	0.0074	0.0030	0.6250	1.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.5129
BH 2	0.0039	0.0219	0.0175	0.6250	1.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.5168
BH 3	0.0059	0.0203	0.0243	0.6250	1.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.5178
BH 4	0.0091	0.0014	0.0027	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2314
BH 5	0.0014	0.0009	0.0003	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2304
BH 6	0.0036	0.0003	0.0002	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1792
BH 7	0.0001	0.0049	0.0002	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1794
BH 8	0.0020	0.0000	0.0000	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2816
BH 9	0.0011	0.0004	0.0001	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2816
BH 10	0.0000	0.0003	0.0000	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2815
BH 11	0.0001	0.0001	0.0000	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1789
BH 12	0.0003	0.0002	0.0000	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1789
BH 13	0.0159	0.0003	0.0010	0.0000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1290
BH 14	0.0199	0.0047	0.0188	0.5000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3376
BH 15	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1280
BH 16	0.0061	0.0000	0.0001	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1793
S 1	0.0049	0.6186	0.6186	1.0000	1.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.8246
S 2	0.0299	0.0038	0.0227	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2876

S 3	0.0299	0.0041	0.0244	0.6250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3905
S 4	0.0299	0.0068	0.0408	0.6250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3933
SS 1	0.0099	0.0030	0.0060	0.6250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3860
SS 2	0.0149	0.0024	0.0071	0.6250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3865
SS 3	0.0049	0.0009	0.0009	0.6250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3846
SS 4	0.0049	0.0004	0.0004	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2306
SS 5	0.0049	0.0031	0.0031	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2826
SS 6	0.0049	0.0001	0.0001	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0517
SS 7	0.0049	0.0004	0.0004	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2306
SS 8	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0004
SS 9	0.0049	0.0007	0.0007	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0518
SS 10	0.0399	0.0003	0.0023	0.2500	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1061
SS 11	0.0049	0.0019	0.0019	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2310
SS 12	0.0199	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0016
BS 1	0.0049	0.0337	0.0337	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2904
BS 2	0.0049	0.0024	0.0024	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2824
BS 3	0.0049	0.0014	0.0014	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2822
BS 4	0.0049	0.0001	0.0001	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2818
BS 5	0.0099	0.0001	0.0002	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2822
BS 6	0.0049	0.0001	0.0001	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2818
BS 7	0.0149	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0012
BS 8	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0004
BS 9	0.0199	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0015
BS 10	0.0049	0.0148	0.0148	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2856
BS 11	0.0149	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0012
BS 12	0.0049	0.0003	0.0003	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1793

BS 13	0.0049	0.0026	0.0026	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2825
PT 1	0.0049	1.0000	1.0000	0.8750	1.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.8712
PT 2	0.0049	0.0008	0.0008	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2820
PT 3	0.0049	0.0035	0.0035	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2827
PT 4	0.0049	0.0000	0.0000	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1792
PT 5	0.1349	0.0000	0.0005	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1894
PT 6	0.0049	0.0051	0.0051	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2318
PT 7	0.0599	0.0000	0.0001	0.0000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1323
PT 8	1.0000	0.0000	0.0020	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0782
AM 1	0.0049	0.0047	0.0047	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2317
AM 2	0.0299	0.0000	0.0003	0.5000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3351
AM 3	0.0049	0.0282	0.0282	0.5000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3403
E 1	0.0049	0.0228	0.0228	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2364
E 2	0.0199	0.0022	0.0087	0.0000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1307
E 3	0.0099	0.0004	0.0008	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0009
E 4	0.0049	0.0000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0517
E 5	0.0049	0.0002	0.0002	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0517
E 6	0.0049	0.0001	0.0001	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0517
E 7	0.0099	0.0001	0.0002	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0521
E 8	0.0049	0.0013	0.0013	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0520
E 9	0.0099	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0008
E 10	0.0099	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0008
E 11	0.0099	0.0002	0.0004	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0009
E 12	0.0049	0.0003	0.0003	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1793
IE 1	0.0099	0.0002	0.0004	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1797
IE 2	0.0049	0.0000	0.0000	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2305



IE 3	0.0049	0.0030	0.0030	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2826
IE 4	0.0499	0.0011	0.0107	0.3750	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2871
IE 5	0.0199	0.0001	0.0004	0.5000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3343
IE 6	0.0049	0.0114	0.0114	0.5000	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3360
IE 7	0.0049	0.0147	0.0147	0.6250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.3882
IE 8	0.0049	0.0003	0.0003	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0005
IE 9	0.0049	0.0002	0.0002	0.2500	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.2306
IE 10	0.0049	0.0001	0.0001	0.1250	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0517
IE 11	0.0149	0.0003	0.0009	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0013
IE 12	0.0299	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0023
IE 13	0.0049	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0004
ACC 1	0.0049	0.0670	0.0670	0.8750	1.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.6317
ACC 2	0.0049	0.0027	0.0027	0.1250	0.5000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.1799
ACC 3	0.0049	0.0008	0.0008	0.0000	0.0000	0.0779	0.1041	0.1526	0.4103	0.2551	0.0006

Tabel 4.12 terdiri dari beberapa kelompok kolom. Kelompok yang pertama ialah kolom yang didahului oleh huruf n, berisikan nilai yang telah dilakukan normalisasi. Selanjutnya kolom yang didahului oleh huruf w, berisikan beban setiap kriteria. Selain itu, terdapat kolom skor yang merupakan skor prioritas berdasarkan metode AHP. Skor prioritas tersebut didapatkan dengan menjumlahkan nilai normalisasi semua kriteria yang telah diberikan pembebanan.

Berikut ini merupakan contoh perhitungan normalisasi dan perhitungan kritis pada bahan baku BH 1.

- Perhitungan Normalisasi *Lead Time* BH 1

$$n X_{1,4} = \frac{(X_{1,4} - \text{Min}(X_{1,4} \dots X_{84,4}))}{(\text{Max}(X_{1,4} \dots X_{84,4}) - \text{Min}(X_{1,4} \dots X_{84,4}))}$$

$$n X_{1,4} = \frac{6-1}{(9-1)}$$

$$n X_{1,4} = 0,625$$

- Perhitungan Skor Prioritas BH 1

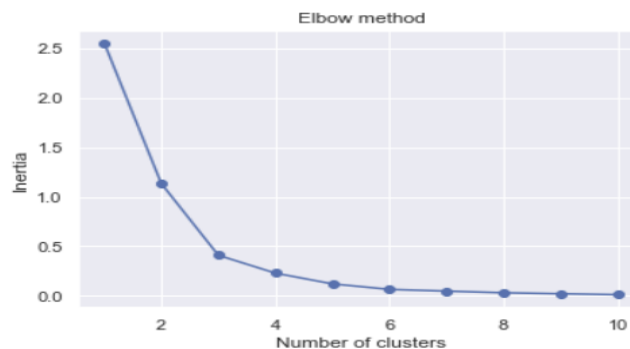
$$\text{Skor Prioritas BH 1} = \sum_{j=1}^{j=5} n X_{1,j} \times w_{i,j}$$

$$\text{Skor Prioritas BH 1} = (0,0019 \times 0,077905) + (0,0074 \times 0,1041) + (0,00297 \times 0,152571) + (0,625 \times 0,410) + (1 \times 0,25514)$$

$$\text{Skor Prioritas BH 1} = 0,512942$$

#### d) Proses Klasifikasi (*Clustering*)

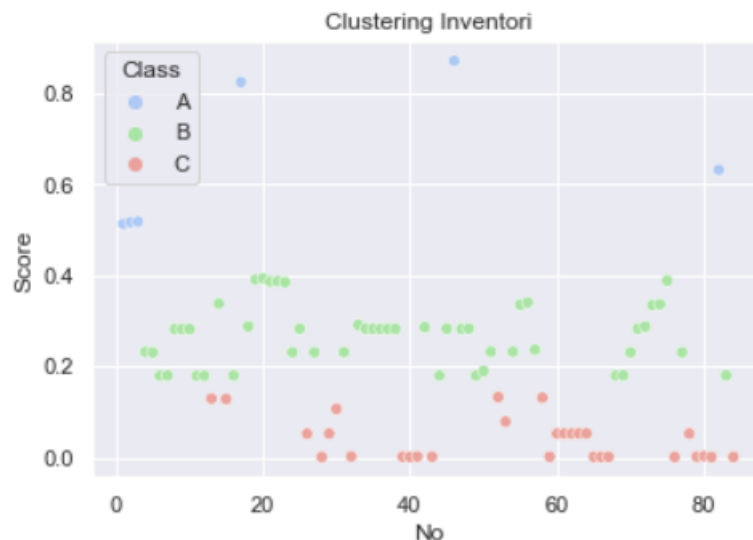
Setelah skor prioritas telah diketahui, maka dilakukan proses pengelompokkan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Berikut ini merupakan grafik perhitungan metode Elbow untuk menentukan kelompok *cluster* yang ideal.



Gambar 4.2 Inertia Metode Elbow

Dapat dilihat pada gambar 4.2 di atas, nilai inertia berhenti untuk berkurang secara drastis ketika jumlah *cluster* bertambah dari 3 menuju 4. Hal ini menandakan jumlah *cluster* yang ideal menurut metode Elbow ialah sebanyak 3 kelompok. Hal ini selaras dengan tujuan awal peneliti yang menginginkan klasifikasi bahan baku menjadi tiga bagian.

Setelah itu, dilakukan klasifikasi bahan baku berdasarkan skor AHP dengan algoritma *K-Means Clustering*. Berikut ini merupakan gambar grafik hasil *clustering*.



**Gambar 4.3** Klasifikasi Inventori Berdasarkan Skor Prioritas

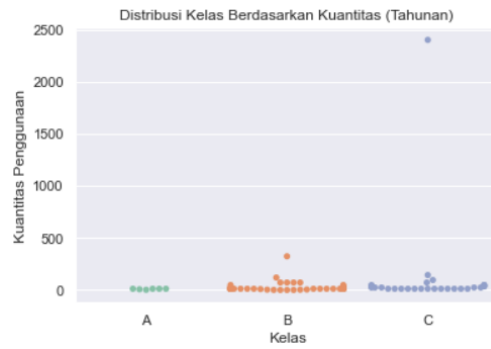
Pada gambar 4.3 dapat terlihat klasifikasi bahan baku yang telah dilakukan. Diketahui terdapat 3 pusat *cluster* dengan skor 0,039074; 0,267923; dan 0,6458597. Bahan baku yang memiliki skor tinggi diklasifikasikan dalam kategori A, sedangkan bahan baku yang memiliki skor rendah diklasifikasikan dalam kategori C. Sementara, bahan baku yang memiliki skor di antara diklasifikasikan dalam kategori B. Selain itu, diketahui bahwa bahan baku yang tergolong dalam kategori A sebanyak 6 material (7,14%), kategori B sebanyak 49 material (58,33%), dan kategori C sebanyak 29 material (34,52%). Berikut ini merupakan tabel hasil klasifikasi bahan baku menggunakan metode AHP-K.

**Tabel 4.13** Klasifikasi Bahan Baku Metode AHP-K

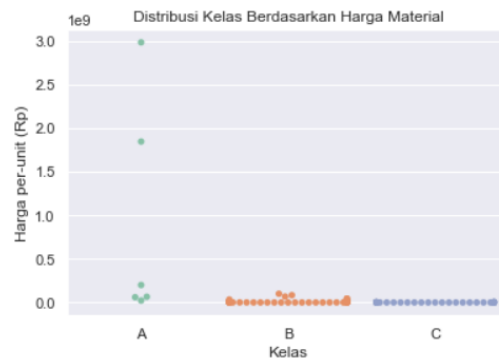
Kode Bahan Baku	Kelas	Kode Bahan Baku	Kelas
BH 1	A	BS 11	C
BH 2	A	BS 12	B
BH 3	A	BS 13	B

BH 4	B	PT 1	A
BH 5	B	PT 2	B
BH 6	B	PT 3	B
BH 7	B	PT 4	B
BH 8	B	PT 5	B
BH 9	B	PT 6	B
BH 10	B	PT 7	C
BH 11	B	PT 8	C
BH 12	B	AM 1	B
BH 13	C	AM 2	B
BH 14	B	AM 3	B
BH 15	C	E 1	B
BH 16	B	E 2	C
S 1	A	E 3	C
S 2	B	E 4	C
S 3	B	E 5	C
S 4	B	E 6	C
SS 1	B	E 7	C
SS 2	B	E 8	C
SS 3	B	E 9	C
SS 4	B	E 10	C
SS 5	B	E 11	C
SS 6	C	E 12	B
SS 7	B	IE 1	B
SS 8	C	IE 2	B
SS 9	C	IE 3	B
SS 10	C	IE 4	B
SS 11	B	IE 5	B
SS 12	C	IE 6	B
BS 1	B	IE 7	B
BS 2	B	IE 8	C
BS 3	B	IE 9	B
BS 4	B	IE 10	C
BS 5	B	IE 11	C
BS 6	B	IE 12	C
BS 7	C	IE 13	C
BS 8	C	ACC 1	A
BS 9	C	ACC 2	B
BS 10	B	ACC 3	C

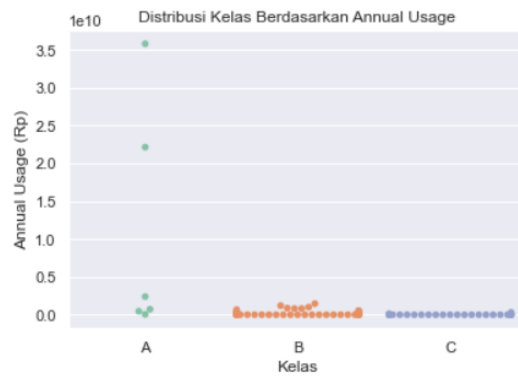
Berikut ini terdapat grafik distribusi persebaran kelas bahan baku berdasarkan setiap kriteria.



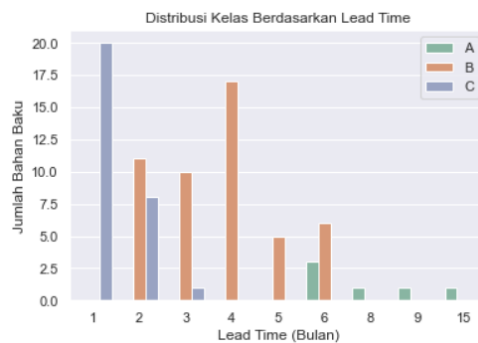
**Gambar 4.4** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Kuantitas Tahunan



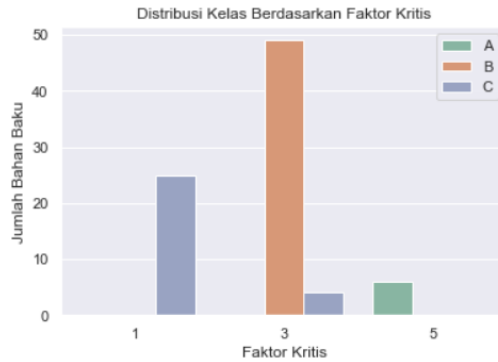
**Gambar 4.5** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Harga Material



**Gambar 4.6** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan AU (*Annual Usage*)



**Gambar 4.7** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan *Lead Time*



**Gambar 4.8** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Faktor Kritis

#### 4.2.3. Klasifikasi Bahan Baku Menggunakan Metode EDAS

Beban setiap kriteria ( $w$ ) yang digunakan metode EDAS merupakan beban yang sama dalam klasifikasi menggunakan metode AHP-K. Data yang digunakan sebagai matriks dijelaskan pada tabel 4.7. Solusi rata-rata setiap kriteria atau AV dijabarkan melalui tabel di bawah ini.

**Tabel 4.14** Rata-Rata Kriteria (AV)

Kriteria	AV
Qty (Annual)	55.4329
Harga Material (per unit)	68798865.0714
AU	867907267.9714
Lead Time (Bulan)	3.2143
Faktor Kritis	2.5476

Berikut ini merupakan contoh perhitungan nilai rata-rata (AV) pada kriteria AU.

$$AV_{AU} = \frac{\sum_{j=1}^{j=84} x_{3,j}}{n}$$

$$AV_{AU} = \frac{72.904.210.510}{84}$$

$$AV_{AU} = 867.907.267,9714$$

Setelah mengetahui AV, maka perhitungan selanjutnya ialah dengan mencari jarak positif serta jarak negatif dari rata-rata yang telah dibebankan untuk setiap nilai dalam matriks. Berikut ini merupakan tabel jarak positif yang telah dibebankan.

**Tabel 4.15** Perhitungan Jarak Positif Kriteria

<b>Kode Bahan Baku</b>	<b>n Qty (Annual)</b>	<b>n Harga Material (per unit)</b>	<b>n AU</b>	<b><i>n Lead Time</i> (Bulan)</b>	<b>n Faktor Kritis</b>	<b>SPi</b>
BH 1	0.07453	0.07053	0.14321	0.00000	0.00000	0.28828
BH 2	0.06779	0.00529	0.06992	0.00000	0.00000	0.14299
BH 3	0.06104	0.01262	0.02503	0.00000	0.00000	0.09868
BH 4	0.04671	0.09754	0.13567	0.02735	0.00000	0.30728
BH 5	0.07285	0.10011	0.15090	0.02735	0.00000	0.35121
BH 6	0.06526	0.10263	0.15104	0.15500	0.00000	0.47393
BH 7	0.07706	0.08202	0.15103	0.15500	0.00000	0.46511
BH 8	0.07082	0.10396	0.15249	0.00000	0.00000	0.32728
BH 9	0.07369	0.10238	0.15197	0.00000	0.00000	0.32805
BH 10	0.07740	0.10283	0.15252	0.00000	0.00000	0.33274
BH 11	0.07723	0.10364	0.15255	0.15500	0.00000	0.48841
BH 12	0.07639	0.10332	0.15247	0.15500	0.00000	0.48718
BH 13	0.02394	0.10272	0.14644	0.28264	0.00000	0.55573
BH 14	0.01045	0.08291	0.03444	0.00000	0.00000	0.12780
BH 15	0.06104	0.10389	0.15229	0.28264	0.00000	0.59987
BH 16	0.05682	0.10388	0.15219	0.15500	0.00000	0.46789
S 1	0.06104	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06104
S 2	0.00000	0.08702	0.00977	0.00000	0.00000	0.09679
S 3	0.00000	0.08575	0.00000	0.00000	0.00000	0.08575
S 4	0.00000	0.07337	0.00000	0.00000	0.00000	0.07337
SS 1	0.04418	0.09065	0.11509	0.00000	0.00000	0.24992

SS 2	0.02731	0.09337	0.10773	0.00000	0.00000	0.22842
SS 3	0.06104	0.09994	0.14678	0.00000	0.00000	0.30776
SS 4	0.06104	0.10230	0.15007	0.02735	0.00000	0.34076
SS 5	0.06104	0.09003	0.13296	0.00000	0.00000	0.28404
SS 6	0.06104	0.10385	0.15222	0.15500	0.15499	0.62710
SS 7	0.06104	0.10213	0.14983	0.02735	0.00000	0.34035
SS 8	0.06104	0.10398	0.15241	0.28264	0.15499	0.75507
SS 9	0.06104	0.10101	0.14827	0.15500	0.15499	0.62031
SS 10	0.00000	0.10280	0.13809	0.02735	0.15499	0.42323
SS 11	0.06104	0.09567	0.14082	0.02735	0.00000	0.32488
SS 12	0.01045	0.10400	0.15205	0.28264	0.15499	0.70413
BS 1	0.06104	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06104
BS 2	0.06104	0.09320	0.13738	0.00000	0.00000	0.29162
BS 3	0.06104	0.09784	0.14385	0.00000	0.00000	0.30274
BS 4	0.06104	0.10360	0.15188	0.00000	0.00000	0.31652
BS 5	0.04418	0.10373	0.15156	0.00000	0.00000	0.29947
BS 6	0.06104	0.10367	0.15198	0.00000	0.00000	0.31670
BS 7	0.02731	0.10408	0.15250	0.28264	0.15499	0.72153
BS 8	0.06104	0.10408	0.15255	0.28264	0.15499	0.75530
BS 9	0.01045	0.10407	0.15244	0.28264	0.15499	0.70459
BS 10	0.06104	0.03716	0.05925	0.00000	0.00000	0.15745
BS 11	0.02731	0.10393	0.15188	0.28264	0.15499	0.72076
BS 12	0.06104	0.10258	0.15046	0.15500	0.00000	0.46908
BS 13	0.06104	0.09252	0.13643	0.00000	0.00000	0.28999
PT 1	0.06104	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06104
PT 2	0.06104	0.10062	0.14772	0.00000	0.00000	0.30937



PT 3	0.06104	0.08821	0.13042	0.00000	0.00000	0.27967
PT 4	0.06104	0.10399	0.15242	0.15500	0.00000	0.47244
PT 5	0.00000	0.10401	0.14950	0.15500	0.00000	0.40851
PT 6	0.06104	0.08095	0.12030	0.02735	0.00000	0.28963
PT 7	0.00000	0.10405	0.15181	0.28264	0.00000	0.53850
PT 8	0.00000	0.10405	0.13991	0.28264	0.15499	0.68160
AM 1	0.06104	0.08291	0.12304	0.02735	0.00000	0.29434
AM 2	0.00000	0.10390	0.15093	0.00000	0.00000	0.25482
AM 3	0.06104	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06104
E 1	0.06104	0.00121	0.00912	0.02735	0.00000	0.09873
E 2	0.01045	0.09426	0.09772	0.28264	0.00000	0.48507
E 3	0.04418	0.10220	0.14730	0.28264	0.15499	0.73131
E 4	0.06104	0.10391	0.15231	0.15500	0.15499	0.62724
E 5	0.06104	0.10307	0.15114	0.15500	0.15499	0.62523
E 6	0.06104	0.10377	0.15212	0.15500	0.15499	0.62692
E 7	0.04418	0.10372	0.15152	0.15500	0.15499	0.60940
E 8	0.06104	0.09804	0.14413	0.15500	0.15499	0.61321
E 9	0.04418	0.10382	0.15181	0.28264	0.15499	0.73744
E 10	0.04418	0.10394	0.15215	0.28264	0.15499	0.73790
E 11	0.04418	0.10311	0.14983	0.28264	0.15499	0.73475
E 12	0.06104	0.10258	0.15046	0.15500	0.00000	0.46908
IE 1	0.04418	0.10326	0.15025	0.15500	0.00000	0.45269
IE 2	0.06104	0.10387	0.15226	0.02735	0.00000	0.34452
IE 3	0.06104	0.09048	0.13359	0.00000	0.00000	0.28510
IE 4	0.00000	0.09925	0.08507	0.00000	0.00000	0.18432
IE 5	0.01045	0.10364	0.15004	0.00000	0.00000	0.26413

IE 6	0.06104	0.05265	0.08085	0.00000	0.00000	0.19454
IE 7	0.06104	0.03752	0.05975	0.00000	0.00000	0.15831
IE 8	0.06104	0.10258	0.15046	0.28264	0.15499	0.75172
IE 9	0.06104	0.10334	0.15152	0.02735	0.00000	0.34325
IE 10	0.06104	0.10364	0.15194	0.15500	0.15499	0.62661
IE 11	0.02731	0.10273	0.14688	0.28264	0.15499	0.71455
IE 12	0.00000	0.10405	0.15219	0.28264	0.15499	0.69388
IE 13	0.06104	0.10402	0.15247	0.28264	0.15499	0.75516
ACC 1	0.06104	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.06104
ACC 2	0.06104	0.09199	0.13570	0.15500	0.00000	0.44372
ACC 3	0.06104	0.10046	0.14751	0.28264	0.15499	0.74665

Berikut ini merupakan contoh perhitungan jarak positif pada bahan baku BH 1 (bahan baku non-benefisial).

- Perhitungan Jarak Positif Kuantitas (Tahunan) Dibebankan

$$X_{1,1} = w_1 \times \max \left( 0; \frac{AV_1 - x_{1,1}}{AV_1} \right)$$

$$X_{1,1} = 0,07790 \times \max \left( 0; \frac{55,433 - 2,4}{55,433} \right)$$

$$X_{1,1} = 0,07790 \times 0,957$$

$$X_{1,1} = 0,07453$$

- Perhitungan Spi BH 1

$$SPi_{BH1} = \sum_{j=1}^{j=5} X_{1,j}$$

$$SPi_{BH1} = 0,07453 + 0,07053 + 0,14321 + 0 + 0 = 0,28828$$

Berikut ini merupakan tabel jarak negatif yang telah dibebankan untuk setiap bahan baku.

**Tabel 4.16** Perhitungan Jarak Negatif Kriteria

<b>Kode Bahan Baku</b>	<b>n Qty (Annual)</b>	<b>n Harga Material (per unit)</b>	<b>n AU</b>	<b><i>n Lead Time</i> (Bulan)</b>	<b>n Faktor Kritis</b>	<b>SNi</b>
BH 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.24560	0.60119
BH 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.24560	0.60119
BH 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.24560	0.60119
BH 4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 8	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BH 9	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BH 10	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BH 11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 13	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 14	0.00000	0.00000	0.00000	0.22794	0.04531	0.27324
BH 15	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BH 16	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
S 1	0.00000	2.68774	3.73986	0.73851	0.24560	7.41172
S 2	0.02328	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.16888
S 3	0.02328	0.00000	0.00086	0.35558	0.04531	0.42503
S 4	0.02328	0.00000	0.10444	0.35558	0.04531	0.52861
SS 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.04531	0.40089
SS 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.04531	0.40089

SS 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.04531	0.40089
SS 4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
SS 5	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
SS 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SS 7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
SS 8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SS 9	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SS 10	0.05701	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.05701
SS 11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
SS 12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BS 1	0.00000	0.04790	0.05934	0.10029	0.04531	0.25284
BS 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BS 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BS 4	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BS 5	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BS 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BS 7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BS 8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BS 9	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BS 10	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
BS 11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BS 12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
BS 13	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
PT 1	0.00000	4.40929	6.14009	1.50438	0.24560	12.29937
PT 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
PT 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560

PT 4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
PT 5	0.37744	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.42275
PT 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
PT 7	0.12447	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.16978
PT 8	3.29503	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	3.29503
AM 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
AM 2	0.02328	0.00000	0.00000	0.22794	0.04531	0.29653
AM 3	0.00000	0.02300	0.02463	0.22794	0.04531	0.32087
E 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
E 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
E 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 4	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 5	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 7	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 9	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
E 12	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
IE 1	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
IE 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
IE 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.14560
IE 4	0.09074	0.00000	0.00000	0.10029	0.04531	0.23634
IE 5	0.00000	0.00000	0.00000	0.22794	0.04531	0.27324
IE 6	0.00000	0.00000	0.00000	0.22794	0.04531	0.27324

IE 7	0.00000	0.00000	0.00000	0.35558	0.04531	0.40089
IE 8	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
IE 9	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
IE 10	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
IE 11	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
IE 12	0.02328	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.02328
IE 13	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ACC 1	0.00000	0.19851	0.26933	0.61087	0.24560	1.32432
ACC 2	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.04531	0.04531
ACC 3	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Berikut ini merupakan contoh perhitungan jarak negatif pada bahan baku BH 1 (bahan baku non-benefisial).

- Perhitungan Jarak Negatif Kuantitas (Tahunan) Dibebankan

$$X_{1,1} = w_1 \times \max \left( 0; \frac{x_{1,1} - AV_1}{AV_1} \right)$$

$$X_{1,1} = 0,07790 \times \max \left( 0; \frac{2,4 - 55,433}{55,433} \right)$$

$$X_{1,1} = 0,07790 \times 0$$

$$X_{1,1} = 0$$

- Perhitungan SN BH 1

$$SN_{BH1} = \sum_1^{j=5} X_{1,j}$$

$$SN_{BH1} = 0 + 0 + 0 + 0,35558 + 0,24560 = 0,60119$$

Setelah mengetahui jarak positif dan negatif, maka perhitungan dapat dilanjutkan untuk mengetahui nilai normalisasi dari  $S_{pi}$  dan  $S_{ni}$  untuk melakukan kalkulasi  $AS_i$ .  $AS_i$  merupakan skor yang digunakan untuk mengurutkan data secara *descending* mulai dari yang paling prioritas. Berikut ini merupakan tabel kalkulasi  $AS_i$ .

**Tabel 4.17** Perhitungan Skor  $AS_i$

Kode Bahan Baku	$S_{pi}$	$S_{ni}$	$n S_{pi}$	$n S_{ni}$	$AS_i$
BH 1	0.28828	0.601186	0.381677	0.951121	0.666399
BH 2	0.142995	0.601186	0.189322	0.951121	0.570221
BH 3	0.098683	0.601186	0.130654	0.951121	0.540888
BH 4	0.307277	0.045306	0.406828	0.996316	0.701572
BH 5	0.351206	0.045306	0.46499	0.996316	0.730653
BH 6	0.473932	0.045306	0.627477	0.996316	0.811897
BH 7	0.465115	0.045306	0.615803	0.996316	0.80606
BH 8	0.32728	0.145598	0.433313	0.988162	0.710738
BH 9	0.328046	0.145598	0.434326	0.988162	0.711244
BH 10	0.332744	0.145598	0.440547	0.988162	0.714355
BH 11	0.488408	0.045306	0.646643	0.996316	0.82148
BH 12	0.487177	0.045306	0.645013	0.996316	0.820665
BH 13	0.555734	0.045306	0.735782	0.996316	0.866049
BH 14	0.127798	0.273242	0.169202	0.977784	0.573493
BH 15	0.599865	0.045306	0.79421	0.996316	0.895263
BH 16	0.467894	0.045306	0.619483	0.996316	0.8079
S 1	0.06104	7.411723	0.080816	0.39739	0.239103
S 2	0.09679	0.168881	0.128148	0.986269	0.557209
S 3	0.085754	0.425029	0.113537	0.965443	0.53949
S 4	0.073372	0.528613	0.097142	0.957021	0.527082
SS 1	0.249915	0.400887	0.330883	0.967406	0.649145
SS 2	0.228417	0.400887	0.30242	0.967406	0.634913
SS 3	0.307764	0.400887	0.407473	0.967406	0.687439
SS 4	0.34076	0.045306	0.451159	0.996316	0.723738
SS 5	0.284035	0.145598	0.376057	0.988162	0.68211
SS 6	0.627099	0	0.830267	1	0.915134
SS 7	0.34035	0.045306	0.450617	0.996316	0.723467
SS 8	0.75507	0	0.999698	1	0.999849
SS 9	0.620307	0	0.821275	1	0.910637
SS 10	0.423235	0.057013	0.560354	0.995365	0.77786
SS 11	0.324882	0.045306	0.430138	0.996316	0.713227
SS 12	0.70413	0	0.932255	1	0.966128
BS 1	0.06104	0.252841	0.080816	0.979443	0.530129
BS 2	0.291624	0.145598	0.386105	0.988162	0.687134
BS 3	0.302738	0.145598	0.40082	0.988162	0.694491
BS 4	0.316519	0.145598	0.419065	0.988162	0.703613

BS 5	0.299472	0.145598	0.396495	0.988162	0.692329
BS 6	0.316696	0.145598	0.4193	0.988162	0.703731
BS 7	0.721526	0	0.955286	1	0.977643
BS 8	0.755298	0	1	1	1
BS 9	0.704588	0	0.932861	1	0.966431
BS 10	0.157445	0.145598	0.208455	0.988162	0.598308
BS 11	0.720757	0	0.954269	1	0.977134
BS 12	0.469081	0.045306	0.621054	0.996316	0.808685
BS 13	0.289994	0.145598	0.383947	0.988162	0.686055
PT 1	0.06104	12.29937	0.080816	0	0.040408
PT 2	0.309375	0.145598	0.409606	0.988162	0.698884
PT 3	0.27967	0.145598	0.370278	0.988162	0.67922
PT 4	0.472445	0.045306	0.625508	0.996316	0.810912
PT 5	0.408506	0.422747	0.540854	0.965629	0.753241
PT 6	0.289634	0.045306	0.38347	0.996316	0.689893
PT 7	0.538503	0.169777	0.712968	0.986196	0.849582
PT 8	0.681599	3.29503	0.902424	0.732098	0.817261
AM 1	0.294344	0.045306	0.389705	0.996316	0.693011
AM 2	0.254825	0.296526	0.337383	0.975891	0.656637
AM 3	0.06104	0.320869	0.080816	0.973912	0.527364
E 1	0.098726	0.045306	0.130711	0.996316	0.563514
E 2	0.485072	0.045306	0.642226	0.996316	0.819271
E 3	0.731312	0	0.968243	1	0.984121
E 4	0.627244	0	0.830459	1	0.91523
E 5	0.625234	0	0.827797	1	0.913899
E 6	0.626918	0	0.830028	1	0.915014
E 7	0.609399	0	0.806833	1	0.903416
E 8	0.613207	0	0.811874	1	0.905937
E 9	0.737445	0	0.976363	1	0.988182
E 10	0.737903	0	0.97697	1	0.988485
E 11	0.734751	0	0.972796	1	0.986398
E 12	0.469081	0.045306	0.621054	0.996316	0.808685
IE 1	0.452686	0.045306	0.599348	0.996316	0.797832
IE 2	0.344516	0.045306	0.456132	0.996316	0.726224
IE 3	0.285104	0.145598	0.377472	0.988162	0.682817
IE 4	0.184321	0.23634	0.244037	0.980784	0.612411
IE 5	0.264127	0.273242	0.3497	0.977784	0.663742
IE 6	0.19454	0.273242	0.257568	0.977784	0.617676
IE 7	0.158315	0.400887	0.209606	0.967406	0.588506
IE 8	0.751719	0	0.995261	1	0.997631
IE 9	0.343248	0.045306	0.454454	0.996316	0.725385
IE 10	0.62661	0	0.82962	1	0.91481
IE 11	0.714555	0	0.946057	1	0.973028
IE 12	0.693876	0.023283	0.918679	0.998107	0.958393
IE 13	0.75516	0	0.999818	1	0.999909



ACC 1	0.06104	1.324317	0.080816	0.892326	0.486571
ACC 2	0.443723	0.045306	0.587481	0.996316	0.791899
ACC 3	0.746647	0	0.988547	1	0.994273

Berikut ini merupakan contoh perhitungan Spi dan Sni yang telah dinormalisasikan, serta Asi pada bahan baku BH 1 (bahan baku non-benefisial).

- Perhitungan n SP BH 1

$$nSP_{BH1} = \frac{SP_{BH1}}{\max(SP_i)}$$

$$nSP_{BH1} = \frac{0,28828}{0,7553}$$

$$nSP_{BH1} = 0,38168$$

- Perhitungan n SN BH 1

$$nSN_{BH1} = 1 - \frac{SN_{BH1}}{\max(SN_i)}$$

$$nSN_{BH1} = 1 - \frac{0,60119}{12,2994}$$

$$nSN_{BH1} = 0,95112$$

- Perhitungan AS BH 1

$$AS_{BH1} = \frac{1}{2}(nSP_{BH1} + nSN_{BH1})$$

$$AS_{BH1} = \frac{1}{2}(0,38168 + 0,95112)$$

$$AS_{BH1} = 0,6664$$

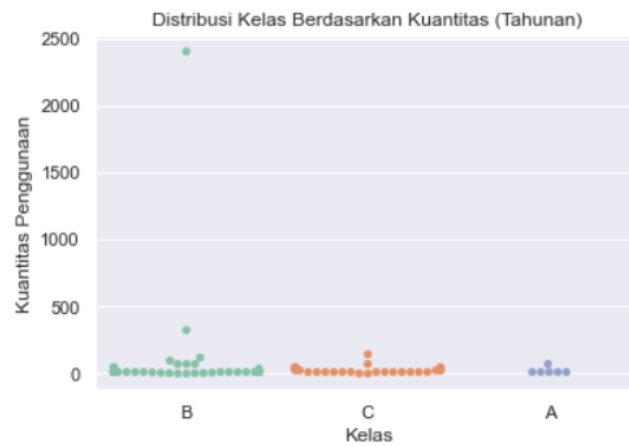
Setelah data diurutkan secara *descending* berdasarkan nilai Asi, maka dilakukan klasifikasi terhadap setiap material. Proporsi jumlah tiap kategori akan disamakan dengan klasifikasi menggunakan metode AHP-K, yakni kategori A sebanyak 6 bahan baku (7,14%), kategori B sebanyak 49 bahan baku (58,33%), dan kategori C sebanyak 29 bahan baku (34,52%). Berikut ini merupakan tabel hasil klasifikasi bahan baku menggunakan metode EDAS.

**Tabel 4.18** Klasifikasi Bahan Baku Metode EDAS

Kode Bahan Baku	Kelas	Kode Bahan Baku	Kelas
BH 1	B	BS 11	C
BH 2	B	BS 12	B
BH 3	B	BS 13	B
BH 4	B	PT 1	A
BH 5	B	PT 2	B
BH 6	B	PT 3	B

BH 7	B	PT 4	B
BH 8	B	PT 5	B
BH 9	B	PT 6	B
BH 10	B	PT 7	C
BH 11	C	PT 8	B
BH 12	C	AM 1	B
BH 13	C	AM 2	B
BH 14	B	AM 3	A
BH 15	C	E 1	B
BH 16	B	E 2	C
S 1	A	E 3	C
S 2	B	E 4	C
S 3	B	E 5	C
S 4	A	E 6	C
SS 1	B	E 7	C
SS 2	B	E 8	C
SS 3	B	E 9	C
SS 4	B	E 10	C
SS 5	B	E 11	C
SS 6	C	E 12	B
SS 7	B	IE 1	B
SS 8	C	IE 2	B
SS 9	C	IE 3	B
SS 10	B	IE 4	B
SS 11	B	IE 5	B
SS 12	C	IE 6	B
BS 1	A	IE 7	B
BS 2	B	IE 8	C
BS 3	B	IE 9	B
BS 4	B	IE 10	C
BS 5	B	IE 11	C
BS 6	B	IE 12	C
BS 7	C	IE 13	C
BS 8	C	ACC 1	A
BS 9	C	ACC 2	B
BS 10	B	ACC 3	C

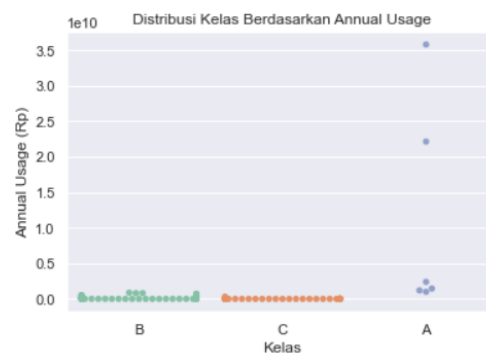
Berikut ini terdapat grafik distribusi persebaran kelas bahan baku berdasarkan setiap kriteria.



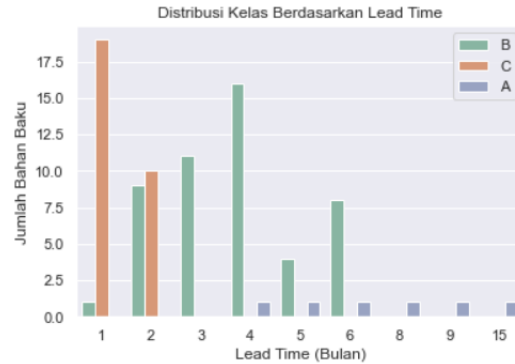
**Gambar 4.9** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Kuantitas (Tahunan)



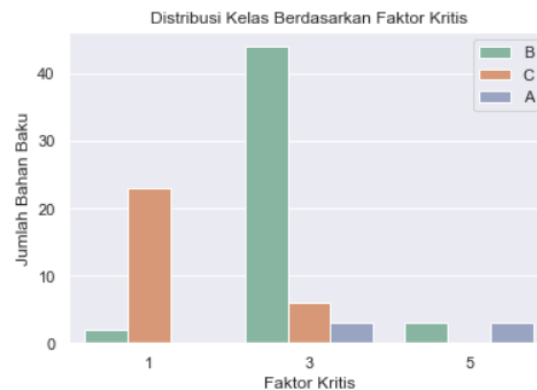
**Gambar 4.10** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Harga Material



**Gambar 4.11** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan AU (*Annual Usage*)



**Gambar 4.12** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan *Lead Time*



**Gambar 4.13** Sebaran Klasifikasi Berdasarkan Faktor Kritis

#### 4.2.4. Perbandingan Klasifikasi Bahan Baku Metode AHP-K dan EDAS

Penggunaan dua metode (AHP-K dan EDAS) untuk melakukan klasifikasi bahan baku menghasilkan hasil yang berbeda. Berikut ini merupakan tabel perbandingan klasifikasi bahan baku menggunakan metode AHP-K dan EDAS.

**Tabel 4.19** Perbandingan Hasil Klasifikasi Metode AHP-K dan EDAS

Kode Bahan Baku	AHP-K	EDAS	Kode Bahan Baku	AHP-K	EDAS
BH 1	A	B	BS 11	C	C
BH 2	A	B	BS 12	B	B
BH 3	A	B	BS 13	B	B
BH 4	B	B	PT 1	A	A
BH 5	B	B	PT 2	B	B
BH 6	B	B	PT 3	B	B
BH 7	B	B	PT 4	B	B
BH 8	B	B	PT 5	B	B
BH 9	B	B	PT 6	B	B
BH 10	B	B	PT 7	C	C
BH 11	B	C	PT 8	C	B
BH 12	B	C	AM 1	B	B
BH 13	C	C	AM 2	B	B

BH 14	B	B	AM 3	B	A
BH 15	C	C	E 1	B	B
BH 16	B	B	E 2	C	C
S 1	A	A	E 3	C	C
S 2	B	B	E 4	C	C
S 3	B	B	E 5	C	C
S 4	B	A	E 6	C	C
SS 1	B	B	E 7	C	C
SS 2	B	B	E 8	C	C
SS 3	B	B	E 9	C	C
SS 4	B	B	E 10	C	C
SS 5	B	B	E 11	C	C
SS 6	C	C	E 12	B	B
SS 7	B	B	IE 1	B	B
SS 8	C	C	IE 2	B	B
SS 9	C	C	IE 3	B	B
SS 10	C	B	IE 4	B	B
SS 11	B	B	IE 5	B	B
SS 12	C	C	IE 6	B	B
BS 1	B	A	IE 7	B	B
BS 2	B	B	IE 8	C	C
BS 3	B	B	IE 9	B	B
BS 4	B	B	IE 10	C	C
BS 5	B	B	IE 11	C	C
BS 6	B	B	IE 12	C	C
BS 7	C	C	IE 13	C	C
BS 8	C	C	ACC 1	A	A
BS 9	C	C	ACC 2	B	B
BS 10	B	B	ACC 3	C	C

Kedua metode ini menghasilkan urutan skor prioritas yang hampir sama. Metode AHP-K dan EDAS menghasilkan bahan baku paling prioritas yang sama, yakni PT 1, dengan bahan baku paling tidak prioritas yang sama pula, yakni BS 8. Akan tetapi, terdapat 10 atau sekitar 11,91% bahan baku yang memiliki kelas berbeda. Bahan baku tersebut ialah BH 1, BH 2, BH 3, BH 11, BH 12, S 4, SS 10, BS 1, PT 8, dan AM 3. Berikut ini merupakan tabel detail perubahan kelas bahan baku tersebut.

**Tabel 4.20** Perbedaan Detail Hasil Klasifikasi Metode AHP-K dan Metode EDAS

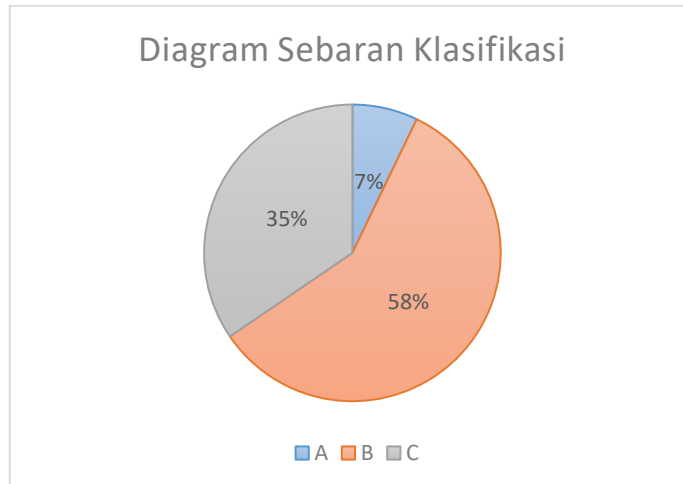
Kode Bahan Baku	AHP-K	EDAS
BH 1	A	B
BH 2	A	B
BH 3	A	B
BH 11	B	C
BH 12	B	C
S 4	B	A
SS 10	C	B
BS 1	B	A
PT 8	C	B
AM 3	B	A

#### **4.2.5. Model Machine Learning**

Bagian ini menjelaskan proses pembuatan *model machine learning* berdasarkan hasil klasifikasi bahan baku menggunakan metode AHP-K dan EDAS. Proses pembuatan bermula dari ringkasan data yang digunakan, *preprocessing* data, pembuatan model dengan pembagian data metode *holdout*, dan pembuatan model dengan *stratified K Fold Cross Validation* untuk mengetahui akurasi model secara lebih objektif. Pembuatan *model machine learning* dilakukan menggunakan bantuan bahasa pemrograman Python 3.9.1 yang dioperasikan pada perangkat komputer dengan prosesor i7 Gen-10, 32 Gb Ram, 1 Tb SSD, dan kartu grafis Nvidia.

##### **a) Ringkasan Data**

Data yang digunakan merupakan data yang ada pada tabel 4.7 ditambah dengan hasil klasifikasi menggunakan metode AHP-K atau EDAS. Terdapat 5 fitur yang digunakan untuk membuat model, yakni kuantitas (tahunan), harga material (per-unit), AU (*annual usage*), *lead time*, dan faktor kritis. Sedangkan, terdapat 3 kategori dalam variabel dependen, baik bila menggunakan metode AHP-K maupun EDAS. Berikut ini merupakan distribusi sebaran kategori tersebut.



**Gambar 4.14** Jumlah Bahan Baku Setiap Kelas Klasifikasi

Diketahui terdapat total 84 bahan baku, 6 merupakan bahan baku A, 58 bahan baku B, dan 29 bahan baku C.

**b) *Preporcessing***

*Preprocessing* yang dilakukan pada *dataset* ialah melakukan standarisasi atribut. Hal ini dilakukan karena data di hampir setiap atribut memiliki *range* yang sangat besar. Standarisasi ini dilakukan menghilangkan bias akibat nominal yang terlalu tinggi. Selain itu, tidak ditemukan data yang kosong serta tidak ada proses penghilangan *outlier*. Hal ini dikarenakan bias akibat *outlier* merupakan hal yang penting saat melakukan klasifikasi bahan baku.

**c) *Pembuatan Model dengan Stratified Holdout***

Pembuatan *model* yang pertama dilakukan dengan membagi *dataset* untuk *training* dan *testing* dengan metode *stratified holdout*. Data akan dibagi menjadi dua bagian, 70% menjadi data *training* dan 30% menjadi data *testing*. Pembagian data tersebut akan menggunakan teknik *stratified* atau stratifikasi berdasarkan kelas bahan baku. Hal ini dikarenakan, jumlah bahan baku setiap kelas tidak rata dengan kelas A memiliki jumlah yang relatif jauh lebih kecil dibandingkan kelas B dan C. Hal ini dilakukan agar model terhindar dari bias akibat jumlah data yang kurang untuk setiap kelasnya. Berikut ini merupakan tabel akurasi hasil *model machine learning* untuk klasifikasi bahan baku menggunakan metode AHP-K dan EDAS.

**Tabel 4.21** Hasil Akurasi *Model Machine Learning*

			<i>Precision</i>	<i>Recal</i>	<i>F1-Score</i>	<i>Accuracy</i>
<b>Naïve Bayes</b>	AHP-K	A	1	1	1	96%
		B	0.94	1	0.97	
		C	1	0.89	0.94	
	EDAS	A	0.67	1	0.8	92%
		B	1	0.87	0.93	
		C	0.9	1	0.95	
<b>SVM</b>	AHP-K	A	0.67	1	0.8	92%
		B	0.94	1	0.97	
		C	1	0.78	0.88	
	EDAS	A	0	0	0	85%
		B	0.79	1	0.88	
		C	1	0.78	0.88	
<b>Decision Tree</b>	AHP-K	A	1	1	1	100%
		B	1	1	1	
		C	1	1	1	
	EDAS	A	1	0.5	0.67	92%
		B	0.93	0.93	0.93	
		C	0.9	1	0.95	
<b>Logistic Regression</b>	AHP-K	A	1	1	1	96%
		B	0.94	1	0.97	
		C	1	0.89	0.94	
	EDAS	A	1	0.5	0.67	92%
		B	0.88	1	0.94	
		C	1	0.89	0.94	
<b>MLP Classifier</b>	AHP-K	A	1	1	1	96%
		B	0.94	1	0.97	
		C	1	0.89	0.94	
	EDAS	A	1	1	1	96%
		B	0.94	1	0.97	
		C	1	0.89	0.94	

Dapat dilihat pada tabel di atas terdapat 4 macam akurasi yang ditampilkan, yakni *precision* untuk mengetahui perbandingan *true positive* dengan data yang diprediksi positif, *recall* untuk mengetahui perbandingan *true positive* dengan data positif, *f1-score* untuk mengetahui kombinasi dari *recall* dan *precision*, serta akurasi rata-rata. Dapat dilihat bahwa setiap *model* memiliki akurasi yang berbeda-beda, contohnya *model* Naïve Bayes dapat memprediksi data *test* secara benar sebanyak 96% untuk data AHP-K dan 92%



untuk data EDAS. Selain itu, dapat dilihat bahwasannya terdapat pola jika *model machine learning* melakukan prediksi secara lebih baik pada metode AHP-K dibandingkan dengan metode EDAS, kecuali *model MLP Classifier*. *Model MLP Classifier* dan *Decision Tree* memiliki rata-rata akurasi yang paling baik dalam melakukan prediksi terhadap data. Akan tetapi, akurasi 100% pada *model Decision Tree* memberikan indikasi adanya *overfitting* pada data *training*. Hal ini harus dievaluasi lebih lanjut menggunakan *cross validation*. Meskipun beberapa model memiliki akurasi yang sama, tetapi nilai akurasi lainnya dapat berbeda. Hal ini dikarenakan perbedaan letak kegagalan *model* dalam melakukan prediksi kelas suatu data.

**d) Pembuatan Model dengan *Stratified K Fold Cross Validation***

Pembuatan *model* selanjutnya dilakukan dengan menggunakan metode *stratified K Fold Cross Validation*. Data akan dibagi menjadi 5 lipatan yang distratifikasi untuk memberikan data yang bervariasi sehingga *model* akan teruji stabilitasnya. Hal ini perlu dilakukan untuk mendeteksi adanya *overfitting* di proses pembuatan sebelumnya serta seberapa baik kemampuan stabilitas *model*. Berikut ini merupakan tabel akurasi hasil model machine learning untuk klasifikasi bahan baku menggunakan metode AHP-K dan EDAS.

**Tabel 4.22 Hasil *Stratified K Fold Cross Validation***

		1	2	3	4	5	Mean	Standar Deviasi
Naïve Bayes	AHP-K	1.0000	1.0000	0.8824	0.9412	0.8750	93.97%	0.061
	EDAS	0.8824	0.7059	1.0000	0.7059	0.8125	82.13%	0.125
SVM	AHP-K	0.9412	0.9412	0.8824	0.9412	0.8750	91.62%	0.034
	EDAS	0.8824	0.9412	0.8824	0.6471	0.8750	84.56%	0.114
Decision Tree	AHP-K	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	100.00%	0.000
	EDAS	0.9412	0.9412	0.9412	0.9412	0.9375	94.04%	0.002
Logistic Regression	AHP-K	1.0000	1.0000	0.9412	0.9412	0.8750	95.15%	0.052
	EDAS	0.8824	1.0000	0.8824	0.7059	0.8750	86.91%	0.105
MLP Classifier	AHP-K	1.0000	0.9412	0.9412	1.0000	1.0000	97.65%	0.032
	EDAS	0.9412	1.0000	0.9412	0.8824	0.8125	91.54%	0.071

Tabel di atas memberikan nilai akurasi dari setiap *batch* beserta rata-ratanya. Setelah dilakukan *stratified cross validation*, terlihat adanya penurunan akurasi rata-rata untuk hampir semua *model*. Hal ini mengindikasikan adanya *overfitting* pada proses sebelumnya. *Model* yang memberikan rata-rata akurasi terbaik ialah *decision tree* dengan 100% akurasi untuk metode AHP-K dan 94,04% akurasi untuk metode EDAS. Selanjutnya

diikuti oleh *MLP Classifier* dengan 97,65% akurasi untuk metode AHP-K dan 91,54% akurasi untuk metode EDAS. Sedangkan model yang memiliki akurasi rata-rata paling buruk ialah model SVM dengan 91,62% akurasi untuk metode AHP-K dan 84,56% akurasi untuk metode EDAS. Selain akurasi rata-rata, melihat fluktuasi akurasi dari setiap *batch* juga diperlukan. Sebagai contoh, *model MLP Classifier* pada data EDAS memiliki fluktuasi akurasi yang lumayan tinggi, mulai dari 0,8125 hingga 1,00. Fluktuasi akurasi yang tinggi juga dapat menjadi indikasi bahwa *model* gagal melakukan generalisasi data secara baik. Fluktuasi ini dapat dilihat dari nilai standar deviasinya, semakin kecil standar deviasi maka semakin kecil pula fluktuasi yang terjadi, dan sebaliknya. Pada umumnya, hampir semua *model* dapat memberikan prediksi kelas suatu bahan baku dengan akurasi yang memuaskan ( $\sim > 90\%$ ). Yang artinya, *model* dapat memprediksi 90% atau lebih bahan baku secara akurat.



## **BAB V**

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL**

Bab ini menjelaskan mengenai analisis dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data meliputi analisis klasifikasi menggunakan metode AHP-K, analisis klasifikasi menggunakan metode EDAS, analisis perbandingan hasil klasifikasi metode AHP-K dan EDAS, analisis *model machine learning* untuk prediksi kelas bahan baku.

#### **5.1. Analisis Klasifikasi Menggunakan Metode AHP-K**

Subbab ini menjelaskan mengenai analisis klasifikasi bahan baku Panser Anoa 6x6 APC menggunakan metode AHP-K.

Proses klasifikasi bahan baku didasarkan pada lima kriteria, yakni kuantitas penggunaan (tahunan), harga material (per-unit), AU (*annual usage*), *lead time*, dan faktor kritis. Kelima kriteria tersebut memiliki bobot yang berbeda-beda dalam penentuan skor prioritas bahan baku. Kriteria yang memiliki bobot paling tinggi ialah *lead time* dengan beban sebesar 41,03%. Dilanjutkan oleh faktor kritis sebesar 25,51%, AU (*annual usage*) sebesar 15,26%, harga material (per-unit) sebesar 10,41%, dan kuantitas penggunaan sebesar 7,79%. *Lead time* menjadi kriteria yang memiliki bobot paling besar dikarenakan lama proses kedatangan barang menjadi vital dalam proses produksi di PT Pindad (Persero). Hal ini dikarenakan lama *lead time* suatu bahan baku dapat mencapai lebih dari 9 bulan atau bahkan lebih. Waktu tersebut terhitung lama mengingat kontrak *order* yang didapatkan oleh PT Pindad (Persero) umumnya memiliki periode tahunan. Oleh karena itu, bahan baku yang memiliki *lead time* yang panjang perlu diberikan suatu aturan khusus untuk menangani lamanya proses pembelian barang tersebut. Sedangkan kriteria yang memiliki bobot paling rendah ialah kuantitas penggunaan.

Bahan baku yang memiliki skor prioritas tertinggi ialah PT 1 atau *Powerpack* Renault DX i7 dengan skor 0,871. Hal ini dikarenakan bahan baku tersebut merupakan bahan baku yang didapatkan dari luar negeri dengan proses impor dengan *lead time* yang panjang, yakni 9 bulan. Selain itu, PT 1 merupakan bahan baku yang memiliki harga per-unit paling tinggi, yakni Rp2.938.000.000. PT 1

merupakan mesin yang digunakan pada Panzer Anoa 6x6 APC. Sedangkan, bahan baku yang memiliki skor prioritas terendah ialah BS 8 atau Klem Pipa Lubang 2 dengan skor 0,0004. Bahan baku tersebut memiliki harga per-unit yang murah, yakni Rp12.000 dengan proses pembelian yang mudah dan cepat karena memiliki *lead time* di bawah 1 bulan.

Berdasarkan proses *clustering* yang didasarkan pada skor prioritas, diketahui jumlah kelompok barang yang ideal ialah berjumlah 3 kelompok. Jumlah kelompok tersebut didapat berdasarkan perhitungan menggunakan metode Elbow. Dimana nilai *inertia* berhenti untuk berkurang secara drastis ketika jumlah kelompok bertambah dari 3 menjadi 4. Setelah dilakukan *clustering*, terdapat 6 bahan baku (7,14%) yang tergolong dalam kategori A, 49 bahan baku (58,33%) tergolong dalam kategori B, dan 29 bahan baku (34,52%) tergolong dalam kategori C.

Bahan baku yang tergolong dalam kategori A ialah BH 1, BH 2, BH 3, S 1, PT 1, dan ACC 1. Bahan baku tersebut didapatkan dari luar negeri melalui proses impor yang panjang dengan *lead time* berkisar di antara 6 hingga 9 bulan. Bila ditinjau dari kuantitas penggunaan, bahan baku dari kategori ini memiliki kuantitas yang sedikit karena hanya dibutuhkan kurang lebih satu unit bahan untuk membuat satu produk Anoa. Bahan baku tersebut juga memiliki value penggunaan yang tinggi, mulai dari Rp106.467.657 hingga Rp35.796.000.000.

Sedangkan, bahan baku yang tergolong dalam kategori B ialah BH 4, BH 5, BH 6, BH 7, BH 8, BH 9, BH 10, BH 11, BH 12, BH 14, BH 16, S 2, S 3, S 4, SS 1, SS 2, SS 3, SS 4, SS 5, SS 7, SS 11, BS 1, BS 2, BS 3, BS 4, BS 5, BS 6, BS 10, BS 12, BS 13, PT 2, PT 3, PT 4, PT 5, PT 6, AM 1, AM 2, AM 3, E 1, E 12, IE 1, IE 2, IE 3, IE 4, IE 5, IE 6, IE 7, IE 9, dan ACC 2. Semua bahan baku pada kategori B ini didapat dari dalam negeri dengan adanya proses yang dilakukan oleh supplier terlebih dahulu. Contohnya, seperti Tutup Atas (BH 1) merupakan semi finished good yang berasal dari supplier. Supplier memerlukan waktu untuk memenuhi permintaan PT Pindad (Persero) atas bahan baku tersebut. Waktu yang dibutuhkan oleh para supplier pun dapat bervariasi, sehingga pada kategori ini bahan baku memiliki *lead time* dikisaran 2 hingga 6 bulan. Kuantitas penggunaan bahan baku dari kategori B juga cukup beragam, mulai dari 0,36 unit hingga 324 unit dalam setahunnya. Begitu juga bila ditinjau dari segi value-nya, berkisar dari Rp145.992

hingga Rp1.462.032.000. Apabila dibandingkan dengan kategori A, bahan baku dari kategori B (secara rata-rata) lebih cepat didapat, berasal dari dalam negeri, value yang lebih rendah, serta kuantitas penggunaan yang lebih banyak.

Sedangkan, bahan baku yang tergolong dalam kategori C ialah BH 13, BH 15, SS 6, SS 8, SS 9, SS 10, SS 12, BS 7, BS 8, BS 9, BS 11, PT 7, PT 8, E 2, E 3, E 4, E 5, E 6, E 7, E 8, E 9, E 10, E 11, IE 8, IE 10, IE 11, IE 12, IE 13, dan ACC 3. Hampir semua bahan baku pada kategori C ini didapat dari dalam negeri dengan proses pembelian yang cepat. Contohnya, seperti Oli Rem (BS 11) merupakan barang jadi dari *supplier*. *Supplier* tidak memerlukan waktu yang banyak untuk memenuhi permintaan PT Pindad (Persero) atas bahan baku tersebut. Akan tetapi, terdapat dua bahan baku-Pipa *Square* dan *Nare Plate Body*-yang membutuhkan waktu pemrosesan oleh *supplier*, yakni 1 bulan. Selain dua bahan baku tersebut, barang dapat sampai kepada gudang PT Pindad (Persero) dalam kurun waktu 1 bulan. Kuantitas penggunaan bahan baku dari kategori B juga cukup beragam, mulai dari 12 unit hingga 2400 unit dalam setahunnya. Begitu juga bila ditinjau dari segi *value*-nya, berkisar dari Rp144.000 hingga Rp312.000.000. Apabila dibandingkan dengan kategori B, bahan baku dari kategori C (secara rata-rata) lebih cepat didapat, sama-sama berasal dari dalam negeri, *value* yang lebih rendah, serta kuantitas penggunaan yang lebih banyak.

Secara umum, kelompok A menunjukkan bahan baku dengan *value* yang sangat besar bagi perusahaan, proses pemesanan barang yang lama, berasal dari luar negeri, serta kuantitas penggunaan yang sedikit. Bahan baku pada kelompok ini harus menjadi prioritas utama perusahaan dalam melakukan pengendalian bahan baku. Bahan baku ini sangat krusial bagi perusahaan, apabila perusahaan salah dalam menangani bahan baku ini, maka perusahaan akan menerima kerugian yang cukup besar baik dari segi biaya maupun waktu. Perusahaan dapat memberikan aturan khusus untuk bahan baku dalam kategori A, seperti mempersiapkan *supplier* atau bahan baku alternatif, proses pengadaan prioritas, tempat penyimpanan khusus, dan lain sebagainya. Sedangkan, kelompok B menunjukkan bahan baku dengan *value* yang besar, tetapi masih di bawah kelompok A. Meskipun, ada bahan baku dari kelompok A yang memiliki *value* lebih rendah ketimbang kelompok B. Selain itu, kelompok B menunjukkan bahan baku dengan proses pemesanan yang lama,

berasal dari dalam negeri, serta kuantitas penggunaan yang lebih banyak dari kelompok A. Bahan baku pada kelompok ini harus menjadi prioritas kedua bagi perusahaan setelah bahan baku kelompok A dalam melakukan pengendalian bahan baku. Sementara, kelompok C menunjukkan bahan baku dengan *value* paling rendah, proses pemesanan yang cepat, berasal dari dalam negeri, serta kuantitas penggunaan paling banyak. Bahan baku pada kelompok ini harus menjadi prioritas terakhir bagi perusahaan dalam melakukan pengendalian bahan baku. Hal ini disebabkan oleh *value* yang tidak terlalu tinggi serta proses pembelian yang cepat.

## **5.2. Analisis Klasifikasi Menggunakan Metode EDAS**

Subbab ini menjelaskan mengenai analisis klasifikasi bahan baku Panser Anoa 6x6 APC menggunakan metode EDAS.

Proses klasifikasi bahan baku metode EDAS didasarkan pada kriteria serta bobot kriteria yang sama dengan proses klasifikasi menggunakan metode AHP-K. Bahan baku yang memiliki skor prioritas tertinggi dan terendah pada metode EDAS juga sama dengan metode AHP-K, yakni PT 1 dengan skor 0,040 dan BS 8 dengan skor 1,000. Pada metode ini, jumlah kelompok dan bahan baku dalam setiap kelompok akan disamakan dengan jumlah pada metode AHP-K. Terdapat 6 bahan baku (7,14%) yang tergolong dalam kategori A, 49 bahan baku (58,33%) tergolong dalam kategori B, dan 29 bahan baku (34,52%) tergolong dalam kategori C.

Bahan baku yang tergolong dalam kategori A ialah S 1, S 4, BS 1, PT 1, AM 3, dan ACC 1. Terdapat beberapa bahan baku yang diimpor dari luar negeri, yakni S 1, PT 1, dan ACC 1. Selain bahan baku tersebut, bahan baku didapat dari dalam negeri dengan adanya proses yang dilakukan oleh supplier terlebih dahulu. Contohnya, seperti Pemadam (BS 1) merupakan *semi finished good* yang berasal dari *supplier*. *Supplier* memerlukan waktu untuk memenuhi permintaan PT Pindad (Persero) atas bahan baku tersebut. Waktu yang dibutuhkan oleh para *supplier* pun dapat bervariasi, sehingga pada kategori ini bahan baku memiliki *lead time* dikisaran 5 hingga 9 bulan. Kuantitas penggunaan bahan baku dari kategori A juga beragam, mulai dari 12 unit hingga 72 unit dalam setahunnya. Sedangkan bila ditinjau dari segi *value*-nya, bahan baku pada kategori ini memiliki *value* yang sangat tinggi bagi perusahaan, yakni berkisar dari Rp1.008.000.000 hingga Rp35.796.000.000.

Sedangkan, bahan baku yang tergolong dalam kategori B ialah BH 1, BH 2, BH 3, BH 4, BH 5, BH 6, BH 7, BH 8, BH 9, BH 10, BH 14, BH 16, S 2, S 3, SS 1, SS 2, SS 3, SS 4, SS 5, SS 7, SS 10, SS 11, BS 2, BS 3, BS 4, BS 5, BS 6, BS 10, BS 12, BS 13, PT 2, PT 3, PT 4, PT 5, PT 6, PT 8, AM 1, AM 2, E 1, E 12, IE 1, IE 2, IE 3, IE 4, IE 5, IE 6, IE 7, IE 9, dan ACC 2. Asal bahan baku kategori B ini cukup beragam, mulai dari luar negeri hingga dalam negeri, baik yang membutuhkan proses pada *supplier* maupun yang dapat langsung didapatkan. Oleh karena itu, waktu *lead time* pada kategori ini cukup bervariasi, dari 1 hingga 6 bulan. Kuantitas penggunaan bahan baku dari kategori B juga cukup beragam, mulai dari 0,36 unit hingga 2400 unit dalam setahunnya. Begitu juga bila ditinjau dari segi value-nya, berkisar dari Rp301.752 hingga Rp872.791.920.000. Apabila dibandingkan dengan kategori A, bahan baku dari kategori B lebih cepat didapat, berasal dari dalam negeri, value yang lebih rendah, serta kuantitas penggunaan yang lebih banyak.

Sedangkan, bahan baku yang tergolong dalam kategori C ialah BH 13, BH 15, SS 6, SS 8, SS 9, SS 10, SS 12, BS 7, BS 8, BS 9, BS 11, PT 7, PT 8, E 2, E 3, E 4, E 5, E 6, E 7, E 8, E 9, E 10, E 11, IE 8, IE 10, IE 11, IE 12, IE 13, dan ACC 3. Hampir semua bahan baku pada kategori C ini didapat dari dalam negeri dengan proses pembelian yang cepat. Contohnya, seperti Oli Rem (BS 11) merupakan barang jadi dari *supplier*. *Supplier* tidak memerlukan waktu yang banyak untuk memenuhi permintaan PT Pindad (Persero) atas bahan baku tersebut. Akan tetapi, terdapat empat bahan baku yang membutuhkan waktu pemrosesan oleh *supplier* selama 1 hingga 2 bulan, yakni BH 11, BH 12, BH 13, dan BH 15. Selain empat bahan baku tersebut, barang dapat sampai kepada gudang PT Pindad (Persero) dalam kurun waktu 1 bulan. Kuantitas penggunaan bahan baku dari kategori C juga cukup beragam, mulai dari 0,48 unit hingga 144 unit dalam setahunnya. Begitu juga bila ditinjau dari segi value-nya, berkisar dari Rp144.000 hingga Rp312.000.000. Apabila dibandingkan dengan kategori B, bahan baku dari kategori C lebih cepat didapat, sama-sama berasal dari dalam negeri, *value* yang lebih rendah, serta kuantitas penggunaan yang lebih sedikit.

Secara umum, kelompok A menunjukkan bahan baku dengan value yang sangat besar bagi perusahaan, proses pemesanan barang yang lama, berasal dari luar



negeri dan dalam negeri, serta kuantitas penggunaan yang sedikit. Bahan baku pada kelompok ini harus menjadi prioritas utama perusahaan dalam melakukan pengendalian bahan baku. Bahan baku ini sangat krusial bagi perusahaan, apabila perusahaan salah dalam menangani bahan baku ini, maka perusahaan akan menerima kerugian yang cukup besar baik dari segi biaya maupun waktu. Perusahaan dapat memberikan aturan khusus untuk bahan baku dalam kategori A, seperti mempersiapkan supplier atau bahan baku alternatif, proses pengadaan prioritas, tempat penyimpanan khusus, dan lain sebagainya. Sedangkan, kelompok B menunjukkan bahan baku dengan *value* yang besar-tetapi masih di bawah kelompok A-, proses pemesanan yang lama, berasal dari dalam negeri dan luar negeri, serta kuantitas penggunaan yang lebih banyak dari kelompok A. Bahan baku pada kelompok ini harus menjadi prioritas kedua bagi perusahaan setelah bahan baku kelompok A dalam melakukan pengendalian bahan baku. Sementara, kelompok C menunjukkan bahan baku dengan *value* paling rendah, proses pemesanan yang cepat, berasal dari dalam negeri, serta kuantitas penggunaan yang lebih banyak dari kelompok A-tetapi masih di bawah kelompok B. Bahan baku pada kelompok ini harus menjadi prioritas terakhir bagi perusahaan dalam melakukan pengendalian bahan baku. Hal ini disebabkan oleh *value* yang tidak terlalu tinggi serta proses pembelian yang cepat.

### **5.3. Analisis Perbandingan Hasil Klasifikasi Metode AHP-K dan Metode EDAS**

Subbab ini menjelaskan mengenai analisis perbandingan hasil klasifikasi menggunakan metode AHP-K dan metode EDAS.

Terdapat 10 bahan baku (11,90%) yang memiliki klasifikasi kelompok berbeda, bila diklasifikasikan menggunakan metode AHP-K dan EDAS. Terdapat 3 bahan baku yang termasuk kelompok A pada metode AHP-K, tetapi termasuk kelompok B pada metode EDAS. Tiga bahan baku tersebut ialah BH 1, BH 2, dan BH 3. Selain itu, terdapat 3 bahan baku yang termasuk kelompok B pada metode AHP-K, tetapi termasuk kelompok A pada metode EDAS. Tiga bahan baku tersebut ialah S 4, BS 1, dan AM 3. Selain itu, terdapat 2 bahan baku yang termasuk kelompok B pada metode AHP-K, tetapi termasuk kelompok C pada metode EDAS. Dua bahan baku tersebut ialah BH 11 dan BH 12. Sedangkan terdapat 2 bahan baku

yang termasuk kelompok C pada metode AHP-K, tetapi termasuk kelompok B pada metode EDAS. Dua bahan baku tersebut ialah SS 10 dan PT 8.

Apabila ditinjau dari kuantitas penggunaan tahunan, kelompok A memiliki kuantitas yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan dua kelompok lain, baik pada metode AHP-K maupun EDAS. Perbedaanannya ialah, ketika menggunakan metode EDAS, kelompok B merupakan kelompok yang memiliki kuantitas penggunaan paling banyak. Sedangkan pada metode AHP-K, kelompok yang memiliki kuantitas penggunaan paling banyak ialah kelompok C. Sedangkan bila ditinjau dari *value* bahan baku, kedua metode menghasilkan kelompok A (secara rata-rata) yang memiliki *value* yang lebih tinggi daripada kelompok B. Akan tetapi, pada metode AHP-K kelompok A dan B memiliki *range* yang bertabrakan, yakni Rp106.467.657-Rp35.796.000.000 untuk kelompok A dan Rp145.992-Rp1.462.032.000. Hal ini berarti ada bahan baku dari kelompok B yang memiliki *value* lebih tinggi daripada bahan baku dari kelompok A. Hal ini tidak terjadi ketika menggunakan metode EDAS. Hal ini mengindikasikan bahwa metode EDAS melakukan *clustering* yang lebih baik bila hanya meninjau kriteria *value* bahan baku. Akan tetapi, hal ini terbalik apabila meninjau kriteria *lead time*. Metode AHP-K memberikan diferensiasi *cluster* secara lebih baik ketimbang metode EDAS. Terbukti dari kelompok A pada metode AHP-K merupakan bahan baku yang berasal dari luar negeri dan memiliki proses yang cukup lama. Sedangkan pada metode EDAS, terdapat bahan baku yang berasal dari dalam negeri dan luar negeri pada kelompok A. Perbedaan tingkat diferensiasi *cluster* pada beberapa kriteria memberikan indikasi bahwasannya kedua metode ini memiliki karakteristiknya sendiri dalam proses pengambilan keputusan multi kriteria (MCDM).

Perbedaan hasil klasifikasi tersebut disebabkan oleh metode penentuan skor prioritas yang berbeda. Pada metode AHP-K, skor prioritas dipengaruhi secara langsung oleh nilai setiap kriteria yang diberi beban. Sedangkan pada metode EDAS, skor prioritas dipengaruhi oleh jarak nilai setiap kriteria dengan nilai rata-rata kriteria tersebut. Dengan kata lain, perhitungan EDAS akan sensitif terhadap jarak nilai dengan rata-rata. Selain itu, proses klasifikasi kedua metode ini juga berbeda. Pada metode AHP-K, klasifikasi dilakukan dengan algoritma *K-Means Clustering* yang lebih tahan terhadap subjektivitas (Lolli, Ishizaka, & Gamberini,

2014). Sedangkan pada metode EDAS, klasifikasi dilakukan dengan pengurutan data secara *descending* berdasarkan skor prioritas dengan jumlah bahan baku setiap kelompok yang deterministik mengikuti hasil klasifikasi dari metode AHP-K.

#### **5.4. Analisis *Model Machine Learning* Untuk Prediksi Kelompok Bahan Baku**

Subbab ini menjelaskan mengenai analisis hasil *model machine learning* yang digunakan untuk prediksi kelompok bahan baku.

Beberapa *model machine learning* dibangun dengan tujuan agar perusahaan dapat melakukan klasifikasi bahan baku berdasarkan 5 atribut yang digunakan dalam metode sebelumnya. Karena *model machine learning* tidak dibangun di atas alasan yang spesifik (Lolli, et al., 2018), maka dilakukanlah pembuatan dengan beberapa macam *model* sebagai pendekatan. *Model* tersebut ialah Naïve Bayes, SVM, *Decision Tree*, *Logistic Regression*, dan *MLP Classifier*. Pembuatan *model machine learning* dilakukan sebanyak dua kali, yang pertama ialah *model* klasifikasi berbasiskan hasil klasifikasi metode AHP-K dan yang kedua berdasarkan hasil klasifikasi metode EDAS.

Standarisasi data dilakukan pada tahap *preprocessing* untuk menyamakan format data setiap kriteria sehingga proses perbandingan menjadi lebih mudah. Hal ini perlu dilakukan karena data yang dimiliki memiliki *range* yang besar dan berbeda-beda. Selain itu, pembuatan *model* dilakukan dalam dua tahap. Tahap yang pertama ialah pembuatan berdasarkan *dataset* yang dibagi dengan cara *stratified holdout*, dimana data dibagi menjadi dua, 70% untuk data *training* dan 30% untuk data *testing*. Stratifikasi diperlukan karena jumlah data setiap kelompok berbeda, dengan kelompok A hanya memiliki sedikit data. Hal ini dilakukan untuk menghindari bias akibat jumlah data yang tidak rata. Tahap pertama ini berguna untuk mengetahui kemampuan *model* secara umum. Pada tahap kedua, dilakukanlah *cross validation* dengan *stratified K Fold* untuk mengetahui resiliensi dan kestabilan model. Pada tahap ini, data akan dibagi menjadi 5 *dataset* yang berbeda.

Pada tahap yang pertama, diketahui akurasi rata-rata semua *model* untuk data AHP-K dan EDAS bervariasi dari 85% hingga 100%. Pada data AHP-K, *model* yang memberikan akurasi tertinggi ialah *Decision Tree* dengan akurasi rata-rata

sebesar 100%. Pada urutan kedua ialah *model* Naïve Bayes, *Logistic Regression*, dan *MLP Classifier* dengan akurasi rata-rata sebesar 96%. Lalu *model* yang memiliki akurasi rata-rata paling rendah ialah SVM dengan 92%. Sedangkan untuk data EDAS, *model* yang memberikan akurasi tertinggi ialah *MLP Classifier* sebesar 96%. Lalu diikuti oleh Naïve Bayes, *Decision Tree*, dan *Logistic Regression* sebesar 92%. Lalu *model* yang memiliki akurasi rata-rata paling rendah ialah SVM sebesar 85%. Pada tahap ini, *MLP Classifier* memiliki akurasi rata-rata yang memuaskan serta stabil. *MLP Classifier* sanggup memprediksi klasifikasi suatu bahan baku secara tepat sebanyak 96%. Sedangkan, SVM menjadi *model* paling buruk dalam memberikan prediksi klasifikasi. Selain itu, terdapat pola *model machine learning* memiliki performa yang lebih baik pada *dataset* metode AHP-Ketimbang metode EDAS. Namun, akurasi rata-rata saja tidak cukup untuk mengevaluasi dan membandingkan mekanisme klasifikasi secara menyeluruh (Lolli, et al., 2018). Oleh karena itu, sejumlah pengukuran akurasi *precision*, termasuk *recall*, dan *F1-score*, juga digunakan. Berdasarkan tipe akurasi tersebut, perusahaan dapat mengetahui karakteristik kesalahan dari setiap *model*. Contohnya pada *model MLP Classifier* untuk *dataset* AHP-K. *Model* tersebut memiliki *precision* kelompok B dan *recall* kelompok C yang tidak sempurna. Hal ini mengindikasikan bahwasannya *model* memprediksi bahan baku sebagai kelompok B, padahal bahan baku tersebut seharusnya ada pada kelompok C. Selain itu, *model Decision Tree* memiliki akurasi sebesar 100% juga mengindikasikan hal buruk, yakni terjadinya *overfitting* data. Hal ini dikarenakan *model* terlalu mengikuti pola pada data *training* sehingga gagal dalam melakukan generalisasi secara luas.

Pada tahap kedua *model* diuji berdasarkan 5 *dataset* yang berbeda untuk menguji kestabilan *model*. Pada *dataset* AHP-K, *model* yang memiliki akurasi rata-rata paling baik ialah *Decision Tree* sebesar 100%. Selanjutnya ialah *MLP Classifier* sebesar 97,65%, *Logistic Regression* sebesar 95,15%, Naïve Bayes sebesar 93,97%, dan SVM sebesar 91,62%. Urutan ini sedikit berbeda bila dibandingkan dengan hasil pada tahap yang pertama. Akan tetapi, *model* terbaik dan terburuk masih sama-sama dihasilkan oleh *Decision Tree* dan SVM. Sedangkan pada *dataset* EDAS, *model* yang memiliki akurasi rata-rata paling baik ialah *Decision Tree* sebesar 94,04%. Selanjutnya ialah *MLP Classifier* sebesar 91,54%,

*Logistic Regression* sebesar 86,91%, SVM sebesar 84,56%, dan Naïve Bayes sebesar 82,13%. Hasil pada *dataset* ini hampir sama dengan hasil pada *dataset* AHP-K, tetapi Naïve Bayes menjadi *model* yang memberikan akurasi rata-rata paling buruk. Selain melihat akurasi rata-rata, fluktuasi akurasi pada setiap *batch* juga perlu diperhatikan. Semakin tinggi fluktuasi memberikan indikasi jika *model* memiliki generalisasi yang buruk atau terjadi *overfitting*. Fluktuasi ini dapat dievaluasi berdasarkan standar deviasi akurasi setiap *batch*. Semakin besar standar deviasi maka semakin besar pula fluktuasi yang terjadi, dan sebaliknya. Secara rata-rata, berikut ini urutan dari *model* yang memberikan fluktuasi paling minimal, *Decision Tree*, *MLP Classifier*, SVM, *Logistic Regression*, dan Naïve Bayes. Berdasarkan akurasi dan fluktuasi, *model* yang memberikan performa paling baik untuk semua data ialah *Decision Tree*, dengan akurasi sebesar 100% untuk *dataset* AHP-K dan 94,04% untuk *dataset* EDAS. Hal ini memiliki arti bahwa *Decision Tree* dapat melakukan prediksi klasifikasi bahan baku secara tepat seanyak nilai akurasinya. Akan tetapi, akurasi 100% merupakan indikasi adanya *overfitting* pada data. Meskipun telah dilakukan *cross validation*, perusahaan perlu memperhatikan indikasi ini. Karena akurasi yang terlalu tinggi umumnya memberikan generalisir yang buruk ketika digunakan secara luas (Shwartz & David, 2014). Hal ini juga dikarenakan *model Decisiton Tree* sangat tidak stabil pada perubahan kecil yang ada pada data *training* (Li & Belford, 2002). Sedangkan, data yang digunakan pada penelitian ini berupa *sample* yang berasal dari satu macam kendaraan saja. Atau dengan kata lain rentan terhadap bias *sampling*. Oleh karena itu, *model* yang memiliki hasil yang memuaskan serta tampak objektif ialah *MLP Classifier*.



## **BAB VI**

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan laporan kerja praktek yang didapatkan selama kerja praktik di PT Pindad (Persero) berdasarkan pengolahan data beserta analisisnya serta saran untuk perusahaan dalam hal perbaikan yang dapat dilakukan dalam beberapa waktu ke depan.

#### **6.1. Kesimpulan**

Berdasarkan pengolahan data dan analisis klasifikasi bahan baku Panser Anoa 6x6 APC di PT Pindad (Persero), maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat dua metode *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM) yang dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi bahan baku berdasarkan berbagai macam kriteria, yakni AHP-K dan EDAS. Berdasarkan algoritma *K-Means Clustering*, diketahui bahan baku dapat dikategorikan menjadi 3 kelompok. Kelompok A menunjukkan kelompok bahan baku yang memiliki *value* tinggi serta proses pembelian yang panjang. Kelompok ini terdiri dari 6 bahan baku (7,14%) dengan rincian tertera pada bagian sebelumnya. Kelompok ini merupakan kelompok bahan baku yang harus menjadi prioritas utama bagi perusahaan. Hal ini dapat dilakukan dengan memberlakukan aturan khusus, seperti mempersiapkan *supplier* atau bahan baku alternatif, proses pengadaan prioritas, tempat penyimpanan khusus, dan lain sebagainya. Kelompok B menunjukkan bahan baku yang memiliki *value* serta proses pembelian yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok A. Kelompok ini terdiri dari 49 bahan baku (58,33%) dengan rincian tertera pada bagian sebelumnya. Kelompok ini merupakan kelompok bahan baku yang harus diprioritaskan setelah kelompok A. Sedangkan kelompok C menunjukkan bahan baku yang memiliki *value* rendah serta proses pembelian yang cepat. Kelompok ini terdiri dari 29 bahan baku (34,52%) dengan rincian tertera pada bagian sebelumnya. Bahan baku pada kelompok ini dapat diberikan prioritas paling akhir

oleh perusahaan. Metode yang direkomendasikan digunakan oleh perusahaan ialah AHP-K, karena metode tersebut merupakan metode yang lebih objektif karena kombinasi *clustering* dengan algoritma *K-Means Clustering*.

2. Beberapa *model machine learning* dapat digunakan oleh perusahaan sebagai *tools* yang dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap bahan baku. *Model* ini dibangun berdasarkan data hasil klasifikasi menggunakan metode AHP-K ataupun EDAS. Dari lima *model machine learning* yang dibuat, *model Decision Tree* memiliki tingkat akurasi rata-rata yang baik (92%-100%) dengan fluktuasi yang minimal. Akan tetapi, akurasi 100% perlu menjadi catatan bagi perusahaan mengenai indikasi *overfitting* yang dapat mengganggu performa *model* ketika tahap *deployment*. Selain *Decision Tree*, *model MLP Classifier* dapat menjadi alternatif yang solid bagi perusahaan. *Model* ini memiliki akurasi rata-rata yang memuaskan (91,54%-97,65%) dengan fluktuasi yang minim. Hal ini memiliki arti bahwa *model MLP Classifier* dapat memprediksi klasifikasi bahan baku secara tepat sebanyak 91,54% hingga 97,65%.

## 6.2. Saran

Berikut ini merupakan saran bagi perusahaan-PT Pindad (Persero)-maupun penelitian selanjutnya terkait hasil penelitian.

1. Bagi perusahaan dapat mempertimbangkan *framework* hasil penelitian ini sebagai cara atau metode untuk melakukan klasifikasi bahan baku secara rigid dan jelas. Langkah ini dinilai dapat menjadi langkah awal bagi perusahaan untuk mengurangi keterlambatan bahan baku pada proses pengendalian inventori perusahaan.
2. Bagi penelitian selanjutnya ialah perlu melakukan analisis ulang mengenai kriteria serta pembobotan secara lebih mendalam. Selanjutnya, penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis terhadap pembuatan *model machine learning* secara lebih mendalam agar dapat menghasilkan *model* yang memiliki kemampuan lebih baik. Selanjutnya, penelitian selanjutnya dapat melakukan analisis terhadap



aturan-aturan apa saja yang dapat diberlakukan untuk setiap kelompok bahan baku sebagai langkah lanjutan untuk mengurangi keterlambatan bahan baku pada proses pengendalian inventori.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asadabadi. (2018). The Stratified Multi-Criteria Decision-Making Method. *Knowledge-Based Systems*, 115-123.
- Cortes, & Vapnik. (1995). Support Vector Networks. *Machine Learning*, 273-297.
- Ghorabae, M. K., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2018). A Comparative Analysis of the Rank Reversal Phenomenon in the EDAS and TOPSIS Methods . *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 121-134.
- Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., & Antucheviciene, J. (2016). A NEW COMBINATIVE DISTANCE-BASED ASSESSMENT (CODAS) METHOD FOR MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING . *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research*, 25-44.
- Harsanto, B. (2017). *Dasar Ilmu Manajemen Operasi*. Sumedang: Unpad Press.
- Heizer, J., & Render, B. (2004). *Operations Management*, 7th Edition. New Jersey: Pearson Education Inc.
- Kartal, H., Oztekin, A., Gunasekaran, A., & Cebi, F. (2016). An integrated decision analytic framework of machine learning with multi-criteria decision making for multi-attribute inventory classification. *Computers & Industrial Engineering*, 599-613.
- Kumar, & Suresh. (2008). *Production and Operations Management: with Skill Development, Caselets, and Cases*. New Delhi: New Age International (P) Limited.
- Li, R.-H., & Belford, G. (2002). Instability of decision tree classification algorithms. *Proceedings of the eighth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, 570-575.
- Lolli, Balugani, Ishzika, Gamberini, Rimini, & Regattieri. (2018). Machine learning for multi-criteria inventory classification applied to intermittent demand. *PRODUCTION PLANNING & CONTROL*.
- Lolli, Ishizaka, & Gamberini. (2014). New AHP-based approaches for multi-criteria inventory classification. *Int. J. Production Economics*.
- Mahendi, H. (2022). Industri Pertahanan Nasional dalam Strategi Penangkalan. *JIIP (Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan)* , 4763-4768.

- Mulliner, Malys, & Maliene. (2016). Comparative Analysis of MCDM Methods for the Assessment of Sustainable Housing Affordability. *Omega*, 145-156.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nurulloh, M. I., Simbolon, L., & Deksino, G. R. (2022). MEMBANGUN AKUNTABILITAS INDUSTRI PERTAHANAN INDONESIA. *JURNAL EDUCATION AND DEVELOPMENT*, 339-344.
- Rangkuti, F. (2007). *Manajemen Persediaan: Aplikasi di Bidang Bisnis*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Setiadji, A. (2020). *Ekonomi Pertahanan Menghadapi Perang Generasi Keenam*. Jakarta: Universitas Pertahanan Indonesia.
- Shwartz, S. S., & David, B. S. (2014). *Understanding Machine Learning: From Theory to Algorithms*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Susdarwono, E. T., Setiawan, A., & Husna, Y. N. (2020). KEBIJAKAN NEGARA TERKAIT PERKEMBANGAN DAN REVITALISASI INDUSTRI PERTAHANAN INDONESIA DARI MASA KE MASA. *Jurnal USM Law Review*, 155-181.
- Zheng, X., Lei, Q., Yao, R., Gong, Y., & Yin, Q. (2018). Image segmentation based on adaptive K-means algorithm. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*.