

Modul 2 , Material Teknik lan

Klasifikasi bahan teknik logam

berikut penjelasan lengkap dan sistematis tentang **klasifikasi bahan teknik logam** (materi penting dalam “Pemilihan Bahan dan Proses”).

⚙️ **Klasifikasi Bahan Teknik Logam**

Secara umum, **logam teknik** diklasifikasikan berdasarkan **komposisi kimia** dan **struktur kristalnya**, tetapi dalam konteks rekayasa, pembagian praktisnya adalah sebagai berikut:

♦ **1. Logam Ferrous (Mengandung Besi)**

Logam yang **mengandung unsur besi (Fe)** sebagai komponen utama.

Umumnya **kuat, kaku, dan magnetik**, tetapi **mudah berkarat** jika tidak dilindungi.

A. Besi dan Baja (Iron & Steel)

Besi murni jarang digunakan karena lunak → biasanya dipadukan menjadi **baja**.

→ **Klasifikasi baja:**

1. Baja karbon (Carbon Steel)

- Kandungan karbon 0.02–2.0%
- Termasuk:
 - **Baja karbon rendah (mild steel):** <0.3% C → mudah dibentuk, mudah dilas.
 - **Baja karbon sedang:** 0.3–0.6% C → lebih kuat, digunakan untuk poros, roda gigi.
 - **Baja karbon tinggi:** 0.6–1.0% C → keras, digunakan untuk pegas, alat potong.
- **Contoh:** AISI 1020, AISI 1045, AISI 1080.

2. Baja paduan (Alloy Steel)

- Ditambah unsur seperti Cr, Ni, Mo, V, Mn untuk meningkatkan sifat.
- Contoh: **AISI 4340** (Ni-Cr-Mo steel) – kuat & tangguh untuk poros pesawat.
- Dapat dikeraskan melalui perlakuan panas.

3. Baja tahan karat (Stainless Steel)

- Mengandung ≥10,5% Cr → membentuk lapisan oksida pelindung.
- Jenis utama:
 - **Austenitic (SS 304, 316):** nonmagnetik, tahan korosi tinggi.
 - **Ferritic (SS 430):** magnetik, ketahanan korosi sedang.
 - **Martensitic (SS 410):** dapat dikeraskan, digunakan untuk pisau.

B. Besi Tuang (Cast Iron)

Mengandung karbon >2% dan silikon 1–3%.

Sifat: mudah dicor, getas, tahan aus, redaman getaran tinggi.

Jenis-jenisnya:

- **Gray cast iron:** grafit serpih, redaman tinggi (blok mesin).
- **White cast iron:** karbon dalam bentuk sementit, keras tapi rapuh.
- **Ductile (nodular) iron:** grafit bulat → lebih kuat & ulet.
- **Malleable cast iron:** hasil perlakuan panas white iron → lebih lunak.

◆ 2. Logam Non-Ferrous (Tidak Mengandung Besi)

Logam yang **tidak berbasis besi**. Biasanya **ringan, tahan korosi, dan non-magnetik**.

A. Logam Ringan (Light Metals)

1. **Aluminium (Al)**
 - Ringan ($\rho = 2.7 \text{ g/cm}^3$), tahan korosi, konduktor baik.
 - Paduan: **Al-Cu (2024)**, **Al-Mg (5083)**, **Al-Zn (7075)**.
 - Aplikasi: pesawat, mobil, konstruksi, kemasan.
2. **Magnesium (Mg)**
 - Lebih ringan dari Al ($\rho = 1.74 \text{ g/cm}^3$), tetapi mudah terbakar.
 - Paduan: AZ31, ZK60 → dipakai untuk komponen otomotif, aerospace.
3. **Titanium (Ti)**
 - Ringan tapi kuat ($\rho = 4.5 \text{ g/cm}^3$), tahan korosi & suhu tinggi.
 - Paduan: Ti-6Al-4V → digunakan pada pesawat & alat medis.

B. Logam Berat (Heavy Metals)

1. **Tembaga (Cu)**
 - Konduktor listrik & panas sangat baik.
 - Paduan:
 - **Kuningan (Brass):** Cu + Zn → ulet, digunakan untuk fitting & dekorasi.
 - **Perunggu (Bronze):** Cu + Sn → keras, tahan korosi laut.
2. **Nikel (Ni)**
 - Tahan korosi & oksidasi, banyak dipakai sebagai paduan baja tahan panas (Inconel).
3. **Seng (Zn)**
 - Digunakan untuk galvanisasi baja (lapisan anti karat), juga dalam kuningan.
4. **Timah (Sn)**
 - Lunak, digunakan untuk pelapisan anti karat dan paduan solder.
5. **Timbal (Pb)**
 - Berat, lunak, tahan korosi → digunakan pada aki & pelindung radiasi (namun toksik).

◆ 3. Logam Mulia (Precious Metals)

- Emas (Au), Perak (Ag), dan Platinum (Pt).
- Sifat: konduktor sangat baik, tahan korosi ekstrem, mahal.
- Digunakan pada elektronik presisi, katalis, dan perhiasan.

◆ 4. Logam Refraktori

- Titik leleh sangat tinggi $>2000 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Contoh: **Tungsten (W)**, **Molybdenum (Mo)**, **Tantalum (Ta)**, **Niobium (Nb)**.
- Aplikasi: elemen pemanas, nosel roket, elektroda.

◆ 5. Logam Super (Superalloys)

- Paduan berbasis Ni, Co, atau Fe yang tahan suhu tinggi, oksidasi, dan beban berat.
- Contoh: **Inconel, Hastelloy, Nimonic.**
- Aplikasi: turbin gas, pesawat jet, pembangkit listrik.

✿ Ringkasan Perbandingan

Jenis	Unsur utama	Sifat khas	Contoh aplikasi
Ferrous (Baja)	Fe + C (+ paduan)	Kuat, keras, murah, mudah karat	Struktur, mesin
Non-Ferrous Ringan	Al, Mg, Ti	Ringan, tahan korosi	Otomotif, pesawat
Non-Ferrous Berat	Cu, Zn, Sn, Pb	Konduktor, tahan aus	Kelistrikan, pipa
Mulia	Au, Ag, Pt	Tidak reaktif, mahal	Elektronik, perhiasan
Refraktori	W, Mo, Ta	Tahan suhu tinggi	Elemen pemanas
Superalloy	Ni, Co	Kuat di suhu tinggi	Turbin gas

Apakah kamu mau saya lanjutkan ke **klasifikasi bahan non-logam teknik** juga (seperti polimer, keramik, dan komposit)? Itu biasanya bagian lanjutan dari topik ini.

logam teknik diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimia

Betul sekali 👍

Salah satu cara paling umum untuk mengelompokkan **logam teknik** adalah berdasarkan **komposisi kimia-nya**, yaitu melihat **apakah logam tersebut mengandung besi (Fe)** atau tidak.

Berikut penjelasan lengkapnya 🙌

⚙️ Klasifikasi Logam Teknik Berdasarkan Komposisi Kimia

◆ 1. Logam Ferrous (Mengandung Besi / Iron-based Alloys)

Ciri umum:

- Unsur utama: **Besi (Fe)**
- Umumnya **kuat, keras, mudah diproses secara mekanis**, dan **dapat dimagnetkan**
- **Kurang tahan korosi**, kecuali baja tahan karat (stainless steel)

Jenis-jenisnya:

a. Besi dan Baja (Iron & Steel)

- **Besi murni (pure iron)** → sangat lunak, jarang digunakan langsung.
- **Baja (Steel)** → paduan besi dengan karbon (0.02–2.0% C).

Berdasarkan kadar karbonnya:

- **Baja karbon rendah (<0.3% C)** → lunak, mudah dibentuk (mis. plat baja, pipa).
- **Baja karbon sedang (0.3–0.6% C)** → kuat, digunakan untuk poros, roda gigi.
- **Baja karbon tinggi (0.6–1.0% C)** → keras, digunakan untuk alat potong, pegas.

- **Baja paduan (Alloy steel)** → ditambah unsur Cr, Ni, Mo, V, Mn untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan korosi.
Contoh: AISI 4340 (Ni-Cr-Mo steel).

b. Besi Tuang (Cast Iron)

- Kandungan karbon >2%.
- Sifat: keras, getas, mudah dicetak, redaman getaran tinggi.
- Jenis:
 - **Gray cast iron** (grafit serpih)
 - **White cast iron** (grafit dalam bentuk sementit)
 - **Ductile cast iron** (grafit bulat → lebih ulet)
 - **Malleable cast iron** (hasil perlakuan panas white iron)

♦ 2. Logam Non-Ferrous (Tidak Mengandung Besi / Non-Iron-based Alloys)

Ciri umum:

- Tidak mengandung besi sebagai unsur utama
- Umumnya **ringan, tahan korosi, dan non-magnetik**
- Banyak digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan **konduktivitas tinggi** atau **berat ringan**

Jenis-jenisnya:

a. Logam Ringan (Light Metals)

- **Aluminium (Al)** → ringan, tahan karat, konduktor baik.
Contoh paduan: 6061-T6, 7075-T6.
- **Magnesium (Mg)** → paling ringan, tapi mudah terbakar; dipakai pada komponen otomotif/pesawat.
- **Titanium (Ti)** → ringan, kuat, tahan korosi, tetapi mahal dan sulit diproses.

b. Logam Berat (Heavy Metals)

- **Tembaga (Cu)** → konduktor listrik & panas terbaik.
 - Paduan: **Kuningan (Cu + Zn)** dan **Perunggu (Cu + Sn)**.
- **Nikel (Ni)** → tahan oksidasi & korosi, sering digunakan pada paduan tahan panas.
- **Seng (Zn)** → untuk pelapis galvanis (anti karat).
- **Timah (Sn)** → lunak, digunakan dalam solder dan pelapis.
- **Timbal (Pb)** → berat, tahan korosi, tetapi beracun; dipakai untuk baterai.

c. Logam Mulia (Precious Metals)

- Emas (Au), Perak (Ag), Platinum (Pt)
- Tahan korosi ekstrem, konduktor sangat baik, mahal.
- Digunakan untuk perhiasan, elektronik, dan kontak listrik.

💡 Ringkasan Perbandingan

Kategori	Unsur Utama	Contoh	Ciri Umum	Aplikasi
Ferrous	Besi (Fe)	Baja, besi tuang	Kuat, keras, mudah karat	Struktur, mesin, alat potong
Non-Ferrous	Bukan Fe	Al, Cu, Ti, Zn	Ringan, tahan korosi, non-magnetik	Pesawat, otomotif, listrik

Kesimpulan

Berdasarkan **komposisi kimia**, logam teknik dibagi menjadi **dua kelompok besar**:

1. **Logam Ferrous** → berbasis besi
2. **Logam Non-Ferrous** → tidak berbasis besi

Pembagian ini membantu insinyur menentukan **sifat mekanik, ketahanan korosi, dan metode proses** yang sesuai dalam perancangan komponen.

Apakah kamu ingin saya lanjutkan ke **klasifikasi logam berdasarkan proses pembuatannya** (misalnya: logam cor, tempa, sinter, dll)? Itu biasanya bagian berikutnya setelah klasifikasi kimia.

logam teknik diklasifikasikan berdasarkan struktur kristal

“mikro” dari klasifikasi logam teknik, yaitu berdasarkan **struktur kristal logamnya**.

Klasifikasi ini penting karena **struktur kristal** sangat memengaruhi sifat mekanik logam seperti kekuatan, kekakuan, dan keuletan.

Klasifikasi Logam Teknik Berdasarkan Struktur Kristal

Logam pada umumnya memiliki **struktur kristal logam (metallic crystal structure)** — yaitu susunan atom yang **teratur dan berulang** dalam ruang tiga dimensi.

Tiga struktur dasar yang paling umum ditemukan dalam logam teknik adalah:

◆ 1. Body Centered Cubic (BCC – Kubus Berpusat Badan)

◆ Struktur:

- Atom di setiap sudut kubus + **1 atom di tengah badan kubus**.
- Total atom per sel = 2 atom.
- **Koordinasi atom**: 8 (setiap atom bersentuhan dengan 8 atom tetangga).
- **Packing efficiency**: ~68% (jarak antar atom relatif besar).

◆ Sifat-sifat logam BCC:

- Umumnya **kuat dan keras**, tetapi **kurang ulet**.
- Tidak mudah bergeser (slip system lebih sedikit → deformasi plastis sulit).

- Sifat mekanik **berubah signifikan dengan temperatur** (semakin rapuh pada suhu rendah).
- ♦ **Contoh logam BCC:**
 - **Besi α (ferrite)** pada suhu ruang ($T < 912^\circ\text{C}$)
 - **Baja karbon** (struktur dasar ferrite)
 - **Krom (Cr)**
 - **Tungsten (W)**
 - **Molibdenum (Mo)**
 - **Vanadium (V)**
- ♦ **2. Face Centered Cubic (FCC – Kubus Berpusat Muka)**
- ♦ **Struktur:**
 - Atom di setiap sudut kubus + **1 atom di setiap muka kubus**.
 - Total atom per sel = 4 atom.
 - **Koordinasi atom:** 12 (lebih rapat dari BCC).
 - **Packing efficiency:** $\sim 74\%$ (paling rapat setelah HCP).
- ♦ **Sifat-sifat logam FCC:**
 - **Sangat ulet dan mudah dibentuk (ductile).**
 - Mempunyai banyak sistem bidang geser (12 slip system).
 - Tidak mudah menjadi rapuh pada suhu rendah.
 - Umumnya **mudah ditempa, digulung, dan ditarik.**
- ♦ **Contoh logam FCC:**
 - **Aluminium (Al)**
 - **Tembaga (Cu)**
 - **Nikel (Ni)**
 - **Perak (Ag)**
 - **Emas (Au)**
 - **Besi γ (austenite)** – pada suhu $> 912^\circ\text{C}$
- ♦ **3. Hexagonal Close Packed (HCP – Heksagonal Rapat)**
- ♦ **Struktur:**
 - Atom tersusun dalam bentuk **heksagonal** dengan lapisan atom yang rapat (A–B–A–B).
 - Total atom per sel = 6 atom.
 - **Koordinasi atom:** 12 (rapat seperti FCC).
 - **Packing efficiency:** $\sim 74\%$ (sama dengan FCC).
- ♦ **Sifat-sifat logam HCP:**
 - **Kaku dan kuat, tetapi kurang ulet.**
 - Memiliki sedikit bidang geser (hanya 3 slip system aktif).
 - **Sulit dibentuk plastis** pada suhu ruang, namun bisa pada suhu tinggi.

♦ **Contoh logam HCP:**

- Magnesium (Mg)
- Titanium (Ti)
- Seng (Zn)
- Kobalt (Co)
- Zirkonium (Zr)

✚ **Perbandingan Singkat**

Struktur Kristal	Contoh Logam	Atom per Sel	Slip System	Keuletan	Kekuatan	Packing Efficiency
BCC	Fe (α), Cr, W	2	Sedikit (kurang geser)	Rendah	Tinggi	68%
FCC	Al, Cu, Ni, Ag, Au	4	Banyak (mudah geser)	Tinggi	Sedang	74%
HCP	Mg, Ti, Zn	6	Sedikit	Rendah—sedang	Tinggi	74%

🧠 **Kesimpulan**

Berdasarkan **struktur kristal**, logam teknik dibedakan menjadi tiga kelompok utama:

- **BCC (Body Centered Cubic)** → kuat, keras, tapi kurang ulet
- **FCC (Face Centered Cubic)** → sangat ulet, mudah dibentuk
- **HCP (Hexagonal Close Packed)** → kuat dan kaku, tapi sulit dibentuk

Struktur kristal ini menentukan **sifat mekanik, perilaku deformasi, dan perlakuan panas** logam — sehingga penting dalam **pemilihan bahan dan proses manufaktur**.

Sifat mekanik adalah sifat-sifat suatu bahan yang berhubungan dengan **kemampuan bahan tersebut menahan gaya atau beban dari luar** tanpa mengalami kerusakan atau perubahan bentuk yang berlebihan.

Sifat ini sangat penting dalam bidang teknik mesin, karena menentukan bagaimana bahan akan berperilaku saat digunakan pada komponen mesin, struktur, atau alat.

Berikut penjelasan **sifat-sifat mekanik utama**:

1. 🧱 **Kekuatan (Strength)**

