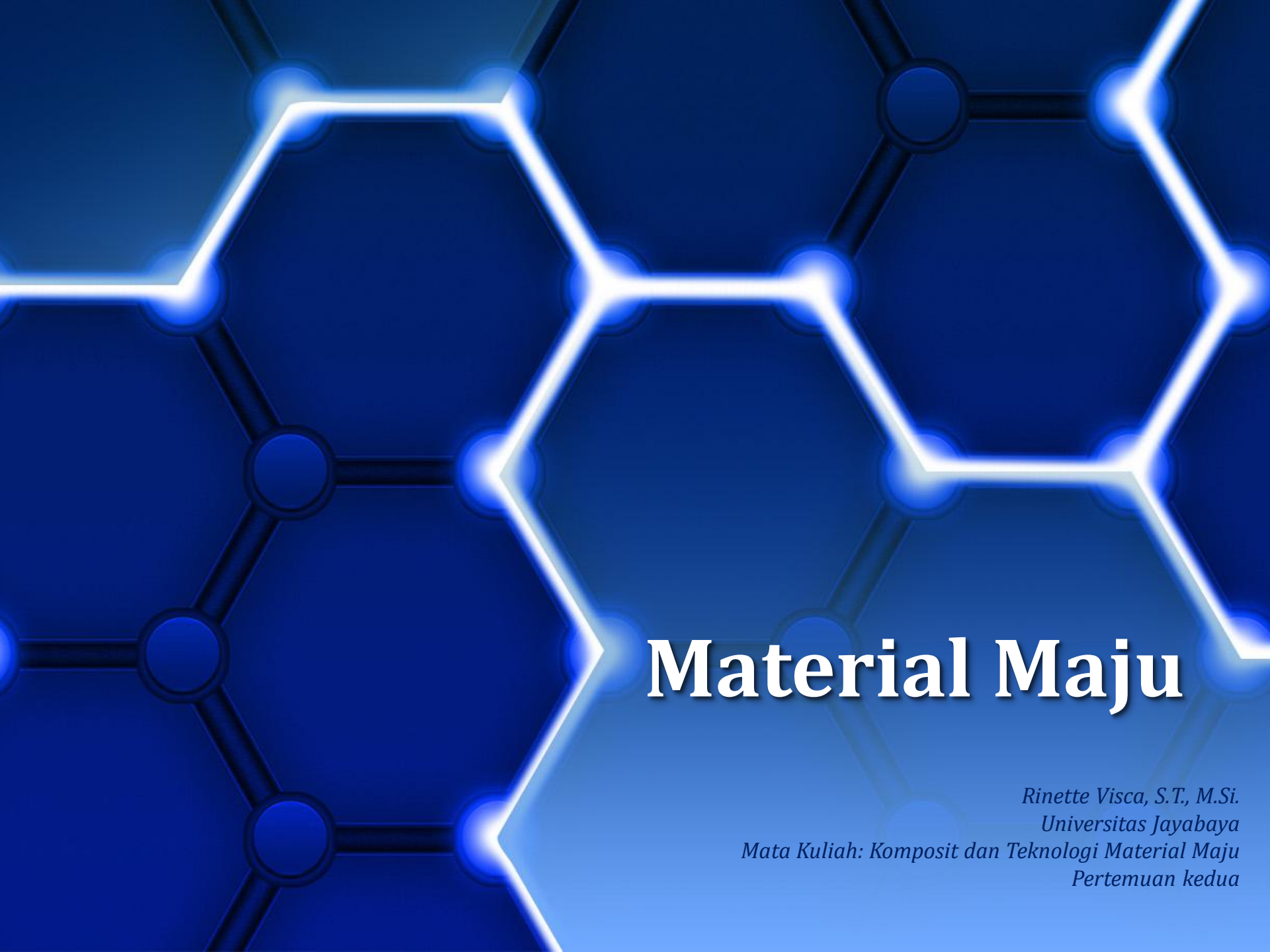




Material Maju

*Rinette Visca, S.T., M.Si.
Universitas Jayabaya
Mata Kuliah: Komposit dan Teknologi Material Maju
Pertemuan kedua*

Tujuan Pembelajaran

- Memahami konsep dasar material maju
- Mengidentifikasi karakteristik utama material maju
- Mengklasifikasikan jenis material maju berdasarkan sifat dan aplikasi
- Menjelaskan relevansi material maju dalam teknologi industri kimia

Pendahuluan

- Perkembangan teknologi menuntut material berperforma tinggi, efisien, dan tahan lingkungan.
- Material maju adalah inti inovasi dalam era Revolusi Industri 4.0 dan 5.0.

Konsep Dasar Material Maju

- Material yang memiliki karakteristik unggul dibandingkan material konvensional.
- Dikembangkan melalui rekayasa mikro, nano, dan teknologi komputasi modern.

Evolusi Material

- Pra-sejarah: batu, kayu, tulang.
- Klasik: logam dan keramik.
- Industri: baja, polimer.
- Modern: komposit, semikonduktor.
- Maju: nanomaterial dan smart material.

Material maju

Material maju adalah material dengan **struktur, komposisi, atau fungsi yang dimodifikasi secara ilmiah** untuk menghasilkan **sifat mekanik, termal, listrik, atau kimia yang luar biasa**, dan sering kali dikembangkan menggunakan **teknologi mutakhir** (misalnya nanoteknologi atau material cerdas).

Contoh Aplikasi 'Material Maju'

Bidang	Contoh Material Maju	Aplikasi
Medis	NiTi (SMA), biopolimer	Stent, kawat gigi, implan
Energi	Perovskite, graphene	Sel surya, baterai, superkapasitor
Aerospace	Komposit serat karbon	Struktur pesawat dan satelit
Otomotif	Al-Mg alloy, CFRP	Mobil ringan dan efisien
Elektronik	Semikonduktor GaN, nanomaterial	Chip, sensor, layar fleksibel

Karakteristik Material Maju

- Sifat mekanik tinggi, tahan panas, dan ringan.
- Struktur mikro/nano terkontrol.
- Ramah lingkungan dan efisiensi energi.
- Responsif terhadap stimulus eksternal.

contoh nyata seperti graphene atau superalloy

Klasifikasi Utama Material Maju

◆ Material Cerdas (Smart Materials)

1. Merespons perubahan lingkungan (suhu, tekanan, medan listrik, dll).
2. Contoh: Shape Memory Alloy (NiTi), piezoelectric materials, magnetorheological fluid.

1. Material Komposit (Composite Materials)

1. Gabungan dua atau lebih material yang berbeda sifat untuk hasil lebih kuat dan ringan.
2. Contoh: CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer), GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer).

2. Material Nano (Nanomaterials)

1. Memiliki struktur pada skala nanometer (1–100 nm).
2. Contoh: nanotube karbon, nanopartikel perak, graphene.

3. Material Biomedis (Biomaterials)

1. Didesain untuk aplikasi medis dan biologis.
2. Contoh: titanium alloy untuk implan, hidrogel, polimer bioresorbable.

4. Material Keramik Maju (Advanced Ceramics)

1. Memiliki ketahanan suhu tinggi dan keras namun ringan.
2. Contoh: silikon karbida (SiC), zirkonia (ZrO₂), alumina (Al₂O₃).

5. Material Fungsional (Functional Materials)

1. Fokus pada fungsi elektronik, magnetik, atau optik.
2. Contoh: semikonduktor, superkonduktor, material ferromagnetik.

Rekayasa Struktur–Sifat–Fungsi

- Desain material dilakukan berdasarkan hubungan antara struktur, sifat, dan fungsi.
- Pendekatan meliputi simulasi komputasi, sintesis, dan karakterisasi mikrostruktur.

Material Struktural

- Digunakan untuk menahan beban mekanik.
- Contoh: superalloy, komposit serat karbon, keramik struktural.

Material Fungsional

- Memiliki fungsi listrik, optik, magnetik, atau biologis.
- Contoh: semikonduktor, piezoelektrik, biomaterial.

Nanomaterial

- Ukuran <100 nm dengan efek kuantum unik.
- Contoh: graphene, carbon nanotube, quantum dots.

Material Komposit

- Kombinasi dua material berbeda menghasilkan sifat sinergis.
- Contoh: CFRP, GFRP, metal matrix composite.

Polimer Maju

- Tahan panas dan kimia tinggi (PEEK, PTFE).
- Digunakan untuk elektronik fleksibel, membran, dan sensor.

Logam Maju

- Superalloy berbasis Ni, Co, atau Ti.
- High Entropy Alloys (HEA) mengandung ≥ 5 elemen logam.

Keramik Maju

- Sifat keras, stabil secara kimia, dan tahan suhu tinggi.
- Contoh: SiC, Al₂O₃, ZrO₂.

Smart Materials

SMA (NiTi)

SMA (Shape Memory Alloy) adalah paduan logam yang memiliki kemampuan “mengingat bentuk” yaitu dapat kembali ke bentuk semula setelah mengalami deformasi (dibengkokkan, diregangkan, dsb.) ketika dipanaskan.

Salah satu **contoh paling umum dari SMA** adalah **paduan Nikel–Titanium (NiTi)**, yang sering dikenal dengan nama **Nitinol** (singkatan dari *Nickel Titanium Naval Ordnance Laboratory*).

Smart Materials

SMA (NiTi)

Komposisi Umum

- **Nikel (Ni):** $\pm 55\%$ berat
- **Titanium (Ti):** $\pm 45\%$ berat



Foto Pegas Shape Memory alloy SMA Niti

Smart Materials

SMA (NiTi)

Karakteristik SMA (NiTi)

1. Efek ingatan bentuk (Shape Memory Effect)

→ Setelah dideformasi pada suhu rendah (fase martensit), bahan ini akan kembali ke bentuk awalnya saat dipanaskan ke suhu lebih tinggi (fase austenit).

2. Superelastisitas (Pseudoelasticity)

→ Pada suhu di atas suhu transisi, NiTi dapat menahan deformasi besar dan kembali ke bentuk semula tanpa pemanasan — hanya dengan melepaskan beban.

3. Suhu transisi

→ Rentang suhu di mana perubahan antara fase martensit ↔ austenit terjadi.

Nilai ini dapat diatur dengan komposisi Ni dan Ti serta perlakuan panas.

Smart Materials

SMA (NiTi)



Aplikasi SMA (NiTi)

- Bidang medis → stent, kawat gigi, guidewire
- Industri → aktuator, kopling otomatis, sensor suhu
- Aerospace & robotik → material adaptif dan sistem kontrol pasif

Smart Materials

SMA (NiTi)

Jadi, **SMA bisa berupa NiTi**, tetapi tidak semua SMA adalah NiTi — ada juga SMA berbasis Cu-Al-Ni, Fe-Mn-Si, dan lainnya. Namun **NiTi adalah yang paling populer dan efektif** karena sifat reversibilitas dan daya tahannya sangat baik.

Smart Materials

- Merespons stimulus eksternal seperti panas, listrik, atau cahaya.
- Contoh:
 1. SMA (NiTi)
 2. piezoelectric (PZT)
 3. electrochromic glass.

Biomaterial

- Dirancang agar biokompatibel dan biodegradable.
- Contoh: titanium, hidrogel, biopolimer PLA.

Material Energi

- Digunakan dalam penyimpanan dan konversi energi.
- Contoh: baterai Li-ion, fuel cell, material fotovoltaiik.

Material Lingkungan

- Berfungsi mengatasi polusi dan pemisahan limbah.
- Contoh: karbon aktif, membran filtrasi, katalis oksidasi.

Material Elektronik

- Mengatur konduktivitas dan arus listrik.
- Contoh: Si, GaN, superkonduktor.

Material Optik

- Berinteraksi dengan cahaya melalui refleksi, transmisi, atau emisi.
- Contoh: photonic crystal, OLED, quantum dots.

Tren Penelitian Material Maju

- Integrasi AI dalam desain material baru.
- Pengembangan material ramah lingkungan dan dapat didaur ulang.

Tantangan Global

- Biaya sintesis tinggi dan proses kompleks.
- Kesulitan daur ulang nanomaterial.
- Skala industri dan keselamatan lingkungan.

Peran Teknik Kimia

- Merancang proses sintesis material.
- Karakterisasi termodinamika dan kinetika reaksi.
- Produksi skala industri untuk material fungsional.

Tugas

Tentukan karakteristik smart material berikut disertai foto nya:

1. piezoelectric (PZT)
2. electrochromic glass

- Minimal 4 halaman
- Dikumpulkan 26 Oktober ke e-learning

Kesimpulan

- Material maju adalah fondasi inovasi teknologi masa depan.
- Sinergi antara sains material dan teknik kimia sangat penting.

Referensi

- Callister & Rethwisch (2020). Materials Science and Engineering.
- Ashby & Jones (2019). Engineering Materials.
- Shackelford (2021). Introduction to Materials Science.
- Liu et al. (2022). Advanced Functional Materials.
- Jurnal: Advanced Materials, Nature Materials, Progress in Materials Science.



Terima kasih