



Perbandingan Material untuk Chasis Mobil

Arib Febrian¹, Surya Eka Arianto², Ratu Fauziah Wahdah³.

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma

Alamat: Depok, Indonesia

Ratuf403@gmail.com

Abstract— *This study evaluates various engineering materials based on the relationship between density and mechanical, thermal, and economic properties, using bubble chart visualization. Analysis was performed on six key parameters: Young's modulus, yield strength, fracture toughness, price, fatigue strength, and thermal distortion resistance. Results show that high-density materials, such as steel and nickel-based superalloys, excel in fracture toughness and thermal resistance. However, lightweight materials such as CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) stood out due to their high strength-to-weight ratio, making them ideal for weight-sensitive applications such as automotive chassis. CFRP was chosen as the best candidate due to its high stiffness, durability, and structural efficiency, despite its relatively high cost.*

Keywords— : *automotive chassis, CFRP, fatigue strength, fracture toughness, material properties, thermal distortion, Young's modulus, yield strength.*

Abstract— Penelitian ini mengevaluasi berbagai material teknik berdasarkan hubungan antara densitas dengan sifat mekanik, termal, dan ekonomi, menggunakan visualisasi bubble chart. Analisis dilakukan pada enam parameter utama: modulus Young, kekuatan luluh, ketangguhan retak, harga, ketahanan terhadap kelelahan, dan ketahanan terhadap distorsi termal. Hasil analisis menunjukkan bahwa material dengan densitas tinggi, seperti baja dan paduan berbasis nikel, unggul dalam ketangguhan retak dan ketahanan termal. Namun, material ringan seperti CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) menonjol karena rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi, menjadikannya ideal untuk aplikasi yang sensitif terhadap bobot, seperti sasis otomotif. CFRP dipilih sebagai kandidat terbaik karena kekakuan tinggi, daya tahan, dan efisiensi strukturalnya, meskipun memiliki biaya yang relatif tinggi..

Keywords : sasis otomotif, CFRP, kekuatan kelelahan, ketangguhan retak, sifat material, distorsi termal, modulus Young, kekuatan luluh.

PENDAHULUAN

Pemilihan material adalah aspek krusial dalam desain dan rekayasa struktural, terutama untuk aplikasi yang memerlukan kombinasi optimal antara kekuatan, kekakuan, dan efisiensi berat. Salah satu tantangan utama dalam proses ini adalah memahami trade-off antara sifat mekanik, termal, dan ekonomi dari berbagai material. Dalam industri otomotif, misalnya, sasis kendaraan harus dirancang untuk menahan beban dinamis dan statis, sementara tetap menjaga efisiensi bahan bakar melalui pengurangan berat. Oleh karena itu, evaluasi komprehensif terhadap material menjadi sangat penting. [5]

Material baja, paduan aluminium, paduan titanium, dan komposit serat karbon (CFRP) menawarkan berbagai karakteristik unik [7]. Baja dikenal karena kekuatannya yang tinggi dan biaya rendah, tetapi memiliki densitas tinggi yang dapat memengaruhi efisiensi bahan

bakar. Paduan aluminium menawarkan densitas rendah dan biaya moderat, tetapi kekuatan mekaniknya terbatas dibandingkan baja [1]. Paduan titanium memberikan kekuatan tinggi dengan densitas yang lebih rendah, namun biayanya jauh lebih mahal. Sementara itu, CFRP menonjol sebagai material yang sangat ringan dengan rasio kekuatan terhadap berat yang luar biasa, meskipun dengan harga yang relatif tinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi berbagai material teknik berdasarkan hubungan antara densitas dan parameter penting lainnya, seperti modulus Young, kekuatan luluh, ketangguhan retak, harga, kekuatan leleh, dan ketahanan distorsi termal [6]. Analisis ini dilakukan untuk menentukan material terbaik yang dapat digunakan sebagai sasis otomotif, dengan fokus pada keseimbangan antara kinerja struktural, efisiensi berat, dan biaya.

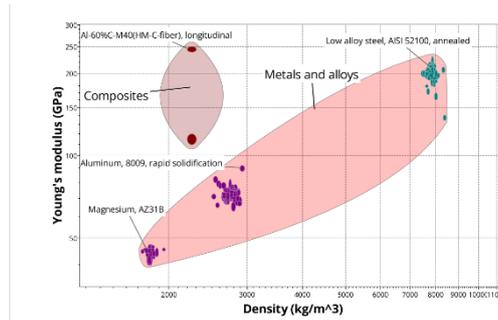
METODE PENELITIAN

Densitas *against Modulus Young* dijelaskan dalam Grafik gelembung menunjukkan bagaimana kekakuan material, yang diwakili oleh Modulus Young, berkorelasi dengan densitas. Material dengan densitas lebih tinggi umumnya memiliki kekakuan yang lebih besar, sehingga cocok untuk aplikasi yang membutuhkan kekakuan, seperti komponen struktural dan kedirgantaraan. Namun, pengecualian ditemukan pada komposit, yang mencapai kekakuan tinggi pada densitas rendah, menonjolkan efisiensinya dalam desain ringan.

Tabel 1 Densitas *against modulus young*

Baja	Alumunium	CRRP
7,8 g/cm ³	2,7 g/cm ³	1,6 g/cm ³
210 GPa	70 GPa	150 GPa

Material Terbaik: CFRP memberikan rasio kekakuan terhadap berat yang tinggi, menjadikannya ideal untuk aplikasi ringan. [2]



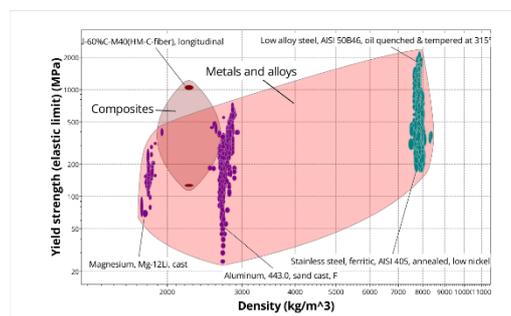
Gambar 1 Bubble chart of densitas against modulus young

Densitas *against* Kekuatan Luluh di jelaskan dalam Grafik ini menyoroti hubungan antara densitas dan kekuatan luluh, yang merupakan sifat penting untuk menunjukkan tegangan maksimum yang dapat ditahan material sebelum deformasi permanen. Logam dengan densitas tinggi, seperti baja dan paduan titanium, mendominasi wilayah kanan atas, menunjukkan keunggulan kekuatannya. Paduan ringan, seperti aluminium, menunjukkan kekuatan luluh lebih rendah, tetapi densitasnya yang rendah membuatnya layak untuk aplikasi yang sensitif terhadap berat.

Tabel 2 Densitas *against* Kekuatan Luluh

Baja	Titanium	Alumunium
7,8 g/cm ³	4,5 g/cm ³	2,7 g/cm ³
1200 Mpa	900Mpa	400MPa

Material Terbaik: Paduan titanium menawarkan keseimbangan kekuatan dan berat yang sangat baik. [4]



Gambar 2 Bubble chart of densitas against kekuatan luluh

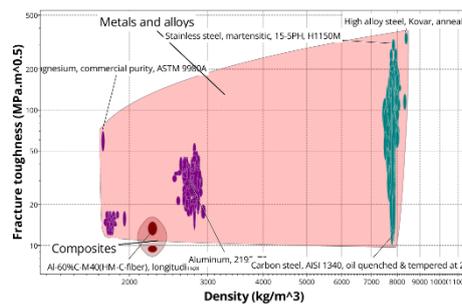
Densitas *against* Ketangguhan Retak atau Ketangguhan retak, yang mengukur kemampuan material untuk menahan propagasi retakan, diplot terhadap densitas. Material dengan densitas tinggi seperti baja dan beberapa superalloy berbasis nikel menunjukkan

ketangguhan retak yang unggul, cocok untuk komponen pembawa beban kritis. Sebaliknya, material ringan, termasuk komposit, menunjukkan ketangguhan retak sedang, yang sering ditingkatkan melalui penguatan serat.

Tabel 3 Densitas against Ketangguhan Retak

Baja	Titanium	CFRP
7,8 g/cm ³	4,5 g/cm ³	1,6 g/cm ³
150 Mpa	115 MPa	50 MPa

Material Terbaik: Baja memberikan ketangguhan retak tertinggi, menjadikannya ideal untuk komponen struktural kritis. [7]



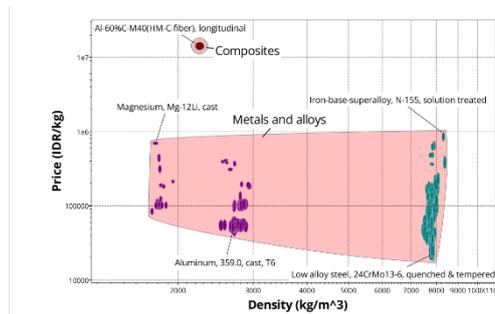
Gambar 3 Bubble chart of Densitas against Ketangguhan Retak

Densitas *against* Harga Kelayakan ekonomi dianalisis dengan menghubungkan densitas dan harga material. Grafik ini menunjukkan bahwa material ringan berkinerja tinggi, seperti CFRP dan paduan titanium, jauh lebih mahal daripada logam tradisional. Trade-off ini menekankan pentingnya menyeimbangkan kinerja dan biaya dalam pemilihan material untuk manufaktur skala besar.

Tabel 4 Densitas against Harga

Baja	Alumunium	CFRP	Titanium
7,8 g/cm ³	2,7 g/cm ³	1,6 g/cm ³	4,5 g/cm ³
\$1,5/kg	\$2/kg	\$20/kg	\$130/kg

Material Terbaik: Paduan aluminium menawarkan keseimbangan terbaik antara biaya dan kinerja.^[2]



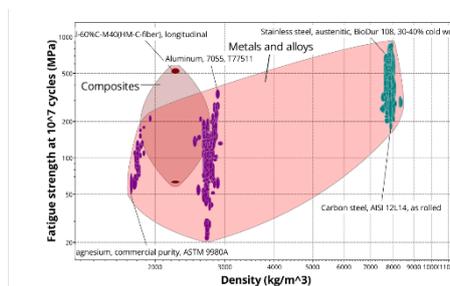
Gambar 4 Bubble chart of Densitas against Harga

Densitas *against* Kekuatan Lelah Kekuatan lelah, yang menunjukkan ketahanan terhadap beban siklik, dibandingkan dengan densitas. Logam seperti baja dan paduan titanium menunjukkan ketahanan lelah yang tinggi, menjadikannya ideal untuk aplikasi dinamis. Material ringan, meskipun kurang tahan terhadap lelah, dapat direkayasa untuk meningkatkan kinerjanya dalam skenario tegangan siklik, terutama dalam struktur kedirgantaraan.

Tabel 5 Densitas *against* Kekuatan Lelah

Baja	Titanium	CFRP
7,8 g/cm ³	4,5 g/cm ³	1,6 g/cm ³
600 Mpa	450 Mpa	500 Mpa

Material Terbaik: Paduan titanium unggul untuk aplikasi yang kritis terhadap lelah.^[3]



Gambar 5 Bubble chart of Densitas against Kekuatan Lelah

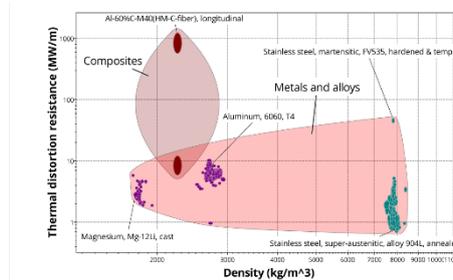
Densitas *against* Ketahanan Distorsi Termal Hubungan antara densitas dan ketahanan terhadap distorsi termal sangat penting untuk aplikasi suhu tinggi. Material dengan densitas

tinggi seperti keramik dan superalloy menunjukkan ketahanan distorsi termal yang superior karena kemampuannya mempertahankan bentuk di bawah tekanan termal. Material ringan umumnya menunjukkan ketahanan yang lebih rendah, membatasi penggunaannya dalam lingkungan termal ekstrem kecuali dimodifikasi dengan tepat.

Tabel 6 Densitas *against* Ketahanan Distorsi Termal

Superalloy	Keramik	CFRP
8,4 g/cm ³ ,	3,0 g/cm ³	1,6 g/cm ³ ,
Tinggi	Sangat Tinggi	Sedang

. Material Terbaik: Keramik menawarkan ketahanan distorsi termal tertinggi, ideal untuk lingkungan ekstrem. [6]



Gambar 6 Bubble chart of Densitas *against* Ketahanan Distorsi Termal

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data ini menyoroti adanya trade-off dalam pemilihan material, menekankan bahwa tidak ada material tunggal yang secara optimal memenuhi semua persyaratan teknik. Logam seperti baja dan paduan titanium memberikan kinerja mekanis yang sangat baik tetapi memiliki berat yang lebih tinggi. Komposit seperti CFRP menawarkan rasio kekuatan terhadap berat yang luar biasa tetapi terbatas oleh biaya yang lebih tinggi dan ketangguhan retak sedang.

KESIMPULAN

CFRP adalah material yang menjanjikan untuk digunakan pada sasis mobil karena menawarkan kombinasi unik dari kekuatan, kekakuan, dan keringanan. Meskipun ada tantangan terkait biaya dan produksi, penggunaan CFRP pada sasis mobil diperkirakan akan terus meningkat di masa depan seiring dengan perkembangan teknologi.

REFERENSI

- Ahmed, H., & Khan, M. (2023). Kerangka pemilihan material menggunakan analisis keputusan multikriteria untuk struktur ringan. *Material Teknik dan Teknologi*, 45(3).
- Dewangan, S., & Chattopadhyaya, S. (2022). Analisis pengaruh quenching dan tempering terhadap sifat mekanik dan mikrostruktur pelat las 304-SS. *Acta Metallurgica Slovaca*, 28(3), 140–146.
- Gao, X., & Zhang, L. (2021). Perilaku kelelahan paduan ringan dalam kondisi pembebanan siklik. *Jurnal Internasional Ilmu Mekanik*, 205.
- Li, Y., & Huang, Z. (2020). Studi komparatif tentang kekuatan luluh paduan struktural untuk aplikasi dirgantara. *Jurnal Teknik Dirgantara*, 37(6).
- Singh, A. K., & Singh, R. P. (2018). Sifat mekanik paduan aluminium kekuatan tinggi: Tinjauan komprehensif. *Jurnal Ilmu Material*, 53(15).
- Sun, X., & Li, J. (2019). Ketahanan distorsi termal pada komposit matriks logam: Studi kasus. *Material dan Desain*, 174, 10.
- Zhang, Y., Zhuang, J., & Xu, T. (2020). Analisis ketangguhan fraktur polimer yang diperkuat serat karbon. *Ilmu dan Teknologi Komposit*, 195.
- Fadila, A. (2013). Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik dengan Menggunakan Perangkat Lunak ANSYS 14.5.
- Sri Mulyo Bondan Respati., (2020). Analisa Ketebalan Lapisan Komposit Matriks Fiber Carbon-Honeycomb Dan Penguat Resin Lycal
- Montesano J, Fawaz Z, Bougherara H (2013) Penggunaan termografi inframerah untuk menyelidiki perilaku kelelahan komposit polimer yang diperkuat serat karbon.
- Miyachi K, Muranaka Y, Nonaka S, Nagano H (2020) Usulan metode identifikasi orientasi serat untuk CFRP serat terputus-putus berdasarkan pengukuran distribusi difusivitas termal menggunakan termografi lock-in dan demonstrasi efektivitasnya berdasarkan sifat mekanis.
- Alessi, S.; Pitarresi, G.; Spadaro, G. Efek penuaan hidrotermal pada perilaku fraktur termal dan delaminasi komposit CFRP. *Compos. Part B-Eng.*2014 , 67 , 145–153.
- Tang H, Zhou G, Chen Z, Huang L, Avery K, Li Y, Liu H, Guo H, Kang H, Zeng D, Engler-Pinto C, Su X (2019) Analisis perilaku lelah dan pemodelan multiskala komposit yang diperkuat serpihan serat karbon cincang dalam kondisi pembebanan tegangan-tegangan.

Ishizaki, T. dan Nagano, H., Pengukuran distribusi difusivitas termal 3D dengan termografi lock-in dan aplikasi untuk CFRP konduktivitas termal tinggi, *Fisika Inframerah dan Teknologi*, Vol.99 (2019), hlm.248-256.

Öchsner, A., da Silva, L.F.M., Altenbach, H.: *Design and analysis of materials and engineering structures*. Springer, Verlag Berlin Heidelberg (2013).