

Analisis Perbedaan Material ABS dan Biomaterial pada Frame Kacamata

Rama Hendrawan^{1*}, Dzakwan², Alfandi Yusuf Prabowo³, and Martina Puspita Sari⁴

¹²³⁴Teknik Mesin, Institut Teknologi Kalimantan

Abstrak

Pemilihan material pada frame kacamata memiliki peran penting dalam menentukan kekuatan mekanik, kenyamanan pengguna, serta aspek keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan perilaku mekanik material *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Polylactic Acid* (PLA) sebagai material frame kacamata menggunakan pendekatan simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA). Simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SolidWorks Simulation menggunakan skema pembebanan lentur (*flexural test*) yang mengacu pada standar ASTM D790 sebagai dasar penentuan kondisi pembebanan dan batasan. Model tiga dimensi frame kacamata dibuat dengan geometri yang sama untuk kedua material guna memastikan hasil perbandingan yang objektif. Material ABS dan PLA dimodelkan sebagai material isotropik dan homogen dengan sifat mekanik yang mengacu pada basis data material perangkat lunak. Pembebanan lentur sebesar 5 N diberikan pada bagian tengah Frame depan kacamata untuk merepresentasikan kondisi penggunaan normal, sementara bagian ujung gagang kacamata ditetapkan sebagai tumpuan tetap. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan Von Mises, regangan ekuivalen, dan deformasi maksimum. Hasil simulasi menunjukkan bahwa frame kacamata berbahan ABS menghasilkan tegangan Von Mises maksimum sebesar $6,115 \times 10 \text{ N/m}^2$, regangan maksimum $2,495 \times 10^2$, dan deformasi maksimum 84,14 mm. Sementara itu, frame kacamata berbahan PLA menghasilkan tegangan maksimum sebesar $6,621 \times 10 \text{ N/m}^2$, regangan maksimum $1,490 \times 10^2$, dan deformasi maksimum 52,90 mm. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa ABS memiliki sifat yang lebih ulet dan fleksibel, sedangkan PLA bersifat lebih kaku dengan deformasi yang lebih kecil namun mengalami tegangan yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, material ABS menunjukkan performa mekanik yang lebih baik dan fleksibilitas yang lebih tinggi, sehingga lebih sesuai digunakan sebagai frame kacamata untuk penggunaan jangka panjang. Di sisi lain, PLA memiliki potensi sebagai alternatif material ramah lingkungan, dengan catatan penggunaannya dibatasi pada kondisi beban ringan hingga sedang. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pemilihan material frame kacamata yang mempertimbangkan keseimbangan antara performa mekanik dan keberlanjutan lingkungan.

Keywords: ABS; PLA; Frame Kacamata; *Finite Element Analysis*; Uji Lentur; ASTM D790

Abstract

Material selection for eyeglass frames plays an important role in determining mechanical strength, user comfort, and environmental sustainability. This study aims to compare the mechanical behavior of Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) and Polylactic Acid (PLA) as eyeglass frame materials using a numerical simulation approach based on Finite Element Analysis (FEA). The simulation was conducted using SolidWorks Simulation, applying a flexural loading scheme based on the ASTM D790 standard as a reference for loading conditions and boundary definitions. A three-dimensional eyeglass frame model was developed with identical geometry for both materials to ensure an objective comparison. ABS and PLA were modeled as isotropic and homogeneous materials, with mechanical properties obtained from the software's material database. A flexural load of 5 N was applied to the center of the front frame to represent normal usage conditions, while the ends of the temples were defined as fixed supports. The evaluated parameters included Von Mises stress, equivalent strain, and maximum deformation. The simulation results show that the ABS eyeglass frame produced a maximum Von Mises stress of $6.115 \times 10 \text{ N/m}^2$, a maximum strain of 2.495×10^2 , and a maximum deformation of 84.14 mm. In

Article Info Open Access

Submitted 28 Nov 2025

Accepted 26 Dec 2025

*Corresponding author
03241085@student.itk.ac.id

Citation

Volume 1 No. 1 (2026)
Journal of Mechanical and
Industrial
doi:
10.18860/jomi.v1i1.37845

contrast, the PLA frame generated a higher maximum stress of $6.621 \times 10 \text{ N/m}^2$, with a lower maximum strain of 1.490×10^2 and a smaller deformation of 52.90 mm. These results indicate that ABS exhibits greater ductility and flexibility, while PLA demonstrates a stiffer response under the same loading conditions. Based on the comparative analysis, ABS shows superior mechanical performance and flexibility, making it more suitable for long-term eyeglass frame applications. Meanwhile, PLA remains a promising environmentally friendly alternative, provided that its use is limited to light-to-moderate loading conditions. This study provides a useful reference for selecting eyeglass frame materials by balancing mechanical performance and sustainability considerations.

Keywords: ABS; PLA; Eyeglass Frame; Finite Element Analysis; Flexural Test; ASTM D790

1 Pendahuluan

Kacamata merupakan salah satu alat optik yang berfungsi sebagai alat bantu penglihatan dan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Menurut [1], kacamata didefinisikan sebagai instrumen optik yang terdiri dari bingkai (frame) yang menahan sepasang lensa untuk mengoreksi gangguan penglihatan, baik jarak dekat maupun jarak jauh, serta berfungsi sebagai pelindung, penunjang mode, dan peningkat rasa percaya diri. Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, kacamata tidak hanya mengalami inovasi pada jenis lensa, tetapi juga berkembang menjadi elemen penting dalam dunia fashion.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kacamata masih menjadi pilihan yang paling praktis, aman, dan ekonomis bagi masyarakat dalam meningkatkan ketajaman penglihatan [2]. Selain fungsi optik, aspek lain yang terus berkembang adalah pemilihan material bingkai kacamata. Pemilihan material bingkai tidak hanya mempertimbangkan kenyamanan pengguna, tetapi juga faktor keamanan, estetika, serta keberlanjutan lingkungan. Salah satu material yang banyak digunakan dalam pembuatan bingkai kacamata adalah *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS). Bingkai kacamata berbahan ABS memiliki berbagai keunggulan mekanik yang menjadikannya pilihan dalam produksi bingkai optik.

Material ABS dikenal memiliki kekuatan yang baik dan ketahanan terhadap benturan, sehingga mampu menahan tekanan serta deformasi selama penggunaan. Studi numerik menunjukkan bahwa ABS memiliki deformasi yang relatif rendah di bawah pembebanan jika dibandingkan dengan material komposit berbasis serat bambu, yang mengindikasikan stabilitas mekanik ABS cukup baik untuk aplikasi industri [3]. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa ABS memiliki karakteristik mekanik yang unggul, khususnya dalam hal respon lentur dan kekakuan struktural, sehingga berpengaruh signifikan terhadap kinerja produk berbasis polimer[4].

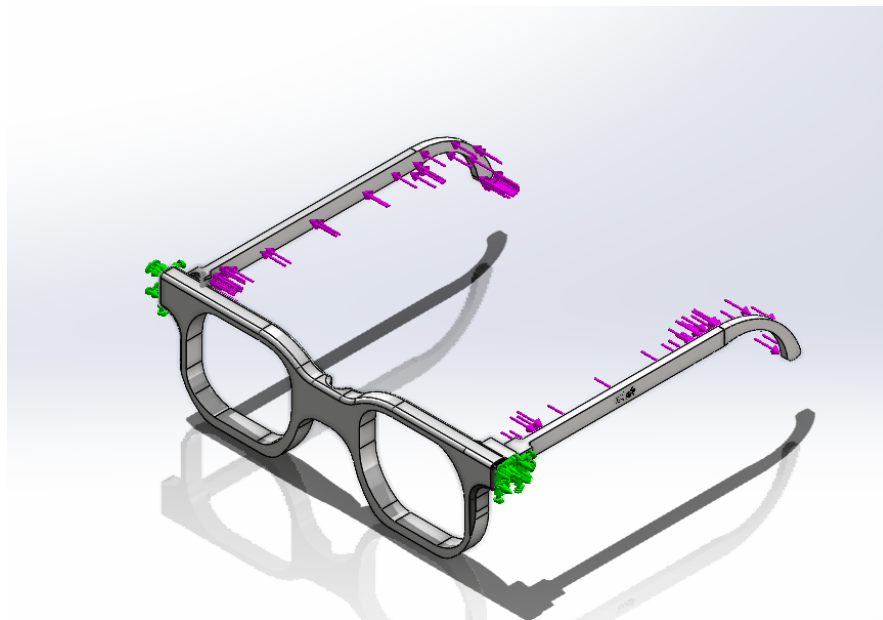
Selain ABS, *Polylactic Acid* (PLA) juga dikembangkan sebagai alternatif material bingkai kacamata karena sifatnya yang ramah lingkungan. PLA merupakan biopolimer yang bersifat biodegradable dan berasal dari sumber daya terbarukan, sehingga lebih berkelanjutan dibandingkan plastik konvensional. Studi rekayasa menunjukkan bahwa komposit PLA dengan selulosa tandan kosong kelapa sawit (TKKS) memiliki sifat transmisi cahaya yang sangat baik, dengan nilai visibilitas hingga 90%, sehingga berpotensi digunakan pada aplikasi optik seperti bingkai kacamata. Dari aspek degradasi, penelitian [5] menunjukkan bahwa komposit PLA yang dicampur dengan chitosan dan hidroksiapatit memiliki karakteristik biodegradasi yang signifikan, yang menegaskan bahwa PLA sangat sesuai sebagai material biomaterial karena dapat terurai secara hayati tanpa meninggalkan residu plastik sintetis. Penelitian lain mengenai biokomposit PLA yang diperkuat dengan serat sabut kelapa (coir) juga menunjukkan bahwa material ini memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik, dengan nilai kuat tarik mencapai sekitar 56,55 MPa serta stabilitas struktur yang memadai untuk aplikasi struktural ringan [6].

Material *Polylactic Acid* (PLA) dan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) sama-sama banyak digunakan dalam pembuatan berbagai produk, termasuk komponen optik seperti bingkai kacamata, namun keduanya memiliki karakteristik yang berbeda. ABS dikenal memiliki kekuatan dan sifat mekanik yang lebih tinggi dibandingkan PLA, sehingga lebih tahan terhadap benturan dan tidak mudah mengalami keretakan. Hal ini diperkuat oleh analisis numerik yang menunjukkan bahwa ABS memiliki deformasi yang rendah dan kestabilan struktural yang baik di bawah pembebanan

mekanik [3]. Sebaliknya, PLA unggul dari aspek keberlanjutan karena bersifat biodegradable dan berasal dari biomassa terbarukan. Penelitian [7] menyatakan bahwa meskipun PLA memiliki kekuatan mekanik yang lebih rendah dibandingkan ABS, material ini tetap memiliki sifat tarik yang memadai untuk aplikasi struktural ringan serta memberikan keuntungan dari sisi lingkungan dan estetika. Dengan demikian, ABS lebih unggul dari segi keandalan mekanik dan daya tahan, sedangkan PLA menawarkan keunggulan dalam keberlanjutan lingkungan.

2 Metode

Penelitian ini memanfaatkan pendekatan simulasi numerik yang berbasis pada Analisis Elemen Hingga (FEA) untuk menyelidiki sifat mekanik dari material *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Polylactic Acid* (PLA) dalam konteks Frameacamata sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Proses simulasi dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SolidWorks Simulation menggunakan model tiga dimensi Frameacamata yang memiliki bentuk yang sama untuk kedua jenis material tersebut. Spesifikasi ukuran kacamatadapat dilihat pada Tabel 1. Material tersebut dianggap isotropik dan homogen, dengan karakteristik mekanik berdasarkan data dari perangkat lunak. Simulasi ini mengikuti prosedur pengujian lentur sesuai dengan standar ASTM D790 untuk menetapkan ketentuan pembebanan dan pembatasan. Ujung pegangan kacamataditetapkan sebagai tumpuan tetap, sementara beban lentur sebesar 5N diterapkan secara vertikal dari atas ke tengah Frame depan kacamataditentukan untuk mencerminkan keadaan penggunaan yang umum. Analisis dilakukan dengan menggunakan modul statis yang melibatkan elemen solid tiga dimensi berbentuk tetrahedral. proses pemodelan dan meshing diterapkan dengan kecermatan tambahan pada area sambungan Frame dan pegangan kacamatayang dianggap sebagai titik kritis konsentrasi tegangan.



Gambar 1. Boundary condition dan meshing model frame kacamat

Tabel 1. Spesifikasi ukuran kacamat

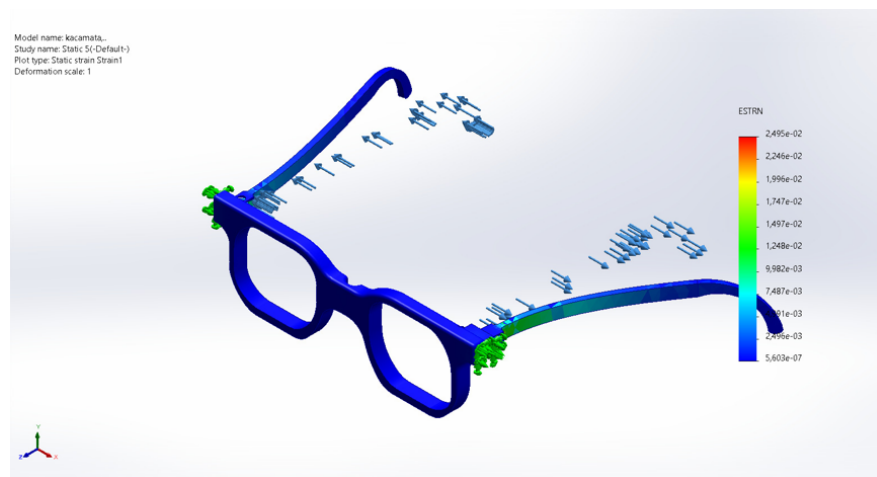
Parameter	Nilai
Panjang frame depan	210 mm
Lebar frame	10 mm
Tebal frame	10 mm
Panjang gagang	180 mm
Tebal gagang	4 mm

3 Hasil dan Pembahasan

Pada simulasi numerik menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk mengevaluasi respon mekanik bingkaiacamata berbahan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS) dan *Poly lactic Acid* (PLA). Simulasi dilakukan dengan pembebanan lentur sebesar 5 N sesuai dengan standar ASTM D790, dengan kondisi batas berupa tumpuan tetap pada ujung peganganacamata. Parameter yang dianalisis meliputi distribusi tegangan Von Mises, deformasi maksimum, serta regangan ekuivalen sebagai indikator perilaku mekanik material terhadap beban kerja. Hasil simulasi masing-masing material disajikan secara terpisah, kemudian dibandingkan untuk mengidentifikasi perbedaan karakteristik mekanik ABS dan PLA serta menilai kelayakannya sebagai material bingkaiacamata.

3.1 Hasil Simulasi Tegangan Frame ABS

Hasil dari simulasi FEA dengan beban sebesar 5 N menunjukkan bahwa distribusi tegangan Von Mises pada Frameacamata yang terbuat dari ABS terfokus pada titik sambungan antara Frame depan dan peganganacamata. Nilai puncak tegangan Von Mises yang diperoleh adalah $6,115 \times 10^2 \text{ N/m}^2$, sedangkan nilai terendah mencapai $4,038 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ sebagaimana terlihat pada Gambar 2. Tegangan puncak ini masih berada dalam kisaran batas kekuatan tarik material ABS, sehingga secara struktural Frameacamata tetap aman namun sudah mendekati limit kemampuan material. Deformasi tertinggi yang tercatat adalah 84,14 mm, dengan regangan ekuivalen maksimum di angka $2,495 \times 10^{-2}$, yang mengindikasikan bahwa material ABS memiliki sifat yang cukup ulet dan fleksibel.



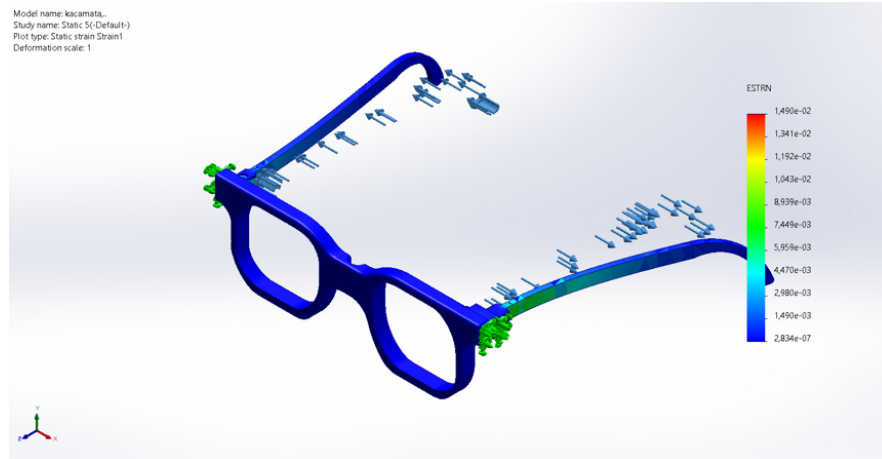
Gambar 2. *Simulation Strain* (ABS)

3.2 Hasil Simulasi Tegangan Frame PLA

Pada simulasi Frameacamata yang terbuat dari PLA dengan beban yang sama yaitu 5 N, pola distribusi tegangan Von Mises menunjukkan konsentrasi tegangan di daerah sambungan yang mirip dengan material ABS. Nilai maksimal dari tegangan Von Mises yang tercatat adalah $6,621 \times 10^2 \text{ N/m}^2$, sedangkan nilai terendahnya mencapai $3,995 \times 10^2 \text{ N/m}^2$ sebagaimana terlihat pada Gambar 3. Nilai maksimum ini masih di bawah kapasitas tarik material PLA yang berkisar antara $6,0 \times 10$ hingga $7,0 \times 10 \text{ N/m}^2$, sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada material tersebut. Deformasi maksimum yang terjadi adalah 52,90 mm, disertai dengan regangan ekuivalen maksimum sebesar $1,490 \times 10^{-2}$, yang menunjukkan bahwa PLA lebih kaku dibandingkan dengan ABS.

3.3 Perbandingan Tegangan dan Regangan ABS dan PLA

Perbandingan hasil simulasi FEA menunjukkan bahwa material PLA menghasilkan nilai stres Von Mises maksimum yang lebih tinggi ($6,621 \times 10^2 \text{ N/m}^2$) jika dibandingkan dengan ABS ($6,115 \times 10^2 \text{ N/m}^2$) di bawah beban yang sama, yaitu 5 N. Walaupun demikian, nilai deformasi maksimum



Gambar 3. *Simulation Strain (PLA)*

yang terjadi pada ABS (84,14 mm) lebih tinggi daripada PLA (52,90 mm), yang menunjukkan bahwa ABS memiliki sifat yang lebih fleksibel dan ulet. Dari sudut pandang regangan, ABS juga memperlihatkan nilai regangan maksimum yang lebih besar daripada PLA. Ini menunjukkan bahwa ABS lebih baik dalam menyerap deformasi, sedangkan PLA memiliki kekakuan yang lebih tinggi tetapi mengalami stres yang lebih besar.

3.4 Pembahasan Kelayakan Material Frame Kacamata

Berdasarkan analisis simulasi, ABS menunjukkan keunggulan dalam hal daya tahan mekanik dan kestabilan struktur, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk digunakan pada Frame kacamata yang dirancang untuk pemakaian jangka panjang. Sementara itu, PLA menawarkan manfaat dalam segi ringannya berat dan sifat yang ramah lingkungan, tetapi perlu diperhatikan risiko akibat benturan dan paparan suhu tinggi saat menggunakannya.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari simulasi FEA, material ABS menunjukkan kinerja mekanik yang lebih superior dibandingkan dengan PLA, terutama dalam menahan tekanan dan deformasi karena beban lentur. ABS merupakan pilihan yang lebih ideal untuk frame kacamata yang memerlukan ketahanan tinggi dan stabilitas dalam jangka waktu lama. Di sisi lain, PLA masih memiliki potensi untuk dijadikan alternatif material yang ramah lingkungan, dengan catatan penerapannya harus disesuaikan untuk kondisi dengan beban ringan hingga menengah. Penelitian ini dapat berfungsi sebagai pedoman dalam memilih material frame kacamata yang mempertimbangkan keseimbangan antara kinerja mekanik dan keberlanjutan lingkungan.

Daftar Pustaka

- [1] Desalegn A, Tsegaw A, Shiferaw D, Woretaw H. Knowledge, attitude, practice and associated factors towards spectacles use among adults in Gondar town, northwest Ethiopia. *BMC ophthalmology*. 2016;16(1):184.
- [2] Salam SA, Jabbar JM, Simanjuntak HP, Sulistyawati A. GAMBARAN PENGETAHUAN PASIEN TENTANG PERAWATAN KACAMATA DI OPTIK KING RANCAEKEK KABUPATEN BANDUNG 2023. 2023.
- [3] Poul K, Lubis MSY, Ariyanti S. Analis numerik sifat mekanik bahan abs & komposit serat bambu aplikasi pada komponen adjuster seat mobil. *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri (PASTI)*. 2022;16(1):14-26.
- [4] Travieso-Rodriguez JA, Jerez-Mesa R, Llumà J, Gomez-Gras G, Casadesus O. Comparative

study of the flexural properties of ABS, PLA and a PLA-wood composite manufactured through fused filament fabrication. *Rapid Prototyping Journal*. 2021;27(1):81-92.

- [5] Silvia D, Ridwan R. Increasing the mechanical properties of biodegradable plastic based on poly lactic acid (PLA) with the addition of coconut coil (coir) and chitosan. *Jurnal Sains dan Teknologi Reaksi*. 2023;21(01).
- [6] Serfandi DN, Setyarini PH, Purnami P, Sulistyono S. Karakterisasi biodegradasi pada komposit polymer polylactid acid (PLA) dengan penambahan chitosan dan hydroxyapatite. *Jurnal Rekayasa Mesin*. 2023;14(3):953-62.
- [7] Sukmana I. Aplikasi komposit berbasis PLA (poly lactic acid) untuk scaffolding biomaterial. *Jurnal Energi dan Manufaktur*. 2016;15(2):67-72.