

OPTIMALISASI MATERIAL DALAM PEMILIHAN SNAP-FIT JOINT MENGGUNAKAN METODE DESIGN OF EXPERIMENT (DoE) PADA KOMPONEN KENDARAAN RODA 2

Ali¹, Razzaz Al Ghassani²

^{1, 2}Institut Teknologi Nasional, Jl. PH.H Mustopa No 23, Bandung, Jawa Barat, Indonesia
Email: razzazghassani@gmail.com

Article History

Received: 02-08-2026

Revision: 21-08-2026

Accepted: 25-08-2026

Published: 28-08-2026

Abstract. Snap-fit joints are widely used in industry due to the fast and simple assembly process they enable; however, selecting the appropriate materials and dimensions is crucial for achieving optimal locking strength and structural integrity. This study aims to determine the combination of material, snap-fit arm thickness, and cantilever length that yields optimal performance for a snap-fit joint in a motorcycle luggage application. The research employed Finite Element Analysis (FEA) simulations using SolidWorks Simulation and Design of Experiments (DoE) to evaluate the influence of these three parameters on locking force, maximum stress, deformation, and the factor of safety. Simulation results indicate that ABS withstood the highest locking force of 46.2 N, with a simulated stress of 5.0 MPa and a deformation of 4.7 mm. PP exhibited the lowest deformation (1.62 mm) at a force of 32.6 N, while HDPE produced the lowest stress at a force of 21.7 N. Based on considerations of locking strength and structural integrity under heavy load conditions, ABS was identified as the best material. Optimization results show that ABS provides a 23% increase in strength compared to the other material alternatives. These findings demonstrate that material selection must balance load-bearing capacity and deformation response to achieve an optimal snap-fit design.

Keywords: Snap Fit, Design of experiments, Material, Snap in Force, Cantilever.

Abstrak. Sambungan *snap-fit* banyak digunakan dalam industri karena memungkinkan proses perakitan yang cepat dan sederhana, tetapi pemilihan material dan dimensi yang tepat diperlukan untuk memperoleh kekuatan penguncian serta integritas struktur yang optimal. Penelitian ini bertujuan menentukan kombinasi material, ketebalan lengan *snap-fit*, dan panjang kantilever yang menghasilkan performa optimal pada *snap-fit joint* untuk aplikasi bagasi sepeda motor. Penelitian dilakukan menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA) pada SolidWorks Simulation dan *Design of Experiments* (DoE) untuk mengevaluasi pengaruh ketiga parameter terhadap gaya penguncian, tegangan maksimum, deformasi, dan faktor keamanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ABS mampu menahan gaya penguncian tertinggi sebesar 46,2 N dengan tegangan simulasi 5,0 MPa dan deformasi 4,7 mm. PP menunjukkan deformasi terendah sebesar 1,62 mm pada gaya 32,6 N, sedangkan HDPE menghasilkan tegangan terendah pada gaya 21,7 N. Berdasarkan pertimbangan kekuatan penguncian dan integritas struktur pada kondisi beban berat, ABS ditetapkan sebagai material terbaik. Hasil optimasi menunjukkan bahwa ABS memberikan peningkatan kekuatan sebesar 23% dibandingkan alternatif material lainnya. Temuan ini menunjukkan bahwa pemilihan material perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kapasitas beban dan respons deformasi untuk memperoleh desain *snap-fit* yang optimal.

Kata Kunci: Snap Fit, Desain eksperimen, Material, Gaya snap in, Kantilever.

How to Cite: Ali & Ghassani, R. A. (2026). Optimalisasi Material dalam Pemilihan *Snap-Fit Joint* Menggunakan Metode *Design of Experiment* (DoE) pada Komponen Kendaraan Roda 2. *HORIZON: Indonesian Journal of Multidisciplinary*, 4 (4), 5617-5626. <http://doi.org/10.54373/hijm.v4i4.7309>

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi manufaktur modern mendorong penggunaan metode penyambungan yang lebih sederhana, ringan, ekonomis, dan mudah dirakit. Salah satu metode penyambungan yang banyak digunakan pada produk berbasis polimer adalah *snap-fit joint*. Sambungan ini memanfaatkan deformasi elastis komponen untuk menghasilkan mekanisme penguncian tanpa memerlukan baut, perekat, maupun proses pengelasan. Penerapan *snap-fit joint* dapat mengurangi jumlah komponen, mempercepat proses perakitan, dan berpotensi menurunkan biaya produksi. Namun, keberhasilan penerapannya sangat bergantung pada ketepatan pemilihan material dan desain geometri sambungan (Ramirez et al., 2018).

Desain *snap-fit joint* menghadapi tantangan karena respons mekaniknya dipengaruhi oleh interaksi antara sifat material dan parameter geometris. Distribusi tegangan yang tidak merata dapat menyebabkan konsentrasi tegangan pada daerah kritis dan selanjutnya menimbulkan deformasi berlebih, deformasi permanen, retak, atau kegagalan sambungan. Oleh karena itu, desain *snap-fit* perlu mempertimbangkan keseimbangan antara kemampuan menahan beban, deformasi, gaya pemasangan, dan keamanan struktur. Pemilihan material menjadi salah satu aspek penting karena setiap material memiliki karakteristik kekuatan, kekakuan, dan kemampuan deformasi yang berbeda.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa performa *snap-fit* sangat dipengaruhi oleh material dan geometri. Zhu et al. (2014), misalnya, mengembangkan desain *active disassembly snap-fit* berbasis stimulasi elektrotermal dan menunjukkan pentingnya karakteristik material dalam menentukan respons mekanik sambungan. Ji dan Lee (2011) juga menunjukkan bahwa parameter geometri dan sifat mekanik material berhubungan dengan gaya pemasangan, gaya pelepasan, serta deformasi elastis pada *cantilever snap-fit*. Sementara itu, Klahn et al. (2016) mengembangkan pedoman desain *snap-fit joint* untuk manufaktur aditif dan menunjukkan bahwa karakteristik material dan geometri perlu dipertimbangkan secara terintegrasi untuk memperoleh kinerja mekanik yang sesuai. Analisis numerik melalui *Finite Element Analysis* (FEA) dapat digunakan untuk mengevaluasi respons mekanik *snap-fit* sebelum dilakukan pembuatan prototipe fisik. Pendekatan ini memungkinkan analisis terhadap tegangan, deformasi, dan faktor keamanan berdasarkan kondisi pembebanan tertentu. Goteti et al. (2006) menunjukkan bahwa integrasi FEA dengan analisis statistik dapat digunakan untuk mengoptimalkan desain komponen *snap-fit*. Dengan demikian, kombinasi simulasi numerik dan metode optimasi dapat mengurangi ketergantungan pada pendekatan *trial-and-error* dalam menentukan desain yang sesuai.

Selain FEA, *Design of Experiments* (DoE) dapat digunakan untuk mengidentifikasi pengaruh berbagai faktor desain terhadap respons secara sistematis. Salah satu pendekatan DoE adalah metode Taguchi yang memungkinkan penentuan kombinasi parameter optimum dengan jumlah eksperimen yang relatif efisien (Rao et al., 2013). Athreya dan Venkatesh (2012) menunjukkan bahwa penerapan metode Taguchi dapat digunakan untuk menentukan kombinasi parameter proses yang menghasilkan respons optimal. Pendekatan DoE juga telah digunakan dalam optimasi desain pada bidang otomotif. Li et al. (2016) menunjukkan bahwa DoE dapat membantu menentukan kombinasi parameter desain yang optimal sekaligus mengurangi jumlah eksperimen yang diperlukan dalam proses pengembangan produk.

Meskipun penelitian mengenai *snap-fit joint* telah berkembang, sebagian besar penelitian terdahulu lebih banyak membahas pengaruh geometri, pengembangan desain untuk manufaktur aditif, atau analisis perilaku mekanik secara terpisah. Penelitian yang secara khusus mengintegrasikan variasi material dengan analisis FEA dan optimasi berbasis DoE untuk menentukan material terbaik berdasarkan beberapa respons mekanik masih relatif terbatas. Dengan demikian, terdapat kebutuhan untuk mengembangkan pendekatan yang tidak hanya mengevaluasi kemampuan *snap-fit* dalam menahan beban, tetapi juga mempertimbangkan tegangan maksimum, deformasi, dan faktor keamanan sebagai dasar pengambilan keputusan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi analisis FEA dan DoE untuk mengevaluasi serta menentukan material optimal pada *snap-fit joint* dengan mempertimbangkan beberapa respons mekanik secara simultan. Penelitian ini tidak hanya membandingkan kemampuan material dalam menerima beban, tetapi juga mengevaluasi keseimbangan antara kekuatan struktur, tegangan maksimum, deformasi, dan faktor keamanan. Pendekatan tersebut diharapkan memberikan dasar yang lebih sistematis dalam menentukan material yang paling sesuai dibandingkan pemilihan material berdasarkan satu parameter mekanik saja. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan pemilihan material pada *snap-fit joint* dengan menggunakan FEA dan DoE, dengan mempertimbangkan parameter desain berupa jenis material, ketebalan lengan *snap-fit*, dan panjang kantilever. Respons yang dianalisis meliputi gaya penguncian, tegangan maksimum, deformasi, dan faktor keamanan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar teknis dalam menentukan kombinasi material dan parameter geometris yang menghasilkan *snap-fit joint* dengan performa mekanik yang optimal serta mendukung pengembangan desain sambungan yang lebih andal dan efisien untuk aplikasi manufaktur.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis simulasi numerik dengan mengombinasikan Finite Element Method (FEM) dan Design of Experiments (DoE) menggunakan metode Taguchi. Penelitian bertujuan menentukan kombinasi material dan parameter geometri snap-fit joint yang menghasilkan gaya pemasangan yang sesuai, tegangan maksimum rendah, deformasi terkendali, dan faktor keamanan yang optimal.

Secara operasional, penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama, dilakukan identifikasi dan pengukuran dimensi snap-fit joint pada komponen locking plate kendaraan roda dua sebagai desain awal (baseline). Kedua, ditentukan faktor penelitian yang terdiri atas jenis material, ketebalan lengan (thickness), dan panjang kantilever (cantilever length). Ketiga, dilakukan pengujian fisik untuk memperoleh gaya pemasangan aktual sebagai acuan validasi. Keempat, setiap kombinasi faktor dianalisis menggunakan simulasi FEM pada SolidWorks Simulation dengan mempertimbangkan sifat material, nonlinieritas geometris, dan kontak antarkomponen. Kelima, kombinasi parameter dianalisis menggunakan DoE metode Taguchi untuk mengidentifikasi konfigurasi yang memberikan respons terbaik. Keenam, hasil simulasi dibandingkan dengan perhitungan analitis dan hasil pengujian fisik untuk menentukan material dan konfigurasi desain terbaik. Komponen yang menjadi objek penelitian adalah snap-fit joint pada locking plate kendaraan roda dua. Bentuk dan posisi komponen yang dianalisis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Snap joint pada kendaraan roda 2

Dimensi Komponen dan Karakteristik Material

Parameter geometris snap joint original digunakan sebagai dasar dalam proses simulasi dan analisis struktur. Dimensi awal komponen hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 1.

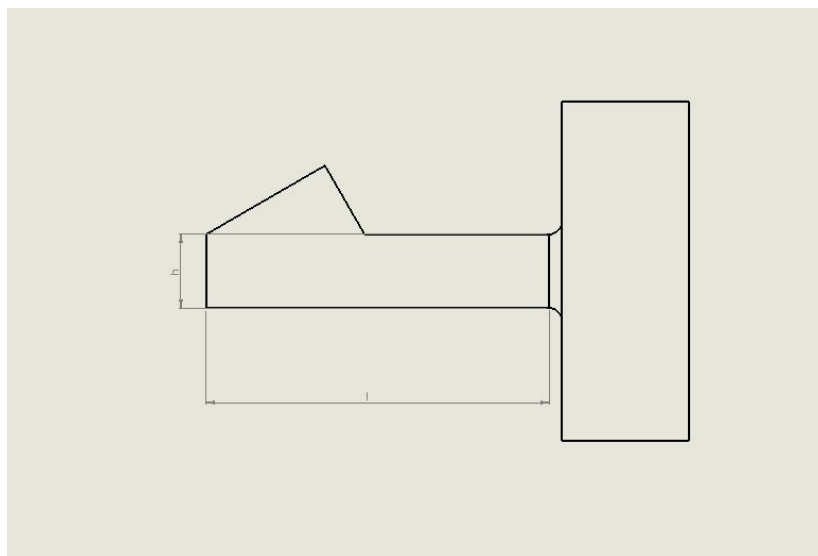
Tabel 1. Dimensi snap joint original

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
b	2.9	mm	Tebal penampang
h	4.9	mm	Tinggi penampang
L	19.0	mm	Panjang lengan
d	2.2	mm	Diameter pengunci

Variasi material yang dievaluasi meliputi *High-Density Polyethylene* (HDPE), *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS), dan *Polypropylene* (PP). Sifat mekanik awal material acuan yang digunakan dalam perhitungan manual berbasis material HDPE, PP dan ABS didapatkan dari SABIC ditunjukkan pada Tabel 2[10].

Tabel 2. Sifat material HDPE

Material	Modulus elastisitas (E) [MPa]	Poisson's Ratio (e)	σ_{yield} [MPa]
HDPE	1000	0,020	25
PP	1210	0.040	15
ABS	1500	0.025	60


Gambar 2. Gambar teknik *snap fit*

Persamaan Analitis

Perhitungan analitis manual dilakukan menggunakan teori defleksi balok kantilever untuk menentukan momen inersia penampang (I), jarak serat terluar (c), gaya pembebanan (P), momen lentur (M), dan tegangan lentur (σ_b).

Jarak serat terluar dari sumbu netral (c) ditentukan melalui Persamaan:

$$C = \frac{h}{2} \quad (1)$$

Momen inersia penampang (I) persegi dihitung dengan Persamaan:

$$I = \frac{b \times h^3}{12} \quad (2)$$

Gaya pembebanan (P) akibat defleksi dihitung dengan Persamaan:

$$P = \frac{b \times h^2 \times E \times e}{6 \times L} \quad (3)$$

Momen lentur (M) dan tegangan lentur (σ) dihitung menggunakan Persamaan dan :

$$M = P \times L \quad (4)$$

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I} \quad (5)$$

Nilai gaya gesek F didapatkan dari persamaan berikut

$$F_{in} = P \frac{(\mu + \tan \alpha)}{(1 - \mu \tan \alpha)} \quad (6)$$

HASIL DAN DISKUSI

Berdasarkan hasil simulasi numerik menggunakan *SolidWorks Simulation* dan perhitungan analitis, diperoleh perbedaan karakteristik mekanik pada material HDPE, ABS, dan PP. Perbandingan dilakukan berdasarkan gaya pemasangan, deformasi, tegangan, dan *safety factor*. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perbandingan perhitungan manual dan simulasi

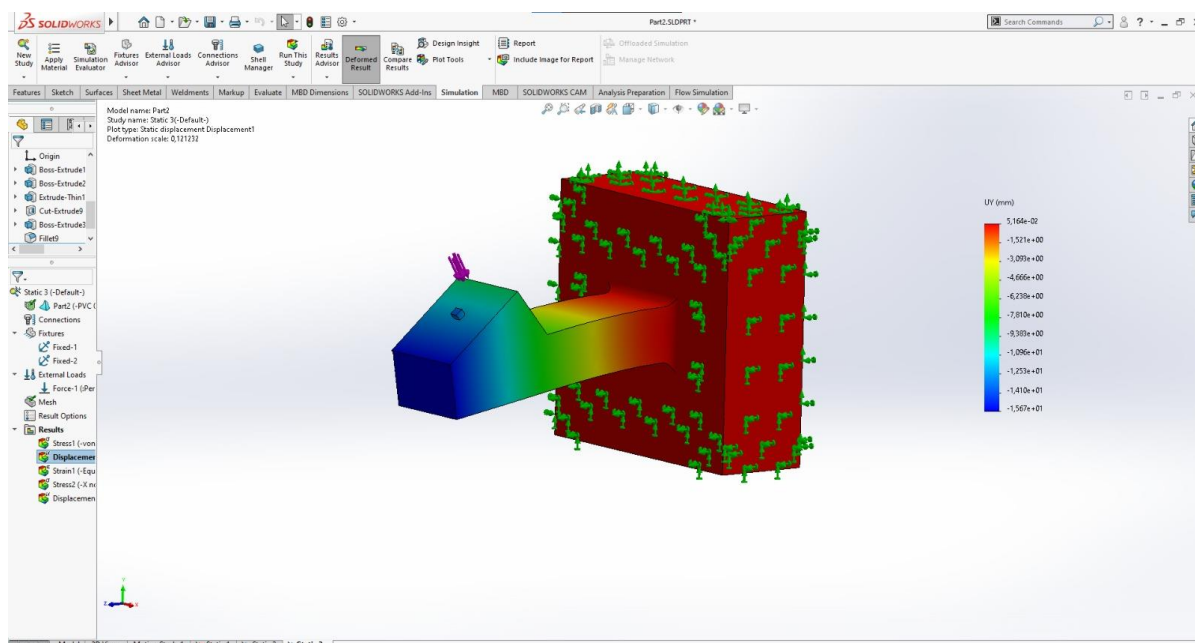
Variasi	Gaya (N)	Deformasi Manual (mm)	Tegangan Manual (MPa)	Deformasi Simulasi (mm)	Tegangan Simulasi (MPa)	<i>Safety factor</i>
1 HDPE	21,7	1,82	2,0	2,01	2,60	1,24
2 ABS	46,2	2,27	4,2	4,7	5,0	1,31
3 PP	32,6	1,62	3,0	2,5	3,7	1,33

Hasil pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik respons mekanik pada ketiga material. ABS menghasilkan gaya pemasangan tertinggi sebesar 46,2 N, sedangkan PP menghasilkan 32,6 N dan HDPE 21,7 N. Jika batas gaya pemasangan yang digunakan dalam penelitian adalah 44 N, maka gaya pemasangan ABS telah melampaui batas tersebut sebesar 2,2 N atau sekitar 5%. Temuan ini penting karena menunjukkan bahwa meskipun ABS memiliki kemampuan menahan beban yang relatif tinggi, material tersebut belum memenuhi kriteria gaya pemasangan yang ditetapkan. Oleh karena itu, ABS tidak dapat secara langsung dinyatakan sebagai material optimum apabila gaya pemasangan 44 N merupakan batas utama desain. Dari sisi tegangan, ABS menghasilkan tegangan simulasi sebesar 5,0 MPa, lebih tinggi dibandingkan HDPE sebesar 2,60 MPa dan PP sebesar 3,70 MPa. Namun, nilai *safety factor* ABS sebesar 1,31 masih menunjukkan kemampuan menahan pembebanan dalam kondisi simulasi yang diberikan. Dengan demikian, keunggulan ABS lebih terlihat pada aspek

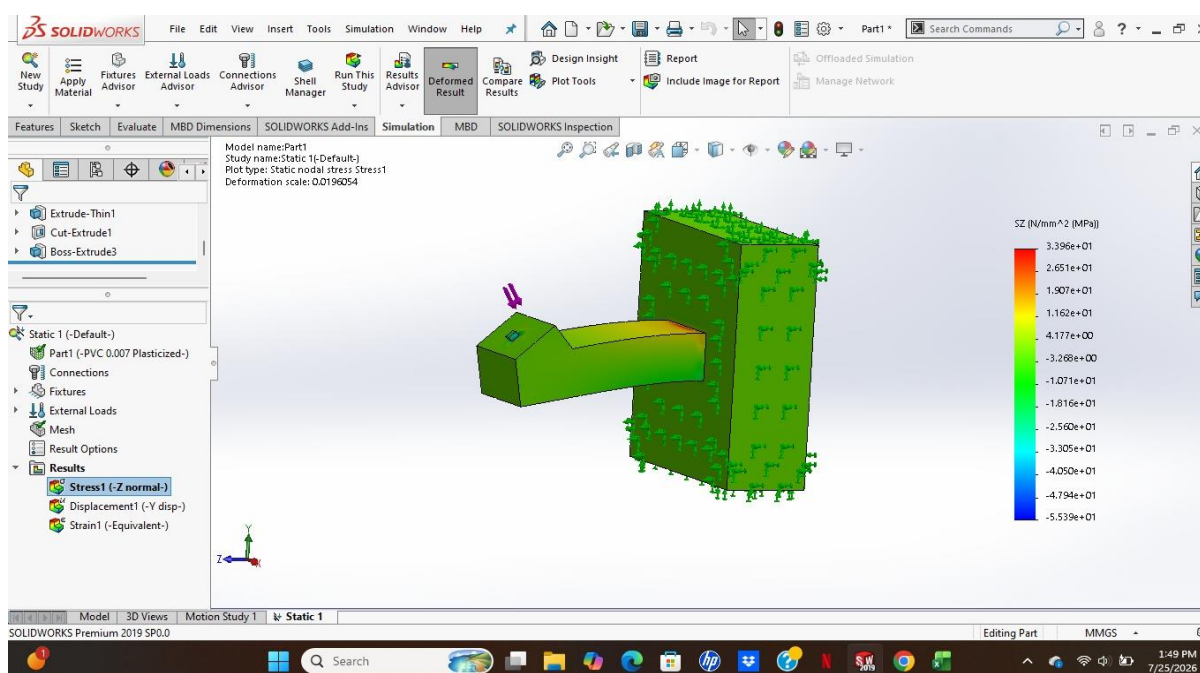
kemampuan struktural, tetapi keunggulan tersebut disertai konsekuensi berupa gaya pemasangan dan deformasi yang lebih tinggi. Deformasi ABS sebesar 4,70 mm juga merupakan nilai tertinggi dibandingkan PP sebesar 2,50 mm dan HDPE sebesar 2,01 mm. Kondisi ini menunjukkan adanya trade-off antara kemampuan struktural dan kemudahan pemasangan.

Material PP memberikan karakteristik yang lebih seimbang. Gaya pemasangan sebesar 32,6 N masih berada 11,4 N atau sekitar 25,9% di bawah batas 44 N. Selain itu, PP memiliki deformasi simulasi sebesar 2,50 mm dan *safety factor* tertinggi, yaitu 1,33. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PP mampu memenuhi batas gaya pemasangan sekaligus memberikan tingkat keamanan struktural yang relatif baik. Dengan mempertimbangkan beberapa respons secara bersamaan, PP dapat dipandang sebagai kandidat material yang lebih seimbang untuk desain *snap-fit joint* dibandingkan ABS.

Sementara itu, HDPE menghasilkan gaya pemasangan paling rendah, yaitu 21,7 N. Nilai tersebut berada jauh di bawah batas 44 N sehingga menunjukkan kemudahan pemasangan. Tegangan simulasi HDPE juga paling rendah, yaitu 2,60 MPa. Namun, *safety factor* HDPE sebesar 1,24 merupakan yang terendah dibandingkan PP dan ABS. Artinya, rendahnya gaya pemasangan pada HDPE tidak secara otomatis menunjukkan performa keseluruhan yang paling baik. Material ini lebih sesuai apabila prioritas desain adalah gaya pemasangan rendah dan respons tegangan yang kecil. Hasil simulasi *SolidWorks* untuk deformasi pada arah Z ditunjukkan pada Gambar 3, sedangkan distribusi tegangan pada arah Z ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil pengujian defleksi solidworks



Gambar 4. Hasil pengujian tegangan solidworks

Perbandingan antara hasil analitis dan simulasi menunjukkan bahwa nilai simulasi cenderung lebih tinggi daripada perhitungan analitis. Pada HDPE, tegangan meningkat dari 2,0 MPa menjadi 2,60 MPa, sedangkan pada ABS meningkat dari 4,2 MPa menjadi 5,0 MPa dan pada PP dari 3,0 MPa menjadi 3,7 MPa. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa model analitis belum sepenuhnya merepresentasikan kompleksitas kondisi aktual pada *snap-fit joint*. Perhitungan analitis menggunakan penyederhanaan balok kantilever, sedangkan FEA mempertimbangkan geometri komponen, kondisi kontak, serta distribusi tegangan pada area kritis. Dengan demikian, perbedaan hasil tidak menunjukkan ketidaksesuaian metode, tetapi menunjukkan adanya perbedaan tingkat kompleksitas antara model analitis dan model numerik.

Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat satu material yang unggul pada seluruh parameter. ABS memiliki kemampuan struktural dan *safety factor* yang relatif baik, tetapi gaya pemasangannya melampaui batas 44 N dan deformasinya paling besar. HDPE memiliki gaya pemasangan dan tegangan paling rendah, tetapi *safety factor*-nya paling rendah. PP menunjukkan kompromi paling baik antara gaya pemasangan, deformasi, tegangan, dan *safety factor*. Oleh karena itu, apabila batas gaya pemasangan 44 N dan integritas struktural dipertimbangkan secara simultan, PP lebih rasional untuk dipilih sebagai material kandidat dibandingkan ABS dan HDPE. Dengan demikian, hasil penelitian mengoreksi anggapan awal

bahwa material dengan kemampuan menahan beban tertinggi otomatis merupakan material terbaik. Pemilihan material *snap-fit joint* harus mempertimbangkan beberapa respons secara simultan, terutama batas gaya pemasangan dan integritas struktural. Berdasarkan data penelitian ini, PP memberikan konfigurasi yang paling seimbang, sedangkan ABS lebih tepat dipertimbangkan apabila prioritas desain adalah kemampuan menahan beban dan batas gaya pemasangan dapat disesuaikan melalui modifikasi geometri.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengevaluasi pengaruh jenis material polimer terhadap kinerja mekanik *snap-fit joint* pada komponen bagasi kendaraan roda dua melalui perhitungan analitis dan simulasi *Finite Element Analysis* (FEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap material memberikan karakteristik yang berbeda pada gaya pemasangan, deformasi, tegangan, dan *safety factor*. ABS menghasilkan gaya pemasangan tertinggi sebesar 46,2 N, tegangan simulasi 5,0 MPa, deformasi 4,7 mm, dan *safety factor* 1,31. Meskipun menunjukkan kemampuan struktural yang baik, gaya pemasangan ABS melebihi batas 44 N, sehingga belum memenuhi kriteria desain apabila batas tersebut menjadi persyaratan utama.

HDPE menghasilkan gaya pemasangan terendah sebesar 21,7 N dan tegangan simulasi 2,60 MPa, tetapi memiliki *safety factor* terendah sebesar 1,24. Sementara itu, PP menunjukkan performa paling seimbang, dengan gaya pemasangan 32,6 N, deformasi simulasi 2,50 mm, tegangan simulasi 3,70 MPa, dan *safety factor* tertinggi sebesar 1,33. Berdasarkan kombinasi parameter tersebut, PP merupakan material yang paling memenuhi kriteria desain dengan batas gaya pemasangan 44 N, sedangkan ABS lebih unggul dari sisi kemampuan struktural tetapi memerlukan optimasi geometri untuk menurunkan gaya pemasangannya. Perbedaan antara hasil perhitungan analitis dan FEA menunjukkan bahwa simulasi numerik diperlukan untuk merepresentasikan kondisi geometri dan kontak *snap-fit joint* secara lebih realistis.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil simulasi dan perhitungan analitis, PP direkomendasikan sebagai pilihan utama material *snap-fit joint* karena memberikan kombinasi performa yang paling seimbang. PP menghasilkan gaya pemasangan sebesar 32,6 N, masih berada di bawah batas 44 N, serta memiliki *safety factor* tertinggi sebesar 1,33 dengan deformasi simulasi 2,50 mm. ABS dapat dipertimbangkan sebagai alternatif apabila prioritas utama adalah kekuatan struktural. Namun, gaya pemasangannya sebesar 46,2 N melebihi batas 44 N sehingga diperlukan optimasi geometri, khususnya pada ketebalan dan panjang lengan *snap-fit*, sebelum diterapkan pada

komponen aktual. Sementara itu, HDPE lebih sesuai untuk aplikasi yang memerlukan gaya pemasangan rendah, tetapi memiliki *safety factor* paling rendah sehingga perlu evaluasi lebih lanjut terhadap ketahanan strukturalnya. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan optimasi simultan antara material dan parameter geometri serta validasi melalui pengujian fisik pada prototipe. Pengujian siklus berulang juga diperlukan untuk mengevaluasi ketahanan lelah dan memastikan performa *snap-fit joint* dalam kondisi penggunaan aktual.

REFERENSI

- Athreya, S., & Venkatesh, Y. D. (2012). Application of Taguchi method for optimization of process parameters in improving the surface roughness of lathe facing operation. *International Refereed Journal of Engineering and Science*, 1(3), 13–19.
- Bharadwaj, A., El Sawy, O. A., Pavlou, P. A., & Venkatraman, N. (2013). Digital business strategy: Toward a next generation of insights. *MIS Quarterly*, 37(2), 471–482.
- Goteti, L., et al. (2006). Design optimization of snap-fit integral parts by FEA and statistical analysis. In *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. ASME.
- Ji, J., & Lee, K.-M. (2011). Cantilever snap-fit performance analysis for haptic evaluation. *Journal of Mechanical Design*, 133(12), Article 121003.
- Klahn, C., Leutenecker, B., & Meboldt, M. (2016). Design guidelines for additive manufactured snap-fit joints. *Procedia CIRP*, 50, 264–269.
- Li, Y., et al. (2016). Research on the optimization design of motorcycle engine based on DOE methodology. In *Proceedings of the 13th Global Congress on Manufacturing and Management (GCMM 2016)*.
- Ramirez, E. A., et al. (2018). Methodology for design process of snap-fit joint by additive manufacturing. In *Proceedings of the 12th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering*.
- Rao, S., et al. (2013). An overview of Taguchi method: Evolution, concept and interdisciplinary applications. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(10).
- SABIC, “SABIC® HDPE B5202 High Density Polyethylene,” Available: SABIC HDPE
- Zhu, Y., et al. (2014). Design of active disassembly snap-fit based on electrothermal stimulation method. *BTAIJ*, 10(16), 9308–9312.