

Analisa Model Numerik Aluminium *Composite* Panel (ACP) Dengan Variasi Material Inti Terhadap Temperatur Suhu

Majdi Ervandrie Wicaksono¹⁾, Prantasi Harmi Tjahjanti*²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: prantasiharmi@umsida.ac.id

Abstract. Aluminium composite panel (ACP) consists of two materials glued together through a pressing process between two aluminium plate sheets (top and bottom layers) and between them filled with polymer core material. This research analyses the effect of fire resistance on the core material variation of aluminium composite panel using Low Density Polyethylene (LDPE), PolyOxyMethylene (POM), PolytetraFluoroEthylene (PTFE), PolyEter ether Ketone (PEEK) with temperature variation at 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, using numerical simulation with Ansys 2024 R2 software. Research results from the temperature variation of LDPE material at a temperature of 400 ° C maximum temperature 116.12 ° C, POM at a temperature of 400 ° C maximum temperature 185.24 ° C. PTFE temperature 400 ° C maximum temperature 299.95 ° C, PEEK temperature 400 ° C maximum temperature 289.78 ° C. It is appears that PEEK material is more fire resistant.

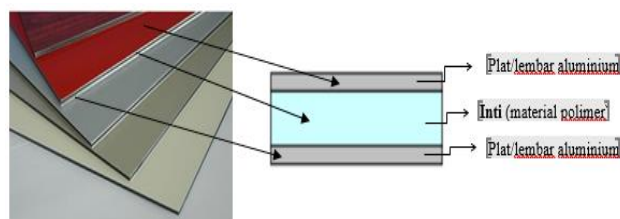
Keywords - simulasi numerik, ACP, material variation, fire resistance temperature variation.

Abstrak. Panel komposit aluminium (ACP) terdiri dua material yang direkatkan melalui proses penekanan antara dua lembaran plat aluminium (lapisan atas dan bawah) dan diantara keduanya di isi material inti (core) dari polimer. Penelitian ini menganalisis pengaruh terhadap ketahanan api pada variasi material inti aluminium komposit panel menggunakan Low Density Polyethilen (LDPE), PolyOxyMethylene (POM), PolytetraFluoroEthylene(PTFE), PolyEter eter Ketone (PEEK) dengan variasi suhu di 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, menggunakan simulasi numerik dengan software ansys 2024 R2. Hasil Penelitian dari suhu variasi material LDPE pada suhu di suhu 400°C suhu maksimal 116,12°C, POM pada suhu 400°C suhu maksimal 185,24°C. PTFE suhu 400°C suhu maksimal 299,95°C, PEEK suhu 400°C suhu maksimal 289,78°C Sehingga Nampak bahwa material PEEK lebih tahan api.

Kata Kunci – simulasi numerik, ACP, variasi material, uji ketahanan api

I. PENDAHULUAN

Aluminium *Composite* Panel (ACP) terdiri dua material yang direkatkan antara dua lembaran plat aluminium (lapisan atas dan bawah) dan diantara keduanya di isi material inti (*core*) dari polimer (bahan standar yang dipakai umumnya adalah *polyethene* (PE) dan *polyurethane* (Singkatan PU, PUR, TPU), selanjutnya gabungan antara aluminium dan bahan inti ini disebut bahan komposit [1] seperti pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Aluminium *Composite* Panel [1]

ACP yang terbuat dari *polyethene* dan *polyurethane*, merupakan bahan yang mudah terbakar dan tidak tahan panas sehingga berpengaruh signifikan terhadap daya bakar dan penyebaran api diluar atau di dalam gedung. Saat ini pemakaian ACP dengan komposisi polietilen lebih dari 30% sudah dilarang penggunaannya sebagai panel cover gedung di negara-negara maju yang ada di benua Australia, dan Eropa.[2]. Pada material core dari *polyurethane* salah

satu masalah yang yang dapat muncul adalah kerusakan retak pada *core* materialnya, yang mengakibatkan *faceplate* lepas dari *core*-nya karena polyurethane sangat getas (*brittle*), dan rentan terhadap kerusakan ketika dipaksakan dengan kuat atau berulang kali.[3]. Saat memilih material fasad untuk bangunan bertingkat tinggi. Beberapa hal yang harus dipertimbangkan termasuk kekuatan material dan ketahanan terhadap angin, air, dan api. [4] Dalam beberapa tahun terakhir, karena kekhawatiran yang mengkhawatirkan akan insiden kebakaran signifikan yang disebabkan oleh terbakarnya aluminium komposit seperti kebakaran *Grenfell Tower* dan kebakaran *Dubai Tower*, baru baru ini ditemukan bahwa bahan polimer didalam panel ini termasuk gabus atau *Expanded Polystyrene System* (EPS), PU, dan PE adalah akar penyebab kebakaran.[5].

Tujuan penelitian ini adalah mengganti material *core* ACP dengan material lain yang lebih tahan pada temperatur tinggi, yaitu Sementara aluminium yang dipakai adalah *Low Density Polyethylene* (LDPE), *PolyOxyMethylene* (POM), *PolyEther Eter Ketone* (PEEK), dan *PolyTetraFluoroEthylene* (PTFE). Sementara aluminium yang dipakai untuk ACP adalah aluminium tipe 5052. Pembuatan ACP dengan mensimulasikan menggunakan komputasi pada software ANSYS Workbenc 2024, khususnya untuk analisa termal (temperatur tinggi).

Beberapa penelitian yang menggunakan *software* Ansys antara lain model numerik untuk kapal komposit bermatrik Aluminium *casting* (aluminum EN AC-ALSi10Mg (b) dan penguat SiC*. Diperoleh hasil model numerik teroptimum adalah dengan penambahan penguat SiC* sebanyak 15% yang dipakai untuk alternatif bangunan kapal [6]. Sementara untuk material aluminium AlSi 10 Mg (b) memiliki nilai maksimum *stress* dan *maximum deformation* lebih tinggi dibandingkan material AlSi 10 Mg (b)+ SiC*/15p). Menunjukkan bahwa penambahan penguat SiC dapat signifikan mengurangi tingkat stress yang tinggi [6]. Dengan menggunakan Ansys dalam model numerik, dapat juga diterapkan pada dinding bangunan untuk mengurangi ketebalan plat yang akan menghasilkan penurunan berat badan kapal secara signifikan, atau berat *displacement* kapal. [7], [8]

Metode elemen hingga dapat diselesaikan menggunakan analisis numerik untuk menangani berbagai permasalahan teknik, seperti geometri yang kompleks, pembebanan, serta sifat material yang beragam. Dalam prosesnya, metode ini membagi permasalahan yang kompleks menjadi elemen-elemen yang lebih kecil sehingga lebih mudah dianalisis dan diselesaikan. Setiap elemen kemudian digabungkan untuk membentuk solusi menyeluruh dari permasalahan tersebut. Berdasarkan berbagai penelitian yang telah dilakukan, metode elemen hingga merupakan salah satu pendekatan yang efektif untuk menyelidiki sifat mekanik material.[9]

II. METODE

A. Desain Bahan

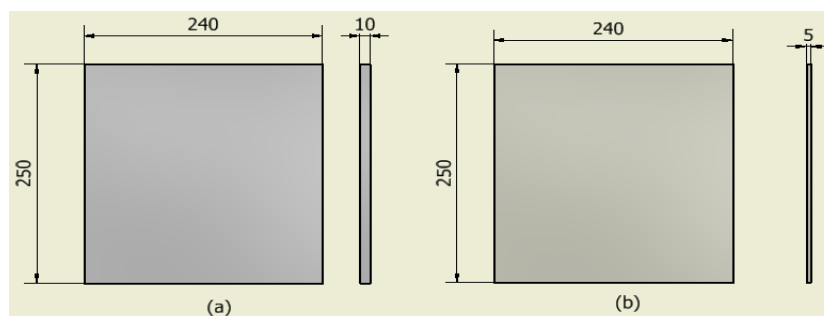
Penelitian ini mensimulasikan pengujian pada material inti pada aluminium komposit panel (ACP) terhadap temperatur suhu menggunakan software ansys 2024 dengan mengubah bahan *core* dengan variasi bahan material inti (*core*) menggunakan yaitu LDPE, POM, PEEK, dan PTFE. Bahan ACP yang akan diuji meliputi:

a. Low Density Polyethine (LDPE)

Titik Leleh nyata pada LDPE mempunyai suhu titik leleh sebesar 110-115°C [10]. Ukuran material yang akan digunakan sebesar 240mmx250mm dengan ketebalan 10mm seperti pada **Gambar 2.a**.

b. Poly TetraFluoro Ethylene (PTFE)/Teflon

Titik Leleh nyata pada PTFE sekitar 100°C hingga mencapai 250°C, teflon tidak mudah terbakar atau menjadi arang karena memiliki titik leleh yang sangat tinggi mencapai 342°C, tidak tahan oleh alkali hidroksida dan hidrokarbon yang mengandung khlor, tahan terhadap gesekan, dan sebagian besar bahan kimia kecuali alkali hidroksida dan hidrokarbon[11].ukuran bahan material yang digunakan sebesar 240mmx250mm dengan ketebalan 5mm seperti pada **Gambar 2.b**.



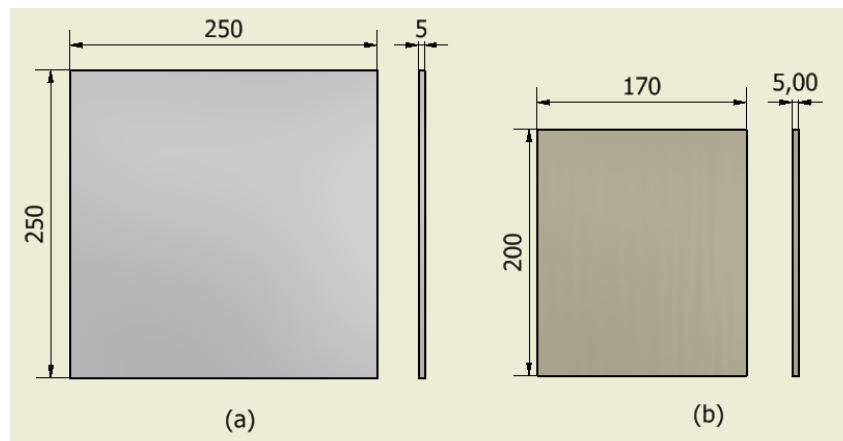
Gambar 2 Ukuran Potongan Material Inti Satuan (mm)
(a) LDPE dan (b) PTFE/Teflon

c. Poly OxyMethilene (POM)

Salah satu termoplastik rekayasa utama karena kekuatan, kekakuan, dan ketahanan kimianya yang tinggi, namun resistansi dampaknya buruk membatasi jangkauan penerapannya titik leleh 190°C - 230°C [12]. Desain ukuran bahan material yang digunakan sebesar $250\text{mm}\times 250\text{mm}$ dengan ketebalan 5mm seperti pada **Gambar 3.a**.

d. PolyEter Eter Ketone (PEEK)

Polimer aromatik yang relatif baru. Material ini memiliki suhu transisi gelas sebesar 143°C dan titik leleh 334°C hal ini menunjukkan kemampuan kinerja pada suhu tinggi, tetapi juga memerlukan proses pelelehan pada suhu tinggi, umumnya dalam kisaran 370°C - 400°C . [13]. Desain ukuran bahan material yang digunakan sebesar $170\text{mm}\times 200\text{mm}$ dengan ketebalan 5mm seperti pada **Gambar 3.b**.



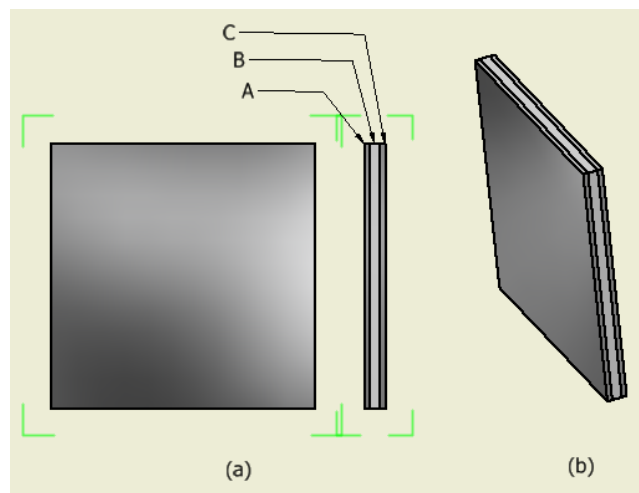
Gambar 3 Ukuran Potongan Maerial Inti Satuan (mm)

(a) POM dan (b) PEEK

(b)

e. Aluminium

Bahan aluminium yang digunakan Aluminium type 5052 Menggunakan Ketebalan 5mm, kemudian aluminium dipotong sesuai dengan ukuran pada setiap material inti LDPE, POM, PTFE, PEEK per material inti sebanyak 2 lembar potongan seperti pada **Gambar 4.a** pada point A dan C aluminium kemudian direkatkan jadi 1 seperti pada **Gambar 4.b**.

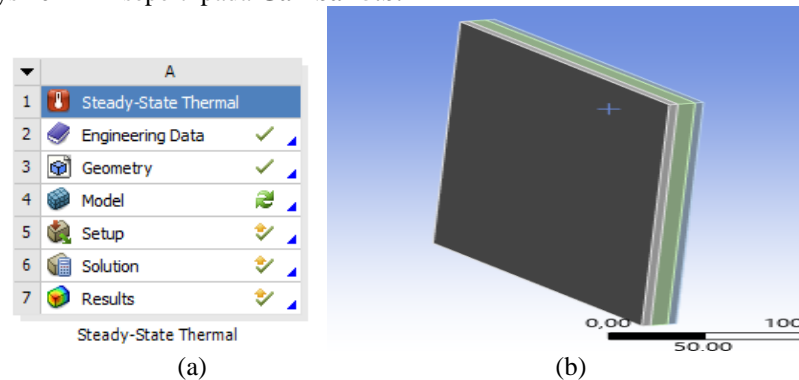


Gambar 4 Material Aluminium *Composite Panel* (ACP)

B. Analisa Model Numerik

Variasi material inti tersebut pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** akan dilakukan dengan pengujian secara simulasi menggunakan ansys 2024 R2 pada material Aluminium *Composite panel* (ACP) pada **Gambar 4** untuk mengetahui ketahanan api dengan variasi suhu 150°C , 200°C , 250°C , 300°C , 350°C , 400°C ; dengan proses analisa model numerik menggunakan *analysis systems* pada *steady state thermal* pada **Gambar 5.a**, model

geometry 3D Aluminium *Composite* Panel yang dapat di import dari software Autodesk Inventor 2017 kemudian Di eksport ke ansys 2024 R2 seperti pada **Gambar 5.b**.

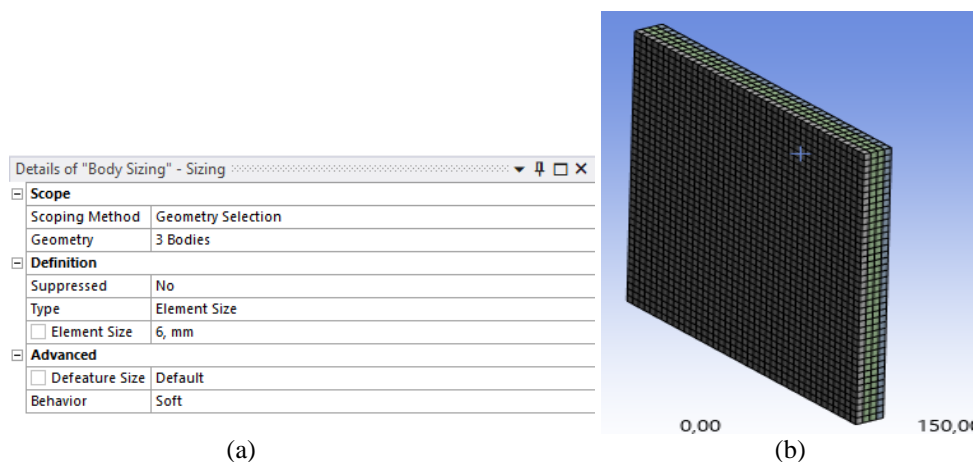


Gambar 5. (a) Analysis Systems Steady State Thermal (b) Geometry 3D Aluminium Composite Panel (ACP)

C. Meshing

Meshing merupakan langkah penting dalam memastikan hasil analisis yang baik, hasil analisis juga sangat bergantung pada kualitas meshing dengan menentukan apakah hasil yang dihasilkan baik atau akan mengandung kesalahan. Ukuran *mesh* juga mempengaruhi respon analisis solusi dan mempengaruhi nilai temperatur maksimum.[14]

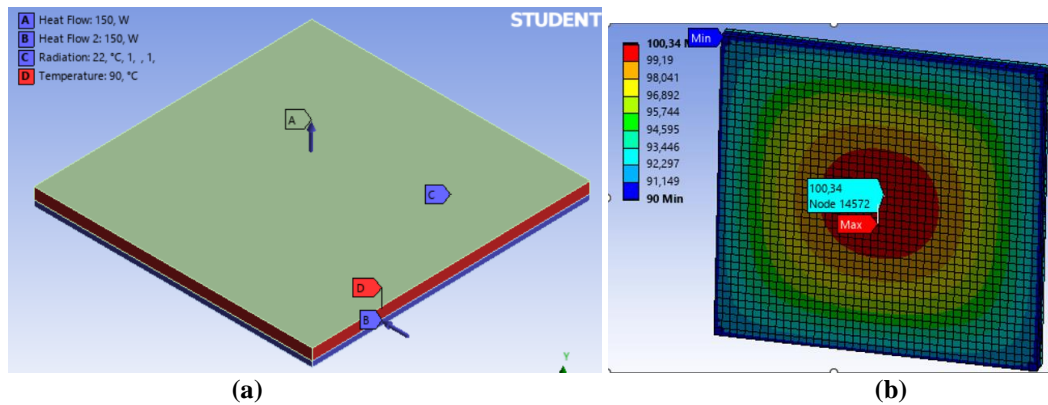
Analisis ini, model aluminium *composite* panel (ACP) dalam pembuatan elemen mesh pada Ansys menggunakan mesh pengaturan meshing default dari ansys, yaitu *body sizing* dalam geometri aluminium *composite* panel (ACP). Kondisi ini dapat diatur ukuran *mesh* pada *element size* di menu bar *details of "Body Sizing"-Sizing* pada **Gambar 6.a** sehingga jumlah ukuran mesh berkurang secara signifikan dan akan mengarah pada analisis distribusi thermal yang baik seperti pada **Gambar 6.b**



Gambar 6.(a) Pengaturan Ukuran Mesh Pada Element Size (b) jumlah ukuran mesh berkurang

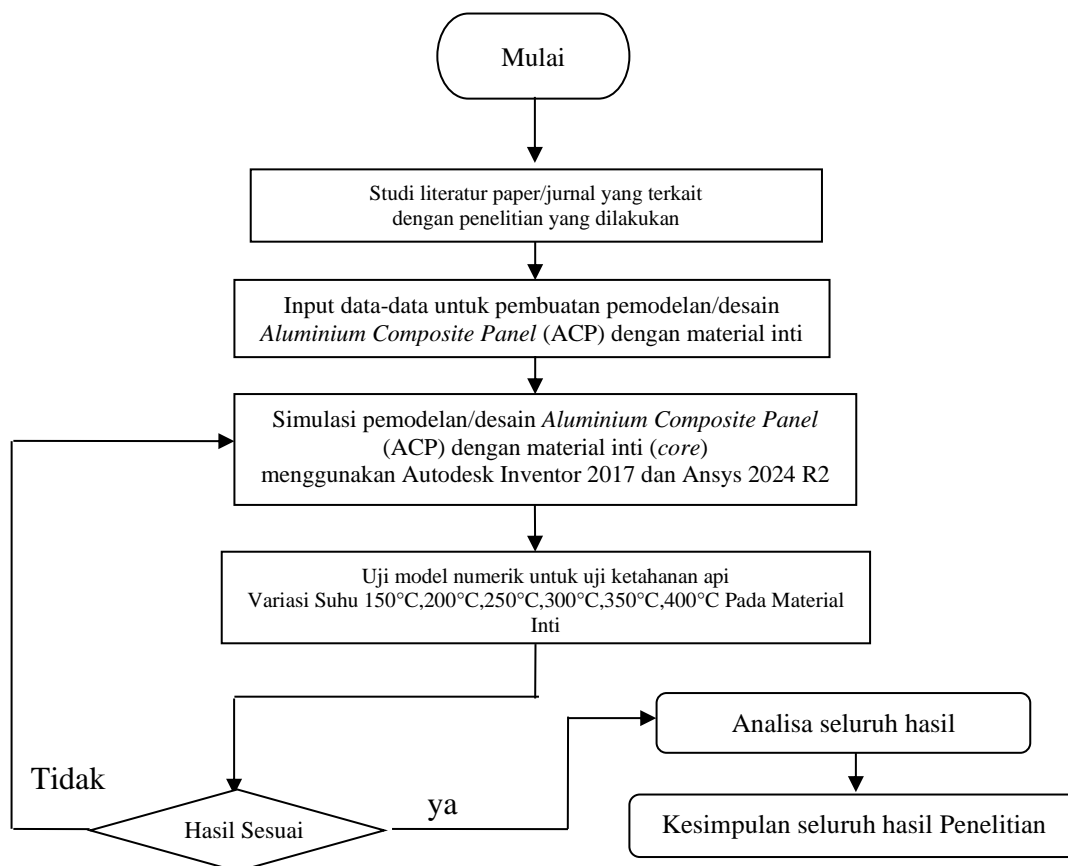
D. Kondisi Batas dan *Generating/Solve*

Sebelum menghasilkan hasil analisis thermal, kondisi batas dan kondisi awal harus diterapkan dalam Ansys WorkBench. Kondisi yang benar dan sesuai harus diterapkan untuk menghindari dalam menghasilkan hasil. Kondisi awal model padatan ditetapkan pada suhu 22 °C pada system *Radiation*, sesuai dengan pengaturan *default* di Ansys. Beban thermal (150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C) diterapkan pada Heat Flows A dan B, dengan batas minimal temperatur D pada suhu 90°C sedangkan untuk sistem *radiation* merupakan penyaluran panas dari material aluminium ke material inti dengan pengaturan default pada Ansys workbench seperti pada **Gambar 7.a**. Setelah jika sudah mengatur kondisi batas dapat kita melakukan *generating/solve* dan akan menghasilkan data simulasi yang akan diinginkan seperti pada gambar 7.b



Gambar 7 (a) Kondisi Batas (b) *Generating/solve* Diagram Alir Kegiatan

Pada gambar 8 dapat menjelaskan mengenai diagram alir penelitian yang dilaksanakan, sebagai berikut:



Gambar 8. Diagram Alir (*Flow Chart*) kegiatan

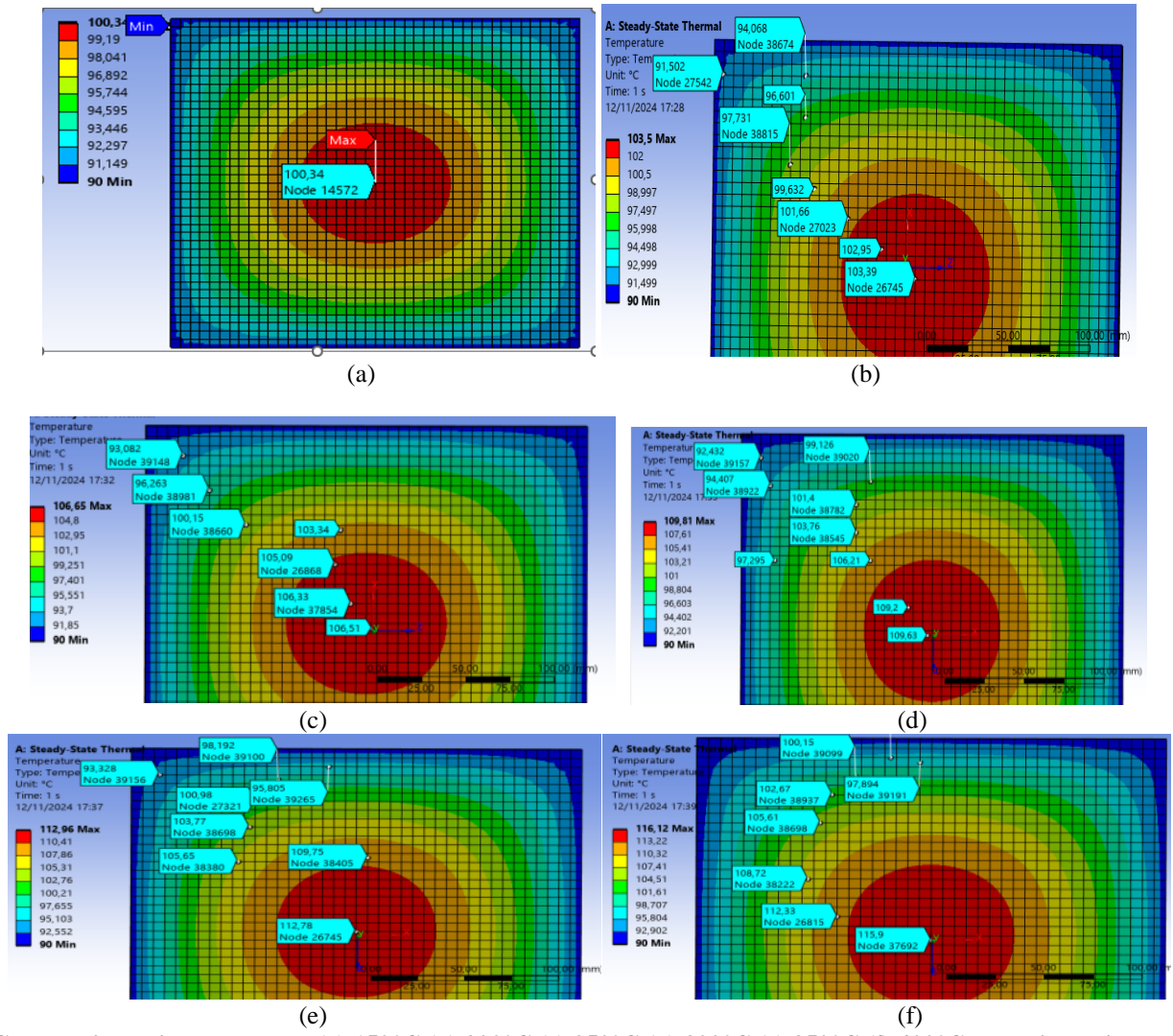
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Setelah proses *meshing* dan penerapan kondisi batas pada model aluminium *composite* panel (ACP), solusi termal dapat dihasilkan berdasarkan sejumlah kontur warna tertentu. Jumlah kontur warna bergantung pada kompleksitas yang dihasilkan dalam analisis kontur warna merah menunjukkan suhu tertinggi yang dihasilkan, dan kontur warna biru tua menunjukkan suhu terendah. Seperti yang terlihat pada Gambar 9.a, suhu terendah tersebar di sepanjang

pinggiran Aluminium *Composite Panel* (ACP) yang memiliki kontur warna biru, sedangkan suhu tertinggi terdapat dibagian tengah pada aluminium *Composite Panel* (ACP) dengan suhu mencapai 100,34°C menunjukkan pada kontur warna merah. Suhu maksimum yang dihasilkan berkontak langsung dengan kedua bahan aluminium dan memiliki jenis material yang sama. Saat analisis yang dilakukan dengan suhu berbeda(150°C -400°C), dapat diamati bahwa selisih antara suhu maksimum aluminium *composite panel* (ACP) dan suhu yang diterapkan semakin besar sebagaimana ditunjukkan dalam **Tabel 1**

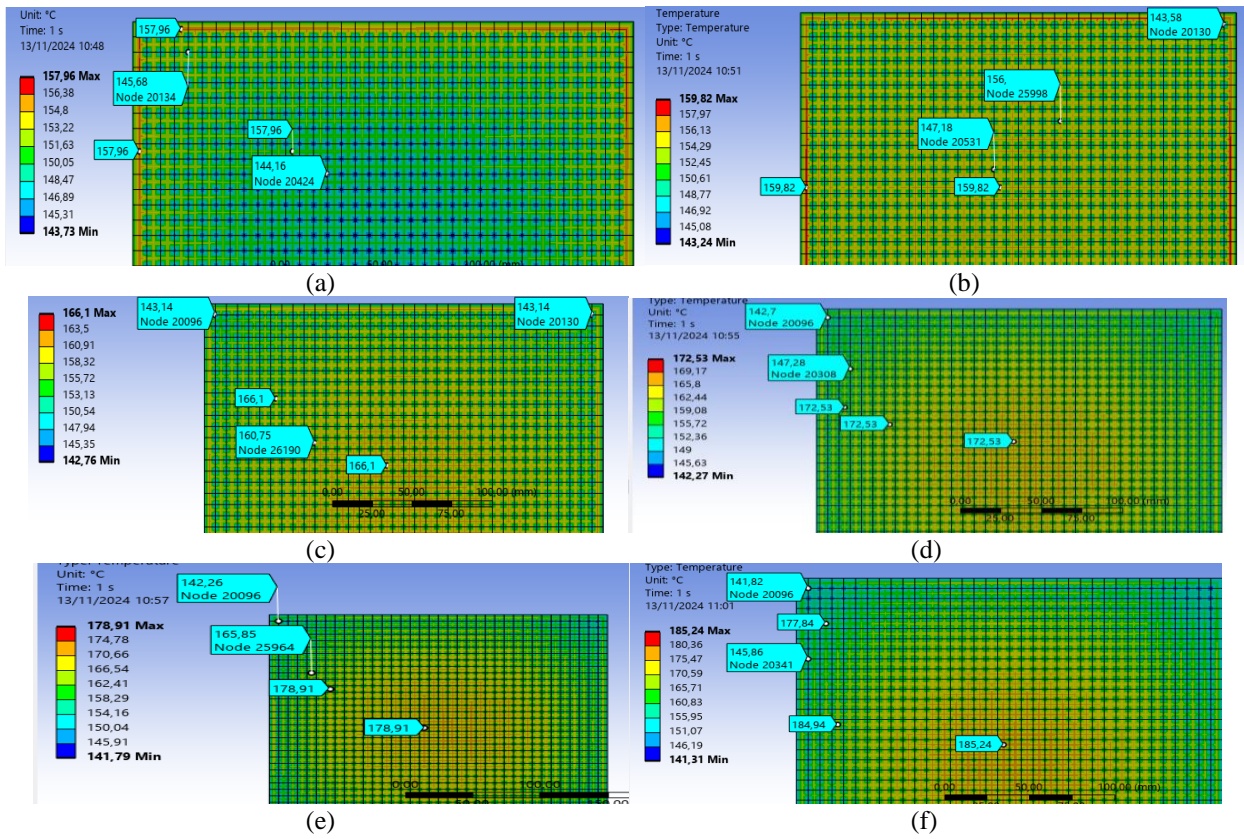


Gambar 9. Hasil Pemanasan, (a) 150°C (b) 200°C (c) 250°C (d) 300°C (e) 350°C (f) 400°C Material Inti LDPE

Tabel 1. Suhu Pemanasan pada Material Inti LDPE

Suhu Pemanasan pada Material Inti LDPE	
Suhu	Maksimum Leleh (°C)
150°C	100,34
200°C	103,5
250°C	106,65
300°C	109,81
350°C	112,96
400°C	116,12

2. PolyOxyMethylene (POM)

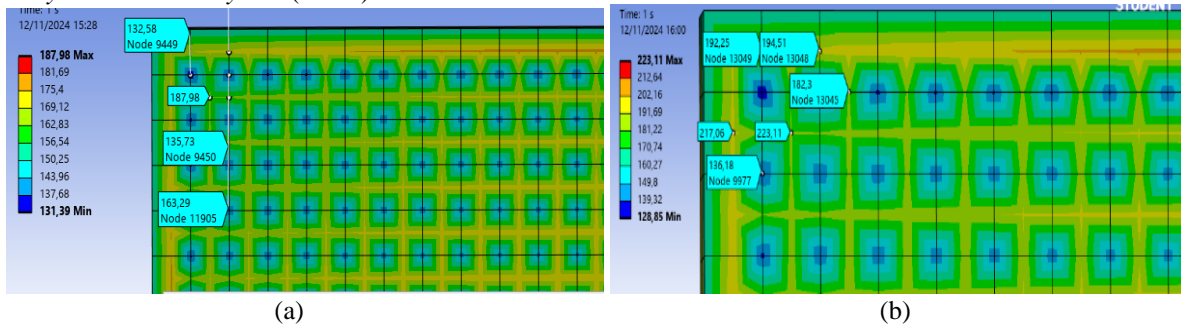


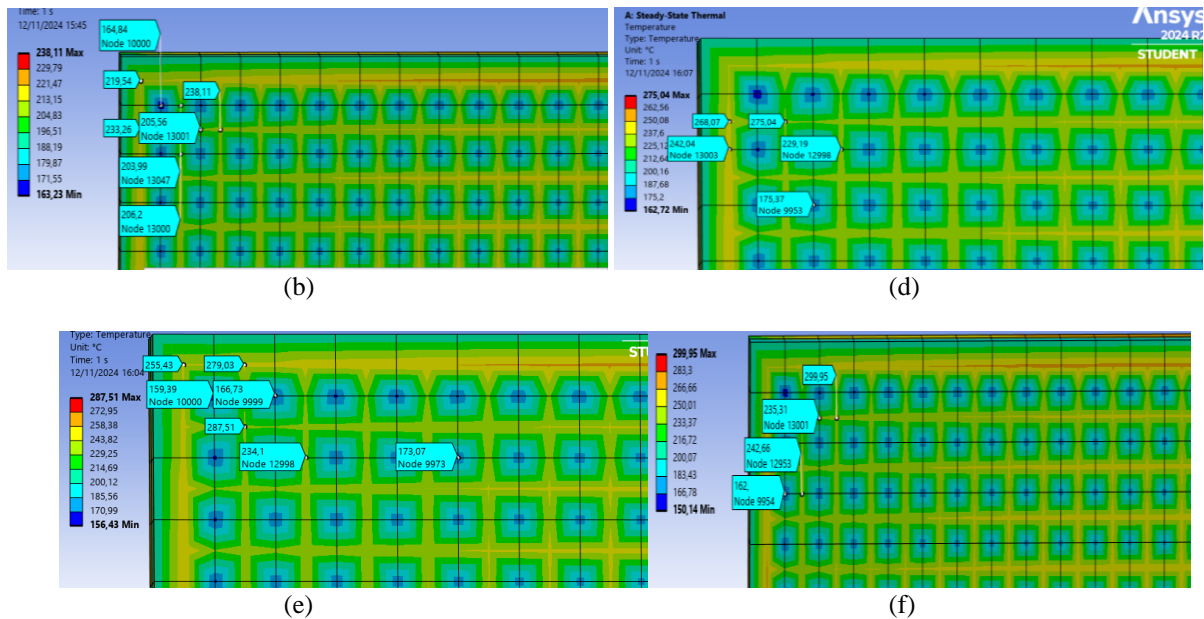
Gambar 10. Hasil Pemanasan di Suhu 150°C Pada Material Inti POM

Tabel 2. Simulasi Pemanasan pada Material Inti POM

Suhu Pemanasan pada Material Inti POM	
Suhu	Maksimum Leleh (°C)
150°C	157,96
200°C	159,82
250°C	166,1
300°C	172,53
350°C	178,91
400°C	185,24

3. Polytetra FluoroEthylene (PTFE)/Teflon





Gambar 11. Hasil Pemanasan di Suhu 150°C Pada Material Inti PTFE

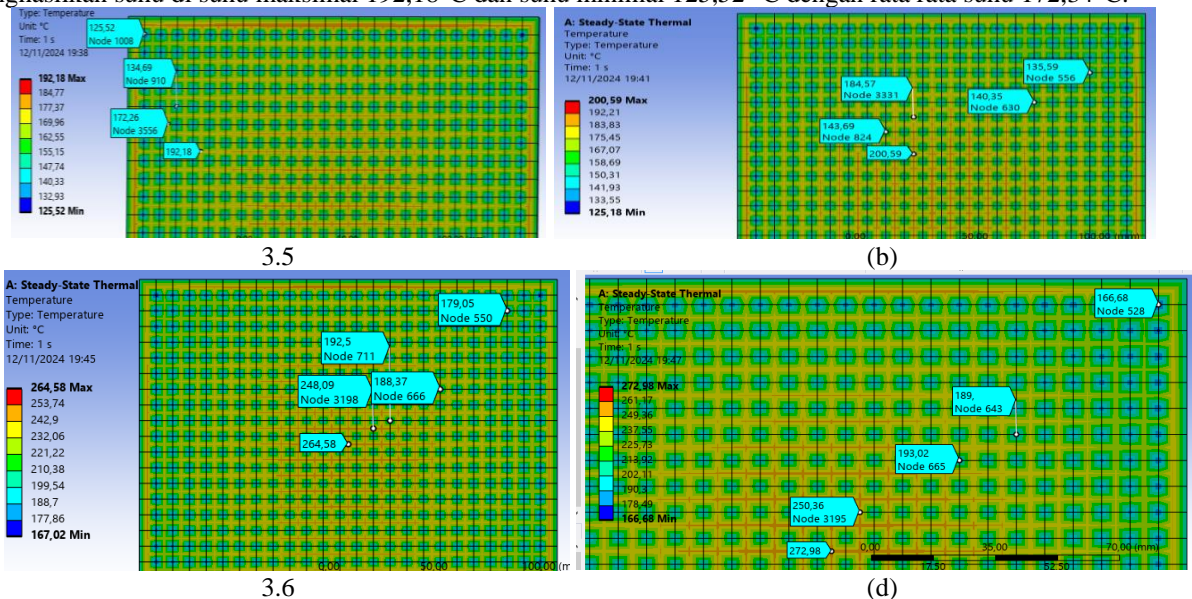
Tabel 3. Simulasi Pemanasan pada material Inti PTFE

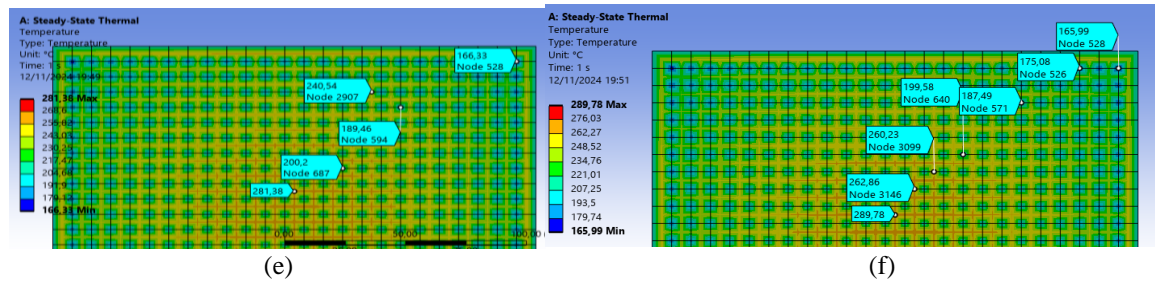
Suhu Pemanasan pada Material Inti PTFE	
Suhu	Maksimum Leleh (°C)
150°C	187,98
200°C	223,11
250°C	238,11
300°C	275,04
350°C	287,51
400°C	299,95

4. PolyEter Eter Ketone (PEEK)

a. Suhu 150°C

Pada Gambar 21. Pemanasan aluminium Composite panel di suhu 150°C, material inti yaitu PEEK menghasilkan suhu di suhu maksimal 192,18°C dan suhu minimal 125,52 °C dengan rata rata suhu 172,34°C.





Gambar 21. Hasil Pemanasan di Suhu 150°C Pada Material Inti PEEK

Tabel 4. Simulasi Pemanasan pada Material Inti PEEK

Suhu Pemanasan pada Material Inti PEEK	
Suhu	Maksimum Leleh (°C)
150°C	192,18
200°C	200,59
250°C	264,58
300°C	272,98
350°C	281,38
400°C	289,78

B. Pembahasan

Berikut tabel hasil simulasi temperatur suhu pada variasi material inti

Tabel 5. Hasil Analisa Model Numerik Temperatur Suhu Pada Material Inti

Material	Suhu Leleh Nyata (°C)	Suhu Simulasi (°C)						Suhu Maksimum Pembakaran (°C)
		150	200	250	300	350	400	
LDPE	110-115	100.34	103,5	106,65	109,81	112,96	116,12	Suhu Maksimum Pembakaran (°C)
POM	190-230	157,96	159,82	166,1	172,53	178,91	185,24	
PTFE	270-342	187,98	223,11	238,11	275,04	287,51	299,95	
PEEK	334-400	192,18	200,59	264,58	272,98	281,38	289,78	

Pada Tabel 5. Menyajikan hasil simulasi numerik temperatur pada berbagai jenis material inti dengan rentang suhu leleh yang berbeda. Simulasi dilakukan dengan menereapkan beban termal 150°C-400°C untuk melihat bagaimana suhu material berubah terhadap pemanasan yang diberikan.

a. LDPE

Memiliki suhu leleh 110-115°C yang berarti material ini melunak dalam kisaran suhu tersebut sehingga hasil dari simulasi menunjukkan bahwa pada suhu 400°C, suhu LDPE 116,12°C yang sudah melewati suhu leleh maksimum material kemungkinan akan menguap. Sehingga penggunaannya dalam lingkungan suhu tinggi tidak disarankan.

b. POM

Suhu leleh POM berada dikisaran 190°C-230°C, sedangkan hasil simulasi menunjukkan suhu maksimum 185,24°C pada beban termal 400°C. Artinya, POM masih berada dibawah batas suhu lelehnya, sehingga material ini lebih tahan terhadap panas dibandingkan LDPE dalam rentang suhu yang diuji.

c. PTFE

PTFE memiliki suhu leleh 270-342°C, dan hasil simulasi menunjukkan suhu tertinggi 299,95°C pada beban termal 400°C. Suhu ini masih berada dalam rentang suhu lelehnya, yang berarti PTFE berpotensi mulai melebur atau mengalami deformasi signifikan pada suhu tinggi. PTFE menunjukkan ketahanan termal yang lebih baik dibandingkan POM dan LDPE, tetapi tetap memiliki batas dalam lingkungan suhu ekstrem.

d. PEEK

PEEK memiliki suhu leleh tinggi diantara semua material dalam **Tabel 5, yaitu 334-400°C**. Pada hasil di suhu 400°C PEEK menunjukkan suhu maksimum 289,78°C yang berarti PEEK masih jauh dari suhu lelehnya. Hal ini menunjukkan bahwa PEEK adalah material yang paling tahan panas dalam pengujian ini, sehingga cocok digunakan dalam aplikasi yang memerlukan ketahanan suhu tinggi

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi numerik menggunakan software ansys 2024 R2 dengan memvariasikan material inti menggunakan LDPE, POM, PTFE, PEEK dengan variasi pada suhu yaitu 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350,

400°C. Maka kita dapat mengetahui hasil penelitian suhu rata-rata pada suhu 400°C. Pada material inti LDPE menghasilkan suhu maksimal 116,12°C, POM menghasilkan suhu maksimal 185,24°C, PTFE suhu 400°C menghasilkan suhu maksimal 299,95°C, PEEK suhu 400°C menghasilkan suhu maksimal 289,78°C. Maka material inti yang mudah terbakar adalah material inti LDPE dengan menghasilkan suhu maksimal 116,12°C pada suhu 400°C dengan suhu rata-rata 102,86°C, maka disimpulkan tidak layak untuk menggunakan sebagai bahan material inti dari bahan aluminium komposit panel (ACP).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Kemendikbudristek Dikti untuk Dana Hibah Riset Fundamental 2024 dan dukungan penuh dari Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dalam melaksanakan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. Alfari, "Mengenal Aluminium Composite Panel (ACP) - ARSITAG," 2018. [Daring]. Tersedia pada: <https://www.arsitag.com/article/mengenal-aluminium-composite-panel-acp>
- [2] N. White, "Fire performance and test methods for ACP external wall cladding," no. May, 2020.
- [3] P. Mohaney dan E. G. Soni, "Aluminium Composite Panel as a Facade Material," vol. 55, no. 2, hal. 75–80, 2018.
- [4] J. I. Duruaku, P. A. C. Okoye, N. H. Okoye, J. O. Nwadiogbu, V. I. Onwukeme, dan R. U. Arinze, "An Evaluation of the Physicochemical, Structural and Morphological Properties of Selected Tropical Wood Species for Possible Utilization in the Wood Industry," *J. Sustain. Bioenergy Syst.*, vol. 13, hal. 131–148, 2023, doi: 10.4236/jsbs.2023.134008.
- [5] M. Bonner dan G. Rein, "Flammability and multi-objective performance of building façades: Towards optimum design," *Int. J. High-Rise Build.*, vol. 7, no. 4, hal. 363–374, 2018, doi: 10.21022/IJHRB.2018.7.4.363.
- [6] P. H. Tjahjanti, Mulyadi, A. Zubaydi, dan S. H. Sujiatanti, "Finite element analysis of material AlSi10Mg(b) and AlSi10Mg(b)+SiC*15p," *J. Eng. Res.*, vol. 2019, no. October, hal. 50–56, 2019.
- [7] P. H. Tjahjanti dan S. H. Sujiatanti, "Application Analysis of Wall and Deck Numerical of Modelling Composite Ship EN AC-AlSi10Mg (b)+SiC*/15p By Using ANSYS ver. 12.0," no. Icaise, hal. 217–221, 2013, doi: 10.2991/icaise.2013.46.
- [8] P. H. Tjahjanti, D. Manfaat, E. Panunggal, D. Darminto, dan W. H. Nugroho, "Numerical Modeling of Ship Composite-Based on Aluminum Casting as Alternative Materials for Ship Building," *Adv. Mater. Res.*, vol. 0, no. March 2016, hal. 143–150, 2013, doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.0.143.
- [9] A. R. Nasution dan E. Widodo, "Numerical Analysis of Low Carbon Steel Tensile Strength Using Software (SolidWorks)," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J.*, vol. 7, no. 1, hal. 1–6, 2022, doi: 10.21070/r.e.m.v7i1.1629.
- [10] A. S. Nugroho, "Pengolahan Limbah Plastik Ldpe Dan Pp Untuk Bahan Bakar Dengan Cara Pirolisis," *J. Litbang Sukowati Media Penelit. dan Pengemb.*, vol. 4, no. 1, hal. 10, 2020, doi: 10.32630/sukowati.v4i1.166.
- [11] N. Inayah, "Journal Bearing Dengan Lapisan Pasta Pada Rotary Valve Mesin Pembuat Pasta," hal. 63, 2015.
- [12] N. Uthaman, A. Majeed, dan Pandurangan, "Impact Modification of Polyoxymethylene (POM)," *E-Polymers*, no. 034, hal. 1–9, 2006, doi: 10.1515/epoly.2006.6.1.438.
- [13] D. P. Jones, D. C. Leach, dan D. R. Moore, "Mechanical properties of poly(ether-ether-ketone) for engineering applications," *Polymer (Guildf.)*, vol. 26, no. 9, hal. 1385–1393, 1985, doi: 10.1016/0032-3861(85)90316-7.
- [14] F. Jikol, M. Z. Akop, Y. M. Arifin, M. A. Salim, dan S. G. Herawan, "A Study of Steady-State Thermal Distribution on Circular Plate Using ANSYS," *Int. J. Nanoelectron. Mater.*, vol. 14, no. Special Issue ISSTE, hal. 479–488, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.