

Design and thermo-mechanical analysis of a food packaging machine using Ansys simulation

Agus Nuramal¹, Hendri Hestiawan¹, Rama Dani Eka Putra¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia
Email Korespondensi: anuramal@unib.ac.id

Abstract. Perancangan mesin pengemasan pangan membutuhkan analisis yang cermat terhadap pengaruh beban termal dan mekanik, mengingat kondisi operasi dapat menimbulkan konsentrasi panas serta tegangan yang berpotensi mempercepat kegagalan struktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku termomekanik mesin pres pengemasan makanan menggunakan perangkat lunak ANSYS dengan pendekatan *Finite Element Analysis* (FEA). Simulasi dilakukan untuk mengevaluasi distribusi temperatur, deformasi akibat beban puntir, serta tegangan ekuivalen Von-Mises pada rangka mesin. Hasil simulasi perpindahan panas menunjukkan bahwa suhu maksimum mencapai 85,34 °C setelah 120 detik, dengan distribusi panas yang terlokalisasi pada area sekitar poros tengah, sedangkan bagian rangka utama relatif stabil pada suhu 28 °C. Analisis deformasi memperlihatkan adanya perubahan dimensi lokal di sekitar pusat pemanasan, namun tidak menyebar secara signifikan ke seluruh struktur. Sementara itu, simulasi tegangan Von-Mises mengindikasikan tegangan maksimum sebesar 182,45 MPa pada bagian atas rangka, sedangkan bagian bawah hampir tidak menerima tegangan berarti. Temuan ini menunjukkan bahwa mesin memiliki titik kritis pada area tertentu yang rentan terhadap beban kombinasi termal dan mekanik. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam pengembangan desain mesin pengemasan pangan yang lebih andal melalui identifikasi area rawan serta rekomendasi perbaikan struktur.

Keywords: ANSYS, Analisis Termo-Mekanik, Finite Element Analysis, Kemasan Pangan, Tegangan Von-Mises

Received: 30 September 2025; **Presented:** 9 October 2025; **Publication:** 9 March 2026

DOI: <https://doi.org/10.71452/3qk4x982>

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat dalam industri pengemasan makanan menuntut hadirnya mesin yang tidak hanya mampu meningkatkan efisiensi produksi, tetapi juga menjamin kualitas dan keamanan produk yang dikemas [1]. Mesin pengemasan makanan, khususnya jenis press kemasan, berfungsi mengintegrasikan proses mekanis dan termal dalam satu sistem. Proses ini menuntut rancangan yang mampu mendistribusikan panas secara merata sekaligus menahan tegangan mekanis agar hasil pengemasan sesuai standar. Tanpa perancangan yang tepat, mesin berpotensi mengalami kegagalan struktural, overheating, atau deformasi lokal yang mengurangi efektivitas proses produksi. Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan simulasi numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) melalui perangkat lunak ANSYS semakin banyak digunakan karena memungkinkan analisis termomekanik yang komprehensif sebelum mesin diproduksi secara fisik. Simulasi multiphysics seperti ini bahkan telah diadopsi oleh industri besar, misalnya Tetra Pak yang menggunakan ANSYS untuk pengujian mesin pengisian cairan secara virtual sehingga dapat mempercepat inovasi desain sekaligus mengurangi biaya pengembangan [2], [3].

Sejumlah penelitian dalam dekade terakhir turut memberikan kontribusi signifikan dalam memahami aspek mekanis maupun termal dalam desain alat kemasan. Vijay & Jayapalan [4] menggunakan

ANSYS untuk menganalisis kekuatan kotak kemasan LLDPE dan menunjukkan bahwa desain tersebut memenuhi kriteria struktural terhadap beban kompresi. Penelitian lain oleh Wang & Lee [5] menerapkan analisis termal transien dan mekanik pada *conformal cooling channels* cetakan plastik, menghasilkan peningkatan efisiensi pendinginan dan pengurangan konsentrasi tegangan material. Majder-Lopatka et al. [6] menyoroti analisis termal material polimer untuk aplikasi makanan, menunjukkan pentingnya sifat konduktivitas panas dalam menjaga integritas kemasan. Lamp et al. [7] mengkaji sifat mekanis material kemasan berbasis protein, menemukan bahwa kekuatan tarik sangat menentukan daya tahan terhadap deformasi mekanik dalam pengemasan. Studi lain oleh Devi et al. [8] menekankan pentingnya stabilitas termal film biopolimer untuk mempertahankan fungsionalitas selama penyimpanan, sedangkan Alp et al. [9] meneliti sifat morfologi, mekanik, dan penghalang dari kemasan aktif berbasis ZnO yang memengaruhi kinerja terhadap fluktuasi suhu. Lebih jauh, mereka menemukan bahwa variasi bentuk nanopartikel ZnO seperti heksagonal, sferis, platelet, dan dot berpengaruh signifikan terhadap kemampuan kemasan dalam menahan difusi oksigen serta memberikan efek antibakteri, sehingga kemasan lebih efektif dalam menjaga kualitas produk pangan.

Meski demikian, sebagian besar penelitian maupun penerapan industri masih berfokus pada material kemasan atau elemen cetakan pendingin, bukan pada integrasi analisis termomekanik secara langsung pada mesin pengemasan makanan. Belum banyak kajian akademik yang menggabungkan analisis distribusi panas, deformasi struktural, dan tegangan dalam satu model komprehensif berbasis ANSYS. Inilah yang kemudian menjadi kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu dijawab. Dengan demikian, penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan melakukan analisis terpadu pada mesin pres kemasan makanan, mencakup evaluasi distribusi suhu, deformasi struktural, dan tegangan Von-Mises, sekaligus mengkaji interaksi antarparameter desain melalui pendekatan simulasi numerik. Permasalahan utama yang diangkat adalah bagaimana distribusi panas yang terjadi selama proses pengemasan memengaruhi stabilitas struktural mesin, serta bagaimana konsentrasi tegangan akibat gradien suhu dapat memicu deformasi lokal atau bahkan kegagalan struktural. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa distribusi termal yang tidak merata cenderung menimbulkan tegangan tinggi di area tertentu yang dapat mengurangi umur pakai mesin, sedangkan rancangan yang dioptimasi melalui simulasi termomekanik akan mampu menekan tegangan kritis sekaligus meningkatkan efisiensi termal.

Secara metodologis, penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan numerik. Model CAD mesin pres kemasan dikembangkan terlebih dahulu, kemudian dilakukan simulasi termal dalam kondisi *steady-state* maupun *transient*. Hasil distribusi suhu digunakan sebagai input untuk analisis mekanik berupa deformasi dan tegangan. Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas terhadap variasi parameter material, geometri, dan kondisi beban untuk memastikan reliabilitas hasil simulasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku termomekanik mesin pengemasan makanan berbasis simulasi ANSYS, mengidentifikasi area kritis yang rentan terhadap overheating maupun konsentrasi tegangan, serta mengusulkan perbaikan desain yang lebih efisien dan aman. Kontribusi yang dihasilkan diharapkan tidak hanya memperkaya literatur akademik di bidang pengemasan makanan berbasis simulasi numerik, tetapi juga memberikan acuan praktis bagi industri dalam merancang mesin pengemasan yang andal dan hemat energi. Meski demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan berupa belum adanya validasi eksperimental terhadap prototipe nyata, serta belum mempertimbangkan faktor dinamis seperti getaran, keausan, dan interaksi langsung dengan produk makanan. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi penting dalam pengembangan mesin pengemasan makanan melalui

pendekatan integratif termomekanik berbasis ANSYS. Pendekatan ini diharapkan dapat menjembatani kesenjangan penelitian terdahulu serta membuka peluang inovasi desain yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan di masa depan.

Penerapan FEA pada Kemasan Pangan

Metode *Finite Element Analysis* (FEA) telah digunakan secara luas dalam industri pengemasan pangan untuk menganalisis kekuatan dan stabilitas material. Kalita et al. [10] mengevaluasi *ventilated corrugated paperboard* (VCP) dan membuktikan bahwa variasi geometri sangat berpengaruh terhadap kapasitas beban. Temuan ini menegaskan bahwa simulasi numerik dapat menjadi alat yang efektif dalam mengoptimasi desain kemasan tanpa bergantung sepenuhnya pada uji eksperimental. Kajian serupa dilakukan oleh Zulkifli et al. [11] yang mengaplikasikan ANSYS untuk memodelkan respons mekanik buah pepaya terhadap beban puntir. Validasi dengan data eksperimental menunjukkan bahwa pendekatan FEA mampu memberikan hasil prediksi yang cukup akurat, bahkan pada material biologis yang memiliki sifat heterogen.

Aplikasi FEA pada Mesin dan Peralatan Pangan

Di samping pada material kemasan, FEA juga diterapkan pada mesin dan peralatan pangan. Dong et al. [12] menganalisis mesin pres karton buah untuk melihat distribusi tegangan pada kondisi operasi. Hasil studi tersebut menunjukkan area kritis yang berpotensi mengalami kegagalan struktural. Pratama et al. [13] melakukan penelitian serupa pada alat pencetak dan pemotong cracker. Analisis FEA yang dilakukan berhasil mengidentifikasi titik lemah konstruksi, sehingga memungkinkan perbaikan desain untuk meningkatkan ketahanan mesin.

Kajian Material dan Komponen Kemasan

Selain struktur utama mesin, penelitian lain juga menitikberatkan pada komponen spesifik. Kassim et al. [14] meneliti efek variasi posisi bantalan pada kemasan *expanded polystyrene*. Simulasi yang dilakukan memperlihatkan bahwa konfigurasi bantalan dapat memengaruhi distribusi tegangan serta deformasi, yang pada akhirnya berhubungan dengan kemampuan kemasan dalam melindungi produk. Sementara itu, Bender et al. [15] memperluas cakupan studi ke ranah elektronik dengan mengembangkan model probabilistik untuk sambungan solder pada *chip packaging*. Studi ini menekankan pentingnya mempertimbangkan variasi termal dan ketidakpastian material dalam desain berbasis FEA.

Integrasi Analisis Termal-Struktural

Pendekatan yang mengintegrasikan analisis termal dan struktural secara simultan masih relatif terbatas. Luong et al. [16] menggunakan metode FEA multikinematik

untuk mengkaji perilaku karton berventilasi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa area ventilasi menjadi titik rawan deformasi dan tegangan akibat kombinasi beban panas dan mekanis. Temuan ini memperkuat pentingnya analisis kopel (*coupled-field*) dalam merancang sistem pengemasan. Penelitian oleh Lach & Svyetlichnyy [17] juga menekankan bahwa analisis termal-struktural terintegrasi merupakan salah satu pendekatan yang direkomendasikan untuk memahami interaksi kompleks antara beban panas dan mekanik dalam suatu sistem.

Gap Analysis dan Kebaruan Penelitian

Berdasarkan kajian pustaka, mayoritas penelitian terdahulu lebih menekankan pada material kemasan atau komponen tertentu, sementara integrasi analisis termomekanik pada mesin pengemasan pangan secara menyeluruh masih jarang dilakukan. Penelitian ini menawarkan kebaruan dengan menerapkan simulasi FEA berbasis ANSYS untuk menganalisis kinerja mesin pres kemasan makanan, yang meliputi distribusi temperatur, deformasi, serta tegangan Von-Mises. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi praktis berupa pemetaan area kritis yang berpotensi mengalami kegagalan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk perbaikan desain maupun peningkatan keandalan mesin.

METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan dengan pendekatan numerik berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak ANSYS. Tahapan metodologi penelitian dijelaskan sebagai berikut:

1. Desain Model CAD

Model tiga dimensi mesin pengemasan makanan dibuat menggunakan perangkat lunak CAD dengan penyederhanaan geometri agar komputasi lebih efisien. Komponen utama yang dimodelkan meliputi rangka, pelat pemanas, dan pelat penjepit.

2. Penentuan Material

Material yang digunakan pada simulasi ditentukan sesuai aplikasi industri, yaitu besi baja untuk rangka dan aluminium alloy untuk pelat pemanas. Data properti material (densitas, modulus elastisitas, rasio Poisson, konduktivitas termal, kapasitas panas, dan kekuatan luluh) diambil dari basis data ANSYS.

3. Meshing Model

Proses meshing dilakukan menggunakan elemen tetrahedral. Refinement mesh diterapkan pada area kritis, seperti plat pemanas dan penjepit, untuk memperoleh akurasi lebih tinggi dalam perhitungan distribusi panas dan tegangan.

4. Kondisi Batas

- a. *Analisis termal*: plat pemanas diberi suhu operasi 150–200 °C, sedangkan permukaan luar mesin mengalami pendinginan konvektif dengan koefisien perpindahan panas 10–20 W/m²K.
- b. *Analisis struktural*: bagian bawah rangka difiksasi, gaya tekan 500–1000 N diaplikasikan pada pelat penjepit, serta distribusi suhu dari analisis termal diimport ke analisis struktural.

5. Simulasi dan Analisis

Simulasi dilakukan dalam dua tahap:

- a. *Analisis termal (steady-state dan transient)* untuk memetakan distribusi temperatur.
- b. *Analisis struktural* untuk menghitung deformasi total dan tegangan Von-Mises akibat beban mekanik dan termal.

6. Validasi Internal

Hasil tegangan Von-Mises dibandingkan dengan kekuatan luluh material untuk memastikan faktor keamanan ≥ 2 .

7. Analisis Data

Data hasil simulasi berupa kontur temperatur, deformasi, dan tegangan dievaluasi guna mengidentifikasi area kritis yang mengalami konsentrasi panas, deformasi signifikan, atau tegangan maksimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Model CAD

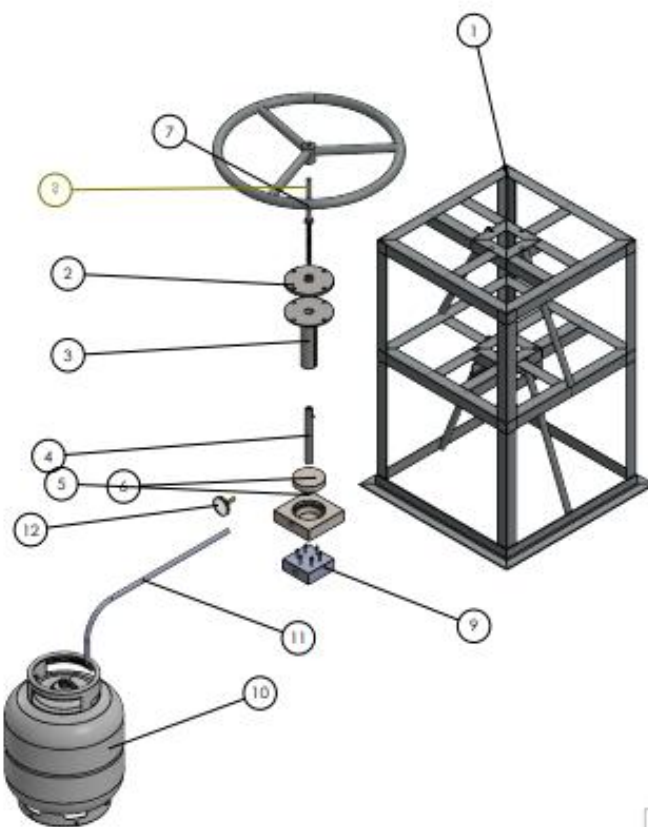
Desain model CAD merupakan tahap awal yang sangat penting dalam perancangan suatu sistem mekanik karena berfungsi sebagai representasi visual sekaligus dasar untuk analisis numerik lebih lanjut. Pada penelitian ini, rangka utama mesin pengemasan dirancang menggunakan profil besi L (angle steel) sebagai material utama. Pemilihan besi L didasarkan pada pertimbangan efisiensi material, ketersediaan di pasaran, serta kemudahan fabrikasi. Profil ini memungkinkan konstruksi yang relatif ringan namun tetap memiliki kekuatan memadai untuk menopang komponen-komponen utama mesin.

Dalam proses desain CAD, rangka dimodelkan dengan konfigurasi kubikal yang diperkuat dengan pengaku diagonal untuk meningkatkan kekakuan torsi. Hasil simulasi awal memperlihatkan bahwa beban terkonsentrasi terutama pada sambungan poros utama, sedangkan bagian bawah rangka berfungsi sebagai penopang statis yang relatif stabil. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi beban dapat dikendalikan melalui penempatan sambungan dan elemen pengaku yang tepat. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa sebagian besar mesin pengemasan masih menggunakan rangka berbahan profil hollow atau pipa baja. Qian et al. [18]

menyatakan bahwa rangka berbasis hollow lebih unggul dalam menahan torsi, namun proses fabrikasi dan biaya produksinya relatif lebih tinggi. Sebaliknya, studi oleh Syaifuddin & Sari [19] menemukan bahwa rangka berbahan baja kotak memberikan kekuatan tekan yang baik, tetapi meningkatkan massa keseluruhan sistem sehingga kurang efisien untuk aplikasi portabel.

Dalam konteks ini, desain CAD berbasis besi L yang dikembangkan pada penelitian ini menawarkan alternatif yang lebih ekonomis dan fleksibel tanpa mengorbankan performa struktural. Selain itu, hasil analisis CAD ini juga mendukung temuan Halim et al. [20] yang mengemukakan bahwa penggunaan elemen pengaku diagonal pada struktur berbasis angle steel dapat mengurangi deformasi lokal secara signifikan. Lebih jauh, Palanisamy et al. [21] menekankan bahwa

besi L lebih mudah difabrikasi dan disambung dengan teknik pengelasan sederhana, menjadikannya lebih sesuai untuk industri kecil dan menengah (IKM) yang sering kali menghadapi keterbatasan fasilitas manufaktur. Dengan demikian, pembahasan desain model CAD ini menegaskan bahwa rancangan yang diajukan memiliki nilai kebaruan dalam hal efisiensi material, kemudahan manufaktur, dan fleksibilitas struktural, sekaligus mengisi celah yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur terdahulu. Rangka berbasis besi L dengan pengaku diagonal dapat menjadi solusi optimal dalam perancangan mesin pengemasan skala menengah yang menuntut keseimbangan antara kekuatan struktural dan aspek ekonomis. Adapun desain alat pengemas makanan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan detail setiap alat dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 1. Desain Alat Pencetak Kemasan Makanan

Tabel 1. Bill of Materials Alat Pencetak Kemasan Makanan

Item No.	Part Number	Material	Qty.
1	Rangka	Besi L 40x40x3	1
2	Silinder AS 2	AS45c	1
3	Silinder AS 3	AS45c	1
4	AS Stir 2	AS45c	1
5	Mal	Stainless Steel	1
6	Pencetak	Stainless Steel	1
7	Stir	Besi	1

Item No.	Part Number	Material	Qty.
8	AS	AS45c	1
9	Kompor	Kuningan	1
10	Gas	Gas 12 Kg	1
11	Selang Gas	Karet	1
12	Termo Gauge	—	1
13	Bushing	—	1

Simulasi Perpindahan Panas

Simulasi termal yang dilakukan pada model CAD mesin pres memperlihatkan distribusi panas yang terfokus pada bagian mal (cetakan) yang menjadi pusat sumber panas. Dari hasil analisis *transient thermal*, suhu maksimum tercatat sebesar 85,34 °C pada detik ke-120, sedangkan suhu minimum pada rangka utama

tetap berada pada sekitar 28 °C. Hal ini menunjukkan bahwa perpindahan panas tidak menyebar ke seluruh rangka, melainkan terlokalisasi pada area yang berhubungan langsung dengan proses pemanasan, khususnya pada poros tengah dan bagian mal. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.

C: Transient Thermal

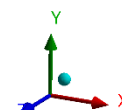
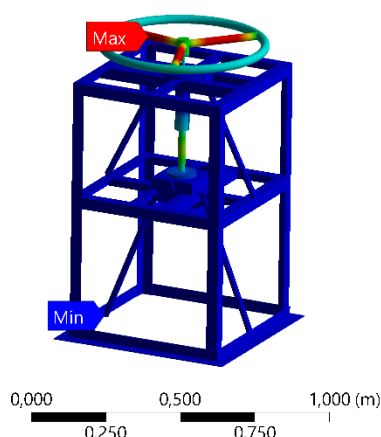
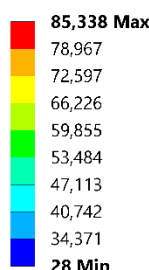
Temperature

Type: Temperature

Unit: °C

Time: 120

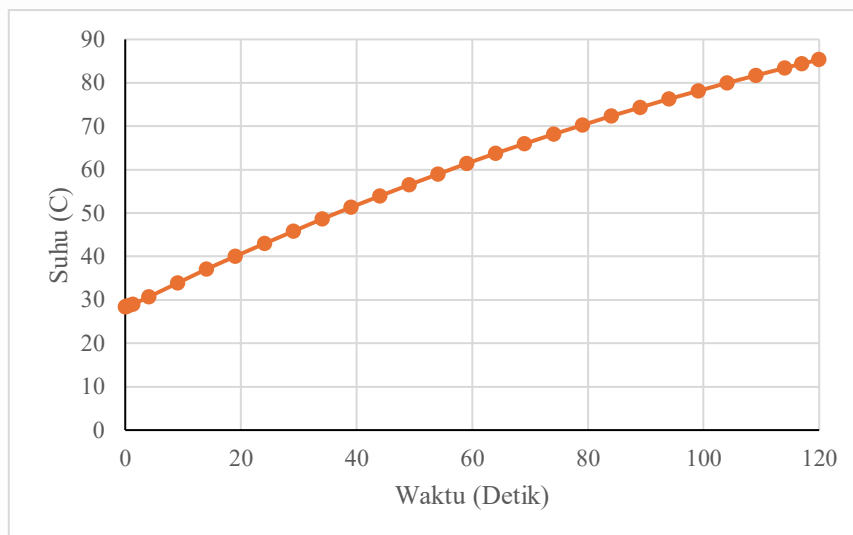
10/09/2025 10.43



Gambar 2. Hasil Perpindahan Panas

Kondisi ini dapat dipahami karena rangka terbuat dari besi L 40x40x3 yang memiliki konduktivitas termal lebih rendah dibandingkan dengan stainless steel pada bagian mal. Stainless steel lebih cepat menyerap dan menahan panas, sehingga area cetakan mengalami peningkatan suhu signifikan, sementara rangka tetap relatif stabil. Pola ini terlihat pula pada

grafik kenaikan suhu terhadap waktu, yang menunjukkan peningkatan bertahap dari 28 °C menuju 85,34 °C dengan tren linier tanpa perlambatan berarti dalam 120 detik. Dengan demikian, mesin pres menunjukkan respons termal yang stabil, namun dengan distribusi panas yang terbatas. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Kenaikan Suhu Terhadap Waktu

Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Nugraha et al. [22] yang menganalisis distribusi panas pada mesin pemanas berbasis cetakan stainless steel. Mereka menemukan bahwa panas lebih terkonsentrasi pada area pemanas utama, sementara bagian struktur penopang dari baja karbon tetap berada pada suhu lingkungan. Hal serupa juga dilaporkan oleh Ma'aruf dan Widianoro [23] dalam studi simulasi mesin pengepres makanan, di mana suhu maksimum terkonsentrasi pada cetakan aluminium dan tidak merambat secara signifikan ke rangka penopang. Namun, terdapat perbedaan dengan penelitian Wijaya & Wijaya [24] yang menggunakan material hollow baja pada rangka. Dalam studinya, perpindahan panas ke rangka lebih tinggi sehingga suhu naik hingga 40-45 °C pada beberapa titik. Hal ini berbeda dengan hasil simulasi pada desain sekarang yang menggunakan profil besi L, di mana distribusi panas pada rangka jauh lebih rendah (tetap di kisaran 28 °C). Artinya, pemilihan material rangka berperan penting dalam mengisolasi panas agar tidak memengaruhi stabilitas struktur.

Analisis ini menunjukkan bahwa desain mesin pres dengan rangka besi L lebih aman terhadap ekspansi termal karena suhu pada struktur penopang relatif stabil. Panas yang hanya terkonsentrasi pada area cetakan juga membuat energi lebih efisien tersalurkan pada proses pengepresan. Namun, konsentrasi panas di satu titik berpotensi menimbulkan gradien termal tinggi yang dapat memengaruhi umur pakai mal atau komponen yang bersentuhan langsung dengan sumber panas. Oleh karena itu, hasil simulasi ini dapat menjadi dasar evaluasi lebih lanjut untuk menambahkan sistem

isolasi panas atau menggunakan material mal dengan ketahanan temperatur lebih tinggi.

Simulasi Beban Puntir

Hasil simulasi beban puntir yang dikaitkan dengan pemberian suhu sebelumnya menunjukkan bahwa deformasi semakin besar pada area yang lebih dekat dengan sumber panas, sedangkan bagian rangka yang jauh dari as tetap stabil. Hal ini mengindikasikan bahwa ekspansi termal akibat peningkatan suhu di as tengah menimbulkan perubahan dimensi kecil namun terlokalisasi, dengan nilai deformasi relatif rendah sehingga struktur mesin press masih aman terhadap perubahan bentuk.

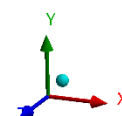
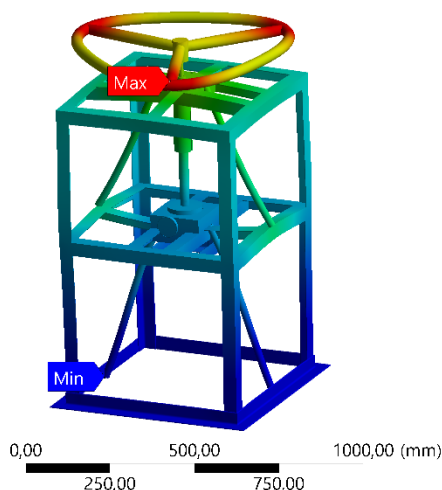
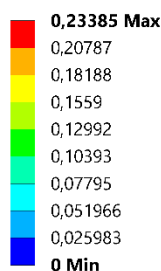
Total deformation

Simulasi deformasi (Gambar 4) menunjukkan bahwa nilai maksimum terjadi pada bagian stir atau roda penggerak, dengan besar deformasi mencapai 0,23385 mm. Sementara itu, bagian bawah rangka relatif tidak mengalami deformasi berarti dengan nilai mendekati 0 mm. Kondisi ini mengindikasikan bahwa gaya tekan dan torsi dari as penggerak lebih terkonsentrasi pada area atas, sedangkan bagian rangka utama hanya berfungsi sebagai penopang statis.

Nilai deformasi yang relatif kecil (<1 mm) menandakan bahwa desain rangka cukup kaku untuk menahan beban operasi. Menurut Sala et al. [25], dalam percobaan teramati deformasi elastis di bawah 1 mm. Deformasi sekecil ini tidak berpengaruh signifikan terhadap geometri maupun fungsionalitas struktur pelat tipis, sehingga desain dapat dikategorikan aman secara struktural dalam rentang deformasi elastis tersebut.

D: Static Structural

Total Deformation
Type: Total Deformation
Unit: mm
Time: 1
10/09/2025 10.53



Gambar 4. Total Deformation

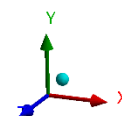
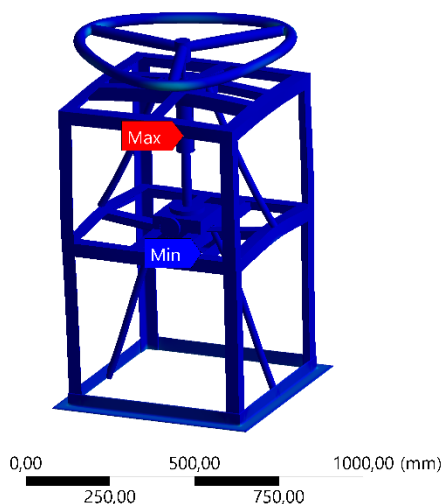
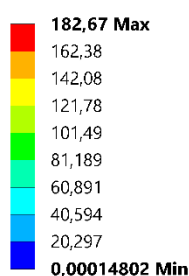
Equivalent stress

Simulasi tegangan (Gambar 5) memperlihatkan bahwa tegangan maksimum sebesar 182,67 MPa terjadi pada areaudukan as dan stir. Angka ini masih lebih rendah dibandingkan dengan batas luluh material Besi L (250 MPa). Hal ini berarti rangka mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi plastis atau kegagalan material. Distribusi tegangan menunjukkan bahwa

bagian bawah rangka menerima beban minimal (sekitar 0,00014 MPa), sehingga beban dominan terkonsentrasi pada sambungan bagian atas yang menjadi titik kritis. Hasil ini menegaskan pentingnya penguatan pada daerah sekitar poros penggerak untuk meningkatkan faktor keamanan mesin seperti pada Gambar 5.

D: Static Structural

Equivalent Stress
Type: Equivalent (von-Mises) Stress
Unit: MPa
Time: 1
10/09/2025 10.52



Gambar 5. Equivalent (von-Mises) Stress

Temuan ini konsisten dengan penelitian yang dilakukan oleh Syaifuddin & Sari [19], yang menganalisis rangka mesin pres menggunakan baja karbon. Mereka melaporkan deformasi maksimum berkisar 0,041-0,061 mm dengan tegangan ekuivalen mencapai 30-44 MPa, nilai yang sebanding dengan hasil penelitian ini. Demikian pula, penelitian oleh Arifin et al. [26] Pada mesin pencetak berbasis rangka baja, ditunjukkan bahwa titik kritis selalu berada pada bagian atas rangka dekat mekanisme penggerak, sedangkan bagian bawah berfungsi sebagai penopang dengan beban minimal.

Dengan demikian, hasil simulasi yang diperoleh pada penelitian ini tidak hanya menunjukkan kesesuaian dengan teori mekanika material, tetapi juga memperkuat bukti empiris dari penelitian terdahulu. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan Besi L sebagai material rangka merupakan pilihan yang tepat, mengingat kekakuan dan kekuatan yang dimilikinya mampu mendukung stabilitas mesin dalam kondisi operasional normal.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perilaku termomekanik pada alat pengemasan makanan dapat diidentifikasi secara jelas melalui simulasi berbasis Finite Element Analysis (FEA) menggunakan ANSYS. Analisis perpindahan panas memperlihatkan bahwa suhu maksimum mencapai 85,34 °C setelah waktu operasi 120 detik, dengan distribusi panas yang cenderung terlokalisasi di sekitar poros tengah. Kondisi ini mengindikasikan bahwa meskipun terjadi peningkatan suhu pada titik tertentu, rangka utama mesin tetap stabil pada kisaran 28 °C, sehingga struktur keseluruhan tidak mengalami fluktuasi termal yang ekstrem.

Selanjutnya, analisis deformasi memperlihatkan bahwa perubahan dimensi terjadi secara lokal pada area pusat pemanasan, namun deformasi tersebut tidak menyebar secara signifikan ke bagian lain dari struktur. Hal ini mengisyaratkan bahwa daya tahan mekanis mesin secara umum masih cukup baik, meskipun terdapat indikasi titik lemah pada area tertentu yang menerima konsentrasi panas. Sementara itu, hasil simulasi tegangan Von-Mises menunjukkan nilai maksimum sebesar 182,45 MPa yang terletak pada bagian atas rangka, sedangkan bagian bawah mesin relatif tidak menerima tegangan yang berarti. Kondisi ini memperlihatkan adanya titik kritis struktural yang rentan terhadap kombinasi beban termal dan mekanik.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mesin pengemasan ini secara umum memiliki performa

struktural yang memadai untuk menahan beban operasional normal, namun terdapat area-area spesifik yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam perancangan maupun penguatan struktur. Temuan ini penting sebagai dasar dalam upaya optimalisasi desain, termasuk kemungkinan penerapan material dengan konduktivitas termal yang lebih baik atau modifikasi geometri pada area rawan tegangan, sehingga diharapkan dapat meningkatkan keandalan jangka panjang dan efisiensi operasional mesin pengemasan makanan.

KONTRIBUSI PENULIS

Agus Nuramal: bertanggung jawab atas konseptualisasi penelitian, penyusunan metodologi, serta supervisi keseluruhan proses penelitian. Hendri Hestiawan: Berperan dalam pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis menggunakan perangkat lunak ANSYS. Rama Dani Eka Putra: berkontribusi dalam penulisan naskah, penyusunan tinjauan pustaka, serta penyuntingan akhir artikel untuk publikasi. Seluruh penulis membaca dan menyetujui naskah akhir.

DANA PENELITIAN

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Fakultas Teknik Universitas Bengkulu yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui skema Penelitian PNPB FT Tahun 2025 dengan nomor kontrak:7069/UN30.13/PG/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Shweta *et al.*, "Assessment of advancements and applications of robotics, artificial intelligence, and automated technology in the modern food sector," *Appl. Food Res.*, vol. 5, no. 2, p. 101261, 2025, doi: 10.1016/j.afres.2025.101261.
- [2] J. Imron, "Analisis Desain dan Keandalan Bejana Bertekanan pada Industri Energi Pendekatan Numerik dan Eksperimental," *Jural Ris. Rumpun Ilmu Tek.*, vol. 4, no. 1, pp. 48–59, 2025, doi: 10.55606/jurritek.v4i1.4474.
- [3] M. S. U. R. Saputra and A. P. Budijono, "Analisa Ketebalan Panci Presto Sesuai Tekanan Penggunaan Berbasis Komputasi Numerik," vol. 14, no. 2, pp. 51–60, 2025.
- [4] K. Vijay and S. Jayapalan, "Creep analysis of Water tank made of Polypropylene (PP) and High-Density Polyethylene (HDPE) polymer material using ANSYS Simulation," *J. Eng. Res.*, pp. 1–14, 2022, doi: 10.36909/jer.17611.
- [5] Y. Wang and C. Lee, "Design and Optimization of Conformal Cooling Channels for Increasing Cooling Efficiency in Injection Molding," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 13, 2023, doi: 10.3390/app13137437.
- [6] M. Majder-Lopatka *et al.*, "Thermal analysis of plastics used in the food industry," *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 1, 2022, doi: 10.3390/ma15010248.
- [7] A. Lamp, M. Kaltschmitt, and J. Dethloff, "Options to Improve the Mechanical Properties of Protein-Based Materials," *Molecules*, vol. 27, no. 2, 2022, doi: 10.3390/molecules27020446.
- [8] L. S. Devi, A. K. Jaiswal, and S. Jaiswal, "Lipid incorporated biopolymer based edible films and coatings in food packaging: A review," *Curr. Res. Food Sci.*, vol. 8, no. February, p. 100720, 2024, doi: 10.1016/j.crfs.2024.100720.
- [9] E. Alp *et al.*, "The effect of ZnO nanoparticles morphology on the barrier and antibacterial properties of hybrid ZnO/graphene oxide/montmorillonite coatings for flexible packaging," *Surfaces and Interfaces*, vol. 55, no.

October, p. 105307, 2024, doi: 10.1016/j.surfin.2024.105307.

- [10] N. Kalita, P. Saxena, and M. Talha, "Influence of stiffeners for improving the compressive strength of ventilated corrugated packages using finite element modelling technique," *Sustain.*, vol. 13, no. 24, 2021, doi: 10.3390/su132413926.
- [11] N. Zulkifli, N. Hashim, H. H. Harith, M. F. Mohamad Shukery, D. I. Onwude, and M. Sairi, "Finite element modelling for predicting the puncture responses in Papayas," *Foods*, vol. 10, no. 2, pp. 1–11, 2021, doi: 10.3390/foods10020442.
- [12] Q. Dong, Y. Su, G. Xu, L. She, and Y. Chang, "A Fast Operation Method for Predicting Stress in Nonlinear Boom Structures Based on RS–XGBoost–RF Model," *Electron.*, vol. 13, no. 14, 2024, doi: 10.3390/electronics13142742.
- [13] R. Pratama, R. Effendi, M. Qadri, and A. Yunus Nasution, "Analysis of The Frame Design of Cracker Sheet Printing and Cutting Machine Using Finite Element Method Simulation," *Dinamis*, vol. 12, no. 1, pp. 7–13, 2024, doi: 10.32734/dinamis.v12i1.16359.
- [14] N. Kassim *et al.*, "Sustainable Packaging Design for Molded Expanded Polystyrene Cushion," *Materials (Basel)*, vol. 16, no. 4, 2023, doi: 10.3390/ma16041723.
- [15] E. Bender, J. B. Bernstein, and D. S. Boning, "Modern Trends in Microelectronics Packaging Reliability Testing," *Micromachines*, vol. 15, no. 3, pp. 1–22, 2024, doi: 10.3390/mi15030398.
- [16] V. D. Luong, A. S. Bonnin, F. Abbès, J. B. Nolot, D. Erre, and B. Abbès, "Finite Element and Experimental Investigation on the Effect of Repetitive Shock in Corrugated Cardboard Packaging," *J. Appl. Comput. Mech.*, vol. 7, no. 2, pp. 820–830, 2021, doi: 10.22055/jacm.2020.35968.2771.
- [17] Ł. Łach and D. Svyetlichnyy, "Advances in Numerical Modeling for Heat Transfer and Thermal Management: A Review of Computational Approaches and Environmental Impacts," *Energies*, vol. 18, no. 5, 2025, doi: 10.3390/en18051302.
- [18] Z. Qian, C. Han, N. Li, G. Tian, J. Li, and H. Wu, *Hollow-Type Integrated Assembly Design and Performance Validation of Conductive Slip Rings via Simulation-Driven Optimization*, vol. 13, no. 5. 2025. doi: 10.3390/machines13050415.
- [19] A. R. Syaifuddin and H. N. Sari, "Analisis Kekuatan Struktur Pada Rangka Kompor Oli Bekas Menggunakan Metode Elemen Hingga," pp. 1–6, 2024.
- [20] C. K. Halim, L. S. B. Wibowo, M. S. D. Cahyono, and N. Ray, "Studi Pengaruh Variasi Tipe Pengaku Diagonal Pada Struktur Bangunan Baja Bertingkat Terhadap Perpindahan Lateral," *Narotama J. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 21–29, 2020, doi: 10.31090/njts.v4i1.1043.
- [21] V. Palanisamy, J. K. Solberg, and P. T. Moe, "Shielded Active Gas Forge Welding of an L80 Steel in a Small Scale Shielded Active Gas Forge Welding Machine," *J. Manuf. Mater. Process.*, vol. 5, no. 3, 2021, doi: 10.3390/jmmp5030079.
- [22] G. R. Nugraha, H. Abdillah, and I. Bambang, "Analisis Penggunaan Stainless Steel 304 Pada Mesin Heating Tank Di PT Pachira Distrinusa," *J. Soc. Sci. Res.*, vol. 4, pp. 7823–7830, 2024.
- [23] A. Ma'ruf and H. Widianoro, "Perancangan Alat Pres Plastik Kedap Udara pada Pengemasan Cireng Mentah Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO," *Pros. 11th Ind. Res. Work. Natl. Semin.*, pp. 165–171, 2020.
- [24] A. Wijaya and H. Wijaya, "Evaluasi Penggunaan Rangka Baja Hollow Sebagai Sistem Penyangga Bekisting Plat Lantai Pada Proyek X," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 7, no. 1, pp. 305–314, 2024, doi: 10.24912/jmts.v7i1.26666.
- [25] S. T. Sala, F. E. Bock, D. Pörtl, B. Klusemann, N. Huber, and N. Kashaev, "Deformation by design: data-driven approach to predict and modify deformation in thin Ti-6Al-4V sheets using laser peen forming," *J. Intell. Manuf.*, vol. 36, no. 1, pp. 639–659, 2025, doi: 10.1007/s10845-023-02240-y.
- [26] M. Z. Arifin, M. Zaenudin, and Y. Saleh, "Rancang Bangun Mesin Press Pencetak Briket Arang Berbahan Kayu Jambu Biji," *TECHNOPEX-2023 Inst. Teknol. Indones.*, no. November, pp. 55–65, 2023.