



ANALISIS TERMAL MATA PISAU MESIN PENCACAH KERTAS DENGAN VARIASI MATERIAL SKD11, SKH51, DAN C45 MELALUI SIMULASI AUTODESK INVENTOR

Syaiful Arif⁽¹⁾, Yuda Hernanda⁽²⁾

(1,2)Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

Email: dosen10017@unapm.ac.id

INFO ARTIKEL

Artikel Masuk : 01-12-2025

Artikel Review: 02-01-2026

Artikel Revisi : 17-01-2026

Kata kunci:

perpindahan panas, mata pisau, finite element analysis, variasi material, mesin pencacah

ABSTRAK

Penggunaan kertas sudah menjadi hal umum di lingkungan sekolah, instansi pemerintahan, dan sektor swasta. Namun, dalam proses penyusunan dokumen, sering kali terjadi kesalahan penulisan yang berujung pada pembentukan limbah kertas. Masalah ini tak hanya berdampak negatif terhadap lingkungan, terutama jika limbah dibuang sembarangan, tetapi juga berisiko disalahgunakan oleh pihak-pihak tidak bertanggung jawab. Untuk mengatasi persoalan tersebut, pengelolaan limbah kertas yang tepat sangat diperlukan. Salah satu metode yang efektif adalah dengan menghancurkan kertas menggunakan mesin pencacah sehingga limbah kertas tidak dapat dimanfaatkan secara tidak sah. Namun, proses pencacahan menyebabkan mata pisau pada mesin mengalami peningkatan suhu akibat gesekan, yang dapat memengaruhi kinerja dan umur alat. Penelitian ini bertujuan menganalisis perpindahan panas pada mata pisau mesin pencacah kertas dengan variasi material SKD11, SKH51, dan C45 menggunakan metode finite element analysis yang diimplementasikan melalui perangkat lunak Autodesk Inventor. Simulasi dilakukan dalam kondisi operasi bersuhu 60°C (333 K) untuk mengidentifikasi karakteristik perpindahan panas pada setiap jenis material mata pisau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa material SKD11 memiliki laju perpindahan panas sebesar 313,5 watt berdasarkan simulasi dan 303,2 watt secara teoritis. Material SKH51 mencatat laju perpindahan panas 339,3 watt pada hasil simulasi dan 330,3 watt menurut teori. Material C45 mencatat nilai tertinggi dengan laju perpindahan panas sebesar 705,8 watt dari simulasi dan 719,9 watt secara teoritis. Temuan ini dapat dijadikan panduan dalam memilih material mata pisau yang optimal untuk mesin pencacah kertas berdasarkan efisiensi perpindahan panas serta daya tahan material.

ABSTRACT

The use of paper has become commonplace in schools, government agencies, and the private sector. However, in the process of preparing documents, typographical errors often occur, resulting in the formation of paper waste. This problem not only negatively impacts the environment, especially if the waste is disposed of carelessly, but also poses the risk of misuse

by irresponsible parties. To address this issue, proper paper waste management is essential. One effective method is to shred paper using a shredder to prevent unauthorized use. However, the shredding process causes the machine's blades to experience increased temperatures due to friction, which can affect the performance and lifespan of the machine. This study aims to analyze heat transfer on the paper shredder blades with various SKD11, SKH51, and C45 materials using the finite element analysis method implemented through Autodesk Inventor software. Simulations were conducted under operating conditions of 60°C (333 K) to identify the heat transfer characteristics of each type of blade material. The results showed that the SKD11 material had a heat transfer rate of 313.5 watts based on simulation and 303.2 watts theoretically. The SKH51 material recorded a heat transfer rate of 339.3 watts in simulation and 330.3 watts theoretically. The C45 material recorded the highest value with a heat transfer rate of 705.8 watts in simulation and 719.9 watts theoretically. These findings can be used as a guide in selecting the optimal blade material for paper shredders based on heat transfer efficiency and material durability.

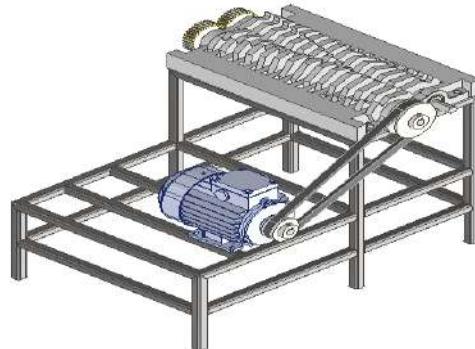
PENDAHULUAN

Pemanfaatan kertas dalam aktivitas kehidupan sehari-hari, terutama di lingkungan perkantoran, instansi pemerintahan, dan sektor pendidikan, telah menjadi kebutuhan esensial yang sulit dihindari. Dalam berbagai proses administrasi maupun dokumentasi, seringkali terjadi kesalahan penulisan, revisi dokumen, atau perubahan kebijakan yang mengakibatkan kertas tidak lagi digunakan dan akhirnya menjadi limbah[1]. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Indonesia menghasilkan lahan limbah kertas sekitar 6,4 juta ton setiap tahunnya, dengan sebagian besar berasal dari kegiatan di lingkungan tersebut[2]. Pengelolaan limbah ini yang tidak terencana dengan baik dapat menimbulkan sejumlah masalah, baik bagi lingkungan maupun keamanan[3]. Dari perspektif lingkungan, pembuangan limbah kertas secara sembarangan berpotensi mencemari tanah dan air sekaligus memicu peningkatan emisi gas rumah kaca[4]. Sementara dari sudut pandang keamanan, dokumen yang memuat informasi sensitif berisiko disalahgunakan jika tidak dihancurkan dengan benar, sehingga dapat mengancam kerahasiaan data pribadi, bisnis, ataupun pemerintah. Salah satu solusi untuk mengatasi tantangan tersebut adalah sistem pengelolaan limbah kertas yang lebih efektif melalui penggunaan mesin pencacah kertas[5]. Mesin ini dirancang untuk memotong kertas menjadi potongan kecil dengan bantuan mata pisau yang bergerak melalui mekanisme rotasi berkecepatan tinggi[6]. Namun, gesekan intensif antara kertas dan mata pisau selama operasi berpotensi menghasilkan panas akibat gaya gesekan (frictional heat)[7]. Peningkatan suhu pada mata pisau dapat berdampak pada efektivitas kerja serta masa pakai mesin. Jika suhunya tidak terkontrol, risiko deformasi atau kerusakan pada mata pisau pun meningkat[8]. Oleh karena itu, analisis terkait perpindahan panas menjadi elemen krusial dalam desain dan optimalisasi mesin pencacah kertas. Salah satu faktor penting adalah pemilihan material mata pisau yang mampu mendukung performa termal, ketahanan terhadap panas, serta durabilitas jangka panjang. Material seperti SKD11 (baja perkakas tahan aus), SKH51 (high speed steel), dan C45 (carbon steel) sering digunakan dalam aplikasi mata pisau karena memiliki kemampuan mekanis dan termal yang bervariasi[9]. Untuk menentukan material yang paling sesuai, diperlukan analisis mendalam terhadap karakteristik perpindahan panas masing-masing tipe material dengan teknik simulasi berbasis metode finite element analysis (FEA)[10]. Penelitian ini muncul dari

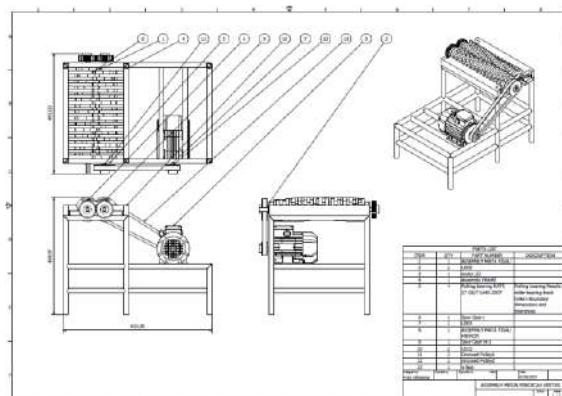
kebutuhan akan pemahaman lebih lanjut mengenai perpindahan panas pada mata pisau mesin pencacah kertas dengan menggunakan tiga variasi material tersebut: SKD11, SKH51, dan C45[11]. Proses simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan rekomendasi material terbaik untuk meningkatkan efisiensi kerja sekaligus memperpanjang masa pakai mesin pencacah kertas. Kutipan harus ditulis dengan menggunakan format bodynote seperti (Uwueigbe & Ajibolade, 2013), (Wang, 2016), (Muttakin et al., 2015) dan relevan dengan daftar Pustaka/Bibliografi (disarankan menggunakan Aplikasi Mendeley)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif melalui simulasi numerik berbasis finite element analysis (FEA) guna menganalisis karakteristik perpindahan panas pada mata pisau mesin pencacah kertas. Metodologi dirancang dengan sistematis untuk menghasilkan data yang presisi serta dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah[12]. Penelitian ini termasuk dalam kategori eksperimental dengan memanfaatkan simulasi komputer, di mana variabel bebas yang ditentukan mencakup jenis material mata pisau, yaitu SKD11, SKH51, dan C45, serta suhu operasi yang ditetapkan pada 60°C (333 K). Variabel terikat terdiri dari laju perpindahan panas yang dinyatakan dalam satuan Watt, distribusi temperatur di seluruh permukaan mata pisau, dan gradien suhu yang terjadi[13]. Agar hasil penelitian tetap konsisten, variabel kontrol yang digunakan meliputi bentuk geometris mata pisau yang seragam, kondisi batas atau boundary conditions yang identik untuk setiap simulasi, serta durasi simulasi yang sama. Pada pemodelan ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor dengan menggambar tiga dimensi dan dua dimensi mesin pencacah kertas. Adapun gambar rangkaian mesin pencacah kertas terdapat pada gambar 1. bisa kita lihat mesin pencacah kertas dalam bentuk tiga dimensi dan pada gambar 2. bisa kita lihat mesin pencacah kertas dalam bentuk dua dimensi.



Gambar 1. Mesin Pencacah Kertas Tampilan Tiga Dimensi



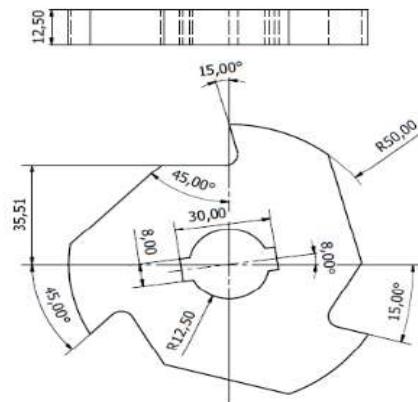
Gambar 2 Mesin Pencacah Kertas Tampilan Dua Dimensi

Penelitian ini berfokus pada mata pisau mesin pencacah kertas yang merupakan komponen vital dalam proses penghancuran dokumen. Mata pisau dirancang khusus untuk memotong kertas secara efektif, menghasilkan potongan kecil yang tidak dapat disusun kembali. Faktor desain

geometri mata pisau memiliki peran signifikan dalam menentukan performa alat, distribusi beban, serta aspek perpindahan panas selama operasinya. Untuk memberikan gambaran mendalam mengenai objek penelitian, mata pisau divisualisasikan melalui dua jenis representasi berbeda. Gambar 3 menampilkan model tiga dimensi dari mata pisau, yang membantu memperlihatkan bentuk, dimensi, dan konfigurasi geometri dalam perspektif spasial[14]. Representasi ini memungkinkan pengamatan detail, seperti sudut pemotongan, ketebalan material mata pisau, radius lengkungan, serta karakteristik permukaan yang memengaruhi perpindahan panas. Sebagai pelengkap, Gambar 4 merepresentasikan mata pisau dalam bentuk dua dimensi, menyediakan informasi rinci tentang dimensi linear, profil penampang, dan spesifikasi teknis yang mendukung analisis numerik. Visualisasi dua dimensi ini berfungsi sebagai referensi utama dalam pemodelan menggunakan metode finite element analysis, di mana setiap parameter geometri harus didefinisikan dengan akurasi tinggi untuk menjamin keakuratan hasil simulasi.



Gambar 3. Mata Pisau Mesin Pencacah Kertas Tampilan Tiga Dimensi



Gambar 4. Mata Pisau Mesin Pencacah Kertas Tampilan Dua Dimensi

A. Verifikasi Material

Pada perangkat lunak *Autodesk Inventor*, material ditentukan pada saat proses pemodelan setiap part. Material pada setiap part tersebut akan diverifikasi ulang saat proses pengujian. Material yang digunakan adalah SKD11, SKH51, dan C45 bisa kita lihat pada tabel 1 dengan spesifikasi material seperti tabel dibawah ini

Tabel 1. Spesifikasi Material

Properties	Unit	SKD 11	SKH51	C45
Density	g/cm ³	7.85	8.10	7.85
Spesific heat	J/kg°C	461	433	470
Melting Point	K	1733	1703	1787
Thermal Conductivity	W/mK	20.5	22	48
Yield Strength	MPa	2480	550	320
Coeficient of thermal expansion	µm/mK	11	10	11.1

Pada tabel 1 diatas menunjukkan spesifikasi material berupa:

a. Density

Massa jenis atau density atau rapatan adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air)[1].

b. Spesific heat

Panas Jenis suatu benda merupakan ukuran banyaknya kalor yang diserap atau diperlukan oleh benda/zat bermassa (1 kg atau 1 gram) untuk menaikkan suhu sebesar 1 derajat. Dengan kata lain, Kalor Jenis merupakan ukuran kemampuan suatu benda untuk melepas atau menerima kalor. Semakin besar Kalor Jenis benda maka semakin besar kalor yang dibutuhkannya untuk menaikkan suhunya, begitu juga sebaliknya. Satuan Kalor Jenis adalah J/Kg^0C atau kal/g^0C dan disimpulkan dengan c (huruf kecil)[7].

c. Melting Point

Melting point yaitu suhu di mana terjadinya perubahan zat padat menjadi cair dibawah tekanan 1 atmosfer atau keadaan dimana terjadinya keseimbangan antara fase padat dengan fase cair lainnya pada suatu zat. Hal itu terjadi karena panas diberikan ke zat padatan, dapat menyebabkan suhu meningkat sampai titik leleh tercapai. Panas yang lebih tinggi akan menyebabkan perubahan padatan menjadi cairan tanpa perubahan suhu (melting point). Adapun keuntungan penentuan melting point pada suatu zat padatan yaitu mengetahui/ mengidentifikasi komposisi dan unsur murni yang terkandung, karena setiap benda padat memiliki melting point yang khas dan berbeda.

d. Thermal conductivity

Konduksi termal adalah suatu fenomena transport di mana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang di transfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metoda yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

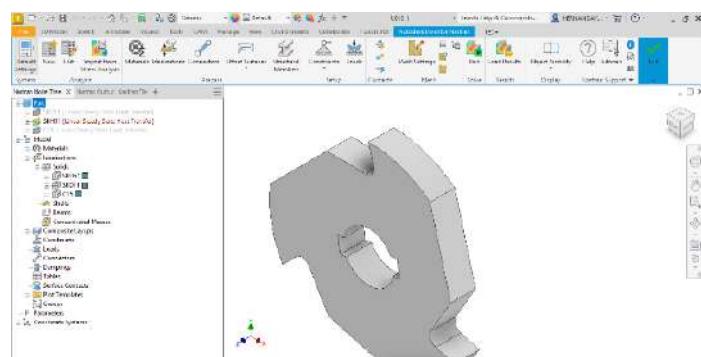
e. Yield Strength

Yield Strength (Kekuatan Luluh) adalah tegangan minimum ketika suatu material kehilangan sifat elastisnya. Yield Strength berguna dalam menentukan safety factor dari suatu desain.

f. Coeficient of thermal expansion

Muai panas adalah kecenderungan zat untuk mengalami perubahan volume saat suhu berubah. Koefisien muai panas mengukur perubahan kecil pada ukuran per perubahan derajat dalam suhu pada tekanan konstan dan dinyatakan dalam $1/K$ atau K^{-1} (Kelvin timbal-balik).

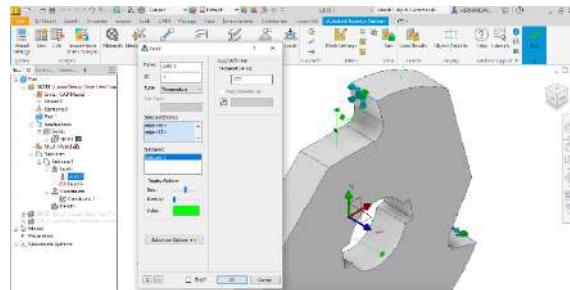
Pada gambar 5. bisa kita lihat untuk jenis material sudah di setting pada perangkat lunak *Autodesk Inventor*



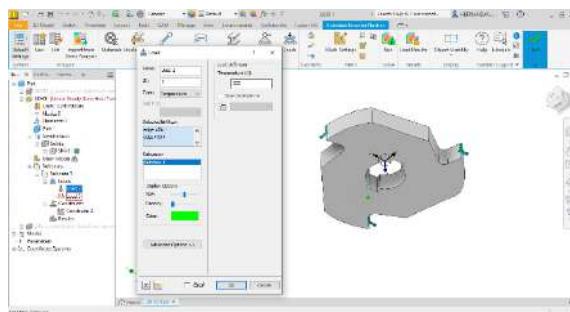
Gambar 5. Verifikasi Material

a. Menentukan *Constrain* dan pembebangan

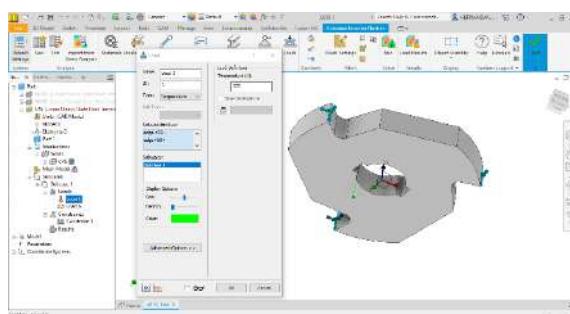
Langkah berikut nya memberikan constrain dan pembebanan pada ujung mata pisau dengan menambah beban panas sebesar 60°C atau 333°K pada masing-masing ujung mata pisau mesin pencacah kertas untuk material 3 jenis yang berbeda yaitu SKD11, SKH51, dan C45, terlihat gambar 6, gambar 7, gambar 8



Gambar 6. Pembeban Temperatur 333°K pada material SKD11



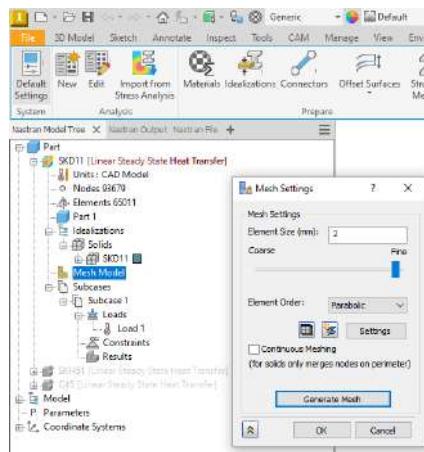
Gambar 7. Pembebanan Temperatur 333°K Pada Material SKH51



Gambar 8. Pembebanan Temperatur 333°K Pada Material C45

b. *Meshing*

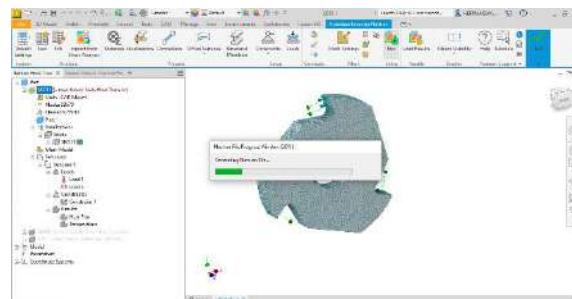
Pada gambar 9 merupakan Langkah utama analisis menggunakan metode elemen hingga adalah proses meshing dimana sistem kontinyu benda akan dianalisis didiskritisasi sehingga struktur utama menjadi elemen-elemen yang memiliki ukuran lebih kecil dan berjumlah tertentu dan berhingga, pada simulasi mata pisau akan diubah menjadi 93679 nodes dan 65011 elements



Gambar 9 Meshing Mata Pisau

c. *Running Program*

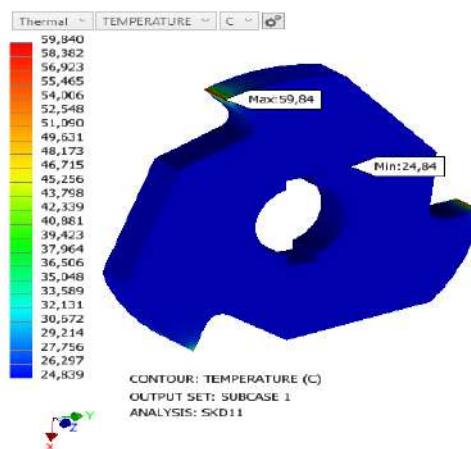
Proses menjalankan simulasi dilakukan setelah semua tahapan pra-analisis dan pembuatan meshing selesai dilaksanakan. Tahap ini merupakan bagian penting dalam proses analisis, karena perangkat lunak mulai menjalankan perhitungan numerik berdasarkan metode Analisis Elemen Hingga (FEA). Dalam metode ini, model yang sudah di-meshing akan diproses dengan mempertimbangkan data geometri, sifat material, kondisi batas, serta pembebangan yang sebelumnya telah ditentukan. Sistem kemudian menyelesaikan persamaan matematis yang mewakili respons struktur atau komponen terhadap beban yang diberikan. Selama proses simulasi berlangsung, perangkat lunak menyediakan informasi tentang progres perhitungan, termasuk tingkat konvergensi, waktu pemrosesan, dan estimasi waktu hingga proses selesai. Tahap ini menjadi sangat penting karena hasil yang diperoleh akan digunakan sebagai acuan utama dalam mengevaluasi kekuatan, deformasi, tegangan, serta parameter lainnya yang diperlukan. Proses simulasi ini dapat dilihat pada Gambar 10.



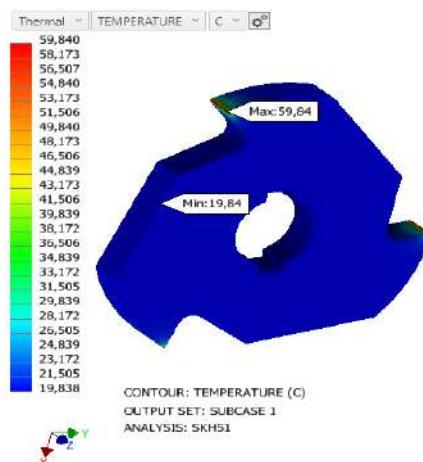
Gambar 10. Running Program

HASIL DAN PEMBAHASAN

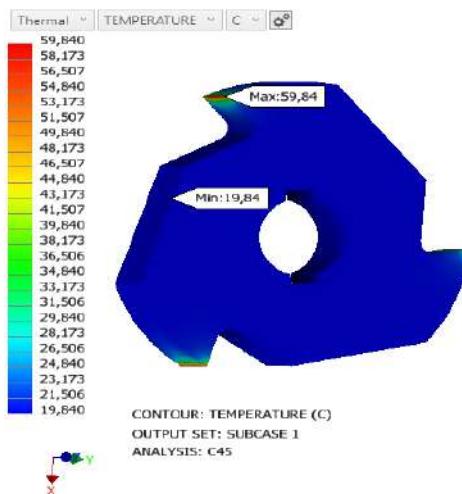
Temperature merupakan ukuran tingkat panas atau dingin suatu benda, yang berhubungan dengan energi termal yang terkandung di dalamnya. Semakin tinggi energi termal yang dimiliki oleh suatu benda, semakin besar pula temperaturnya. Temperatur, yang juga dikenal sebagai suhu, menggambarkan derajat panas suatu objek. Secara sederhana, semakin tinggi suhu benda, semakin panas pula benda tersebut. Secara mikroskopis, suhu mencerminkan energi internal yang dimiliki benda. Dalam setiap benda, atom-atom penyusunnya bergerak secara terus-menerus, baik dalam bentuk perpindahan dari satu tempat ke tempat lain maupun gerakan di tempat berupa getaran. Semakin besar energi dari atom-atom tersebut, semakin tinggi suhu benda secara keseluruhan. Gambar 11, gambar 12 hingga gambar 13 menunjukkan hasil pengukuran temperatur pada mata pisau mesin pencacah kertas dengan variasi material skd11, skh51, dan c45.



Gambar 11. Temperatur Pada Material SKD11



Gambar 12. Temperatur Pada Material SKH51



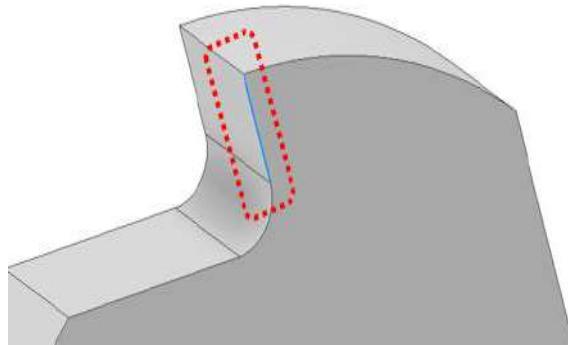
Gambar 13. Temperatur Pada Material C45

Dari hasil Temperature pada beban suhu 60°C kepada material SKD11, SKH51, dan C45. Didapat nilai temperature secara umum yang juga di tunjukkan dengan gadasi warna pada mata pisau, warna merah pada mata pisau menunjukkan temperature atau suhu paling tinggi, warna biru tua menunjukkan temperature atau suhu paling rendah. Pada tabel 2 bisa dilihat nilai temperature secara umum pada masing-masing jenis material.

Tabel 2. Nilai Temperature Secara Umum

Material	Temperature maksimal °C	Temperature minimal °C
SKD11	59.84	24.84
SKH51	59.84	19.84
C45	59.84	19.84

Pengukuran temperatur secara spesifik dapat dilakukan melalui fitur Plot yang disediakan oleh perangkat lunak Autodesk Inventor. Fitur ini membantu pengguna untuk memvisualisasikan distribusi temperatur pada model, baik dalam bentuk tampilan grafis maupun data numerik pada titik atau area tertentu. Dengan memanfaatkan fitur ini, pengguna bisa menganalisis variasi temperatur secara mendetail, mengidentifikasi titik panas (hot spot), serta mengenali area yang cenderung dingin pada komponen. Gambar 14 menunjukkan lokasi yang telah dipilih untuk proses pengambilan data temperatur melalui plot atau analisis mendalam. Pemilihan titik atau area pengukuran dilakukan berdasarkan evaluasi terhadap kondisi kerja komponen dan hasil simulasi awal, sehingga data temperatur yang diperoleh mampu mencerminkan kondisi nyata pada model tersebut.



Gambar 11 Posisi Plot Temperatur

Setelah dilakukan pemilihan plot pada gambar, kemudian akan muncul nilai temperatur pada posisi yang sudah dipilih pada gambar 14 diatas. Pada tabel 3 dapat dilihat nilai temperatur pada lokasi yang dipilih pada gambar 14

Tabel 3 Tabel Temperatur Sesuai Plot Posisi Gambar 14

Nomor Node	SKD11 °C	SKH51 °C	C45 °C
1	59,839	59,839	59,839
2	38,5714	37,9536	39,3332
3	27,169	25,7111	28,0812
4	25,3836	22,8401	24,89
5	25,0717	21,6855	23,2729
6	24,94	21,1303	22,3632
7	24,8939	20,7689	21,7422
8	24,8738	20,5348	21,3082
9	24,8649	20,3667	20,9812
10	24,8533	20,2299	20,7174
11	24,8495	20,1258	20,5011

Setelah dilakukan pemeriksaan nilai temperatur pada plot yang ditampilkan dalam Gambar 14, diperoleh data distribusi panas yang selanjutnya divisualisasikan dalam bentuk

grafik. Tabel 1 menunjukkan nilai temperatur untuk setiap jenis material yang dikenai pembebanan panas sebesar $59,839^{\circ}\text{C}$. Melalui tabel ini, terlihat perbandingan kemampuan masing-masing material dalam menghantarkan dan menyebarkan panas saat berada di bawah kondisi beban termal yang identik. Perbedaan nilai temperatur yang dicatat pada grafik merefleksikan karakteristik konduktivitas termal dan kapasitas panas dari setiap material, yang menjadi aspek penting dalam penentuan ketahanan material terhadap fluktuasi suhu selama proses operasi. Oleh karena itu, analisis yang dilakukan tidak hanya menggambarkan nilai temperatur akhir, tetapi juga berfungsi sebagai acuan untuk mengevaluasi pemilihan material yang paling cocok dengan kebutuhan desain maupun kondisi kerja yang diharapkan.

Analisa Perhitungan

Selain melakukan simulasi, dilakukan juga perhitungan secara teori dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus perpindahan panas secara konduksi. Dibawah ini merupakan perhitungan perpindahan panas secara konduksi pada material SKD11.

q_k	= laju perpindahan panas konduksi (Watt)
A	= luas perpindahan panas (m^2)
ΔT	= gradien suhu pada penampang (K)
x	= jarak dalam arah aliran panas (m)
k	= konduktivitas thermal bahan (W/m.K)

Dimana diketahui nilai:

$$\begin{aligned}
 A &= 0,0006 \text{ m}^2 \\
 \Delta T &= 59,839^\circ\text{C} - 24,8495^\circ\text{C} \\
 &= 34,9895^\circ\text{C} \\
 &= \text{dikonversikan Kelvin} = 308,1395^\circ\text{K} \\
 x &= 0,0125 \text{ m} \\
 k &= 20,5 \text{ W/m.K}
 \end{aligned}$$

laju aliran panas (q)

$$q = kA \frac{\Delta T}{x}$$

$$q = 20.5 \times 0.0006 \frac{308.1395}{0.0125}$$

$$q = 303.2093 \text{ Watt}$$

Berdasarkan hasil simulasi, laju perpindahan panas pada material SKD11 mencapai 303,2093 watt. Angka ini menunjukkan bahwa SKD11 memiliki kemampuan konduksi panas yang relatif rendah dibandingkan dengan dua material lain yang diuji. Di sisi lain, material SKH51 mencatatkan nilai sebesar 330,3835 watt, sedikit lebih tinggi dibandingkan SKD11, tetapi masih tergolong rendah apabila dibandingkan dengan material C45. Sebagai perbandingan, material C45 menunjukkan laju perpindahan panas sebesar 719,9721 watt, hampir dua kali lipat dari SKH51 dan lebih dari dua kali lipat dari SKD11. Perbedaan signifikan ini menegaskan bahwa C45 memiliki konduktivitas termal yang lebih optimal, membuatnya lebih efisien dalam mendistribusikan panas. Sebaliknya, karakteristik SKD11 dan SKH51 yang cenderung mampu menahan panas lebih lama menjadikan kedua material tersebut lebih cocok untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap perubahan suhu mendadak.

Dimana diketahui nilai:

$$\begin{aligned}
 A &= 0.0006 \text{ m}^2 \\
 \Delta T &= 59,839^\circ\text{C} - 20,1258^\circ\text{C} \\
 &= 39,7132^\circ\text{C} \\
 &= \text{dikonversikan Kelvin} = 312,8632^\circ\text{K}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x &= 0,0125 \text{ m} \\k &= 22 \text{ W/m.K}\end{aligned}$$

laju aliran panas (q)

$$\begin{aligned}q &= kA \frac{\Delta T}{x} \\q &= 22 \times 0.0006 \frac{312.8632}{0.0125} \\q &= 330.3835 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Hasil simulasi menunjukkan bahwa laju perpindahan panas pada material SKH51 tercatat sebesar 330,3835 watt. Hal ini mengindikasikan bahwa kemampuan material tersebut dalam menghantarkan panas relatif lebih rendah dibandingkan dengan beberapa material lain yang diuji. Di sisi lain, material C45 mencatat laju perpindahan panas sebesar 719,9721 watt, hampir dua kali lipat dari angka yang diperoleh SKH51. Perbedaan ini menggarisbawahi adanya variasi yang signifikan dalam konduktivitas termal antara kedua jenis material tersebut. Dengan laju perpindahan panas yang lebih tinggi, material C45 menunjukkan performa yang lebih baik dalam mendistribusikan panas, menjadikannya pilihan yang lebih efektif untuk aplikasi yang memerlukan pembuangan panas secara cepat. Sebaliknya, SKH51 yang memiliki nilai lebih rendah tampaknya lebih cocok untuk digunakan pada aplikasi yang membutuhkan kemampuan isolasi termal lebih baik atau ketahanan terhadap fluktuasi suhu ekstrem.

Dimana diketahui nilai:

$$\begin{aligned}A &= 0.0006 \text{ m}^2 \\ \Delta T &= 59,839^\circ\text{C} - 20,5011^\circ\text{C} \\ &= 39,3379^\circ\text{C} \\ &= \text{dikonversikan Kelvin} = 312,4879^\circ\text{K} \\x &= 0,0125 \text{ m} \\k &= 48 \text{ W/m.K}\end{aligned}$$

laju aliran panas (q)

$$\begin{aligned}q &= kA \frac{\Delta T}{x} \\q &= 48 \times 0.0006 \frac{312.4879}{0.0125} \\q &= 719.9721 \text{ Watt}\end{aligned}$$

Hasil simulasi menunjukkan bahwa laju perpindahan panas pada material C45 tercatat sebesar 719,9721 watt. Nilai ini merepresentasikan jumlah energi panas yang pindah per satuan waktu melalui material tersebut di bawah kondisi pembebahan termal yang telah ditentukan. Laju perpindahan panas dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti konduktivitas termal material, perbedaan suhu antara permukaan penerima dan pelepas panas, serta luas penampang dan ketebalan material. Angka ini mengindikasikan bahwa material C45 memiliki kemampuan cukup baik dalam menghantarkan panas, menjadikannya potensi pilihan penting untuk aplikasi yang membutuhkan disipasi panas efektif. Selain itu, data ini juga berfungsi sebagai referensi dalam membandingkan kinerja termal material C45 dengan material lain yang diuji pada simulasi yang sama.

KESIMPULAN

Penelitian dilakukan untuk menganalisis sifat termal tiga jenis material, yaitu SKD11, SKH51, dan C45, dengan menerapkan pembebahan suhu 60°C . Parameter yang diamati mencakup temperatur, heat flux, dan heat flow, baik melalui simulasi maupun perhitungan teoretis. Pada parameter temperatur, ketiga material menunjukkan nilai maksimum yang serupa, yaitu $59,84^\circ\text{C}$. Namun, terdapat perbedaan signifikan pada nilai minimum. Material SKD11

mencatat temperatur minimum sebesar 24,4°C, sementara SKH51 dan C45 memiliki nilai yang lebih rendah, yakni 19,84°C. Hasil ini mengindikasikan bahwa SKH51 dan C45 mampu mendistribusikan panas lebih efisien ke area yang lebih dingin dibandingkan SKD11. Dari pengujian heat flux, material C45 menunjukkan performa paling unggul dengan kemampuan konduksi panas tertinggi sebesar 954,0 mW/mm². Nilai ini jauh melampaui SKH51 dengan 456,7 mW/mm² dan SKD11 dengan 441,3 mW/mm². Kemampuan konduksi panas yang tinggi pada C45 mencerminkan efisiensinya dalam menghantarkan energi panas pada luas permukaan tertentu. Sementara itu, hasil pengujian heat flow menunjukkan konsistensi yang baik antara simulasi dan perhitungan teoretis menggunakan rumus konduksi panas. SKD11 mencatat nilai simulasi sebesar 313,5 W dan hasil teoretis 303,2 W. SKH51 menghasilkan 339,3 W melalui simulasi dan 330,3 W secara teori. Sedangkan material C45 menghasilkan heat flow tertinggi dengan nilai simulasi mencapai 705,8 W dan hasil teoretis 719,9 W. Perbedaan antara hasil simulasi dan teori tergolong kecil untuk semua material, sehingga validitas model simulasi dalam merepresentasikan perpindahan panas dapat dianggap tinggi. Secara umum, material C45 memiliki performa paling superior dalam penghantaran panas dibandingkan dengan SKH51 dan SKD11. Temuan ini dapat dijadikan referensi dalam memilih jenis material untuk aplikasi yang menuntut konduktivitas termal tinggi atau efisiensi pembuangan panas.

ucapan terima kasih

Terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang Kampus Serang, tim peneliti, dan semua pihak atas dukungan moral maupun material yang membantu kelancaran penelitian ini hingga selesai.

BIBLIOGRAFI

- [1] Yuda Hernanda, A. Al Islami, B. Komara, and D. Hidayat, “Analisa Heat Transfer Pada Mata Pisau Mesin Pencacah Menggunakan Finite Element Analysis Dengan Variasi Material Skd11, Skh51, Dan C45,” no. 1, pp. 56–65, Apr. 2024.
- [2] P. Wicaksono, B. Delfian P, S. Bektı W, and B. Basuki, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (Blade) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepas Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 117–126, Aug. 2023, doi: 10.32722/jmt.v4i2.5854.
- [3] A. A. Kharisma and M. Dikta Ajiwiratama, “Pengaruh kekuatan mata pisau mesin pencacah kompos menggunakan metode finite element analysis,” 2023.
- [4] M. Rohman, Moh. Febri, R. F. Meditama, and Bella Cornelia Tjiptady, “Studi Pengaruh Variasi Bentuk Mata Pisau Pada Mesin Pemotong Rumput Dengan Simulasi Solidworks,” *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 11, no. 2, pp. 264–275, Aug. 2023, doi: 10.23887/jptm.v11i2.61421.
- [5] S. I. Muhammad Ridwan Rio Dwicahya. Trisma Jaya Saputra, “Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Pemotong Kentang Dengan Mata Pisau Berbentuk Silinder,” vol. 7, no. 1, Jun. 2025.
- [6] N. Yudha Triadi, B. Martana, S. Pradana, J. Raya Limo, K. Limo, and K. Depok, “Perancangan Mesin Pencacah Plastik Tipe Shredder dan Alat Pemotong Tipe Reel,” 2020. [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [7] R. I. Yaqin, B. H. Priyambodo, A. B. Prasetyo, and M. L. Umar, “Penerapan Metode Elemen Hingga Dalam Pemilihan Bahan Pada Desain Pisau Mesin Pencacah Plastik,” *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, vol. 6, no. 2, pp. 85–98, Aug. 2021, doi: 10.20527/sjmekinematika.v6i2.190.
- [8] I. Iswanto, R. W. Pratama, and M. Mulyadi, “Proses Manufaktur Mesin Pemotong Kertas (Paper Cutter) Menggunakan Modifikasi Motor Listrik Kapasitas 20 Kg/Jam,” *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, vol. 14, no. 1, Jul. 2025, doi: 10.24127/trb.v14i1.4047.
- [9] B. S. Farit Aziz Dermawan, “Perancangan Mesin Serut Bambu untuk Bahan Baku Kertas,” Oct. 2020.
- [10] P. Wicaksono, B. Delfian P, S. Bektı W, and B. Basuki, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Mata Pisau (Blade) Pada Perancangan Mesin Pencacah Sampah Organik Pelepas

Kelapa Sawit Menggunakan Metode Elemen Hingga,” *Jurnal Mekanik Terapan*, vol. 4, no. 2, pp. 117–126, Aug. 2023, doi: 10.32722/jmt.v4i2.5854.

[11] B. Setiawan and F. Rhohman, “Rancang Bangun Alat Pencacah Sampah Kertas Dengan Ketebalan 5 mm,” Jul. 2022.

[12] D. A. Manik, S. B. Daulay, and A. P. Munir, “Uji Mata Pisau Pada Alat Pembuat Bubur Kertas (Test of Blade Eedged of Paper Pulp Maker),” Aug. 2017.

[13] S. Arif, F. Ardiansyah, J. Arif, M. N. Ikhsan, M. Kahlil Gibran, and T. Mesin, “Analisa Steady State Thermal Pada Rem Cakram Menggunakan Elemen Hingga Steady State Thermal Analysis Of Disc Brakes Using Finite Elements,” *Jurnal Penelitian Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 122–133, Aug. 2025.

[14] K. A. Sekarjati *et al.*, “Analisis Thermal Transient dan Static Structure Pada Disc Brake Berbasis Finite Element,” *Politeknik ATI Makasar*, vol. 220, pp. 99–108, Jul. 2025, [Online]. Available: <https://journal.atim.ac.id/>