

STUDI TERMAL PADA SEGMENT CETAKAN CROWN PADA MESIN CURING DALAM PROSES PRODUKSI BAN MOBIL DI PT. ELANG PERDANA TYRE INDUSTRY

Christofel Jarot Yudaputranto¹, Sandy Suryady²

¹Fakultas Teknologi Industri/ Teknik Mesin, cjarot@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

²Fakultas Teknologi Industri/ Teknik Mesin, sandy22@staff.gunadarma.ac.id, Universitas Gunadarma

ABSTRACT

The curing process is a stage in car tire molding carried out under high temperature and pressure. One of the key components in this process is the crown mold segment, which functions to shape the tread pattern on the tire. This study aims to analyze the heat distribution in the crown mold segment using Solidworks software, focusing on material specifications, heat distribution patterns, and simulation parameters affecting the results. The material used is Steel AISI 1020. The simulation results indicate an even heat distribution with an initial temperature of 453 K, convection ranging from 179.933°C to 179.967°C on the side area, and 179.916°C to 179.950°C on the tread pattern. Heat transfer rates were recorded as 96,323.28 W through conduction, 898.452 W through convection, and 2.56 W through radiation. Key parameters influencing the simulation include the initial material temperature (453 K), convection coefficient (10 W/(m²·K)), radiation emissivity (0.3), and ambient temperature (300 K).

Keywords: Curing Process, Crown Mold Segment, Thermal Analysis, Steel AISI 1020, Heat Distribution.

ABSTRAK

Proses curing merupakan tahap pencetakan ban mobil yang dilakukan dengan suhu dan tekanan tinggi. Salah satu komponen utama dalam proses ini adalah crown mold segment, yang berfungsi untuk membentuk pola tapak pada ban. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi panas pada crown mold segment menggunakan perangkat lunak Solidworks, dengan fokus pada spesifikasi material, pola distribusi panas, dan parameter simulasi yang memengaruhi hasil. Material yang digunakan adalah Steel AISI 1020. Hasil simulasi menunjukkan distribusi panas yang merata dengan suhu awal sebesar 453 K, konveksi berkisar antara 179,933°C hingga 179,967°C pada sisi samping, serta 179,916°C hingga 179,950°C pada pola tapak. Laju perpindahan panas melalui konduksi tercatat sebesar 96.323,28 W, melalui konveksi sebesar 898,452 W, dan melalui radiasi sebesar 2,56 W. Parameter utama yang memengaruhi simulasi meliputi suhu awal material (453 K), koefisien konveksi (10 W/(m²·K)), emisivitas radiasi (0,3), dan suhu lingkungan (300 K).

Kata Kunci: Proses Curing, Crown Mold Segment, Thermal Analysis, Steel AISI 1020, Distribusi Panas.

1. PENDAHULUAN

Proses curing merupakan salah satu tahapan utama dalam pembuatan ban mobil, di mana crown mold Segment berfungsi untuk pembentukan pattern tread ban. Crown mold segment berfungsi untuk mencetak pattern tread pada ban selama proses, yang berlangsung di bawah suhu dan tekanan tinggi. Di PT. Elang Perdana Tyre Industry, analisis Thermal pada crown mold segment dilakukan secara manual dengan menggunakan sensor, yang mengakibatkan potensi distribusi panas yang tidak merata selama proses curing. Hal ini dapat mengakibatkan ketidakefisienan dalam proses curing, kualitas tread ban yang tidak konsisten, serta umur pakai crown mold segment yang lebih pendek.

Permasalahan utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah distribusi panas yang tidak merata pada crown mold segment, yang berdampak negatif pada efisiensi proses curing dan kualitas akhir produk. Dengan tidak meratanya distribusi panas, proses curing dapat menjadi tidak optimal, menghasilkan produk dengan kualitas yang bervariasi, dan mempercepat keausan pada crown mold Segment.

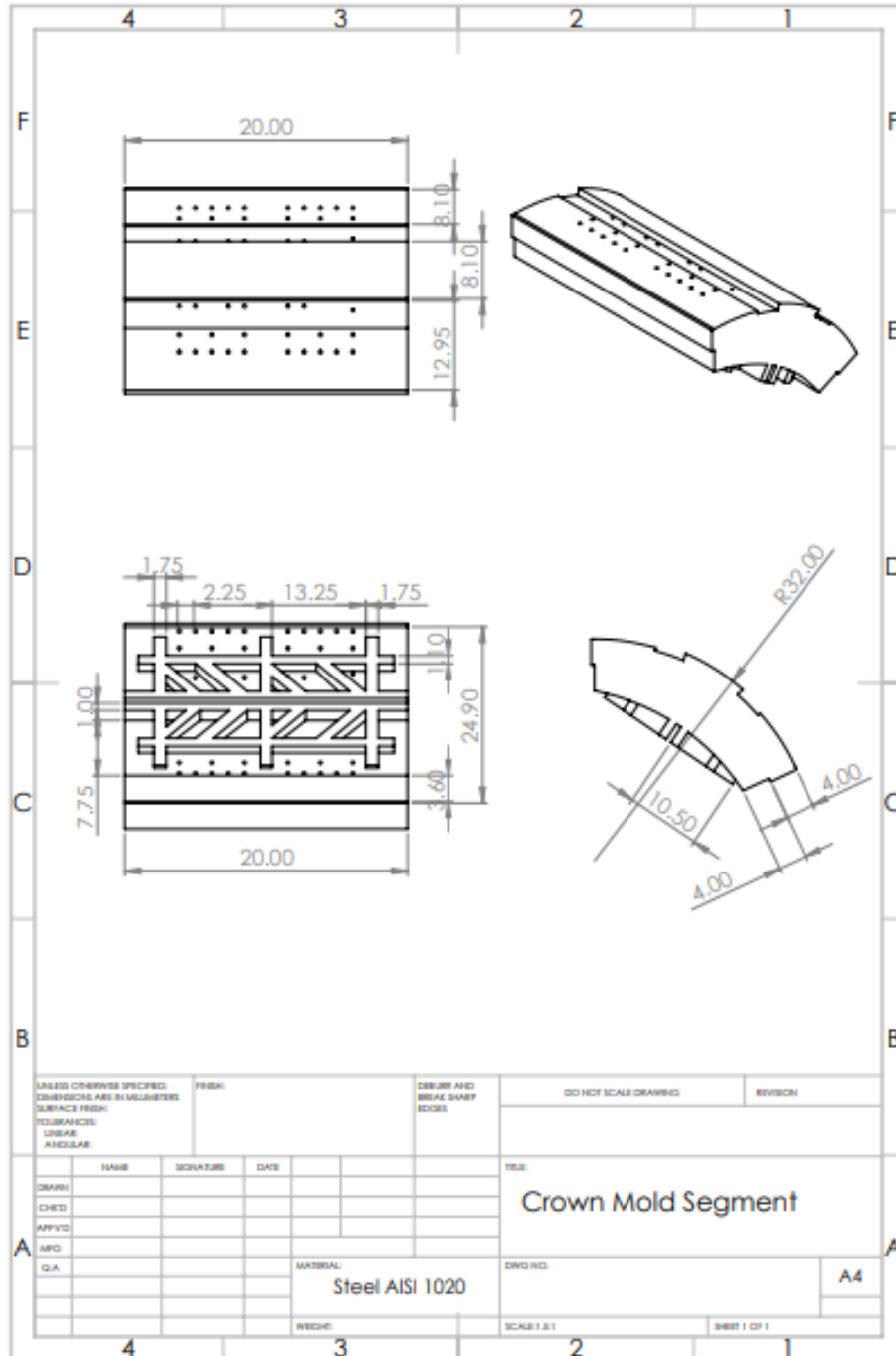
Dengan simulasi ini, diharapkan distribusi panas dapat diperbaiki, yang pada akhirnya akan meningkatkan efisiensi proses curing serta memperpanjang umur pakai crown mold segment. Kontribusi dari

penelitian ini adalah menyediakan pendekatan baru dalam analisis thermal pada crown mold segment, yang selama ini dilakukan secara manual. Dengan menggunakan simulasi berbasis software, penelitian ini tidak hanya menawarkan metode yang lebih akurat dan efisien, tetapi juga dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam desain dan pemilihan material untuk proses curing yang lebih baik di industri ban.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif, yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis distribusi panas pada crown mold Segment selama proses curing di PT Elang Perdana Tyre Industry. Pengumpulan data dilakukan melalui tiga langkah utama, yaitu studi literatur, wawancara, dan penelitian lapangan.

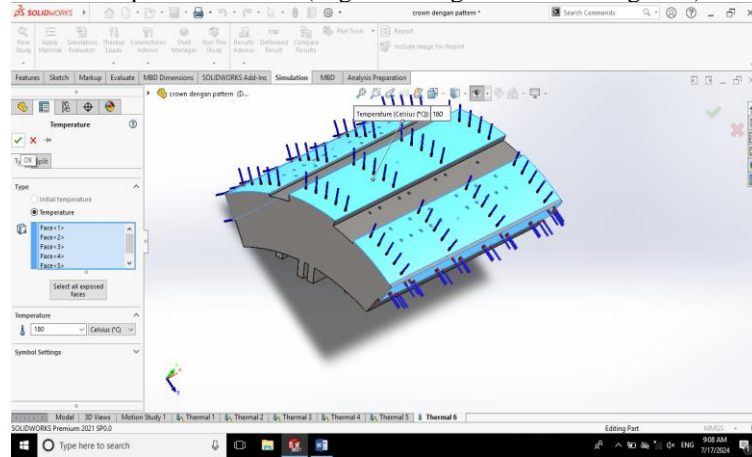
2.1 Pembuatan Geometri



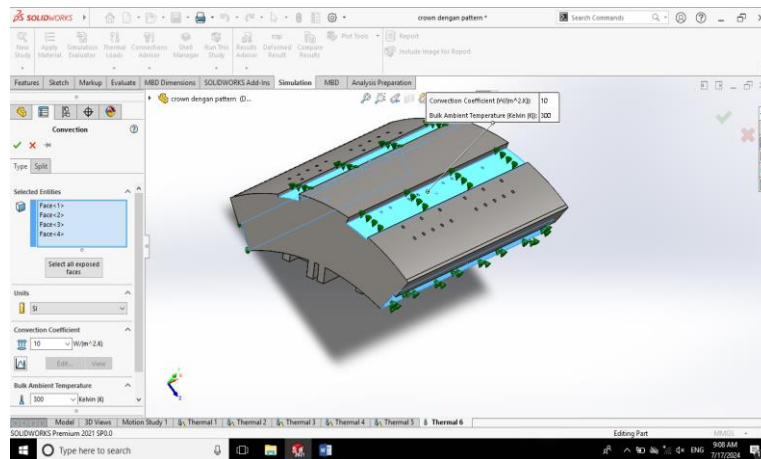
Gambar 1. Geometri Crown Mold Segment

2.2 Penetapan Material dan Distribusi Panas

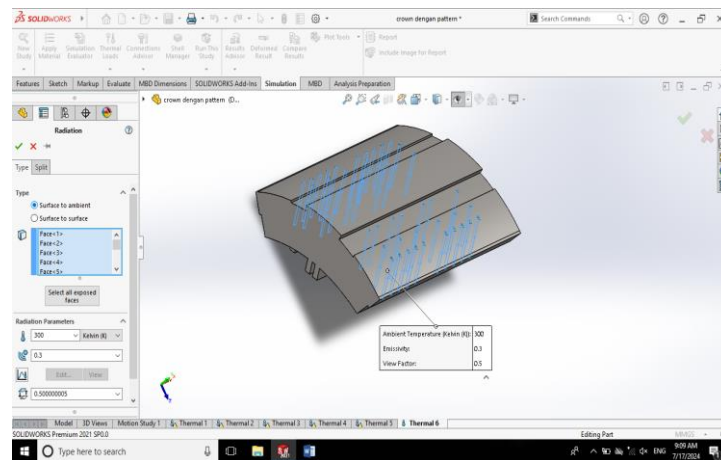
Material yang digunakan pada proses simulasi yaitu Steel AISI 1020. Adapun parameter yang ditetapkan pada simulasi ini adalah konduktivitas termal sebesar 180 W/m²k pada 5 surface, koefisien konveksi sebesar 10 W/m²k dan bulk ambient temperature sebesar 300 K pada 5 surface dan koefisien konveksi sebesar 10 W/m²k dan bulk ambient temperature sebesar 300 kelvin pada 5 surface, koefisien radiasi sebesar 0.3 dan distribusi suhu sebesar 300 K pada 46 surface (bagian lubang crown mold segment).



Gambar 2. Penetapan Parameter dan Area Distribusi Suhu pada Crown Mold Segment



Gambar 3. Penetapan Parameter dan Area Distribusi Suhu secara Konduksi pada Crown Mold Segment



Gambar 4. Penetapan Parameter dan Area Distribusi Suhu secara Radiasi pada Crown Mold Segment

Perhitungan Distribusi Panas

Berikut perhitungan distribusi panas secara konduksi berdasarkan properti material Steel AISI 1020.

Tabel 1. Rincian Dimensi dan Parameter Crown Mold Segment untuk Area Distribusi Panas secara Konduksi

Thermal Conductivity (k)	47 W/(m·K)
Area Permukaan total (A total)	646 x 10 ⁻⁴ m ²
Ketebalan Material (d)	0.08 m
Perbedaan Suhu (ΔT)	180°C - 27°C = 153°C = 423°K

Rumus Konduksi:

$$Q_{\text{konduksi}} = k \cdot A \frac{\Delta T}{d} \dots\dots\dots(3.1)$$

Penyelesaian:

$$Q_{\text{konduksi}} = 47 \times 646 \times 10^{-4} \times \frac{423}{0.08}$$

$$Q_{\text{konduksi}} = 16,053.88 \text{ W}$$

$$Q_{\text{konveksi total}} = 6 \times 16,053.88 \text{ W}$$

$$Q_{\text{konveksi total}} = 96,323.28 \text{ Watt}$$

Berikut perhitungan distribusi panas secara konduksi berdasarkan properti material Steel AISI 1020.

Tabel 2. Rincian Dimensi dan Parameter Crown Mold Segment untuk Area Distribusi Panas secara Konveksi

Koefisien Konveksi (h)	10 W/(m ² ·K)
Bulk Ambient Temperature	10 W/(m ² ·K)
Suhu Permukaan	180°C (453 K)
Perbedaan Suhu (ΔT)	180°C - 27°C = 153°C = 423°K
Area Permukaan (A)	0.01 m ²

Rumus Konveksi

$$Q_{\text{konveksi}} = h \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots(3.2)$$

Penyelesaian:

$$Q_{\text{konveksi total}} = 10 \times 354 \times 10^{-4} \times 423$$

$$Q_{\text{konveksi total}} = 149.742 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{konveksi total}} = 6 \times 149.742 \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{konveksi total}} = 898.452 \text{ Watt}$$

Berikut perhitungan distribusi panas secara radiasi berdasarkan properti material Steel AISI 1020.

Tabel 3. Rincian Dimensi dan Parameter Crown Mold Segment untuk Area Distribusi Panas secara Radiasi

Emisivitas (ε)	0.3
Suhu Permukaan	180°C (453 K)
Bulk Ambient Temperature	300 K (27°C)
Area Permukaan (A)	7,40255 x 10 ⁻⁴ m ²

Konstanta Stefan-Boltzmann (σ)	$5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$
Suhu Permukaan awal (T_s)	453°K
Suhu Lingkungan (T_∞)	300°K

Rumus Radiasi

$$Q_{\text{radiasi}} = \varepsilon \cdot \sigma \cdot A (T_s^4 - T_\infty^4) \dots\dots\dots(3.3)$$

Penyelesaian:

$$Q_{\text{radiasi}} = 0.3 \times 5.67 \times 10^{-8} \times 7,40255 \times 10^{-4} \times 33.9 \times 10^9$$

$$Q_{\text{radiasi}} = 42.68 \times 10^{-3} \text{ Watt}$$

$$Q_{\text{konveksi total}} = 6 \times 42.68 \times 10^{-3} \text{ Watt}$$

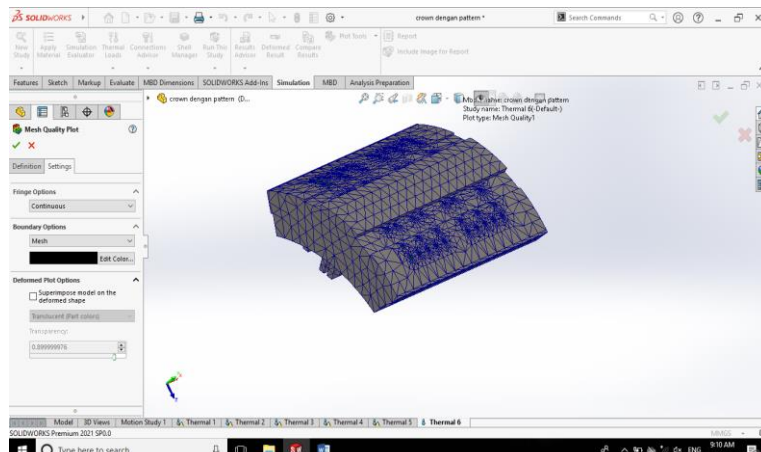
$$Q_{\text{konveksi total}} = 2.56 \text{ Watt}$$

2.2 Meshing

1. Pengaturan Mesh:

- a. Jenis Mesh : Solid Mesh
- b. Kualitas Mesh : High
- c. Mesher : Standard Mesh
- d. Transisi Otomatis : Off
- e. Loop Mesh Otomatis : Off

Proses meshing pada solidworks ini bertujuan untuk memastikan bahwa mesh yang digunakan dalam simulasi analisis thermal cukup halus untuk mendapatkan detail thermal yang tepat.



Gambar 5. Penetapan Mesh pada Crown Mold Segment di Solidworks

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Simulasi Termal

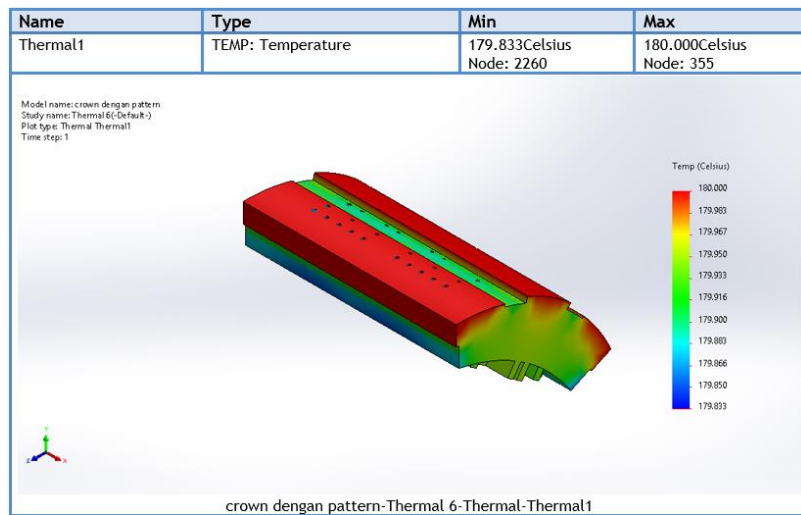
Berikut hasil dari simulasi termal yang dilakukan pada solidworks tersebut.

Tabel 4. Hasil Simulasi Termal yang dilakukan pada Solidworks

Sisi pengantar panas langsung dari sumber panas (5 Surface)	180°C (berwarna merah)
Sisi yang Bersentuhan dengan fluida dalam mold (4 Surface)	179.833°C - 179.916°C (berwarna biru dan hijau)
Bagian pattern dari crown	179.916°C - 179.950°C (berwarna hijau muda dan hijau tua)

Sisi yang mengalami radiasi	179.950°C (berwarna hijau tua)
-----------------------------	--------------------------------

Berdasarkan proses simulasi thermal yang dilakukan menghasilkan pendistribusian suhu yang baik, hal ini dikarenakan penurunan suhu yang relatif kecil pada crown mold segment setelah mengalami konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada 5 sisi permukaan crown mold segment yang bersentuhan langsung dengan sumber panas pada material mencapai suhu 180°C, lalu pada 4 sisi permukaan dari crown mold segment yang mengalami perpindahan panas secara konveksi yaitu mencapai 179.833°C - 179.916°C, pada sisi yang mengalami radiasi mencapai suhu 179.950°C dan pada bagian pattern dari crown mencapai suhu 179.916°C - 179.950°C.



Gambar 6. Hasil Analisis Termal Crown Mold Segment pada Solidworks

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan, simulasi, dan analisis yang dilakukan didapatkan bahwa distribusi panas pada crown mold segment terjadi dengan baik dan merata yaitu dari suhu 453°K, menyebar kebagian samping 179.933°C–179.967°C dan bagian pattern 179.916°C -179.950°C, laju perpindahan panas secara konduksi yaitu 96,323.28 W, secara konveksi yaitu 898.452 W, dan secara radiasi yaitu 2,56 W. Parameter yang digunakan yaitu suhu awal material yaitu 453°K, koefisien konveksi yaitu 10 W/(m².K), emisivitas radiasi yaitu 0.3 dan bulk ambient temperature yaitu 300°K.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Michael J. Moran, Howard N. Shapiro, Bruce R. Munson, David P. DeWitt (2002). Introduction to Thermal systems engineering_ thermodynamics, fluid mechanics, and Heat transfer-Wiley. Hal 9. United States of America: John Wiley & Sons, Inc. 2002.
- [2] Yeung S. Woon, Yang Ruey-Jen (2021). Introduction to Thermal Cloaking_ Theory and Analysis in Conduction and Convection-Springer. Gateway East, Singapore 189721, Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2021
- [3] Onur, Nevzat (2023). Introduction to Convective Heat Transfer_ A Software-Based Approach Using Maple and MATLAB-Wiley. Hal 14. 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA: John Wiley & Sons, Inc. 2023
- [4] John R. Howell, Kyle J. Daun, Robert Siegel, M. Pinar Mengüç (2021). Thermal radiation Heat transfer-CRC Press. Hal 4. Chennai, India : Deanta Global Publishing Services. 2021
- [5] Midas NFS. (2015). A Guide to Thermal Analysis. Hal 5. 2015. <https://feaforall.com/wp-content/uploads/2015/10/A-Guide-to-Thermal-Analysis.pdf>
- [6] Sitompul, Ambrosius (2020). Implementasi Pengenalan Jenis Pattern Tread Ban (Tread) Menggunakan Metode Local Binary Patterns, vol.1, no.3, hal 189-194, Mei 2020
- [7] Maurice V. Jean, Rosca L. Daniel. (2009) Rubber Curing and Properties. Hal 13. United States of America: Taylor & Francis Group, LLC. 2009
- [8] Bejan Adrian (2022). Heat Transfer Evolution, Design and Performance. 111 River Street, Hoboken, NJ 07030, USA: John Wiley & Sons, Inc. 2022.