



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMASI LAPISAN INSULASI ENCLOSURE FIRE-RATED BERBASIS
SIMULASI TERMAL DAN VALIDASI EKSPERIMEN UNTUK
MENJAGA TEMPERATUR INTERNAL MAKSIMUM 40°C PADA
KEBAKARAN EKSTERNAL**

SKRIPSI

Disusun Oleh:

Yudha Dewangga

NIM. 2202411027

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**OPTIMASI LAPISAN INSULASI *ENCLOSURE FIRE-RATED* BERBASIS
SIMULASI TERMAL DAN VALIDASI EKSPERIMEN UNTUK
MENJAGA TEMPERATUR INTERNAL MAKSIMUM 40°C PADA
KEBAKARAN EKSTERNAL**

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik
Mesin

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Oleh:

**Yudha Dewangga
NIM. 2202411027**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI
REKAYASA MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSEMBAHAN



“Skripsi ini saya persembahkan untuk ayah, ibu, dan keluarga tercinta serta pasangan saya di masa depan, dan almamater”



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

OPTIMASI LAPISAN INSULASI ENCLOSURE FIRE-RATED BERBASIS SIMULASI TERMAL DAN VALIDASI EKSPERIMEN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR INTERNAL MAKSIMUM 40°C PADA KEBAKARAN EKSTERNAL

Oleh:

Yudha Dewangga

NIM. 2202411027

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Ir., Rosidi, S.T., M.T.
NIP. 196509131990031001

Pembimbing 2

Muhamad Hanhan Nugraha, S.Tr.T., M.Tr.T.
NIP. 199508252024061001

Ketua Program Studi
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Radhi Maladzi, S.T., M.T.
NIP. 19930728202406100



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

OPTIMASI LAPISAN INSULASI ENCLOSURE FIRE-RATED BERBASIS SIMULASI TERMAL DAN VALIDASI EKSPERIMEN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR INTERNAL MAKSIMUM 40°C PADA KEBAKARAN EKSTERNAL

Oleh:

Yudha Dewangga

NIM. 2202411027

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan di hadapan Dewan Penguji pada
tanggal 07 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana

Terapan pada Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Manufaktur Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ir., Rosidi, S.T., M.T. NIP. 196509131990031001	Ketua Penguji		14/ 2026 / 7
2.	Drs., Nugroho Eko Setijogiarto, Dipl.Ing., M.T NIP. 196512131992031001	Penguji I		13/ 26 / 7
3.	Dhiya Luqyana, S.Tr.T., M.T. NIP. 199809212024062001	Penguji II		15/ 26 / 7

Depok, 19 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si.
NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISIONALITAS

LEMBAR PERNYATAAN ORISIONALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yudha Dewangga

NIM : 2202411027

Program Studi : Teknologi Rekayasa Manufaktur

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam laporan Tugas Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (Plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam laporan Tugas Skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 14 Juli 2026



Yudha Dewangga

NIM. 2202411027



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPTIMASI LAPISAN INSULASI ENCLOSURE FIRE-RATED BERBASIS SIMULASI TERMAL DAN VALIDASI EKSPERIMEN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR INTERNAL MAKSIMUM 40°C PADA KEBAKARAN EKSTERNAL

Yudha Dewangga¹, Rosidi¹, Muhamad Hanhan Nugraha¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl.
Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: yudha.dewangga.tm22@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Kebakaran eksternal dapat meningkatkan temperatur sistem yang berada di dalam *enclosure*, sehingga diperlukan lapisan insulasi yang mampu membatasi perpindahan panas. Penelitian ini bertujuan menganalisis performa konfigurasi lapisan insulasi *enclosure* berbasis simulasi termal SolidWorks dan validasi eksperimen untuk menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C. Material insulasi yang dianalisis adalah *rockwool*, *ceramic fiber blanket*, dan *calcium silicate board* dalam konfigurasi *single layer*, *two layer*, dan *three layer*. Validasi simulasi dilakukan melalui pengujian eksperimen pada temperatur *hot plate* 100°C, 200°C, dan 300°C. Hasil validasi menunjukkan nilai error sebesar 1,427%, 0,066%, dan 0,754%, sehingga model simulasi dinyatakan valid karena seluruh error berada di bawah 2%. Simulasi kebakaran dilakukan pada durasi 30, 60, 90, dan 120 menit berdasarkan kurva ISO 834. Hasil simulasi menunjukkan bahwa konfigurasi *three layer* memiliki performa termal terbaik. Secara termal, konfigurasi T9 menghasilkan temperatur rata-rata *inner plate* paling rendah. Namun, berdasarkan evaluasi temperatur, total ketebalan, dan biaya material, konfigurasi T8 dengan susunan *rockwool* 100 mm, *ceramic fiber blanket* 50 mm, dan *calcium silicate board* 25 mm menjadi konfigurasi terbaik untuk paparan 60 hingga 120 menit. Konfigurasi tersebut memiliki total ketebalan 175 mm, biaya material Rp 2.024.272/m², dan mampu menjaga temperatur rata-rata *inner plate* di bawah 40°C hingga 120 menit.

Kata kunci: *enclosure*, insulasi termal, SolidWorks, validasi eksperimen, biaya material



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

OPTIMASI LAPISAN INSULASI ENCLOSURE FIRE-RATED BERBASIS SIMULASI TERMAL DAN VALIDASI EKSPERIMEN UNTUK MENJAGA TEMPERATUR INTERNAL MAKSIMUM 40°C PADA KEBAKARAN EKSTERNAL

Yudha Dewangga¹, Rosidi¹, Muhamad Hanhan Nugraha¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl.
Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Email: yudha.dewangga.fm22@mhs.w.pnj.ac.id

ABSTRACT

External fire exposure can increase the temperature of systems inside an enclosure, so an insulation layer is required to limit heat transfer. This study aims to analyze the performance of fire-rated enclosure insulation configurations using SolidWorks thermal simulation and experimental validation to maintain the average inner plate temperature at a maximum of 40°C. The insulation materials analyzed were rockwool, ceramic fiber blanket, and calcium silicate board in single layer, two layer, and three layer configurations. Simulation validation was performed through experimental testing at hot plate temperatures of 100°C, 200°C, and 300°C. The validation results showed errors of 1.427%, 0.066%, and 0.754%, indicating that the simulation model was valid because all error values were below 2%. Fire simulations were conducted for exposure durations of 30, 60, 90, and 120 minutes based on the ISO 834 fire curve. The simulation results showed that the three layer configuration had the best thermal performance. Thermally, configuration T9 produced the lowest average inner plate temperature. However, based on temperature, total thickness, and material cost evaluation, configuration T8, consisting of 100 mm rockwool, 50 mm ceramic fiber blanket, and 25 mm calcium silicate board, was selected as the best configuration for 60 to 120 minutes of fire exposure. This configuration has a total thickness of 175 mm, a material cost of Rp 2.024.272/m², and can maintain the average inner plate temperature below 40°C for up to 120 minutes.

Keywords: fire-rated enclosure, thermal insulation, SolidWorks, experimental validation, material cost



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Optimasi Lapisan Insulasi *Enclosure Fire-Rated* Berbasis Simulasi Termal dan Validasi Eksperimen untuk Menjaga Temperatur Internal Maksimum 40°C pada Kebakaran Eksternal”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta. Penelitian ini membahas optimasi lapisan insulasi pada *enclosure fire-rated* dengan pendekatan simulasi termal dan validasi eksperimen.

Proses penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat arahan, bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Radhi Maladzi, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Rosidi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan arahan, ilmu, evaluasi, dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian serta penyusunan skripsi.
4. Bapak Muhamad Hanhan Nugraha, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan dalam penyempurnaan penelitian serta penulisan skripsi.
5. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu, bantuan, dan pengalaman selama penulis menempuh pendidikan.
6. Teknisi Bengkel Teknik Mesin yang telah membantu proses pembuatan alat uji dan pelaksanaan pengujian eksperimen.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

7. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, motivasi, dan bantuan selama proses pendidikan dan penyusunan skripsi.
8. Orang terkasih yang selalu memberikan perhatian, dukungan, motivasi, dan semangat kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
9. Rekan-rekan kelas 8A Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan semangat selama proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi.
10. Seluruh pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan sebagai bahan perbaikan. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang simulasi termal, material insulasi, dan perancangan enclosure *fire-rated* untuk aplikasi proteksi panas pada lingkungan industri.

Depok, 14 Juli 2026

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Yudha Dewangga



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	v
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan Skripsi	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Landasan Teori	8
2.1.1 <i>Enclosure Fire-rated</i>	8
2.1.2 Teori Perpindahan Panas	10
2.1.2.1 Konduksi	10
2.1.2.2 Konveksi	11
2.1.3 Sistem <i>Multilayer</i> dan Resistansi Termal.....	12
2.1.4 Material Insulasi Termal.....	13
2.1.4.1 <i>Rockwool Fire Rock</i> 120 kg/m ³	14
2.1.4.2 <i>Ceramic fiber blanket</i> 128 kg/m ³	15
2.1.4.3 <i>Calcium silicate board</i> 180 kg/m ³	16
2.1.5 Kurva Kebakaran Standar	18
2.1.6 Simulasi Termal pada SolidWorks	19



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.1.7 Validasi Pengujian Eksperimental	21
2.1.8 Komponen Alat Uji	23
2.1.8.1 Plat Baja ST 37.....	24
2.1.8.2 <i>Thermocouple</i> Tipe K.....	24
2.1.8.3 <i>Heater tubular</i> Double U	25
2.1.8.4 SSR Fetek (<i>Solid state relay</i>).....	25
2.1.8.5 <i>Controller</i> Rex-C100.....	26
2.1.8.6 Modbus Wellpro WP906ADAM.....	27
2.1.8.7 <i>USB RS485 converter</i>	27
2.1.8.8 <i>Power supply</i> 12V	28
2.1.8.9 MCB 16A (<i>Miniature circuit breaker</i>)	28
2.1.9 Rancangan <i>Orthogonal array</i> L9	29
2.2 Kajian Literatur	32
2.3 Kerangka Pemikiran.....	36
BAB III METODE PENELITIAN.....	38
3.1 Jenis Penelitian.....	38
3.2 Objek Penelitian	39
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	39
3.4 Jenis Dan Sumber Data Penelitian	40
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian.....	41
3.6 Metode Analisis Data	41
3.7 Alur Penelitian.....	43
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	54
4.1 Hasil Pengujian Eksperimen	54
4.2 Hasil Simulasi Termal <i>SolidWorks</i>	56
4.2.1 Simulasi Termal Pada Suhu 100°C	57
4.2.2 Simulasi Termal Pada Suhu 200°C	57
4.2.3 Simulasi Termal Pada Suhu 300°C	58
4.2.4 Parameter Simulasi.....	59
4.3 Validasi Hasil Simulasi terhadap Eksperimen.....	59
4.4 Simulasi Kebakaran <i>Single layer</i>	61
4.4.1 Hasil Temperatur rata-rata Simulasi Setiap Konfigurasi <i>Single layer</i> .	61



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.2 Ringkasan Konfigurasi <i>Single layer</i> Terbaik	61
4.5 Simulasi Kebakaran <i>Two layer</i>	66
4.5.1 Hasil Temperatur Rata-rata Simulasi Setiap Kombinasi <i>Two layer</i>	66
4.5.2 Ringkasan Konfigurasi <i>Two layer</i> Terbaik.....	69
4.6 Simulasi Kebakaran <i>Three layer</i>	70
4.6.1 Variasi Konfigurasi <i>Three layer</i>	70
4.6.2 Hasil Temperatur Rata-rata Simulasi Setiap Kombinasi <i>Three layer</i> ..	71
4.6.3 Ringkasan Konfigurasi <i>Three layer</i> Terbaik	75
4.7 Evaluasi Biaya Material Insulasi <i>Enclosure Fire-rated</i>	76
4.7.1 Dasar Perhitungan Biaya Material	77
4.7.2 Perbandingan Biaya Terendah Berdasarkan Jenis Konfigurasi.....	77
4.7.3 Konfigurasi Termurah yang Memenuhi Target per Waktu Kebakaran	78
BAB V PENUTUP.....	80
5.1 Kesimpulan	80
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Material Properties Rockwool</i>	15
Tabel 2. 2 <i>Material Properties Ceramic fiber blanket</i>	16
Tabel 2.3 <i>Material Properties Calcium silicate board</i>	17
Tabel 2.4 Suhu kebakaran ISO 834.....	19
Tabel 2.5 <i>Material Properties Plat ST37</i>	24
Tabel 2. 6 Susunan <i>orthogonal array</i> L9 tiga faktor.....	31
Tabel 2.7 Kajian Literatur	32
Tabel 3.1 Komponen Alat Uji	47
Tabel 3.2 Ketebalan material yang digunakan	51
Tabel 4.1 Suhu Hasil Pengujian Eksperimen	56
Tabel 4.2 Data suhu permukaan <i>Cold plate</i> pada simulasi 100,75°C	57
Tabel 4.3 Data suhu permukaan <i>Cold plate</i> pada simulasi 200,5°C	58
Tabel 4.4 Data suhu permukaan <i>Cold plate</i> pada simulasi 300,25°C	58
Tabel 4.5 Parameter <i>Mesh</i> yang digunakan saat simulasi untuk validasi	59
Tabel 4.6 Validasi hasil simulasi terhadap eksperimen.....	59
Tabel 4.7 Variasi Ketebalan Material <i>single layer</i>	61
Tabel 4.8 Ringkasan konfigurasi <i>single layer</i> terbaik berdasarkan Tavg.....	65
Tabel 4.9 Variasi simulasi <i>two layer</i>	66
Tabel 4.10 Ringkasan konfigurasi <i>two layer</i> terbaik berdasarkan Tavg	69
Tabel 4.11 <i>Level</i> faktor simulasi <i>three layer</i>	71
Tabel 4.12 Variasi konfigurasi <i>three layer</i> berdasarkan matriks <i>Orthogonal array</i> L9	71
Tabel 4.13 Ringkasan konfigurasi <i>three layer</i> terbaik pada setiap waktu kebakaran	75
Tabel 4.14 Harga acuan untuk tiap material.....	77
Tabel 4.15 Konfigurasi Lapisan Insulasi Termurah	79



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan <i>cabinet enclosure</i>	9
Gambar 2. 2 Sistem <i>multilayer</i> & resistansi termal	12
Gambar 2.3 Kurva Kebakaran ISO-834	18
Gambar 2.4 Plat Baja ST 37	24
Gambar 2.5 <i>Thermocouple</i> tipe K	25
Gambar 2.6 <i>Heater tubular</i> Double U	25
Gambar 2.7 SSR Fotex (<i>Solid state relay</i>)	26
Gambar 2.8 <i>Temperature controller</i> REX-C100	26
Gambar 2.9 <i>Modbus Wellpro WP906ADAM</i>	27
Gambar 2.10 <i>USB RS485 converter</i>	28
Gambar 2.11 <i>Power supply</i> 12V 10A	28
Gambar 2.12 MCB 16A (<i>Miniature circuit breaker</i>)	29
Gambar 2.13 Kerangka berfikir	37
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	43
Gambar 3.2 Konsep alat uji eksperimen <i>hot plate</i> dan <i>cold plate</i>	46
Gambar 3.3 3D Desain Alat Uji Konduktivitas termal	46
Gambar 3.4 Fabrikasi Alat Uji	47
Gambar 3.5 Pemasangan <i>heater</i> pada <i>hot plate</i>	48
Gambar 3.6 Posisi <i>heater</i> dan <i>thermocouple</i> pada <i>hot plate</i>	48
Gambar 3.7 Posisi <i>thermocouple</i> pada <i>cold plate</i>	49
Gambar 3.8 Rangkaian listrik <i>heater tubular</i>	49
Gambar 3.9 Tampilan <i>Software ModbusScope</i>	50
Gambar 4.1 Pengujian Eksperimen dengan alat uji konduktivitas termal	54
Gambar 4.2 Grafik Data Hasil Pengukuran Suhu <i>Thermocouple</i> pada <i>software ModbusScope</i>	55
Gambar 4.3 Grafik Temperatur rata-rata <i>hot plate</i> dan <i>Cold plate</i> terhadap waktu	55
Gambar 4.4 Hasil Simulasi termal SolidWorks pada suhu 100,75°C	57
Gambar 4.5 Simulasi termal SolidWorks pada suhu 200,5°C	57
Gambar 4.6 Simulasi termal SolidWorks pada suhu 300,25°C	58



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.7 Grafik Perbandingan temperatur eksperimen dan simulasi SolidWorks	60
Gambar 4.8 Grafik Error validasi simulasi terhadap eksperimen	60
Gambar 4.9 Diagram batang Tavg <i>single layer</i> pada paparan 30 menit	62
Gambar 4.10 Diagram batang Tavg <i>single layer</i> pada paparan 60 menit	62
Gambar 4.11 Diagram batang Tavg <i>single layer</i> pada paparan 90 menit	63
Gambar 4.12 Diagram batang Tavg <i>single layer</i> pada paparan 120 menit	64
Gambar 4.13 Perbandingan konfigurasi <i>single layer</i> terbaik terhadap waktu kebakaran	65
Gambar 4.14 Diagram batang Tavg <i>two layer</i> berdasarkan kombinasi material dan ketebalan pada paparan 30 menit	67
Gambar 4.15 Diagram batang Tavg <i>two layer</i> berdasarkan kombinasi material dan ketebalan pada paparan 60 menit	67
Gambar 4.16 Diagram batang Tavg <i>two layer</i> berdasarkan kombinasi material dan ketebalan pada paparan 90 menit	68
Gambar 4.17 Diagram batang Tavg <i>two layer</i> berdasarkan kombinasi material dan ketebalan pada paparan 120 menit	68
Gambar 4.18 Perbandingan konfigurasi <i>two layer</i> terbaik terhadap waktu kebakaran	70
Gambar 4.19 Temperatur rata-rata <i>inner plate three layer</i> pada paparan kebakaran 30 menit.....	72
Gambar 4.20 Temperatur rata-rata <i>inner plate three layer</i> pada paparan kebakaran 60 menit.....	72
Gambar 4.21 Temperatur rata-rata <i>inner plate three layer</i> pada paparan kebakaran 90 menit.....	73
Gambar 4.22 Temperatur rata-rata <i>inner plate three layer</i> pada paparan kebakaran 120 menit.....	74
Gambar 4.23 Tren temperatur rata-rata <i>inner plate</i> seluruh konfigurasi <i>three layer</i> terhadap waktu kebakaran.....	75
Gambar 4.24 Grafik biaya material terendah pada konfigurasi yang memenuhi target $T_{avg} \leq 40^{\circ}\text{C}$	79



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Langkah-langkah simulasi termal
- Lampiran 2 Kalibrasi alat uji konduktivitas termal
- Lampiran 3 Setup pengujian eksperimen
- Lampiran 4 Hasil pengujian Eksperimen
- Lampiran 5 Data hasil pengujian simulasi
- Lampiran 6 Data hasil pengujian simulasi
- Lampiran 7 Data hasil pengujian simulasi
- Lampiran 8 Harga material insulasi
- Lampiran 9 Perhitungan cost material
- Lampiran 10 Lampiran cost dari konfigurasi
- Lampiran 11 Gambar alat uji



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

Kebakaran eksternal pada lingkungan industri dapat menimbulkan paparan panas yang sangat tinggi dan berpotensi meningkatkan temperatur pada peralatan atau sistem yang berada di sekitarnya. Kondisi ini menjadi berbahaya apabila sistem yang dilindungi memiliki komponen sensitif terhadap panas, seperti sistem kontrol, mesin, maupun tangki bahan bakar, karena kenaikan temperatur dapat mengganggu kinerja sistem dan meningkatkan risiko keselamatan. Pada penelitian *fire-resistant cabinet* menunjukkan bahwa desain kabinet tahan api perlu dianalisis secara termal menggunakan FEM karena ketebalan insulasi, posisi lapisan, dan kontak termal sangat memengaruhi temperatur di dalam kabinet [1]. Perkembangan ini menunjukkan bahwa enclosure tidak lagi cukup dipahami sebagai pelindung mekanik, tetapi juga sebagai sistem proteksi termal yang harus mampu mengendalikan panas selama terjadi paparan kebakaran.

Enclosure *fire-rated* dalam penelitian ini difokuskan sebagai sistem pelindung berbentuk *box* yang dirancang untuk membatasi masuknya panas dari kebakaran eksternal menuju ruang internal. Ketika permukaan luar enclosure menerima paparan panas, aliran panas menuju bagian dalam terutama terjadi melalui konduksi pada dinding dan lapisan isolasi, sedangkan pertukaran panas antara permukaan dan udara di sekitarnya dipengaruhi oleh konveksi [2]. Dalam kondisi kebakaran, profil temperatur eksternal dapat direpresentasikan menggunakan kurva standar ISO 834 agar pembebanan termal yang digunakan dalam simulasi memiliki dasar acuan yang terukur [3]. Dengan demikian, desain dinding enclosure harus diarahkan untuk meningkatkan resistansi termal agar laju perpindahan panas menuju ruang internal dapat ditekan.

Permasalahan utama yang diangkat pada penelitian ini adalah belum banyaknya desain *enclosure fire-rated* yang secara khusus diarahkan untuk menjaga temperatur internal tetap rendah, yaitu maksimum 40°C, ketika terjadi paparan kebakaran eksternal. Pada penelitian *fire-resistant cabinet* fokus utama perancangan kabinet tahan api adalah pemenuhan performa ketahanan api dan



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

pengendalian temperatur internal pada lingkungan fusi, bukan secara spesifik mempertahankan kondisi mendekati suhu ruang [1]. Pada penelitian pengembangan *instrumentation cabinet* untuk area rawan *wildfire* berhasil meningkatkan ketahanan api peralatan monitoring, tetapi target temperatur internalnya masih lebih tinggi daripada 40°C [4]. Hal ini menunjukkan adanya gap penelitian, yaitu perlunya kajian *enclosure fire-rated* yang menjadikan temperatur internal 40°C sebagai target desain yang eksplisit dan terukur.

Target 40°C diperlukan karena enclosure tidak hanya melindungi struktur fisik, tetapi juga melindungi sistem kontrol, sensor, kabel, serta komponen instrumentasi yang memiliki batas temperatur operasi tertentu. Kajian mengenai temperatur kerja peralatan listrik menjelaskan bahwa temperatur kerja yang umum pada peralatan listrik berada pada rentang 40–50°C, dan kenaikan temperatur internal dapat menurunkan reliabilitas serta durabilitas komponen listrik [5]. Oleh karena itu, nilai 40°C dapat digunakan sebagai batas konservatif agar enclosure tetap aman untuk sistem kontrol atau instrumentasi yang mungkin berada di dalam atau di sekitar sistem mesin dan tangki bahan bakar.

Tangki bahan bakar pada penelitian ini dijadikan alasan keselamatan untuk menekankan pentingnya perlindungan termal terhadap sistem internal yang sensitif terhadap kenaikan temperatur. Laporan keselamatan bahan bakar menjelaskan bahwa kenaikan temperatur bahan bakar dapat meningkatkan *vapor pressure* dan konsentrasi uap pada *headspace* tangki [6]. Studi numerik terhadap tangki yang terpapar api menunjukkan bahwa analisis numerik pada tangki yang terpapar api diperlukan untuk memahami respons termal dan mencegah kegagalan berbahaya pada sistem penyimpanan [7]. Artinya, apabila panas dari kebakaran eksternal masuk ke dalam enclosure tanpa pengendalian yang memadai, bahan bakar dapat menghasilkan uap lebih banyak dan meningkatkan potensi bahaya. Oleh karena itu, menjaga temperatur internal enclosure tetap rendah menjadi langkah pencegahan agar pemanasan terhadap tangki bahan bakar dapat diminimalkan selama kondisi darurat.

Urgensi penelitian ini diperkuat oleh beberapa kasus nyata terkait kebakaran pada fasilitas atau ruang yang berhubungan dengan bahan bakar. Pada insiden



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Buncefield di Inggris, ledakan dan kebakaran besar di depot bahan bakar melibatkan banyak tangki penyimpanan serta berlangsung selama beberapa hari [8]. Kajian *pool fire* pada *tank farm* menjelaskan bahwa *pool fire* dengan *ullage height* besar merupakan salah satu skenario kebakaran yang umum terjadi pada *tank farm* dan dapat mengancam keselamatan personel serta integritas fasilitas [9]. Analisis respons termal tangki terhadap paparan api juga menjelaskan bahwa tangki yang terpapar api dapat mengalami kenaikan temperatur, *pressurization*, dan *thermal stratification* yang berpengaruh terhadap keselamatan sistem penyimpanan bahan bakar [10]. Rangkaian penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengendalian temperatur di sekitar sistem mesin dan bahan bakar merupakan persoalan keselamatan yang perlu diperhatikan dalam desain *enclosure fire-rated*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada optimasi lapisan insulasi *enclosure fire-rated* berbasis simulasi termal SolidWorks dan validasi eksperimen. Simulasi termal digunakan untuk memprediksi distribusi temperatur dan laju perpindahan panas pada dinding *enclosure*. SolidWorks Simulation menyediakan studi Thermal yang dapat digunakan untuk menganalisis perpindahan panas melalui konduksi, konveksi, dan radiasi pada model 3D [11]. Hasil simulasi kemudian divalidasi melalui pengujian eksperimen pada spesimen dinding *enclosure* agar model numerik tidak hanya bersifat teoritis, tetapi memiliki pembandingan berdasarkan pengukuran aktual.

Kontribusi penelitian ini adalah menghasilkan konfigurasi lapisan insulasi *enclosure fire-rated* yang mampu mempertahankan temperatur internal maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal. Penelitian sebelumnya telah membahas kabinet tahan api, material insulasi, dan simulasi termal, tetapi belum secara spesifik mengoptimasi susunan material insulasi dengan target temperatur internal 40°C serta mempertimbangkan biaya material. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan melalui simulasi termal SolidWorks yang divalidasi dengan pengujian eksperimen, kemudian dilanjutkan dengan analisis konfigurasi *single layer*, *two layer*, dan *three layer*. Hasil akhir penelitian diharapkan dapat memberikan rekomendasi konfigurasi insulasi yang memenuhi target temperatur, memiliki ketebalan yang masih rasional, dan biaya material yang lebih efisien untuk perancangan *enclosure fire-rated*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah penelitian ini disusun dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat kesesuaian hasil simulasi termal SolidWorks terhadap hasil pengujian eksperimen pada variasi temperatur *hot plate* 100°C, 200°C, dan 300°C?
2. Bagaimana performa konfigurasi satu layer lapisan insulasi dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal?
3. Bagaimana performa konfigurasi dua layer lapisan insulasi dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal?
4. Bagaimana performa konfigurasi tiga layer lapisan insulasi dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal?
5. Konfigurasi lapisan insulasi mana yang mampu memberikan performa termal terbaik dengan mempertimbangkan temperatur rata-rata *inner plate*, total ketebalan, dan biaya material per meter persegi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui tingkat kesesuaian hasil simulasi termal SolidWorks terhadap hasil pengujian eksperimen pada variasi temperatur *hot plate* 100°C, 200°C, dan 300°C.
2. Menganalisis performa konfigurasi satu layer lapisan insulasi dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal.
3. Menganalisis performa konfigurasi dua layer lapisan insulasi dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Menganalisis performa konfigurasi tiga layer lapisan insulasi dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C pada paparan kebakaran eksternal.
5. Menentukan konfigurasi lapisan insulasi terbaik berdasarkan temperatur rata-rata *inner plate*, total ketebalan, dan biaya material per meter persegi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan acuan dalam perancangan lapisan insulasi *enclosure fire-rated* agar temperatur rata-rata *inner plate* dapat dijaga maksimum 40°C pada kondisi paparan kebakaran eksternal.
2. Memberikan referensi mengenai penggunaan simulasi termal SolidWorks yang divalidasi melalui pengujian eksperimen sebagai metode analisis perpindahan panas pada *enclosure fire-rated*.
3. Memberikan perbandingan performa termal antara konfigurasi satu lapis, dua lapis, dan tiga lapis sehingga pemilihan susunan material dapat dilakukan secara lebih terukur.
4. Memberikan dasar pemilihan konfigurasi insulasi yang tidak hanya mempertimbangkan temperatur terendah, tetapi juga total ketebalan dan biaya material per meter persegi.
5. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas optimasi material insulasi, desain *multilayer*, dan analisis termal pada *enclosure fire-rated*.

1.5 Batasan Masalah Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada analisis lapisan insulasi dinding *enclosure fire-rated*, bukan pada struktur rangka, sambungan mekanik, pintu, ventilasi, atau sistem sealing *enclosure*.
2. Material insulasi yang dianalisis dibatasi pada tiga jenis material, yaitu *rockwool*, *ceramic fiber blanket*, dan *calcium silicate board* dengan konfigurasi satu lapisan, dua lapisan, dan tiga lapisan.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Simulasi termal dilakukan menggunakan SolidWorks dengan parameter yang telah divalidasi melalui pengujian eksperimen pada variasi temperatur *hot plate* 100°C, 200°C, dan 300°C.
4. Analisis paparan kebakaran eksternal dilakukan secara simulasi pada durasi 30, 60, 90, dan 120 menit.
5. Penelitian tidak membahas kerusakan mekanik, deformasi struktur, retak material, degradasi material jangka panjang, serta biaya selain biaya material insulasi per meter persegi.

1.6 Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi ini disusun secara sistematis ke dalam lima bab sebagai berikut:

1. BAB 1: PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan skripsi secara keseluruhan.

2. BAB 2: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori yang menjadi dasar penelitian, meliputi konsep *enclosure fire-rated*, perpindahan panas, sistem *multilayer*, resistansi termal, material insulasi termal, kurva kebakaran standar ISO 834, simulasi termal menggunakan *SolidWorks*, validasi eksperimen, komponen alat uji, serta rancangan *orthogonal array* L9. Bab ini juga memuat kajian literatur yang relevan untuk memperkuat dasar teori dan posisi penelitian.

3. BAB 3: METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan jenis penelitian, objek penelitian, metode pengambilan sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, metode analisis data, serta alur penelitian. Bab ini juga menjelaskan pembuatan alat uji konduktivitas termal, setup pengujian eksperimen, penggunaan *thermocouple*, perekaman data melalui ModbusScope, serta proses validasi hasil simulasi terhadap data eksperimen.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. BAB 4: HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian eksperimen, hasil simulasi termal *SolidWorks*, validasi hasil simulasi terhadap eksperimen, serta hasil simulasi paparan kebakaran eksternal pada konfigurasi *single layer*, *two layer*, dan *three layer*. Bab ini juga membahas pengaruh jenis material, ketebalan, dan susunan lapisan insulasi terhadap temperatur rata-rata *inner plate*. Selain itu, bab ini menyajikan evaluasi biaya material insulasi per meter persegi.

5. BAB 5: PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil validasi eksperimen, performa konfigurasi lapisan insulasi, kemampuan desain dalam menjaga temperatur rata-rata *inner plate* maksimum 40°C, serta pertimbangan biaya material insulasi. Saran diberikan untuk pengembangan alat uji, peningkatan akurasi simulasi, dan pengujian lanjutan pada kondisi paparan panas yang lebih mendekati kondisi kebakaran aktual.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian optimasi lapisan insulasi *enclosure* berbasis simulasi termal dan validasi eksperimen, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil validasi simulasi SolidWorks terhadap eksperimen menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik. Nilai *error* yang diperoleh adalah 1,427% pada temperatur 100°C, 0,066% pada temperatur 200°C, dan 0,754% pada temperatur 300°C. Seluruh nilai *error* tersebut berada di bawah batas toleransi 2%, sehingga model simulasi SolidWorks dinyatakan valid untuk digunakan pada simulasi lanjutan. Dengan demikian, pengaturan *mesh*, koefisien konveksi, *bulk ambient temperature*, dan kondisi kontak antar material yang digunakan pada tahap validasi dapat dijadikan parameter acuan untuk simulasi lanjutan. Parameter tersebut diterapkan secara konsisten pada variasi konfigurasi insulasi untuk menganalisis temperatur rata-rata *inner plate* akibat paparan kebakaran eksternal secara numerik.
2. Hasil simulasi *single layer* menunjukkan bahwa peningkatan ketebalan material berpengaruh terhadap penurunan temperatur rata-rata *inner plate*. Pada variasi ketebalan 50 mm, 100 mm, dan 150 mm, konfigurasi *ceramic fiber blanket* 150 mm menghasilkan temperatur rata-rata paling rendah dibandingkan material *single layer* lainnya. Namun, *single layer* hanya mampu memenuhi target temperatur rata-rata *inner plate* $\leq 40^{\circ}\text{C}$ pada paparan kebakaran 30 menit. Pada paparan 60, 90, dan 120 menit, konfigurasi *single layer* belum mampu mempertahankan temperatur rata-rata *inner plate* tetap berada di bawah 40°C.
3. Hasil simulasi *two layer* menunjukkan bahwa kombinasi dua material memberikan performa termal lebih baik dibandingkan *single layer*. Konfigurasi terbaik pada kelompok *two layer* adalah *ceramic fiber*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

blanket 100 mm + *calcium silicate board* 50 mm. Konfigurasi tersebut menghasilkan temperatur rata-rata *inner plate* sebesar 38,702°C pada paparan 30 menit dan 39,854°C pada paparan 60 menit, sehingga memenuhi target temperatur rata-rata $\leq 40^\circ\text{C}$ pada kedua waktu tersebut. Namun, pada paparan 90 dan 120 menit, temperatur rata-rata *inner plate* sudah melebihi target 40°C, sehingga konfigurasi *two layer* belum cukup untuk durasi kebakaran yang lebih panjang.

4. Hasil simulasi *three layer* menunjukkan bahwa konfigurasi *multilayer* memiliki performa termal paling baik dibandingkan *single layer* dan *two layer*. Secara termal, konfigurasi T9 dengan susunan *rockwool* 100 mm, *ceramic fiber blanket* 75 mm, dan *calcium silicate board* 50 mm menghasilkan temperatur rata-rata *inner plate* paling rendah pada seluruh waktu kebakaran. Namun, hasil simulasi juga menunjukkan bahwa T3, T5, T6, T7, dan T8 tetap memenuhi target $T_{avg} \leq 40^\circ\text{C}$ hingga 120 menit. Oleh karena itu, pemilihan konfigurasi akhir perlu mempertimbangkan total ketebalan dan biaya material, bukan hanya temperatur terendah.
5. Berdasarkan evaluasi temperatur rata-rata *inner plate*, total ketebalan, dan biaya material per meter persegi, konfigurasi terbaik untuk paparan kebakaran 30 menit adalah *single layer rockwool* 150 mm. Konfigurasi ini menghasilkan temperatur rata-rata *inner plate* sebesar 39,174°C dengan biaya material sebesar Rp 895.833/m². Untuk paparan kebakaran 60, 90, dan 120 menit, konfigurasi terbaik adalah *three layer* T8 dengan susunan *rockwool* 100 mm, *ceramic fiber blanket* 50 mm, dan *calcium silicate board* 25 mm. Konfigurasi ini memiliki total ketebalan 175 mm, biaya material sebesar Rp 2.024.272/m², serta mampu menjaga temperatur rata-rata *inner plate* tetap di bawah 40°C hingga paparan 120 menit. T8 dipilih karena berada pada kelompok konfigurasi *three layer* yang memenuhi target hingga 120 menit, tetapi memiliki biaya material paling rendah dan total ketebalan lebih kecil dibanding T9. Dengan demikian, *three layer* T8 direkomendasikan sebagai konfigurasi lapisan insulasi terbaik untuk *enclosure* karena memenuhi target temperatur,



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memiliki biaya material yang lebih efisien dibanding beberapa konfigurasi *three layer* lainnya, dan masih rasional dari sisi ketebalan material.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian eksperimen pada temperatur yang lebih tinggi agar kondisi pengujian lebih mendekati paparan kebakaran eksternal berdasarkan kurva ISO 834.
2. Validasi eksperimen sebaiknya dilakukan pada beberapa konfigurasi lapisan insulasi, seperti *single layer*, *two layer*, dan *three layer*, agar hasil simulasi dapat dibandingkan lebih luas.
3. Analisis biaya sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan biaya material insulasi, tetapi juga menambahkan biaya proses manufaktur agar estimasi biaya lebih realistis.
4. Model *enclosure* pada penelitian selanjutnya dapat dibuat lebih mendekati bentuk aktual, sehingga pengaruh sambungan, sudut, celah, bracket, dan *thermal bridge* dapat dianalisis.
5. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan analisis mekanik atau deformasi termal karena *enclosure* berpotensi mengalami perubahan bentuk akibat ekspansi termal saat menerima paparan panas tinggi.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ortwein *et al.*, “Design and FEM modeling of a fire resistant cabinet for fusion environment,” *Fusion Eng. Des.*, vol. 192, no. May, p. 113840, 2023, doi: 10.1016/j.fusengdes.2023.113840.
- [2] F. P. Incropera, D. P. DeWitt, T. L. Bergman, and A. S. Lavine, *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*, 8th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.
- [3] I. Standard, “Iso 834-1: Fire-resistance tests, elements of building construction, Part 1: General requirements,” vol. 1999, 1999.
- [4] A. I. Filkov, M. Mohamed, S. Carracher, and J. Simkin, “Journal of Safety Science and Resilience Improving fire resistance of data monitoring equipment in wildland and wildland-urban interface fires ☆,” *J. Saf. Sci. Resil.*, vol. 7, no. 1, p. 100224, 2026, doi: 10.1016/j.jnlssr.2025.100224.
- [5] P. Nemec and M. Malcho, “applied sciences Experimental Investigations of a Passive Cooling System Based on the Gravity Loop Heat Pipe Principle for an Electrical Cabinet,” 2022.
- [6] R. C. Shell and R. D. Concawe, “Predicting vapour composition and flammability in a fuel tank,” vol. 30, no. 2, pp. 44–55, 2022.
- [7] F. Ustolin, G. E. Scarponi, T. Iannaccone, V. Cozzani, and N. Paltrinieri, “Cryogenic Hydrogen Storage Tanks Exposed to Fires: a CFD Study,” *Chem. Eng. Trans.*, vol. 90, no. March, pp. 535–540, 2022, doi: 10.3303/CET2290090.
- [8] I. Board, “11 December 2005 The final report of the Major Incident,” vol. 1, no. December, 2005.
- [9] J. Experimental *et al.*, “Experimental investigation and theoretical analysis of effects of crosswind on flame lengths and tilting behaviors of pool fires with large ullage heights Publication Status : Publisher ’ s PDF , also known as Version of record Document Licence : Experimental investigation and theoretical analysis of effects of crosswind on flame lengths and tilting behaviors of pool fires with large ullage heights,” *Fuel*, vol. 388, no. 2025, p. 134453, 2026, doi: 10.1016/j.fuel.2025.134453.
- [10] G. Emrys, I. Bradley, G. Landucci, and A. M. Birk, “Modelling Pressure Tanks under Fire Exposure: Past Experience , Current Challenges and Future Perspectives b) Liquid c) Liquid,” vol. 90, no. March, pp. 481–486, 2022, doi: 10.3303/CET2290081.
- [11] D. Syst and S. Corp, “Thermal analysis,” 2010. [Online]. Available: www.solidworks.com
- [12] E. Steau, M. Mahendran, and K. Poologanathan, “Experimental study of fire resistant board configurations under standard fire conditions,” *Fire Saf. J.*, p.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 103153, 2020, doi: 10.1016/j.firesaf.2020.103153.
- [13] A. Mohamed, "Review of the NRC Canada Studies on Fire," 2022.
 - [14] D. Paudel, A. Rinta-paavola, H. Mattila, and S. Hostikka, "Multiphysics Modelling of Stone Wool Fire," *Fire Technol.*, vol. 57, no. 3, pp. 1283–1312, 2021, doi: 10.1007/s10694-020-01050-5.
 - [15] T. H. E. P. Wall, "Steady-State Conduction— One Dimension," pp. 27–193.
 - [16] C. C. By, "Full-Scale Fire Resistance Testing and Two-Scale Simulations of Sandwich Panels with Connections Full-Scale Fire Resistance Testing and Two-Scale Simulations of Sandwich Panels," vol. 60, no. 2024, pp. 2461–2488, 2026, doi: 10.1007/s10694-023-01463-y.
 - [17] I. Thanasoulas, D. Lauridsen, B. Husted, and L. Giuliani, "Large-Scale Fire Tests on Sliding Doors for Building Applications," *Fire Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 2357–2375, 2022, doi: 10.1007/s10694-022-01255-w.
 - [18] PT Nichias Rockwool Indonesia, "Fire Rock Board Technical Data," Karawang, Indonesia. [Online]. Available: https://www.talirejeki.com/public/image/product/KATALOG_FIREROCK.pdf
 - [19] A. Csík, E. Lucchi, A. Daniela, and L. Rosa, "Thermal performance and ageing effects to model the life cycle assessment of heat-protective thermal insulation materials in pipe systems," vol. 164, no. March, 2025.
 - [20] SILTHERM Group Holdings Ltd, "Ceramic Fiber Blanket Data Sheet." Accessed: Jun. 08, 2026. [Online]. Available: https://siltherm.eu/wp-content/uploads/2026/01/Siltherm-CF-Blanket-TDS_Jan-2026-v2.pdf
 - [21] R. Prieler *et al.*, "Modelling approach to predict the fire-related heat transfer in porous gypsum based on multi-phase simulations including water vapour transport , phase change and radiative heat transfer," *Appl. Therm. Eng.*, vol. 206, no. August 2021, p. 118013, 2022, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.118013.
 - [22] Nextera Insulations LLC, "Calcium Silicate Insulation," Nextera Insulations LLC. Accessed: Jun. 08, 2026. [Online]. Available: https://nexterainsulations.com/products_list/calcium-silicate-insulation/
 - [23] D. Syst and S. Corp, "Adaptive Methods." Accessed: Jun. 24, 2026. [Online]. Available: https://help.solidworks.com/2021/english/solidworks/cworks/c_Adaptive_Methods.htm?utm
 - [24] P. Wagner, R. Fahrni, M. Klippel, A. Frangi, and B. Sudret, "Bayesian calibration and sensitivity analysis of heat transfer models for fire insulation panels," 2019.
 - [25] R. Guobys, V. Vekteris, and V. Mokshin, "INVESTIGATION OF THERMAL BEHAVIOR OF MULTILAYERED FIRE RESISTANT STRUCTURE," vol. 11, no. 9, pp. 1333–1343, 2016.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [26] K. S. Reddy and S. Jayachandran, "International Journal of Thermal Sciences Investigations on design and construction of a square guarded hot plate (SGHP) apparatus for thermal conductivity measurement of insulation materials," *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 120, pp. 136–147, 2017, doi: 10.1016/j.ijthermalsci.2017.06.001.
- [27] S. Dubois and F. Lebeau, "Design , Construction and Validation of a Guarded Hot Plate Apparatus for Thermal Conductivity Measurement of High Thickness Crop-Based Specimens".
- [28] S. K. Kandala, A. Sharma, S. Mirpour, E. Liapi, R. Ivkov, and A. Attaluri, "Validation of a coupled electromagnetic and thermal model for estimating temperatures during magnetic nanoparticle hyperthermia," *Int. J. Hyperth.*, vol. 38, no. 1, pp. 611–622, 2021, doi: 10.1080/02656736.2021.1913244.
- [29] H. Jaya, "Plat Besi ST37," Harda Jaya. Accessed: Jul. 09, 2026. [Online]. Available: <https://hardajaya.com/plat-besi-st37-surabaya/>
- [30] Graha Sumber Citra, "FORT THERMOCOUPLE K/J TYPE FT-K/J-M6/M8/M10," Graha Sumber Citra. Accessed: Jul. 10, 2026. [Online]. Available: <https://www.gsc-elektronik.co.id/Product/TEMPERATURE-CONTROL/THERMOCOUPLE/FORT-THERMOCOUPLE-KJ-TYPE-FT-KJ-M6M8M10.html>
- [31] L. Yancheng Dingming Electric Heating Technology Co., "Double U Shape Tubular Heating Element Tubular Heaters," Made-in-China. Accessed: Jul. 09, 2026. [Online]. Available: <https://electricheater7.en.made-in-china.com/product/SQkRysbJAUhj/China-Double-U-Shape-Tubular-Heating-Element-Tubular-Heaters.html>
- [32] SIMPLYBUY, "FOTEK SSR Series Solid State Relay SSR-40DA," SIMPLYBUY. Accessed: Jul. 09, 2020. [Online]. Available: <https://www.simplybuyglobal.com/product/fotek-ssr-series-solid-state-relay-ssr-40da/>
- [33] N. Feng, "Rex-C100 Temperature Controller," Zhejiang Hugong Automation Technology Co.. Ltd. Accessed: Jul. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.omchsmcs.com/rex-c100-temperature-controller/>
- [34] Gotronik, "WP9065ADAM 4T4DI4DO 4." Accessed: Jul. 09, 2026. [Online]. Available: <https://www.gotronik.pl/wp9065adam-4t4di4do-4-kanalowy-pomiar-temperatury-termopara-typ-k-rs485-modbus-rtu-p-9386.html>
- [35] DIYables.io., "DIYables USB to RS485 Converter Adapter." Accessed: Jul. 10, 2026. [Online]. Available: <https://diyables.io/products/usb-to-rs485-converter-adapter>
- [36] RF-Kit Electronics, "Power Supply Switching 12V 10A," RF-Kit Electronics. Accessed: Jul. 05, 2026. [Online]. Available: <https://rf-kit.com/kit-asesoris/power-supply/power-supply-switching-12v-10a?srsId=AfmBOormGGqgaGs35fMUvXk158vUtUzBZcO->



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

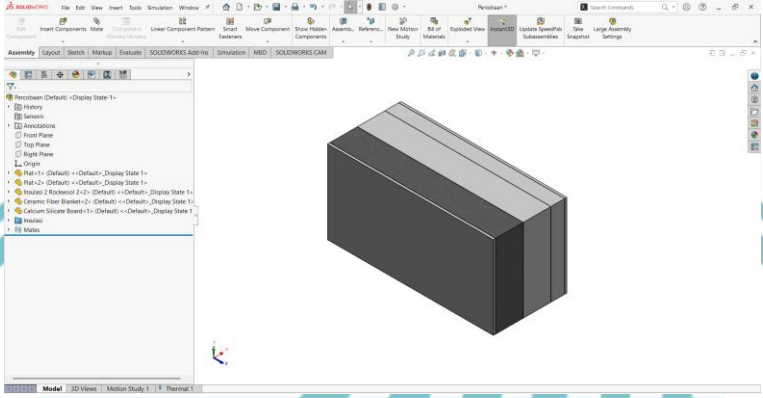
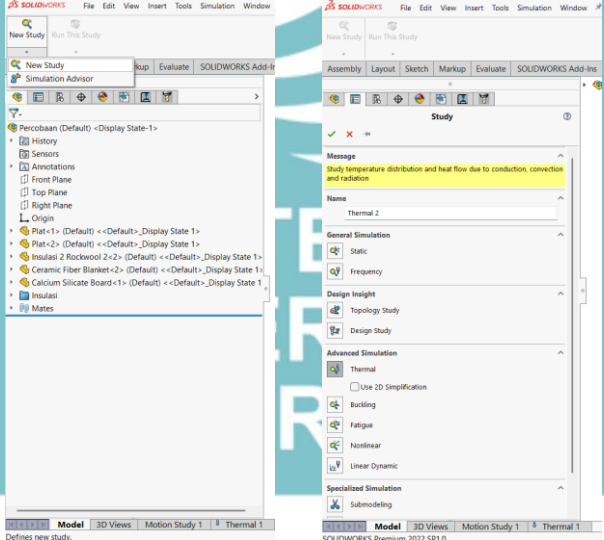
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

WTeXTsFodArBuGh2kmZz

- [37] Parto.id, “MCB 16A SCHNEIDER,” Parto.id. Accessed: Jul. 09, 2026. [Online]. Available: <https://parto.id/produk/detail/MCB16ASCHNEIDER1741795743718>
- [38] National Institute of Standards and Technology, “Full factorial designs.” Accessed: Jun. 15, 2026. [Online]. Available: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri333.htm?utm>
- [39] National Institute of Standards and Technology, “Fractional factorial designs.” Accessed: Jun. 15, 2026. [Online]. Available: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri334.htm?utm>
- [40] National Institute of Standards and Technology, “Three-level full factorial designs.” Accessed: Jun. 15, 2026. [Online]. Available: <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/pri/section3/pri334.htm?utm>
- [41] R. Constructions, “Experimental Study of the Fire Dynamics in a Semi-enclosure Formed by Photovoltaic (PV) Installations on Flat,” *Fire Technol.*, vol. 58, no. 4, pp. 2017–2054, 2022, doi: 10.1007/s10694-022-01228-z.
- [42] J. Claasen, A. Cicione, D. Streicher, and R. Walls, “Behavior of a Composite Steel Decking and Boarding System in Fire Based,” *Fire Technol.*, vol. 59, no. 5, pp. 2389–2414, 2023, doi: 10.1007/s10694-023-01443-2.
- [43] Y. Wang, Y. Chuang, and C. Lin, “The Performance of Calcium Silicate Board Partition Fireproof Drywall Assembly with Junction Box under Fire,” vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/642061.
- [44] U. Fire, C. Using, and C. Insulations, “Thermal Performance of Composite Panels Under Fire Conditions Using Numerical Studies: Plasterboards, Rockwool, Glass Fibre and Cellulose Insulations,” pp. 329–356, 2013, doi: 10.1007/s10694-012-0269-6.
- [45] O. N. T. H. E. Interpretation, V. In, C. Fluid, and H. Transfer, “On the interpretation and scope of the v&v 20 standard for verification and validation in computational fluid dynamics and heat transfer,” 2020.
- [46] U. Kannengiesser, J. S. Gero, and I. Gmbh, “Can Pahl and Beitz ’ systematic approach be a predictive model of designing ?,” pp. 1–20, 2018, doi: 10.1017/dsj.2017.24.

LAMPIRAN

1. Langkah-langkah simulasi termal solidworks

Langkah	Penjelasan Langkah
Langkah 1	Membuka assembly desain spesimen pengujian  Model 3D dibuka terlebih dahulu untuk memastikan susunan komponen sudah benar. Komponen yang digunakan pada simulasi harus sesuai dengan susunan spesimen pengujian.
Langkah 2	Masuk ke menu Simulation dan pilih New Study lalu pilih Thermal Simulation  Pilih New study, lalu pilih menu Thermal simulation pada Advance Simulation, lalu klik centang hijau.

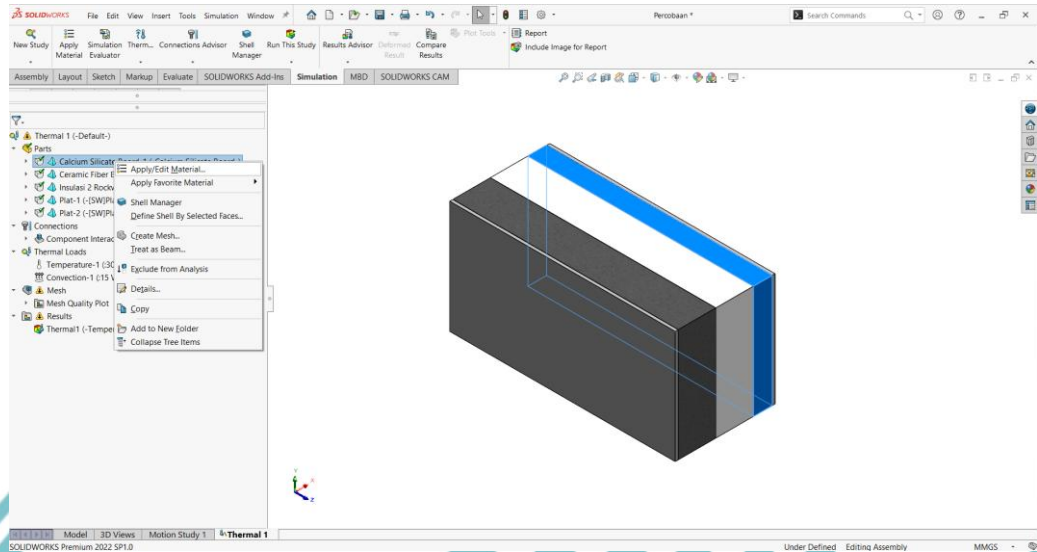
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Langkah

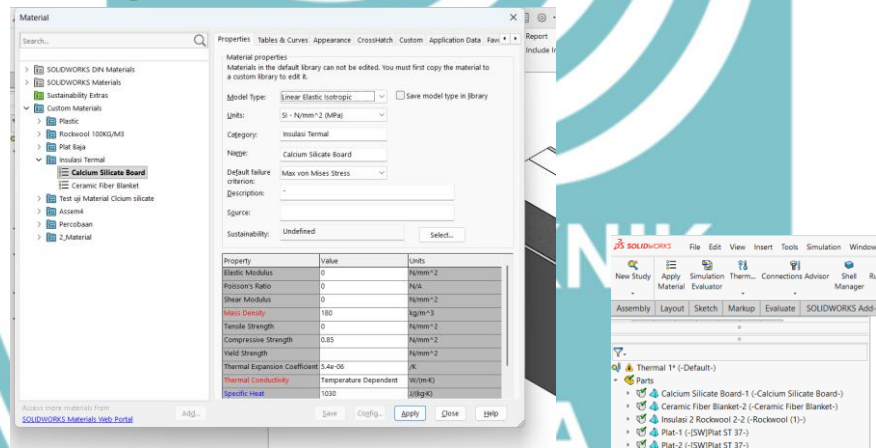
Penjelasan Langkah

Masuk ke fitur *Apply Material*



Setelah masuk ke *Thermal Simulation*, material perlu diterapkan pada setiap komponen agar program dapat menggunakan properti termal yang benar.

Memilih material pada database



Material dipilih sesuai material komponen yang digunakan dalam pengujian. Setelah material dipilih, tekan *Apply* agar material masuk ke model. Setelah semua komponen di tetapkan materialnya maka setiap komponen akan tercentang hijau seperti gambar.

Langkah 4

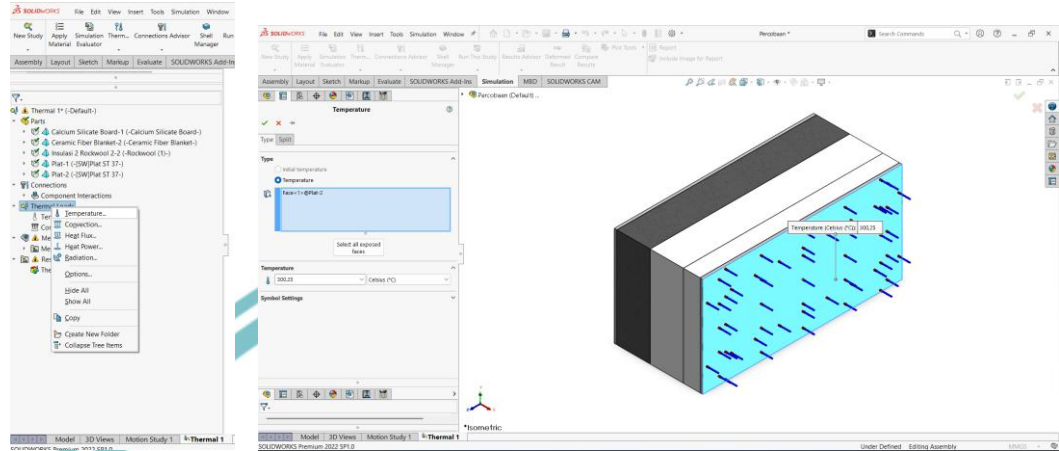
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Langkah

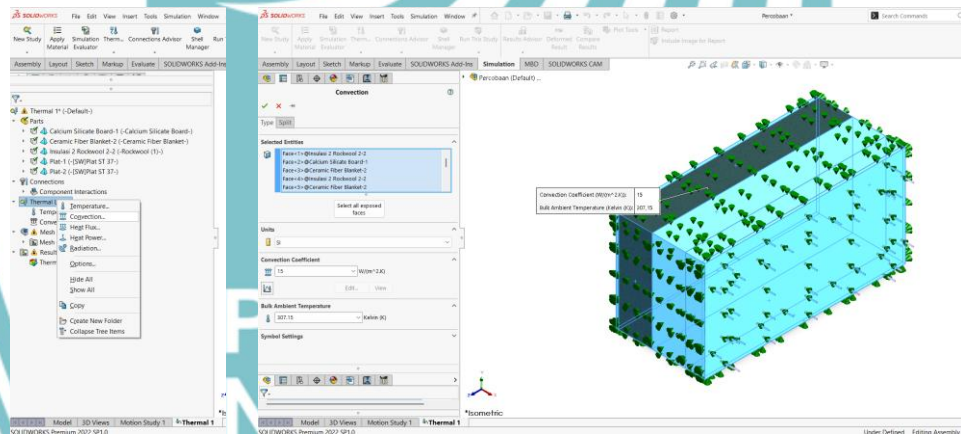
Penjelasan Langkah

Memilih fitur Temperature



Pilih *Thermal loads* lalu pilih *Fitur Temperature*. Fitur ini digunakan untuk memberikan kondisi temperatur pada permukaan yang menerima panas. Permukaan dipilih sesuai posisi *hot plate* pada pengujian, lalu masukkan nilai temperatur sesuai target simulasi.

Memilih fitur Convection

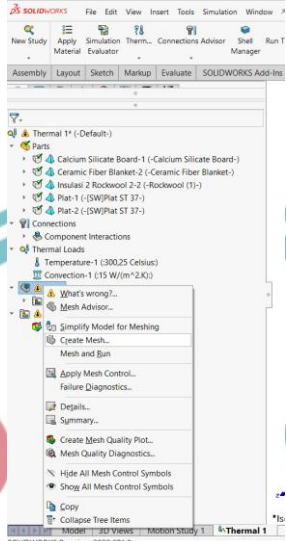
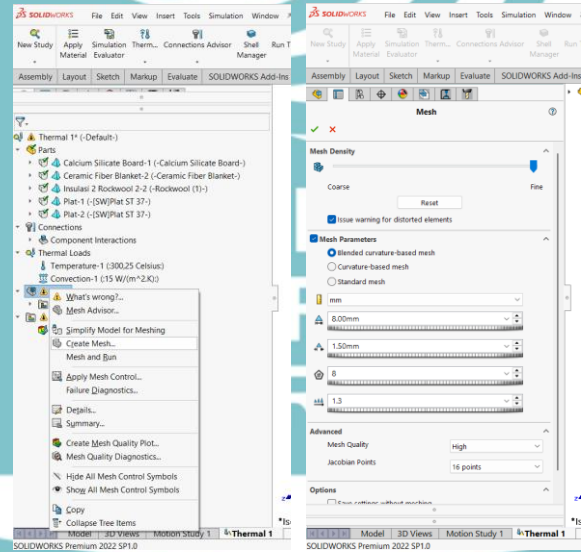


Pilih fitur *Convection* lalu pilih *Select all exposed faces* agar seluruh permukaan terbuka menerima kondisi konveksi. Nilai koefisien konveksi dan *bulk ambient temperature* dimasukkan sesuai parameter pengujian.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Langkah	Penjelasan Langkah
Langkah 7	Mengatur <i>exposed faces</i> dan <i>bulk ambient temperature</i>  Opsi <i>Select all exposed faces</i> dipilih agar seluruh permukaan terbuka menerima kondisi konveksi. Nilai koefisien konveksi dan <i>bulk ambient temperature</i> dimasukkan sesuai parameter pengujian.
Langkah 8	Membuat <i>mesh</i>  Pilih <i>Create Mesh</i> lalu centang bagian <i>Mesh Parameters</i>. Atur ukuran <i>Mesh</i> yang sesuai dengan kebutuhan simulasi. Ukuran <i>mesh</i> akan mempengaruhi hasil dari simulasi.

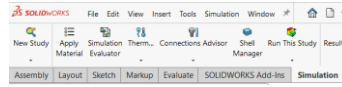
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

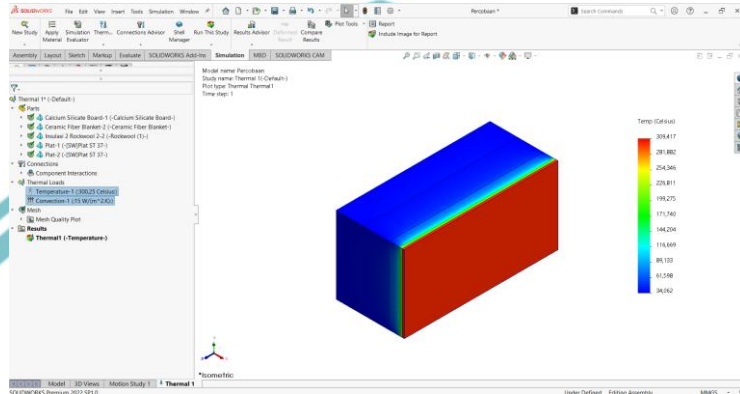
Langkah

Penjelasan Langkah

Menjalankan Run Study

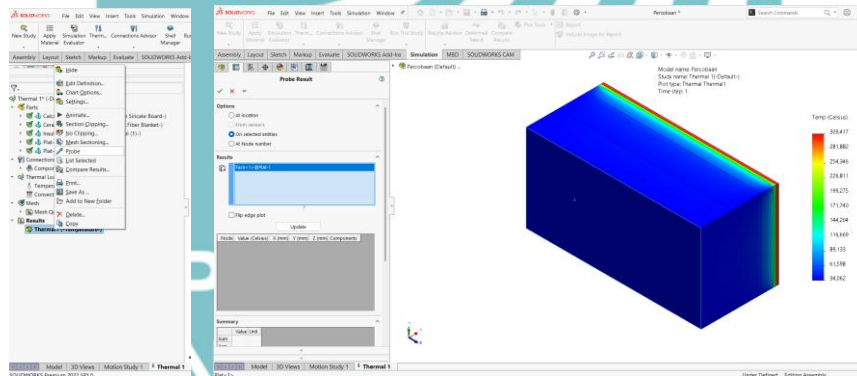


Setelah *mesh* dibuat pilih menu run this study untuk memulai simulasi.

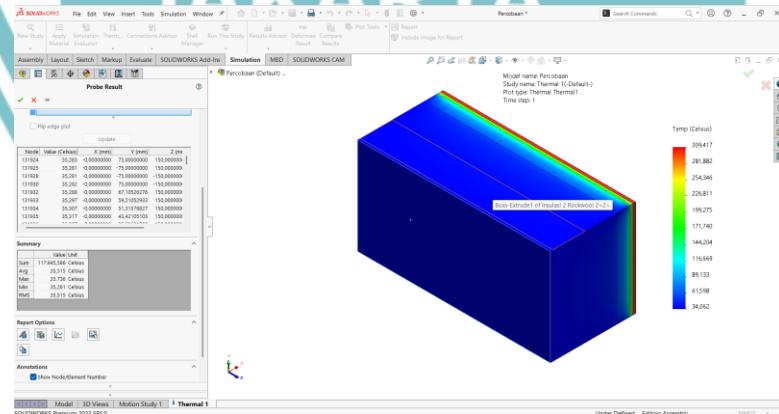


Setelah simulasi selesai maka tampilan hasil simulasi seperti pada gambar di atas.

Menggunakan fitur *Probe* untuk membaca suhu rata-rata *cold plate*



Pilih fitur *Probe* lalu pilih menu *On selected entities*. Permukaan *cold plate* dipilih, lalu pilih *Update*.



Setelah itu *SolidWorks* akan menampilkan suhu rata-rata, suhu minimum, dan suhu maksimum permukaan *cold plate* yang sudah di pilih tadi.

2. Kalibrasi alat uji konduktivitas termal

Langkah	Dokumentasi gambar dan penjelasan
Langkah 1	Memanaskan air sebagai media kalibrasi  Air dipanaskan menggunakan teko elektrik. Media air digunakan agar termokopel dan termometer pembanding berada pada kondisi temperatur yang sama.
Langkah 2	Menempatkan termokopel dan termometer pembanding  Termokopel dan termometer dimasukkan ke media air. Ujung sensor harus berada pada area yang berdekatan agar perbandingan suhu lebih representatif.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

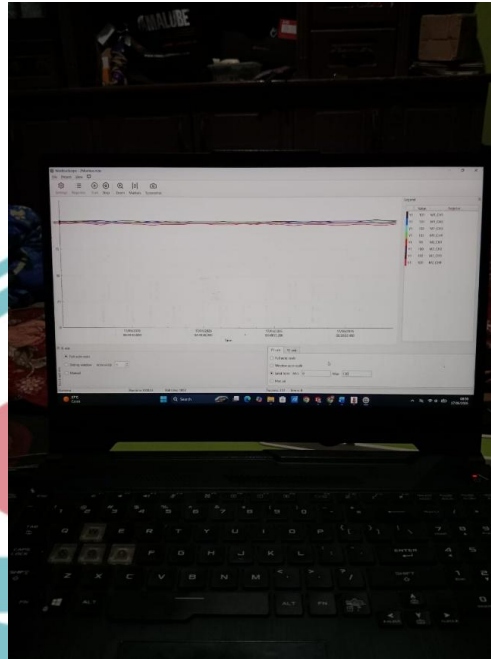
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Langkah 3

Langkah 4

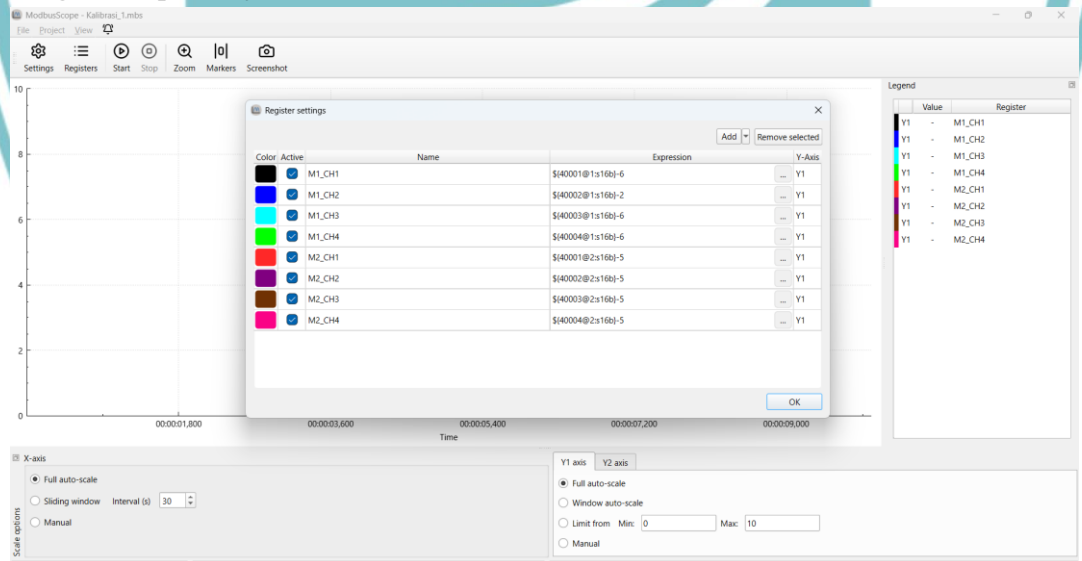
Dokumentasi gambar dan penjelasan

Membaca dan membandingkan suhu



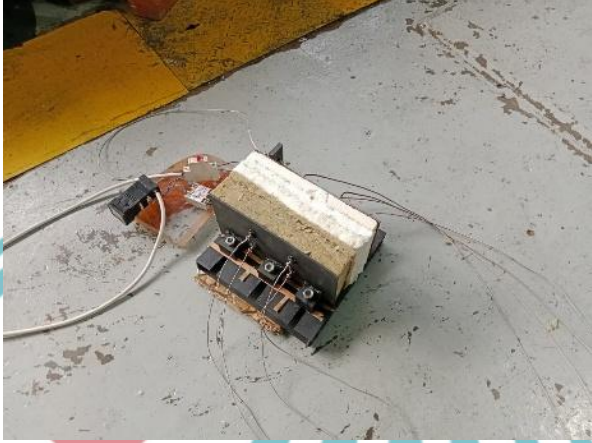
Suhu pada termometer pembanding dan suhu pada ModbusScope dicatat pada waktu yang sama. Selisih keduanya digunakan sebagai nilai koreksi.

Pengaturan pada software modbus



Nilai koreksi tersebut dimasukkan ke dalam menu register pada ModbusScope sehingga hasil pengukuran suhu pada termokopel sama dengan termometer.

3. Setup pengujian eksperimen

Langkah	Dokumentasi gambar dan penjelasan
Langkah 1	Menyiapkan rangkaian komponen pengujian  Komponen pengujian disiapkan pada area kerja. Pengecekan awal dilakukan untuk memastikan catu daya, modul, dan kabel sensor berada dalam kondisi siap digunakan.
Langkah 2	Menempatkan sensor dan kabel pengukuran  Kabel termokopel dan perlengkapan pengukuran disusun agar tidak tertarik atau terlepas selama pengujian. Posisi sensor perlu dipertahankan sampai pengujian selesai.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Langkah

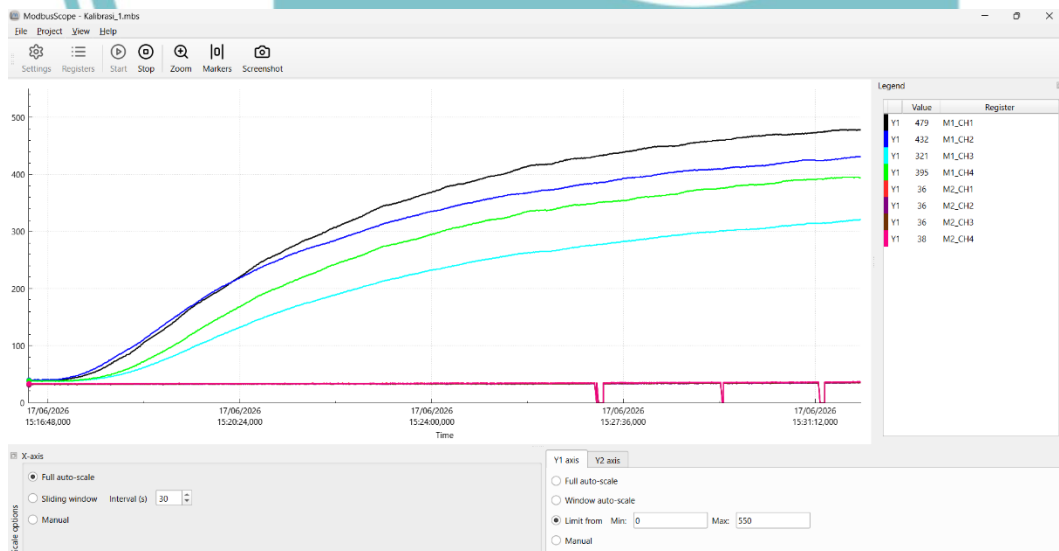
Dokumentasi gambar dan penjelasan

Memantau data menggunakan laptop



Laptop digunakan untuk menampilkan grafik dan merekam data suhu. Tampilan data perlu dicek sebelum pengujian utama dimulai agar tidak terjadi kehilangan data.

4. Hasil Pengujian Eksperimen pada *software* ModbusScope



Tampilan *software* ModbusScope saat merekam data pengujian

5. Data hasil pengujian simulasi *Single layer*

Data simulasi *single layer* pada paparan 30 menit

Kode	Material	Ketebalan	Node	Tmin	Tmax	Tavg	Status Tavg
S1	Rockwool	50 mm	3321	89,109	101,259	96,067	Tidak memenuhi
S2	Rockwool	100 mm	3321	48,306	52,959	50,748	Tidak memenuhi
S3	Rockwool	150 mm	3321	38,348	39,979	39,174	Memenuhi
S4	Ceramic	50 mm	3321	87,522	99,042	94,086	Tidak memenuhi
S5	Ceramic	100 mm	3321	47,751	52,078	50,006	Tidak memenuhi
S6	Ceramic	150 mm	3321	38,121	39,613	38,871	Memenuhi
S7	Calcium	50 mm	3321	92,644	105,678	100,149	Tidak memenuhi
S8	Calcium	100 mm	3321	49,434	54,530	52,124	Tidak memenuhi
S9	Calcium	150 mm	3321	38,747	40,560	39,671	Memenuhi

Data simulasi *single layer* pada paparan 60 menit

Kode	Material	Ketebalan	Node	Tmin	Tmax	Tavg	Status Tavg
S1	Rockwool	50 mm	3321	102,779	117,914	111,456	Tidak memenuhi
S2	Rockwool	100 mm	3321	51,877	57,687	54,927	Tidak memenuhi
S3	Rockwool	150 mm	3321	39,435	41,473	40,468	Tidak memenuhi
S4	Ceramic	50 mm	3321	100,334	114,608	108,478	Tidak memenuhi
S5	Ceramic	100 mm	3321	51,086	56,460	53,888	Tidak memenuhi
S6	Ceramic	150 mm	3321	39,124	40,978	40,057	Tidak memenuhi
S7	Calcium	50 mm	3321	105,068	120,839	114,156	Tidak memenuhi
S8	Calcium	100 mm	3321	52,730	58,911	55,993	Tidak memenuhi
S9	Calcium	150 mm	3321	39,764	41,964	40,885	Tidak memenuhi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data simulasi *single layer* pada paparan 90 menit

Kode	Material	Ketebalan	Node	Tmin	Tmax	Tavg	Status Tavg
S1	Rockwool	50 mm	3321	111,515	128,548	121,286	Tidak memenuhi
S2	Rockwool	100 mm	3321	54,163	60,714	57,603	Tidak memenuhi
S3	Rockwool	150 mm	3321	40,131	42,430	41,297	Tidak memenuhi
S4	Ceramic	50 mm	3321	108,160	124,113	117,270	Tidak memenuhi
S5	Ceramic	100 mm	3321	53,133	59,148	56,270	Tidak memenuhi
S6	Ceramic	150 mm	3321	39,741	41,818	40,786	Tidak memenuhi
S7	Calcium	50 mm	3321	112,829	130,307	122,905	Tidak memenuhi
S8	Calcium	100 mm	3321	54,793	61,652	58,416	Tidak memenuhi
S9	Calcium	150 mm	3321	40,400	42,843	41,645	Tidak memenuhi

Data simulasi *single layer* pada paparan 120 menit

Kode	Material	Ketebalan	Node	Tmin	Tmax	Tavg	Status Tavg
S1	Rockwool	50 mm	3321	118,044	136,495	128,633	Tidak memenuhi
S2	Rockwool	100 mm	3321	55,874	62,979	59,606	Tidak memenuhi
S3	Rockwool	150 mm	3321	40,653	43,147	41,917	Tidak memenuhi
S4	Ceramic	50 mm	3321	113,861	131,039	123,675	Tidak memenuhi
S5	Ceramic	100 mm	3321	54,628	61,113	58,011	Tidak memenuhi
S6	Ceramic	150 mm	3321	40,192	42,431	41,318	Tidak memenuhi
S7	Calcium	50 mm	3321	118,552	137,285	129,356	Tidak memenuhi
S8	Calcium	100 mm	3321	56,318	63,678	60,205	Tidak memenuhi
S9	Calcium	150 mm	3321	40,871	43,492	42,207	Tidak memenuhi



6. Data hasil pengujian simulasi *Two layer*

Data simulasi *two layer* pada paparan 30 menit

Kode	Konfigurasi	Ketebalan	Total (mm)	Jumlah Node	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tavg (°C)
D1	Rockwool + Ceramic	Rockwool 50 + Ceramic 25 mm	75	3321	60,787	68,344	64,890
D2	Rockwool + Ceramic	Rockwool 75 + Ceramic 50 mm	125	3321	41,828	44,601	43,254
D3	Rockwool + Ceramic	Rockwool 100 + Ceramic 50 mm	150	3321	38,347	39,976	39,172
D4	Rockwool + Calcium	Rockwool 50 + Calcium 25 mm	75	3321	60,552	68,062	64,627
D5	Rockwool + Calcium	Rockwool 75 + Calcium 50 mm	125	3321	41,582	44,287	42,970
D6	Rockwool + Calcium	Rockwool 100 + Calcium 50 mm	150	3321	38,209	39,795	39,012
D7	Ceramic + Calcium	Ceramic 50 + Calcium 25 mm	75	3321	59,828	66,924	63,652
D8	Ceramic + Calcium	Ceramic 75 + Calcium 50 mm	125	3321	41,211	43,705	42,480
D9	Ceramic + Calcium	Ceramic 100 + Calcium 50 mm	150	3321	37,975	39,423	38,702

Data simulasi *two layer* pada paparan 60 menit

Kode	Konfigurasi	Ketebalan	Total (mm)	Jumlah Node	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tavg (°C)
D1	Rockwool + Ceramic	Rockwool 50 + Ceramic 25 mm	75	3321	67,013	76,320	72,069
D2	Rockwool + Ceramic	Rockwool 75 + Ceramic 50 mm	125	3321	43,644	47,059	45,401
D3	Rockwool + Ceramic	Rockwool 100 + Ceramic 50 mm	150	3321	39,355	41,361	40,372
D4	Rockwool + Calcium	Rockwool 50 + Calcium 25 mm	75	3321	66,716	75,969	71,738
D5	Rockwool + Calcium	Rockwool 75 + Calcium 50 mm	125	3321	43,337	46,668	45,047
D6	Rockwool + Calcium	Rockwool 100 + Calcium 50 mm	150	3321	39,186	41,138	40,174
D7	Ceramic + Calcium	Ceramic 50 + Calcium 25 mm	75	3321	66,074	74,887	70,827
D8	Ceramic + Calcium	Ceramic 75 + Calcium 50 mm	125	3321	42,972	46,073	44,551
D9	Ceramic + Calcium	Ceramic 100 + Calcium 50 mm	150	3321	38,949	40,750	39,854

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data simulasi *two layer* pada paparan 90 menit

Kode	Konfigurasi	Ketebalan	Total (mm)	Jumlah Node	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tavg (°C)
D1	Rockwool + Ceramic	Rockwool 50 + Ceramic 25 mm	75	3321	70,839	81,223	76,481
D2	Rockwool + Ceramic	Rockwool 75 + Ceramic 50 mm	125	3321	44,754	48,559	46,711
D3	Rockwool + Ceramic	Rockwool 100 + Ceramic 50 mm	150	3321	39,971	42,208	41,105
D4	Rockwool + Calcium	Rockwool 50 + Calcium 25 mm	75	3321	70,625	80,985	76,249
D5	Rockwool + Calcium	Rockwool 75 + Calcium 50 mm	125	3321	44,445	48,169	46,357
D6	Rockwool + Calcium	Rockwool 100 + Calcium 50 mm	150	3321	39,802	41,986	40,908
D7	Ceramic + Calcium	Ceramic 50 + Calcium 25 mm	75	3321	70,023	79,920	75,364
D8	Ceramic + Calcium	Ceramic 75 + Calcium 50 mm	125	3321	44,090	47,575	45,865
D9	Ceramic + Calcium	Ceramic 100 + Calcium 50 mm	150	3321	39,567	41,592	40,584

Data simulasi *two layer* pada paparan 120 menit

Kode	Konfigurasi	Ketebalan	Total (mm)	Jumlah Node	Tmin (°C)	Tmax (°C)	Tavg (°C)
D1	Rockwool + Ceramic	Rockwool 50 + Ceramic 25 mm	75	3321	73,638	84,810	79,709
D2	Rockwool + Ceramic	Rockwool 75 + Ceramic 50 mm	125	3321	45,563	49,654	47,668
D3	Rockwool + Ceramic	Rockwool 100 + Ceramic 50 mm	150	3321	40,420	42,826	41,640
D4	Rockwool + Calcium	Rockwool 50 + Calcium 25 mm	75	3321	73,537	84,720	79,609
D5	Rockwool + Calcium	Rockwool 75 + Calcium 50 mm	125	3321	45,268	49,285	47,331
D6	Rockwool + Calcium	Rockwool 100 + Calcium 50 mm	150	3321	40,260	42,616	41,453
D7	Ceramic + Calcium	Ceramic 50 + Calcium 25 mm	75	3321	72,957	83,661	78,735
D8	Ceramic + Calcium	Ceramic 75 + Calcium 50 mm	125	3321	44,922	48,693	46,843
D9	Ceramic + Calcium	Ceramic 100 + Calcium 50 mm	150	3321	40,027	42,220	41,129



7. Data hasil pengujian simulasi *Three layer*

Data simulasi *three layer* pada paparan 30 menit

Kode	Rockwool mm	Ceramic mm	Calcium Silicate mm	Total mm	Node	Tmin °C	Tmax °C	Tavg °C	Status
T1	50	25	25	100	3321	48,161	52,757	50,575	Tidak memenuhi
T2	50	50	50	150	3321	38,390	40,015	39,217	Memenuhi
T3	50	75	75	200	3321	35,404	35,962	35,683	Memenuhi
T4	75	25	50	150	3321	38,264	39,861	39,074	Memenuhi
T5	75	50	75	200	3321	35,375	35,920	35,647	Memenuhi
T6	75	75	25	175	3321	36,513	37,480	37,000	Memenuhi
T7	100	25	75	200	3321	35,324	35,852	35,588	Memenuhi
T8	100	50	25	175	3321	36,441	37,388	36,917	Memenuhi
T9	100	75	50	225	3321	34,806	35,132	34,968	Memenuhi

Data simulasi *three layer* pada paparan 60 menit

Kode	RW mm	C mm	CS mm	Total mm	Node	Tmin °C	Tmax °C	Tavg °C	Status
T1	50	25	25	100	3321	51,462	57,132	54,441	Tidak memenuhi
T2	50	50	50	150	3321	39,378	41,368	40,390	Tidak memenuhi
T3	50	75	75	200	3321	35,729	36,415	36,072	Memenuhi
T4	75	25	50	150	3321	39,248	41,216	40,246	Tidak memenuhi
T5	75	50	75	200	3321	35,683	36,350	36,017	Memenuhi
T6	75	75	25	175	3321	37,079	38,265	37,676	Memenuhi
T7	100	25	75	200	3321	35,622	36,268	35,945	Memenuhi
T8	100	50	25	175	3321	37,007	38,175	37,594	Memenuhi
T9	100	75	50	225	3321	34,986	35,383	35,183	Memenuhi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta:

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Data simulasi *three layer* pada paparan 90 menit

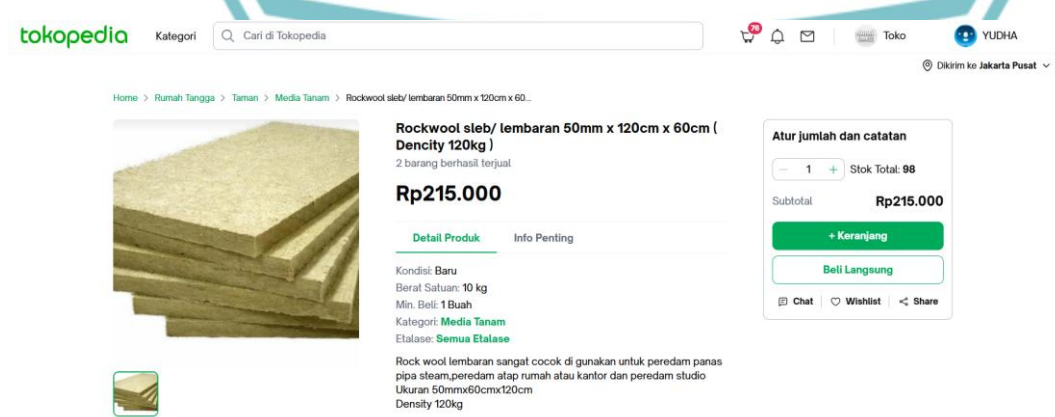
Kode	RW mm	C mm	CS mm	Total mm	Node	Tmin °C	Tmax °C	Tavg °C	Status
T1	50	25	25	100	3321	53,544	59,890	56,879	Tidak memenuhi
T2	50	50	50	150	3321	40,001	42,224	41,131	Tidak memenuhi
T3	50	75	75	200	3321	35,934	36,700	36,317	Memenuhi
T4	75	25	50	150	3321	39,871	42,074	40,988	Tidak memenuhi
T5	75	50	75	200	3321	35,876	36,620	36,248	Memenuhi
T6	75	75	25	175	3321	37,437	38,761	38,103	Memenuhi
T7	100	25	75	200	3321	35,811	36,533	36,171	Memenuhi
T8	100	50	25	175	3321	37,366	38,673	38,023	Memenuhi
T9	100	75	50	225	3321	35,098	35,540	35,318	Memenuhi

Data simulasi *three layer* pada paparan 120 menit

Kode	RW mm	C mm	CS mm	Total mm	Node	Tmin °C	Tmax °C	Tavg °C	Status
T1	50	25	25	100	3321	55,087	61,932	58,684	Tidak memenuhi
T2	50	50	50	150	3321	40,464	42,860	41,682	Tidak memenuhi
T3	50	75	75	200	3321	36,085	36,910	36,498	Memenuhi
T4	75	25	50	150	3321	40,334	42,711	41,539	Tidak memenuhi
T5	75	50	75	200	3321	36,020	36,820	36,420	Memenuhi
T6	75	75	25	175	3321	37,702	39,129	38,420	Memenuhi
T7	100	25	75	200	3321	35,951	36,730	36,340	Memenuhi
T8	100	50	25	175	3321	37,631	39,042	38,340	Memenuhi
T9	100	75	50	225	3321	35,181	35,657	35,418	Memenuhi

8. Harga Material Insulasi

Rockwool





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Ceramic fiber blanket

tokopedia Kategori

Home > Rumah Tangga > Dekorasi > Wall Sticker > Ceramic Fiber Blanket 1260°C Density 128 kg...



Ceramic Fiber Blanket 1260°C Density 128 kg/m³
Tebal 2,5 cm 100×60 cm Isolasi Panas Optimal untuk Tungku Furnace & Oven Industri
4 barang berhasil terjual

Rp215.000

Detail Produk Info Penting

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 3 kg
Min. Beli: 1 Buah
Kategori: **Wall Sticker**
Etalase: **Semua Etalase**

CERAMIC FIBER BLANKET TAHAN PANAS 1260°C
Ceramic Fiber Blanket adalah bahan isolasi panas suhu tinggi yang digunakan pada tungku, furnace, oven, dan aplikasi refraktori lainnya. Material ini ringan, fleksibel, dan memiliki daya isolasi panas yang sangat baik.

• Spesifikasi Produk:
Tahan suhu hingga 1260°C
Density: 128 kg/m³
Tebal: 2.5 cm

Atur jumlah dan catatan
1 Stok Total: 246
Subtotal **Rp215.000**
+ Keranjang
Beli Langsung
Chat Wishlist Share

Calcium silicate board

tokopedia Kategori

Home > Pertukangan > Hand Tools > Blow Torch > calcium silicate board density 180 panjang 61...



calcium silicate board density 180 panjang 61 cm - 25 mm x 30 cm
1 barang berhasil terjual

Rp130.000

Pilih ukuran: 25 Mm X 30 Cm
25 mm x 30 cm 25 mm x 15 cm 50 mm x 30 mm
50 mm x 15 cm

Detail Produk

Kondisi: Baru
Berat Satuan: 9,2 kg
Min. Beli: 1 Buah
Kategori: **Blow Torch**
Etalase: **Insulating**

Calcium silicate board dibuat dari bahan pasir silika, semen portland, selulosa, air, dengan atau tanpa bahan tambahan bila diperlukan.

Atur jumlah dan catatan
25 mm x 30 cm
1 Stok: 99
Subtotal **Rp130.000**
+ Keranjang
Beli Langsung
Chat Wishlist Share

9. Perhitungan *Cost* material

Persamaan yang digunakan:

$$C_t = \frac{C_p}{A_p} \times \frac{t}{t_p}$$

Keterangan:

C_t = harga material per satuan luas pada ketebalan tertentu (Rp/m^2)

C_p = harga produk acuan (Rp)

A_p = luas produk acuan (m^2)

t = ketebalan material yang digunakan pada simulasi (mm)

t_p = ketebalan produk acuan (mm)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

A. Perhitungan harga *Rockwool*

Data acuan *rockwool*:

$$C_p = Rp\ 215.000$$

$$A_p = 1,20 \times 0,60 = 0,72\ m^2$$

$$t_p = 50\ mm$$

1. *Rockwool* 50 mm

$$C_{50} = \frac{215.000}{0,72} \times \frac{50}{50}$$

$$C_{50} = 298.611,11 \times 1$$

$$C_{50} = Rp298.611/m^2$$

2. *Rockwool* 75 mm

$$C_{75} = \frac{215.000}{0,72} \times \frac{75}{50}$$

$$C_{75} = 298.611,11 \times 1,5$$

$$C_{75} = Rp447.917/m^2$$

3. *Rockwool* 100 mm

$$C_{100} = \frac{215.000}{0,72} \times \frac{100}{50}$$

$$C_{100} = 298.611,11 \times 2$$

$$C_{100} = Rp597.222/m^2$$

4. *Rockwool* 150 mm

$$C_{150} = \frac{215.000}{0,72} \times \frac{150}{50}$$

$$C_{150} = 298.611,11 \times 3$$

$$C_{150} = Rp895.833/m^2$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

B. Perhitungan harga *Ceramic fiber blanket*

Data acuan *ceramic fiber blanket*:

$$C_p = \text{Rp}215.000$$

$$A_p = 0,60 \times 0,1 = 0,6 \text{ m}^2$$

$$t_p = 25 \text{ mm}$$

1. *Ceramic fiber blanket* 25 mm

$$C_{25} = \frac{215.000}{0,6} \times \frac{25}{25}$$

$$C_{25} = 358.333,33 \times 1$$

$$C_{25} = \text{Rp}393.519/\text{m}^2$$

2. *Ceramic fiber blanket* 50 mm

$$C_{50} = \frac{215.000}{0,6} \times \frac{50}{25}$$

$$C_{50} = 358.333,33 \times 2$$

$$C_{50} = \text{Rp}716.667/\text{m}^2$$

3. *Ceramic fiber blanket* 75 mm

$$C_{75} = \frac{215.000}{0,6} \times \frac{75}{25}$$

$$C_{75} = 358.333,33 \times 3$$

$$C_{75} = \text{Rp}1.075.000/\text{m}^2$$

4. *Ceramic fiber blanket* 100 mm

$$C_{100} = \frac{215.000}{0,6} \times \frac{100}{25}$$

$$C_{100} = 358.333,33 \times 4$$

$$C_{100} = \text{Rp}1.433.333/\text{m}^2$$

5. *Ceramic fiber blanket* 150 mm

$$C_{150} = \frac{215.000}{0,6} \times \frac{150}{25}$$

$$C_{150} = 358.333,33 \times 6$$

$$C_{150} = \text{Rp}2.150.000/\text{m}^2$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

C. Perhitungan harga *Calcium silicate board*

Data acuan *calcium silicate board*:

$$C_p = \text{Rp}130.000$$

$$A_p = 0,30 \times 0,61 = 0,183 \text{ m}^2$$

$$t_p = 25 \text{ mm}$$

1. *Calcium silicate board* 25 mm

$$C_{25} = \frac{130.000}{0,183} \times \frac{25}{25}$$

$$C_{25} = 710.382,51 \times 1$$

$$C_{25} = \text{Rp}710.383/\text{m}^2$$

2. *Calcium silicate board* 50 mm

$$C_{50} = \frac{130.000}{0,183} \times \frac{50}{25}$$

$$C_{50} = 710.382,51 \times 2$$

$$C_{50} = \text{Rp}1.420.765/\text{m}^2$$

3. *Calcium silicate board* 75 mm

$$C_{75} = \frac{130.000}{0,183} \times \frac{75}{25}$$

$$C_{75} = 710.382,51 \times 3$$

$$C_{75} = \text{Rp}2.131.148/\text{m}^2$$

4. *Calcium silicate board* 100 mm

$$C_{100} = \frac{130.000}{0,183} \times \frac{100}{25}$$

$$C_{100} = 710.382,51 \times 4$$

$$C_{100} = \text{Rp}2.841.530/\text{m}^2$$

5. *Calcium silicate board* 150 mm

$$C_{150} = \frac{130.000}{0,183} \times \frac{150}{25}$$

$$C_{150} = 710.382,51 \times 6$$

$$C_{150} = \text{Rp}4.262.295/\text{m}^2$$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

10. Lampiran Cost dari konfigurasi yang memenuhi target

Waktu	Jenis	Susunan	Total tebal	Tavg	Tmax	Biaya material	Tmax $\leq 40^{\circ}\text{C}$
30	Single Layer	Rockwool 150 mm	150	39,174°C	39,979°C	Rp895.833/m ²	Ya
30	Two Layer	Rockwool 100 + Ceramic 50 mm	150	39,172°C	39,976°C	Rp1.313.889/m ²	Ya
30	Two Layer	Rockwool 100 + Calcium 50 mm	150	39,012°C	39,795°C	Rp2.017.987/m ²	Ya
30	Three Layer	T8 (R100 - C50 - CS25)	175	36,917°C	37,388°C	Rp2.024.272/m ²	Ya
30	Single Layer	Ceramic Fiber Blanket 150 mm	150	38,871°C	39,613°C	Rp2.150.000/m ²	Ya
30	Three Layer	T4 (R75 - C25 - CS50)	150	39,074°C	39,861°C	Rp2.227.015/m ²	Ya
30	Three Layer	T6 (R75 - C75 - CS25)	175	37,000°C	37,480°C	Rp2.233.300/m ²	Ya
30	Three Layer	T2 (R50 - C50 - CS50)	150	39,217°C	40,015°C	Rp2.436.043/m ²	Tidak
30	Two Layer	Ceramic 100 + Calcium 50 mm	150	38,702°C	39,423°C	Rp2.854.098/m ²	Ya
30	Three Layer	T7 (R100 - C25 - CS75)	200	35,588°C	35,852°C	Rp3.086.703/m ²	Ya
30	Three Layer	T9 (R100 - C75 - CS50)	225	34,968°C	35,132°C	Rp3.092.987/m ²	Ya
30	Three Layer	T5 (R75 - C50 - CS75)	200	35,647°C	35,920°C	Rp3.295.732/m ²	Ya
30	Three Layer	T3 (R50 - C75 - CS75)	200	35,683°C	35,962°C	Rp3.504.759/m ²	Ya
30	Single Layer	Calcium Silicate Board 150 mm	150	39,671°C	40,560°C	Rp4.262.295/m ²	Tidak
60	Three Layer	T8 (R100 - C50 - CS25)	175	37,594°C	38,175°C	Rp2.024.272/m ²	Ya
60	Three Layer	T6 (R75 - C75 - CS25)	175	37,676°C	38,265°C	Rp2.233.300/m ²	Ya



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

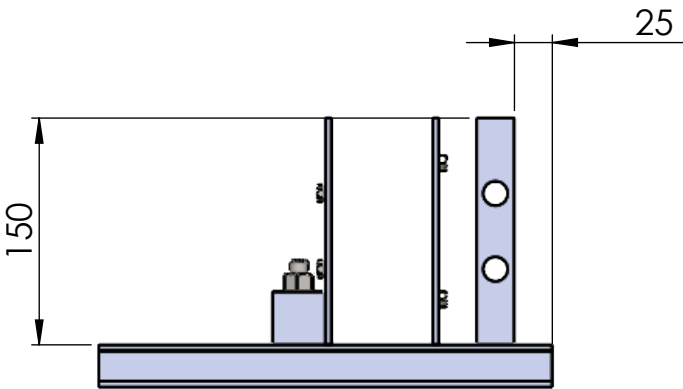
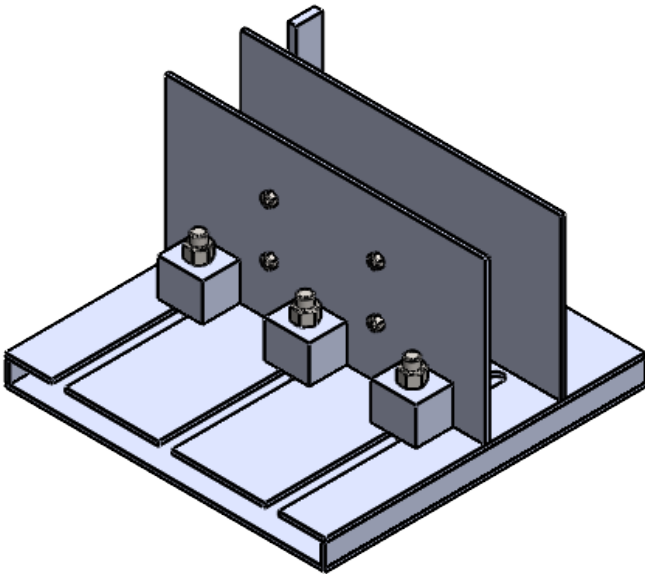
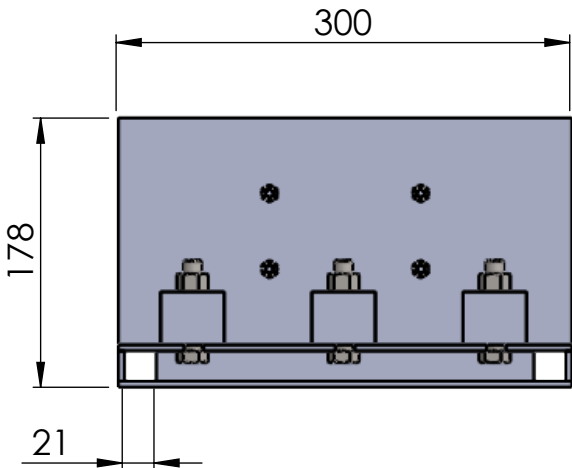
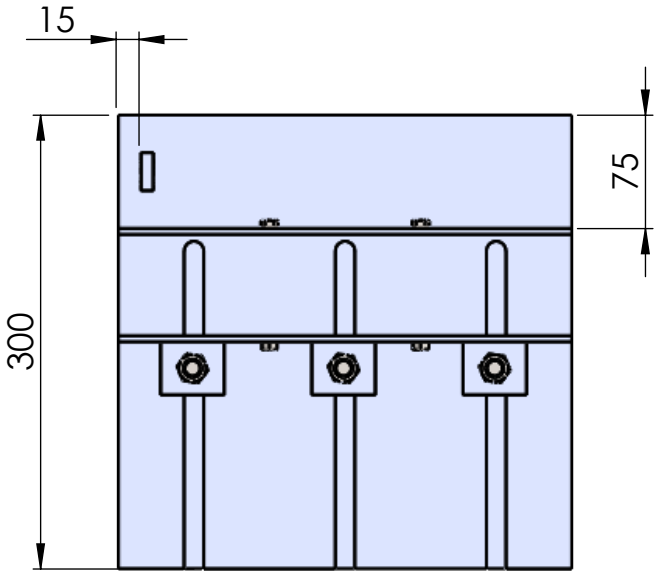
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

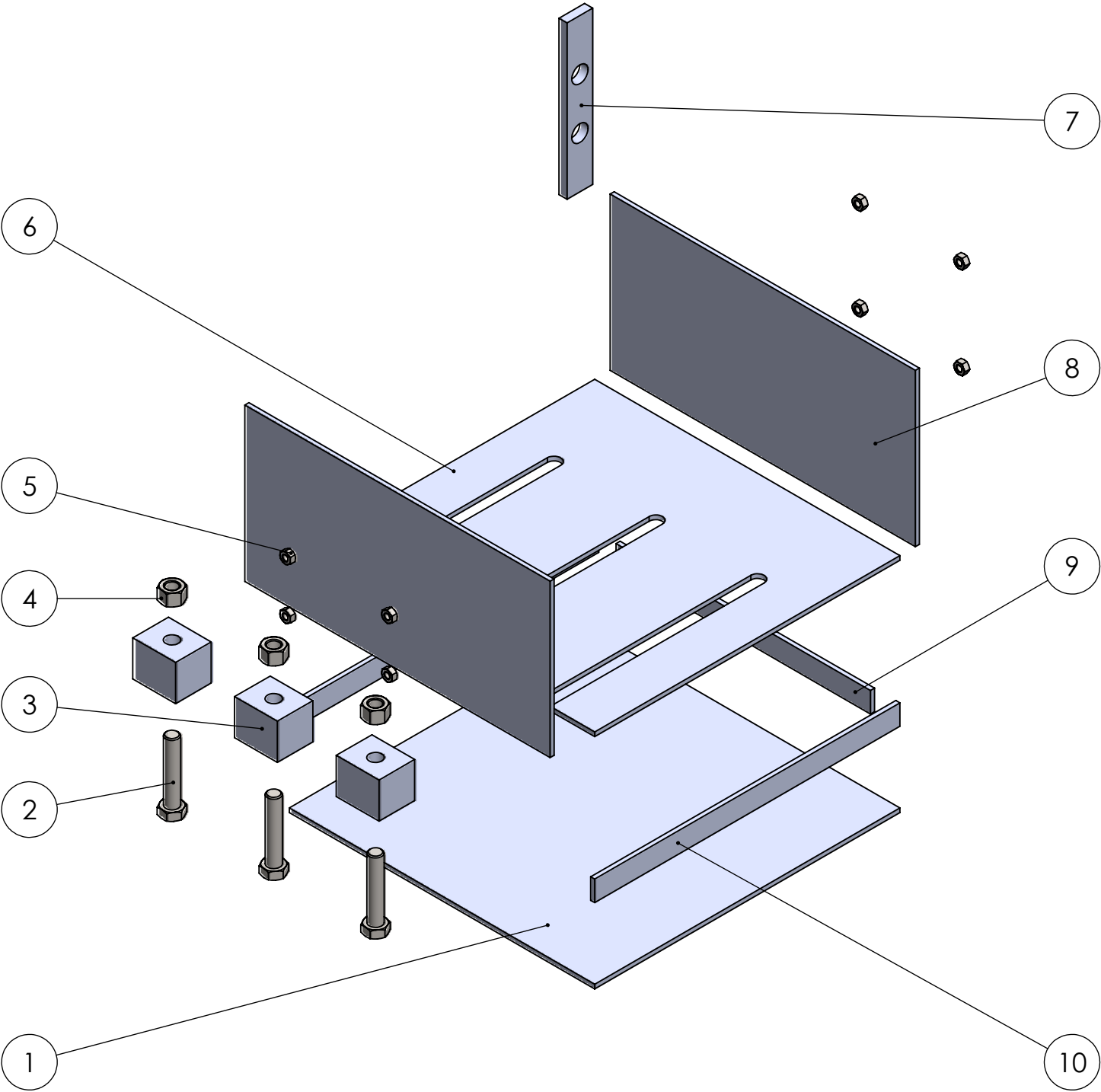
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

60	Two Layer	Ceramic 100 + Calcium 50 mm	150	39,854°C	40,750°C	Rp2.854.098/m ²	Tidak
60	Three Layer	T7 (R100 - C25 - CS75)	200	35,945°C	36,268°C	Rp3.086.703/m ²	Ya
60	Three Layer	T9 (R100 - C75 - CS50)	225	35,183°C	35,383°C	Rp3.092.987/m ²	Ya
60	Three Layer	T5 (R75 - C50 - CS75)	200	36,017°C	36,350°C	Rp3.295.732/m ²	Ya
60	Three Layer	T3 (R50 - C75 - CS75)	200	36,072°C	36,415°C	Rp3.504.759/m ²	Ya
90	Three Layer	T8 (R100 - C50 - CS25)	175	38,023°C	38,673°C	Rp2.024.272/m ²	Ya
90	Three Layer	T6 (R75 - C75 - CS25)	175	38,103°C	38,761°C	Rp2.233.300/m ²	Ya
90	Three Layer	T7 (R100 - C25 - CS75)	200	36,171°C	36,533°C	Rp3.086.703/m ²	Ya
90	Three Layer	T9 (R100 - C75 - CS50)	225	35,318°C	35,540°C	Rp3.092.987/m ²	Ya
90	Three Layer	T5 (R75 - C50 - CS75)	200	36,248°C	36,620°C	Rp3.295.732/m ²	Ya
90	Three Layer	T3 (R50 - C75 - CS75)	200	36,317°C	36,700°C	Rp3.504.759/m ²	Ya
120	Three Layer	T8 (R100 - C50 - CS25)	175	38,340°C	39,042°C	Rp2.024.272/m ²	Ya
120	Three Layer	T6 (R75 - C75 - CS25)	175	38,420°C	39,129°C	Rp2.233.300/m ²	Ya
120	Three Layer	T7 (R100 - C25 - CS75)	200	36,340°C	36,730°C	Rp3.086.703/m ²	Ya
120	Three Layer	T9 (R100 - C75 - CS50)	225	35,418°C	35,657°C	Rp3.092.987/m ²	Ya
120	Three Layer	T5 (R75 - C50 - CS75)	200	36,420°C	36,820°C	Rp3.295.732/m ²	Ya
120	Three Layer	T3 (R50 - C75 - CS75)	200	36,498°C	36,910°C	Rp3.504.759/m ²	Ya

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2



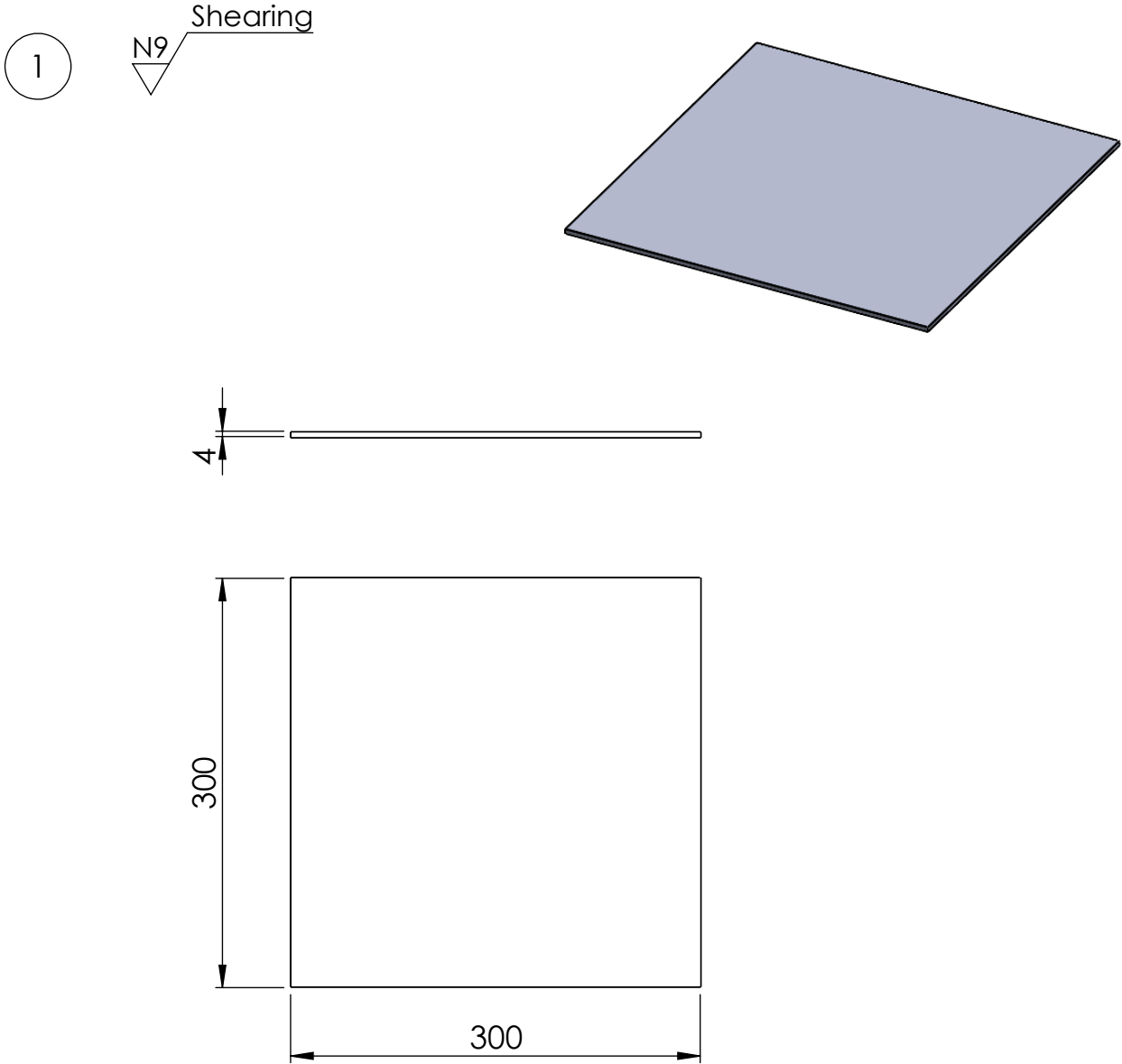
		1	Final Assembly			300x300x178	
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :				
			DESAIN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala 1 : 5	Digambar 04/05/26 Yudha Diperiksa
						Politeknik Negeri Jakarta	
			No:01/8A/27				A3

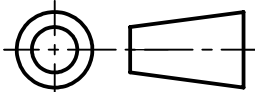


Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

		2	Plat Penahan Rangka	10	ST 37	20x300x4	Dibuat		
		1	Plat Penutup Rangka	9	ST 37	20x250x4	Dibuat		
		2	Plat Penahan Spesimen Uji	8	ST 37	150x300x4	Dibuat		
		1	Dudukan <i>Heater Tubular</i>	7	ST 37	150x25x8	Dibuat		
		1	Dudukan Plat Uji Spesimen	6	ST 37	300x300x4	Dibuat		
		8	Mur M6	5	Stainless Steel	M6	Dibeli		
		3	Mur M12	4	Stainless Steel	M12	Dibeli		
		3	Penahan Baut	3	ST 37	35x42x35	Dibuat		
		3	Baut M12 x 25	2	Stainless Steel	M12x25	Dibeli		
		1	Dudukan Bawah	1	ST 37	300x300x4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			DESAIN ALAT Uji KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala	Digambar	04/05/26	Yudha
						1 : 5	Diperiksa		
			Politeknik Negeri Jakarta			No:01/8A/27			A3

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

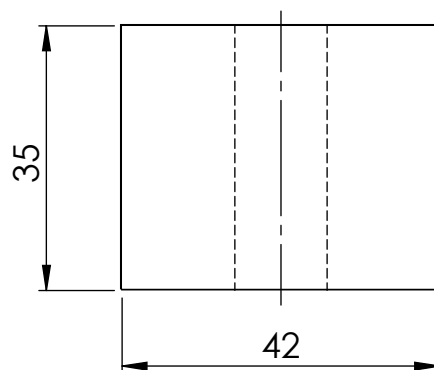
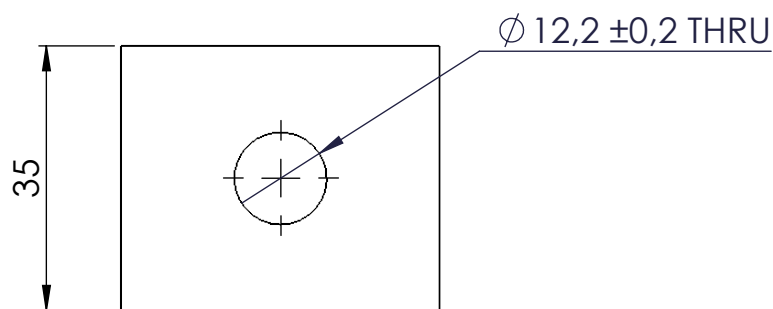
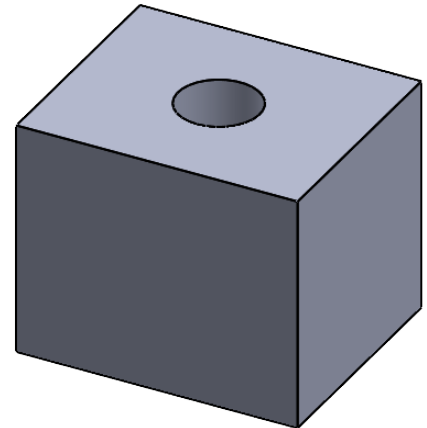


		1	Dudukan Bawah	1	ST 37	300x300x4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala	Digambar	04/05/26	Yudha
						1 : 5	Diperiksa		
			Politeknik Negeri Jakarta			No:02/8A/27			A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

2

N6 Milling

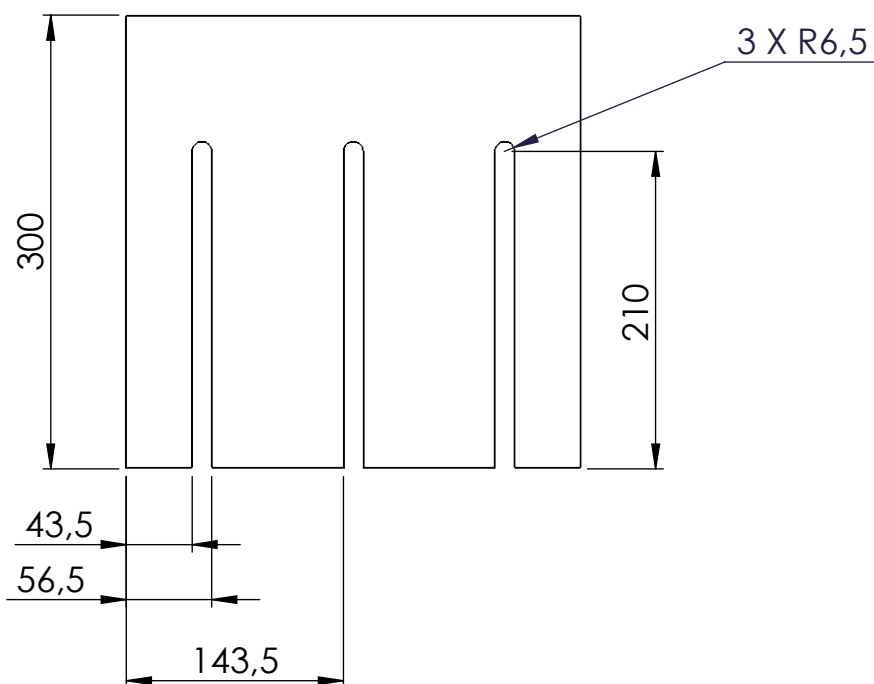
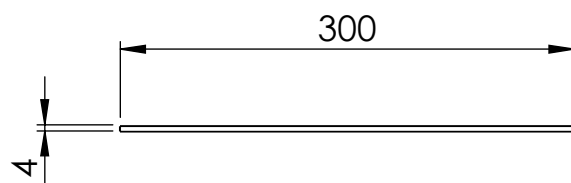
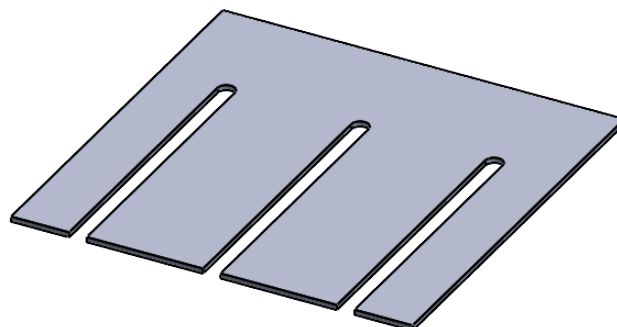


		3	Penahan Baut	3	ST 37	35x42x35	Dibuat
Jumlah	Nama Bagian			No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :				
			KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala 1 : 1	Digambar 04/05/26 Yudha Diperiksa
						Politeknik Negeri Jakarta	
						No:03/8A/27	
						A4	

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

3

N6 Cutting Grinder

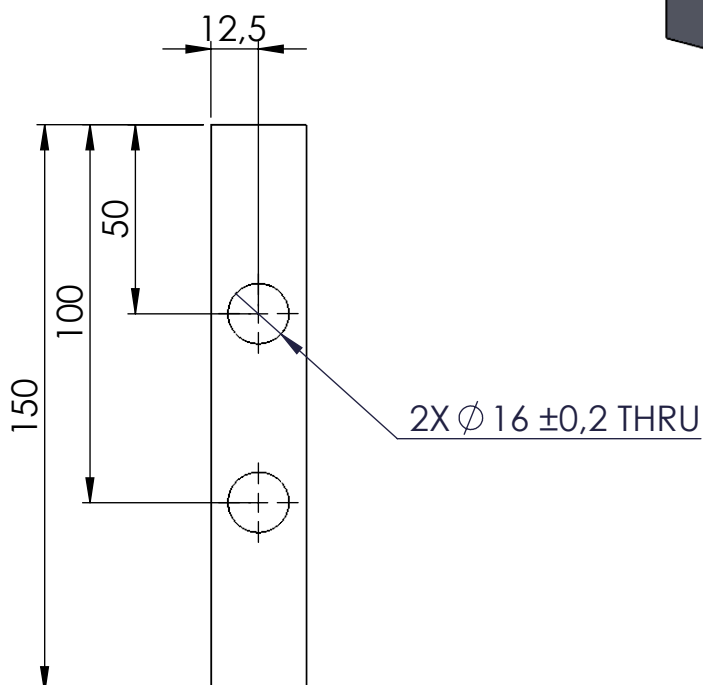
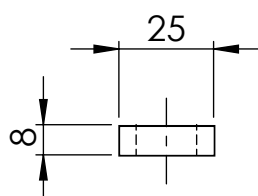


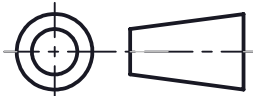
		1	Dudukan Plat Uji Spesimen	6	ST 37	300x300x4	Dibuat
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan
III	II	I	Perubahan :				 
			KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala 1 : 5	Digambar 04/05/26 Yudha Diperiksa
						Politeknik Negeri Jakarta	
						No:04/8A/27	
						A4	

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

4

N6 Milling



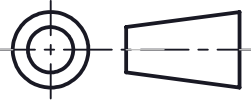
		1	Dudukan <i>Heater Tubular</i>	7	ST 37	150x25x8	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala 1 : 2	Digambar	04/05/26	Yudha
							Diperiksa		
Politeknik Negeri Jakarta						No:05/8A/27			A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

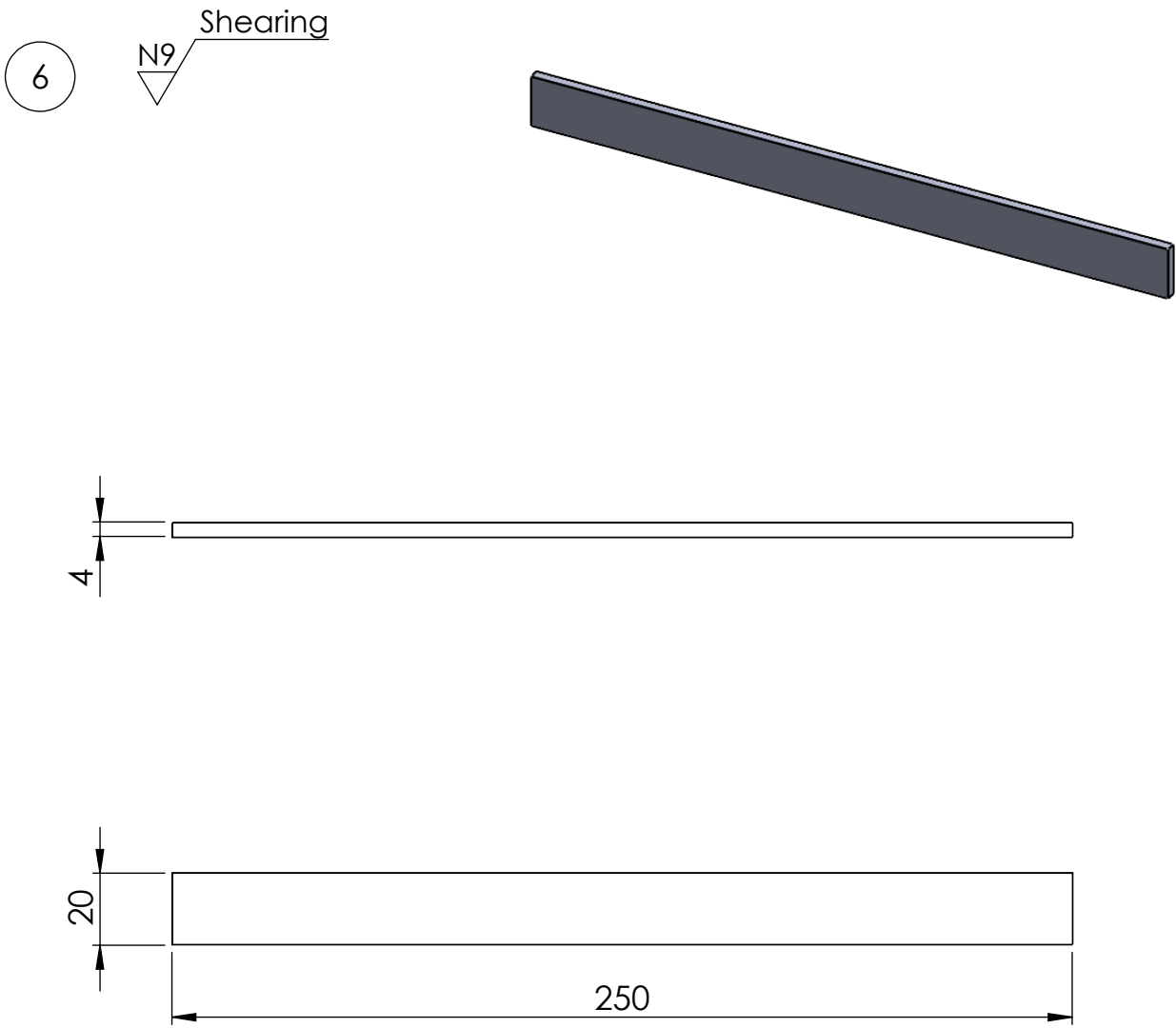
5

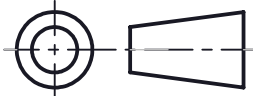
N9

Shearing

		2	Plat Penahan Uji Spesimen	8	ST 37	150x300x4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
			KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL			Skala	Digambar	04/05/26	Yudha
						1 : 5	Diperiksa		
			Politeknik Negeri Jakarta			No:06/8A/27			A4

Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2



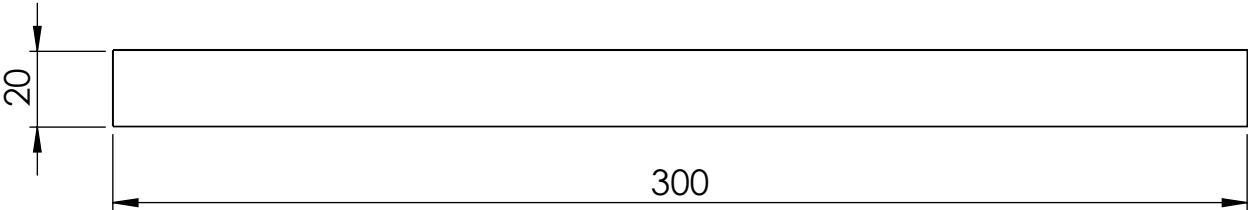
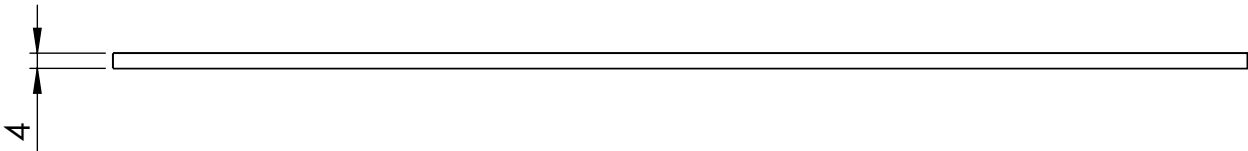
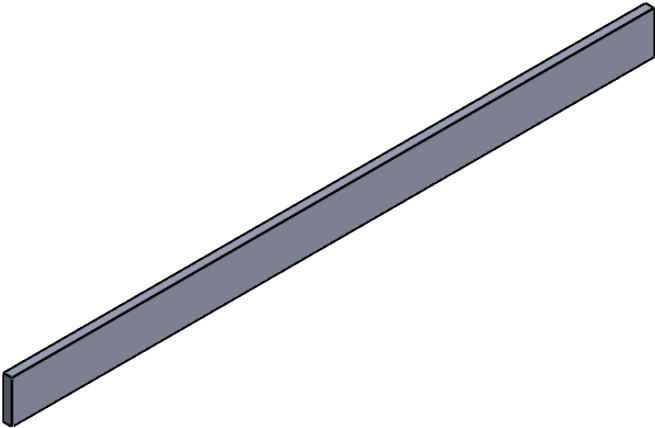
		1	Plat Penutup Rangka	9	ST 37	20x250x4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL						Skala	Digambar	04/05/26	Yudha
						1 : 2	Diperiksa		
Politeknik Negeri Jakarta						No:07/8A/27			A4

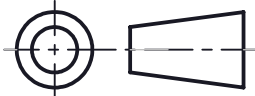
Tingkat dan Harga Kekasaran						Toleransi								
N12	50	N8	3.2	N4	0.2	Ukuran nominal (mm)		>0,5-3	>3-6	>6-30	>30-120	>120-315	>315-1000	>1000-3000
N11	25	N7	1.6	N3	0.1	Variasi yang diizinkan	Seri Teliti	±0,5	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,2	±0,2
N10	12.5	N6	0.8	N2	0.05		Seri Sedang	±0,1	±0,05	±0,2	±0,3	±0,5	±0,5	±0,5
N9	6.3	N5	0.4	N1	0.025		Seri Kasar		±0,2	±0,5	±0,8	±1,2	±1,2	±1,2

7

N9

Shearing



		2	Plat Penahan Rangka	10	ST 37	20x300x4	Dibuat		
Jumlah			Nama Bagian	No.bag	Bahan	Ukuran	Keterangan		
III	II	I	Perubahan :						
KOMPONEN ALAT UJI KONDUKTIVITAS TERMAL				Skala 1 : 2	Digambar	04/05/26	Yudha		
					Diperiksa				
Politeknik Negeri Jakarta				No:08/8A/27			A4		