



LAPORAN KERJA PRAKTEK- TF 181701

**STUDI ANALISA PENENTUAN KETEBALAN
INSULATION UNTUK *FRONT SPAR* PADA
ENGINE NACELLE PESAWAT TERBANG N-219**

**ELMA TIANA FITRI
NRP. 02311940005023**

**Tempat Pelaksanaan Kerja Praktek
PT Dirgantara Indonesia**

**Departemen Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
2021**

Halaman ini sengaja dikosongkan.

LEMBAR PENGESAHAN
LAPORAN KERJA PRAKTEK
“STUDI ANALISA PENENTUAN KETEBALAN *INSULATION* UNTUK
***FRONT SPAR* PADA *ENGINE NACELLE* PESAWAT TERBANG N-219”**

disusun oleh

ELMA TIANA FITRI

NRP. 02311940005023

Yang telah menyelesaikan mata kuliah TF-181701 Kerja Praktek di PT Dirgantara Indonesia, pada tanggal 22 Maret 2021 s/d 28 Mei 2021

Surabaya, 28 Mei 2021

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T
NIP. 19740815199703 2 001

Pembimbing Lapangan


Josep Rusmajadi
NIK. 930312

Mengetahui,
Kepada Departemen Teknik Fisika


Dr. Suryanto, S.T., M.T.
NIP. 1971113199512 1 002

Halaman ini sengaja dikosongkan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Kerja Praktek di PT. Dirgantara Indonesia (Persero). Laporan ini kami susun berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, studi pustaka, beserta diskusi disalah satu divisi yaitu direktorat pusat teknologi di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) selama beberapa bulan terhitung mulai 22 Maret 2021 sampai 28 Mei 2021.

Dalam laporan ini kami banyak mendapat pengarahan, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas selesainya laporan ini kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan barokah-Nya sehingga kami diberikan kesehatan dan juga kelancaran dalam melakukan kerja praktek.
2. Orang Tua kami yang terus menyemangati kami hingga kami tak merasa lelah selama Kerja Praktek.
3. Dr. Suyanto, S.T., M.T., selaku Kepala Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem ITS.
4. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T selaku dosen pembimbing Departemen Teknik Fisika Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem ITS.
5. Bapak Josep Rusmajadi selaku karyawan dan sekaligus pembimbing kami selama di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) Tbk.
6. Seluruh Staff serta karyawan PT. Dirgantara Indonesia (Persero).
7. Seluruh rekan Kerja Praktek dan *On The Job Training*.

Serta berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah dilakukan. Penulis.

Halaman ini sengaja dikosongkan

**STUDI ANALISA PENENTUAN KETEBALAN *INSULATION* UNTUK
FRONT SPAR PADA *ENGINE NACELLE* PESAWAT TERBANG N-219**

(22 MARET 2021-28 MEI 2021)

Nama : Elma Tiana Fitri
NRP : 02311940005023
Departemen : Teknik Fisika – FTIRS
Pembimbing : 1. Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T
2. Josep Rusmajadi

ABSTRAK

PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai salah satu perusahaan penerbangan di Asia yang berkompetisi dalam rancang bangun, pengembangan, dan *manufakturing* pesawat terbang dipilih sebagai tempat pelaksanaan Kerja Praktek. Selain melihat secara langsung proses produksi bagian-bagian (*part*) dari pesawat terbang. Dalam perencanaan pesawat terbang merupakan suatu proses kegiatan yang sangat kompleks, berbagai faktor harus di perhitungkan dan dipertimbangkan secara detail dan akurat. Salah satu contohnya dalam mendesain *insulation*. *Insulation* di desain sedemikian rupa agar dapat memiliki kekuatan material yang tinggi dengan biaya produksi yang rendah. *Insulation* merupakan sebuah material tahan api (*fire proof/fire resistance*) yang digunakan untuk menaha panas di bagian *firezone* pada *engine nacelle* ketika terjadi sebuah kegagalan sistem yang dapat menyebabkan terbakarnya suatu *engine* pada pesawat terbang. Material yang digunakan untuk sebuah *insulation* terbilang sangat mahal oleh karena itu diharapkan kita mampu mendesain seefisien mungkin agar mendapat kekuatan material yang tinggi dengan harga yang rendah.

Kata kunci: *PT Dirgantara Indonesia, ketebalan insulation, front spar.*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Ruang Lingkup	2
1.3 Profil Perusahaan	2
BAB II PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK.....	7
2.1 Proses Pelaksanaan Kerja Praktek.....	7
2.2 Studi Analisa Penentuan Ketebalan <i>Insulation</i> Untuk <i>Front Spar</i> Pada <i>Engine Nacelle</i> Pesawat Terbang N-219	7
2.3 <i>Engine Nacelle</i>	7
2.4 Persyaratan <i>Engine Nacelle</i>	10
2.5 <i>Nacelle Operation</i>	11
2.6 Material Pada <i>Engine Nacelle</i>	11
BAB III HASIL DAN PEMBELAJARAN	21
3.1 Deskripsi dan Tujuan Tugas Khusus	21
3.2 Metode Penyelesaian Tugas Khusus	21
3.3 Data dan Pembahasan	22
3.4 Metode Perhitungan Perpindahan Panas	23
4.1 Kesimpulan.....	43
4.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	47
A. Lembar Kegiatan	47
B. Data Perusahaan	48

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Lambang PT. Dirgantara Indonesia (Persero).....	4
Gambar 1.2	Struktur Organisasi PT. Dirgantara Indonesia (Persero).....	6
Gambar 2.1	Pesawat N-219.....	8
Gambar 2.2	<i>Engine Nacelle</i> N-219	8
Gambar 2.3	Perpindahan Panas secara Konduksi, Konveksi dan Radiasi	15
Gambar 2.4	Konduksi Satu Dimensi <i>Stady Sate</i>	15
Gambar 2.5	Perpindahan Panas pada Dinding Datar	17
Gambar 2.6	Perpindahan Panas pada Dinding Berlapis.....	17
Gambar 2.7	Perpindahan Panas secara Konveksi	18
Gambar 2.8	Pertukaran Radiasi antara Permukaan dengan Sekelilingnya	20
Gambar 3.1	Lokasi <i>Insulation</i>	24
Gambar 3.2	Skema Pemodelan <i>Thermal</i>	27
Gambar 3.3	<i>Electrical Thermal Analog</i>	28
Gambar 3.4	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 4 mm.....	26
Gambar 3.5	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 8 mm.....	37
Gambar 3.6	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 12 mm.....	39
Gambar 3.7	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 14 mm.....	40
Gambar 3.8	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 16 mm.....	42
Gambar 3.9	Temperatur <i>Front Spar</i> dengan Variasi Ketebalan	43

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Realisasi Kegiatan Kerja Praktek	7
Tabel 2.2	Properties Material Front Spar, Firewall, dan Insulation.....	11
Tabel 3.1	<i>Properties Material Front Spar, Firewall, dan Insulation</i>	25
Tabel 3.2	<i>Properties</i> Udara.....	25
Tabel 3.3	Data Percobaan	26
Tabel 3.4	Hasil Perhitungan Termal untuk <i>Insulation</i> 4 mm.....	32
Tabel 3.5	Hasil Perhitungan Termal untuk <i>Insulation</i> 8 mm.....	32
Tabel 3.6	Hasil Perhitungan Termal untuk <i>Insulation</i> 12 mm.....	33
Tabel 3.7	Hasil Perhitungan Termal untuk <i>Insulation</i> 14 mm.....	33
Tabel 3.8	Hasil Perhitungan Termal untuk <i>Insulation</i> 16 mm.....	34
Tabel 3.9	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 4 mm	34
Tabel 3.10	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 8 mm	36
Tabel 3.11	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 12 mm	38
Tabel 3.12	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 14 mm	39
Tabel 3.13	Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk <i>Insulation</i> dengan Ketebalan 16 mm	41
Tabel 3.14	Temperatur <i>Difront</i> dengan Variasi Ketebalan.....	42

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Era teknologi pada saat ini menyebabkan kemajuan teknologi di dunia industri semakin cepat. Seiring dengan perkembangan zaman dan akses global yang semakin membuka kacamata setiap manusia dimasa kini. Kemajuan teknologi tersebut secara singkat bertujuan untuk memudahkan manusia dalam menjalankan aktivitas kesehariannya. Kemajuan teknologi tersebut sudah seharusnya diiringi dengan kemajuan Sumber Daya Manusia penerus yang mampu mengelola dan mengembangkan teknologi, sehingga akan senantiasa terjadi perbaikan dan penyempurnaan dari proses yang telah dijalankan sebelumnya. Disini letak penting sebuah institusi pendidikan dalam mempersiapkan generasi penerus yang cakap, terampil, dan berwawasan luas guna menyongsong masa depan dan kemajuan teknologi tersebut.

Dalam rangka menjawab kebutuhan dan tantangan diatas, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya sebagai salah satu institusi pendidikan tinggi di Indonesia senantiasa memberikan kesempatan seluas-luasnya kepada mahasiswa untuk melaksanakan mata kuliah kerja praktek yang tercantum dalam Satuan Kurikulum Pendidikan ITS. *Outcome* yang diharapkan dari mata kuliah Kerja Praktek ini diharapkan mampu memberikan pandangan kepada mahasiswa secara lebih nyata dalam melihat implementasi keilmuan yang selama ini dipelajari di bangku perkuliahan. Kecakapan dalam menyelesaikan suatu kasus permasalahan (*problem case*) di dunia industri bisa menjadi nilai tambah yang didapatkan mahasiswa dalam kerja praktek. Selain itu mahasiswa akan beradaptasi dengan lingkungan kerja di dunia industri yang selama ini tidak ditemui di bangku perkuliahan. PT. Dirgantara Indonesia (Persero) sebagai salah satu perusahaan penerbangan di Asia yang berkompetisi dalam rancang bangun, pengembangan, dan manufakturing pesawat terbang dipilih sebagai tempat pelaksanaan Kerja Praktek. Selain melihat secara langsung proses produksi bagian-bagian (*part*) dari pesawat terbang.

Dalam perencanaan pesawat terbang merupakan suatu proses kegiatan yang sangat kompleks, berbagai faktor harus di perhitungkan dan dipertimbangkan

secara detail dan akurat. Salah satu contohnya dalam mendesain *insulation*. *Insulation* di desain sedemikian rupa agar dapat memiliki kekuatan material yang tinggi dengan biaya produksi yang rendah.

Insulation merupakan sebuah material tahan api (*fire proof/fire resistance*) yang digunakan untuk menaha panas di bagian *firezone* pada *engine nacelle* ketika terjadi sebuah kegagalan sistem yang dapat menyebabkan terbakarnya suatu *engine* pada pesawat terbang. Material yang digunakan untuk sebuah *insulation* terbilang sangat mahal oleh karena itu diharapkan kita mampu mendesain seefisien mungkin agar mendapat kekuatan material yang tinggi dengan harga yang rendah.

1.2 RUANG LINGKUP

Ruang lingkup pada pelaksanaan Kerja Praktek ini adalah membahas tentang proteksi *front spar* pada *engine nacelle*. Sistem ini berada di pesawat terbang N-219. Dalam ruang lingkup ini merupakan bagian dari keilmuan Teknik Fisika yaitu desain sistem.

1.3 PROFIL PERUSAHAAN

PT Dirgantara Indonesia (Persero) merupakan salah satu perusahaan penerbangan di Asia dengan keahlian dalam desain pesawat dan pengembangan, struktur manufaktur pesawat, perakitan pesawat, dan jasa pesawat untuk sipil, militer dan pesawat menengah. Sejak didirikan pada tahun 1976 sebagai perusahaan milik negara di Bandung, Indonesia, PT Dirgantara Indonesia (Persero) telah berhasil mengembangkan kemampuannya dalam bidang industri manufaktur dan telah melakukan diversifikasi produk baik pada bidang pesawat terbang maupun bidang lain seperti teknologi simulasi, maritim, otomotif, perbaikan pesawat dan industri turbin.

PT Dirgantara Indonesia (Persero) telah menghasilkan lebih dari 300 unit pesawat terbang dan helikopter, komponen pesawat, dan layanan lainnya. Restrukturisasi pada awal tahun 2004 membuat PT Dirgantara Indonesia (Persero) memiliki 4 unit bisnis yaitu :

a. *Aircraft Integration*

Unit ini bertugas untuk perakitan dan penggabungan komponen pesawat terbang, diantaranya pesawat CN235-220, NC212-200, Helikopter NBO-105, BELL-412, dan NAS 332CI

b. *Aerostructures*

(Parts & component, Sub Assemblies, Assemblies Tools & Equipment)

c. *Aircraft Service*

Unit ini menyediakan jasa pemeliharaan, perbaikan, pemeriksaan, dan perubahan yang mencakup produk-produk pesawat yang di produksi di perusahaan maupun produksi perusahaan lain, penyediaan suku cadang dan bisnis-bisnis penerbangan lainnya.

d. *Engineering Service*

Unit ini mempunyai kemampuan dan pengalaman pada bagian teknik desain dan pengembangan produk, teknologi simulasi, dan pemeliharaan sistem untuk pertahanan dan keamanan, teknologi informasi dan jasa fasilitas pelatihan dan laboratorium.

Saat ini sedang dirancang pesawat *multi-purpose* generasi baru bernama N-219. Pesawat N-219 dirancang untuk memenuhi kebutuhan penerbangan perintis dengan karakteristik geografis yang ekstrim, dimana sebagian besar lapangan darat yang singkat serta landasan pacu tak beraspal dan terletak di daerah daratan tinggi. Pesawat ini akan menjadi modus transportasi yang cocok untuk membuka daerah terisolasi, meningkatkan pertumbuhan ekonomi masyarakat serta menjaga pertahanan dan kemanan.

Pesawat N-219 dirancang untuk memiliki kapasitas 19 penumpang dengan penumpang kabin terbesar di kelasnya, mesin yang lebih efisien, kargo yang luas, dan perubahan konfigurasi yang cepat. N-219 memberikan keuntungan untuk operator dalam hal ini biaya teknik maupun operasional. Selain digunakan untuk angkutan penumpang dan kargo, pesawat ini dapat pula dilengkapi dengan peralatan yang sesuai untuk memenuhi berbagai operasi seperti *VIP Transport* dan *Search & Rescute* atau evakuasi medis.

1.3.1 Visi dan Misi PT. Dirgantara Indonesia

Visi

- Menjadi perusahaan industri kelas dunia dalam industri dirgantara yang berbasis pada penguasaan teknologi tinggi dan mampu bersaing dalam pasar global dengan mengandalkan keunggulan biaya.

Misi

- Menjalankan usaha dengan selalu berorientasi pada aspek bisnis dan komersial serta dapat menghasilkan produk dan jasa yang memiliki keunggulan biaya.
- Sebagai pusat keuntungan di bidang industri dirgantara terutama dalam rekayasa, rancang bangun manufaktur, produksi dan pemeliharaan untuk kepentingan komersial dan militer serta untuk aplikasi di luar industri dirgantara.
- Menjadikan perusahaan sebagai kelas dunia di industri global yang mampu bersaing dan mampu melakukan aliansi strategi dengan industri dirgantara lainnya.

1.3.2 Makna Lambang PT. Dirgantara Indonesia

PT. Dirgantara Indonesia memiliki lambang perusahaan yang dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 1.1 Lambang PT. Dirgantara Indonesia (Persero)

Makna lambang PT. Dirgantara Indonesia (Persero) dapat diartikan sebagai berikut :

- Warna biru angkasa melambangkan langit tempat pesawat terbang.
- Sayap pesawat terbang sebanyak 3 buah yang melambangkan fase perusahaan, yaitu : PT Industri Pesawat Terbang Nurtanio, PT Industri Pesawat Terbang Nusantara, dan PT Dirgantara Indonesia.
- Ukuran pesawat terbang yang semakin besar melambangkan keinginan PT Dirgantara Indonesia (Persero) untuk menjadi perusahaan dirgantara yang semakin besar di setiap fasenya.
- Lingkaran melambangkan bola dunia dimana PT Dirgantara Indonesia (Persero) menjadi perusahaan kelas dunia.

Makna dari logo lambang PT. Dirgantara Indonesia adalah sebagai berikut :

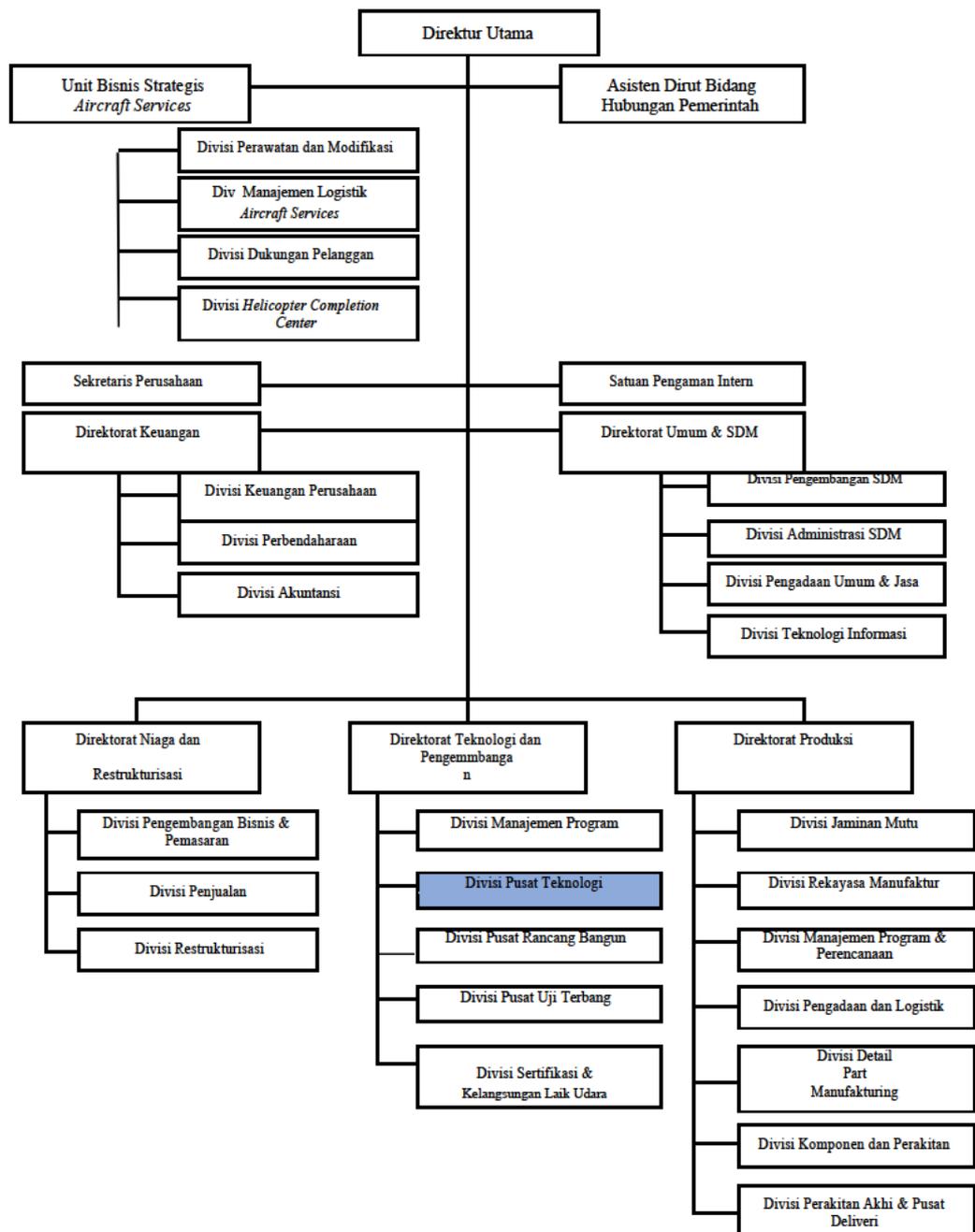
- Bentuk lingkaran menggambarkan lingkaran dunia, memberikan makna aktifitas usaha yang mencakup global.
- Bentuk sayap sejumlah tiga buah dengan ukuran yang berbeda, menggambarkan kekuatan sejumlah usaha untuk mencapai tujuan yang lebih tinggi.
- Sayap besar menggambarkan bisnis inti (*Core Bussinese*).
- Sayap sedang, menggambarkan bisnis plasma (*Non-Core Bussines*).

Kecondongan /elevasi 45° yang berarti arah yang seimbang dan optimal dalam pencapaian target. Warna biru berarti makna Dirgantara, kemantapan dan kekuatan, mencerminkan tekad untuk berusaha semaksimal mungkin sesuai kompetensi dan etika usaha.

1.3.3 Struktur Organisasi PT. Dirgantara Indonesia

Perusahaan dalam menjalankan aktifitasnya melakukan kerja sama yang baik antar orang yang ada di dalam perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu. Semakin banyak yang dilakukan dalam suatu organisasi, makin kompleks pula hubungan-hubungan dalam pelaksanaan kegiatan tersebut.

Untuk menggambarkan hubungan kerja sama antara masing-masing kegiatan atau fungsi, maka dibuat struktur organisasi sehingga jelas batas-batas wewenang dan tanggung jawab dari masing-masing bagian sesuai dengan posisinya. Untuk lebih mengetahui susunan posisi jabatan pada PT. Dirgantara Indonesia dapat dilihat pada gambar 1.2 berikut ini :



Gambar 1.2 Struktur Organisasi PT. Dirgantara Indonesia (Persero)

BAB II

PELAKSANAAN KERJA PRAKTEK

2.1 Proses Pelaksanaan Kerja Praktek

Kerja praktek yang dilakukan selama dua bulan di PT Dirgantara Indonesia. Waktu pelaksanaan 22 Maret 2021 – 28 Mei 2021, dan adapun rincian pelaksanaan kegiatan pada kerja praktek dapat dilihat pada tabel 2.1 :

Hari Kerja : Senin-Jumat

Jam Masuk: 09.00 WIB

Jam Pulang: 16.00 WIB

Tabel 2.1 Realisasi Kegiatan Kerja Praktek

Bentuk Kegiatan	Minggu Ke								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Pengenalan Perusahaan									
Studi <i>Project</i> di Perusahaan									
Studi <i>Project</i> di Lapangan									
Penyusunan Laporan Kerja Praktek									
Penyerahan Laporan Kerja Praktek									

2.2 Studi Analisa Penentuan Ketebalan *Insulation* Untuk *Front Spar* Pada *Engine Nacelle* Pesawat Terbang N-219

Pada sub bab ini akan menjelaskan topik yang diambil dalam kerja praktek di PT Dirgantara Indonesia yaitu tentang proteksi *front spar* pada *engine nacelle*. Sistem ini berada di pesawat terbang N-21.

2.3 *Engine Nacelle*

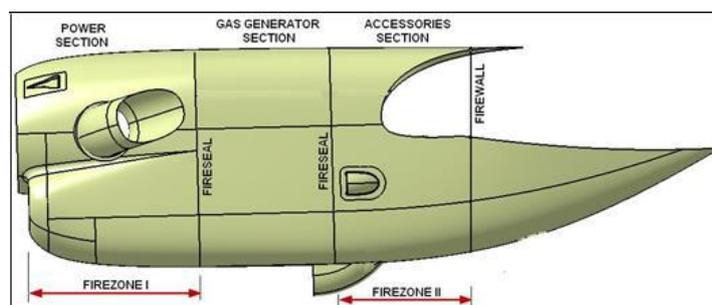
N-219 merupakan sebuah pesawat multi fungsi yang dirancang oleh PT. Dirgantara Indonesia (PT. DI). Pesawat ini mampu terbang dan mendarat di landasan pendek sehingga mudah beroperasi didaerah-daerah terpencil. selain itu pesawat N-219 dirancang memiliki volume kabin terbesar dikelasnya dengan kapasitas 19 penumpang. Pesawat ini deilengkapi dua buah mesin PT6A-42

turboprop engine masing-masing bertenaga 850 SHP dengan kecepatan maksimum mencapai 210 *knot* dan kecepatan terendah mencapai 59 *knot*. Artinya meskipun dalam kecepatan cukup rendah pesawat ini masih bisa terkontrol, ini penting terutama saat memasuki wilayah tebing dan pegunungan. Setiap mesin dipasang pada bagian dalam sebuah sayap berkonfigurasi tinggi. Mesin terdiri dari *power section*, *gas generator section* dan *accessories section*. *Accessories section* digunakan untuk menyediakan berbagai kebutuhan yang diperlukan dalam operasi pesawat terbang, misalnya listrik, sistem pendingin, dan lain-lain.



Gambar 2.1 Pesawat N-219

Engine nacelle merupakan suatu tempat pemasangan sekaligus rumah bagi *engine* pesawat terbang. Bentuk *nacelle* sendiri harus *streamline* terhadap udara, bisa berbentuk bulat (*round*) atau lonjong (*spherical*). *Nacelle* untuk jenis pesawat *multi engine* dapat dipasang dibagian atas (*above*), di bawah (*below*) atau pada *leading edge* sayap. Sedangkan untuk pesawat *single engine*, *nacelle* dipasang di bagian depan *fuselage* dan bentuknya harus *streamline* mengikuti bentuk *fuselage*, karena bentuk *nacelle* tersebut menjadi bentuk perpanjangan *fuselage*.



Gambar 2.2 Engine Nacelle N-219

Engine Nacelle pada pesawat N-219 terdiri dari beberapa bagian :

a. Firezone

Firezone merupakan daerah pada *nacelle*, dimana terdapat *combustor*, turbin, *fuel system* dan *engine* aksesoris dan jaringan listrik. Bagian bagian ini juga dianggap sebagai potensi sumber api. Apabila salah satu sistem mengalami kegagalan dan terjadi peristiwa kebakaran didalam *firezone* maka api tidak boleh menyebar keluar dari *firezone*. Karena pada *firezone* ada *fire detection* dan *fire extinguisher*. Agar api tidak menyebar keluar dari *firezone* maka material sekitar *firezone* harus tahan api.

Pada pesawat terbang N219 *engine nacelle* terdiri dari 2 *firezone* yaitu :

- *Firezone 1 (Power Section)*

Pada daerah *firezone 1* terdapat mesin utama, *combustor*, turbin, dan bahan bakar pesawat.

- *Firezone 2 (Accessories Section)*

Pada daerah *firezone 2* merupakan daerah aksesoris, *starter*, *generator*, AC *compresor*.

b. Non Firezone

Non firezone merupakan daerah dimana tidak adanya sumber api. Pada *non firezone* terdapat kompresor dan pada kedua sisi dilindungi oleh *fireseal*.

c. Batas Firezone

Firezone 1 dan *firezone 2* merupakan bagian *engine nacelle* yang dibatasi oleh:

- *Nacelle skin*

Pada bagian terluar pada *nacelle* yang membatasi *firezone* dengan lingkungan luar material yang digunakan pada *nacelle skin* berupa komposit jenis *fiber carbon*. *Fiber carbon* dipilih sebagai bahan *skin nacelle* karena memiliki berat yang lebih ringan dan kekuatan yang setara dengan baja.

- *Fireseal (Insulation)*

Merupakan pembatas antara *firezone 1* dan *firezone 2* dengan *non fire zone*. *Fire seal* berguna untuk menjaga api tetap berada pada *firezone* dan tidak meluas ke daerah lain ketika terjadi kebakaran. Material yang digunakan untuk *fireseal* adalah material tahan api (*fireprof*).

- *Firewall*

Merupakan pembatas antara *firezone* 2 dengan *non firezone (front spar)*, *firewall* berguna untuk menjaga api tetap berada pada *firezone* dan tidak meluas ke daerah lain ketika terjadi kebakaran. Material yang digunakan untuk *fireseal* adalah material tahan api (*fireproff*).

2.4 Persyaratan *Engine Nacelle*

Pemilihan jenis material *nacelle* pesawat terbang memerlukan beberapa persyaratan umum yang harus dipenuhi agar material *nacelle* tersebut berfungsi sebagaimana mestinya.

Material yang digunakan untuk *nacelle* harus memenuhi beberapa syarat diantaranya:

- a. *Fire resistance* dan *fireproof*

Fireproof adalah kemampuan suatu material untuk menahan api pada temperatur 2000 F selama 15 menit tanpa mengalami kebocoran ketika terjadi peristiwa kebakaran pada material dan *part*. Artinya jika material dari *part* pada dikondisikan temperatur 2000 F selama 15 menit akan bertahan.

Fire resistant adalah kemampuan suatu material untuk menahan api pada temperatur maksimal 2000 F selama 5 menit tanpa mengalami kebocoran

- b. Ringan (*Light*)

Bahan yang digunakan juga harus ringan. Karena ini akan mempengaruhi beban dan daya angkat pesawat secara keseluruhan. Material komposit *fiber carbon* sekarang banyak digunakan untuk material *engine nacelle* setelah memenuhi persyaratan uji tahap api.

- c. Tahan *fatigue*

Mesin pesawat harus memiliki ketahanan *fatigue* yang tinggi. Karena selama pesawat diudara akan selalu menerima gaya atau tekanan dari luar. Seperti akibat bergesekan dengan udara mengakibatkan turbulensi.

2.5 *Nacelle Operation*

a. *Normal Condition*

Pada saat kondisi normal, *nacelle* berfungsi sebagai rumah atau tempat pemasangan *engine* yang temperatur dijaga dibawah batas temperatur ijin *engine* dan peralatan yang ada di dalam *engine nacelle* dengan sistem pendinginan.

b. *Incidence of Fire*

Jika terjadi kebakaran pada daerah mesin atau pada *firezone*, *nacelle* secara keseluruhan berfungsi untuk menjaga api tetap berada didalam dan mencegah meluasnya api ke daerah lain.

2.6 *Material Pada Engine Nacelle*

Material yang digunakan pada *engine nacelle* yang mempunyai *Properties Material* dapat dilihat pada Tabel 2.2 :

Tabel 2.2 *Properties* dari *Material Front Spar, Firewall, dan Insulation*

Material	k (Btu/hr.ft.°F)	Cp (Btu/lb.F)	ρ (lb/cu-ft)
<i>Steel</i>	18,3	0,12	493
<i>Insulation</i>	0,0192	0,26	8
<i>Alumunium Alloy 2024</i>	80	0,235	172,92556
<i>Air</i>	0,0364	0,268224	0,0236415

2.6.1 *Composite*

Composite yang digunakan pada *engine nacelle* harus memiliki kekuatan yang tinggi dan ringan. *Composite* yang dipilih adalah *fiber carbon*. Karena *fiber carbon* memiliki kakuatan setara baja, ringan seperti aluminium dan memiliki katahanan *fatigue* yang tinggi. *Composite* didefinisikan sebagai suatu material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang memiliki sifat atau struktur yang berbeda yang dicampur secara fisik menjadi satu membentuk ikatan mekanik dengan struktur homogen secara makroskopik dan heterogen secara mikroskopik.

Tujuannya untuk menghasilkan material yang baru yang memiliki sifat unggul dari material pembentuknya. Dengan penggabungan dua atau lebih material

yang berbeda, maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah :

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| a. Kekuatan | f. Berat |
| b. Insulasi listrik | g. Ketahanan Gesek |
| c. Kekakuan | h. Tampilan |
| d. Ketahanan <i>fatigue</i> | i. Konduktivitas <i>thermal</i> |
| e. Ketahanan korosi | j. Insulasi panas |

2.6.2 *Stainless Steel*

Stainless steel dipilih sebagai material *firewall* karena memiliki titik didih dan titik leleh yang tinggi, sehingga sesuai untuk menahan api pada *firezone* jika terjadi kebakaran,. *Stainless steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% Kromium Untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam). *Stainless steel* terdiri dari besi, krom, mangan, silikon, karbon dan sering kali nikel dan molibdenum dalam jumlah yang cukup banyak. Daya tahan *Stainless steel* terhadap oksidasi yang tinggi diudara dalam suhu lingkungan biasanya dicapai karena adanya tambahan minimal 13% (dari berat) krom. Krom membentuk sebuah lapisan tidak aktif kromium (III) Oksida (Cr_2O_3) ketika bertemu oksigen. Lapisan ini terlalu tipis untuk dilihat, sehingga logamnya akan tetap berkilau.

Sifat fisik *Stainless Steel* :

- Zat keras dan kuat.
- Bukan konduktor yang baik.
- Kekuatan ulat tinggi, mudah dibentuk, bengkok atau digambar dalam bentuk kabel.
- Sebagian varietas dan *stainless steel* memiliki permeabilitas magnetis. Mereka sangat tertarik terhadap magnet.
- Tahan terhadap korosi.
- Tidak bisa teroksidasi degan mudah.
- Pada temperatur *cryogenic*, *stainless steel* bisa tetap sulit berubah.
- Pada suhu yang sangat tinggi, *stainless steel* mampu mempertahankan kekuatan dan ketahanan terhadap korosi dan oksidasi.

2.6.3 Insulation

Ketika terjadi api dalam *firezone*, *firewall* bertujuan untuk menahan api, tetapi panas yang ditimbulkan tetap diteruskan *front spar*. Panas yang diteruskan ini bisa menyebabkan *front spar* mempunyai temperatur yang tinggi. Sehingga menyebabkan kegagalan atau kerusakan pada bagian tersebut, oleh karena itu dibutuhkan insulation diantara *firewall* dan *front spar*.

Insulation berguna untuk menahan atau mengurangi laju panas yang dipindahkan secara konduksi dari *firewall* ke *front spar*, sehingga temperatur *front spar* masih dalam batas temperatur kerja.

2.6.4 Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam *non ferrous*. Dalam *sector* perindustrian, aluminium dikembangkan dengan begitu pesat. Dan dapat diolah dalam berbagai macam produk dengan lebih ekonomis. Aluminium logam ringan dengan berat jenis $2,643 \text{ g/cm}^3$ dan titik cairnya 660 Oc .

Sifat-sifat umum dari aluminium diantaranya adalah :

- a. Berat jenis rendah.
- b. Konduktor listrik yang baik.
- c. Tahan korosi
- d. Mudah dituang

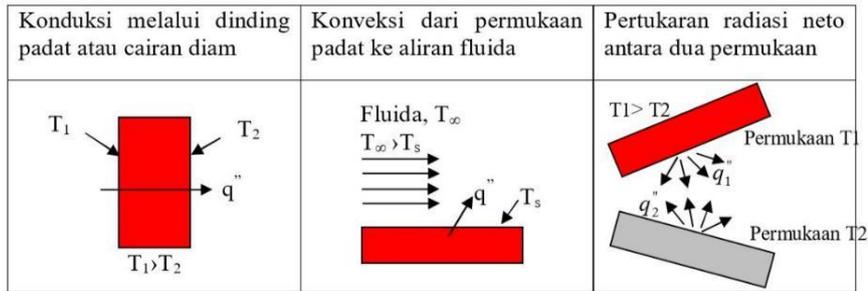
Pada *engine nacelle* material *frontspar* berupa *aluminium aloy 2024*. Aluminium memiliki titik didih yang rendah sehingga harus dilindungi oleh *firewall* dan *insulation* agar jika terjadi kebakaran pada *engine nacelle* material yang terbuat dari aluminium tidak mengalami kerusakan.

2.6.5 Perpindahan Panas

Panas adalah salah satu bentuk energi yang dapat dipindahkan dari suatu tempat ke tempat lain, tetapi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan sama sekali. Perpindahan kalor/panas (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur diantara benda atau material.

Perpindahan panas (*kalor*) dari suatu zat ke zat yang lain seringkali terjadi dalam kehidupan sehari-hari, baik penyerapan atau pelepasan kalor untuk mencapai

dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Proses terjadinya perpindahan panas dapat dilakukan secara langsung yaitu fluida yang panas akan bercampur secara langsung dengan fluida dingin tanpa adanya pemisah. Selain itu juga dilakukan secara tidak langsung, yaitu bila diantara fluida panas dan fluida dingin tidak berhubungan langsung tetapi dipisahkan oleh sekat-sekat pemisah.

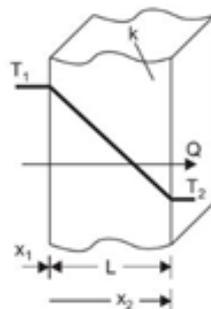


Gambar 2.3 Perpindahan Panas secara Konduksi, Konveksi dan Radiasi

Kalor sendiri adalah bentuk energi yang dapat berpindah atau mengalir dari benda yang memiliki kelebihan kalor menuju benda yang kekurangan kalor. Kalor dapat berpindah dengan tiga macam, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.6.6 Perpindahan Panas Konduksi

Konduksi merupakan perpindahan panas suatu zat melalui media penghantar tanpa disertai perpindahan bagian-bagian zat tersebut. Konduksi digambarkan sebagai perpindahan panas yang terjadi dari partikel yang berenergi lebih tinggi ke partikel yang berenergi lebih rendah dari suatu media sebagai akibat dari interaksi antar partikel tersebut. Pada umumnya perpindahan kalor dengan cara konduksi terjadi pada zat padat. Dalam perpindahan tersebut terdapat media penghantar atau dapat disebut sebagai konduktor.



Gambar 2.4 Konduksi Satu Dimensi *Stady State*

Untuk menghitung laju perpindahan diperlukan persamaan yang sesuai dengan mode dari perpindahan panas tersebut. Persamaan panas konduksi satu dimensi pada dinding datar dikenal dengan persamaan (hukum) *Fourier*. Pada gambar 2.4 jika $T_1 > T_2$ maka ada distribusi temperatur ke arah sumbu x , persamaan laju perpindahan panas adalah:

$$q''_x = -k \frac{dT}{dx} \quad (2.1)$$

$$q''_x = -k A \frac{dT}{dx} \quad (2.2)$$

Dimana:

q''_x : laju perpindahan panas (W)

: *fluks* panas (W/m^2) adalah laju perpindahan panas karena sumbu x positif per unit luasan yang tegak lurus arah perpindahan panas.

$\frac{dT}{dx}$: *gradient temperature*

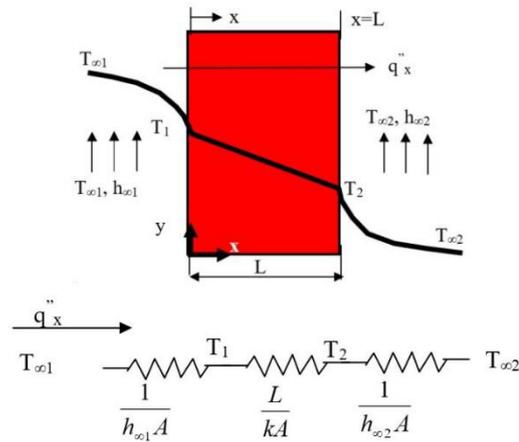
k : konduktivitas panas (W/moK) adalah karakteristik individu material dinding.

Tanda minus adalah konsekuensi bahwa panas berpindah dari lokasi yang bertemperatur tinggi ke yang lebih rendah. Jika distribusi temperatur linier maka:

$$q''_x = -k \frac{T_2 - T_1}{dx} \quad (2.3)$$

a. Konduksi Pada Bidang Datar

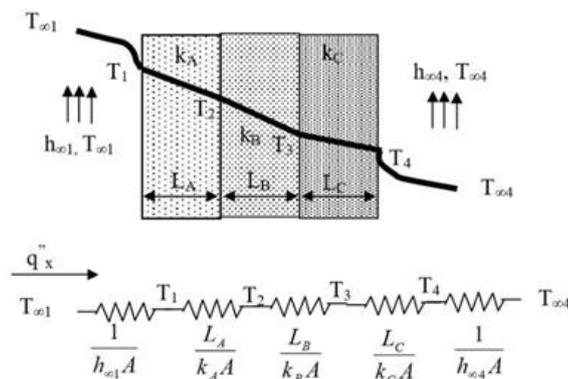
Konduksi satu dimensi pada dinding datar, distribusi temperatur hanya ke arah satu sumbu saja misalnya sumbu x , sehingga perpindahan panas hanya terjadi ke arah sumbu x saja. Pada gambar 2.5 terlihat panas berpindah secara konveksi dari udara di bagian dalam ke dinding dalam, kemudian dilanjutkan dengan konduksi dari dinding dalam ke dinding luar, lalu diteruskan lagi dengan konveksi dari dinding luar ke udara luar.



Gambar 2.5 Perpindahan Panas pada Dinding Datar

b. Konduksi Pada Dinding Berlapis

Metode analisis perpindahan panas dengan menganalogikan dengan rangkaian hambatan listrik tersebut akan sangat membantu menyelesaikan kasus perpindahan panas pada dinding berlapis, baik seri maupun parallel. Dinding disusun seperti rangkaian hambatan listrik seri. Dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Perpindahan Panas pada Dinding Berlapis

2.6.7 Perpindahan Panas Konveksi

Konveksi adalah perpindahan kalor oleh gerak dari suatu zat yang dipanaskan. Konduksi dan konveksi membutuhkan media perantara dalam proses perpindahan panas. Berbeda dengan konduksi, para konveksi membutuhkan gerakan fluida untuk untuk dapat memindahkan panas. Penelitian menunjukkan bahwa perpindahan panas konveksi sangat bergantung pada sifat-sifat fluida seperti

viskositas dinamis (μ), konduktivitas *thermal* (ν), masa jenis (ρ), dan spesifikasi panas (C_p), dan dipengaruhi oleh kecepatan fluida V . Konveksi juga bergantung pada bentuk kekasaran permukaan, dan bahkan juga dipengaruhi oleh tipe aliran seperti laminar atau turbulen. Sehingga kita dapat menyimpulkan bahwa perpindahan panas secara konveksi adalah kompleks karena bergantung pada variabel. Oleh karena itu konveksi adalah perpindahan panas yang paling kompleks.



Gambar 2.7 Perpindahan Panas secara Konveksi

Perpindahan panas konveksi juga dikategorikan berdasarkan penyebab terjadinya aliran fluida. Jika aliran fluida yang terjadi disebabkan oleh faktor eksternal seperti: pompa, *fan/blower* atau juga angin pada udara atmosfer maka perpindahan panas konveksi yang terjadi disebut konveksi paksa. (*forced convection*). Jika aliran fluida dihasilkan oleh tarikan gaya *Buoyancy* yang dihasilkan oleh adanya variasi massa jenis fluida, (variasi massa jenis dihasilkan oleh adanya perbedaan temperatur antara satu lokasi dengan lokasi yang lain dalam satu wadah) maka disebut konveksi bebas atau konveksi alam.

Untuk menghitung *fluks* panas konveksi dapat menggunakan sebuah persamaan yang dikenal dengan nama *Newton's Law Of Cooling* yaitu :

$$q'' = h (T_s - T_\infty) \text{ (W/m}^2\text{)} \quad (2.4)$$

$$q = h A (T_s - T_\infty) \text{ (watt)} \quad (2.5)$$

2.6.8 Koefisien Perpindahan Panas Konveksi

Koefisien perpindahan panas konveksi adalah koefisien perpindahan panas kalor konveksi dimana merupakan konstanta proposionalitas pada persamaan hukum *Newton* pendinginan

$$h = Nu_D \frac{k}{D} \quad (2.6)$$

Dimana :

- q'' : *fluks* panas konveksi (W/m^2)
- T_s : temperatur permukaan padat (K)
- T_∞ : temperatur rata-rata fluida (K)
- h : koefisien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 K$)

2.6.9 Perpindahan Panas Radiasi

Radiasi adalah perpindahan kalor melalui gelombang dari suatu zat ke zat yang lain. Semua benda memancarkan kalor, keadaan ini baru terbukti setelah suhu meningkat. Pada hakekatnya proses perpindahan kalor radiasi terjadi dengan perantara foton dan juga gelombang elektromagnetik. Apabila sejumlah energi kalor menimpa suatu permukaan sebagian akan dipantulkan, sebagian akan diserap kedalam bahan, dan sebagian akan menembus bahan dan terus keluar. Jadi dalam mempelajari perpindahan panas kalor secara radiasi, maka akan dilibatkan suatu fisik permukaan. Ciri-ciri perpindahan panas radiasi yaitu :

- a. Kalor radiasi merambat lurus.
- b. Tidak membutuhkan media perantara.

Fluks pancaran panas radiasi maksimum dari suatu permukaan dihitung berdasarkan hukum *Stefan-Boltzmann* yaitu :

$$q' = \sigma \cdot T_s^4 \quad (2.7)$$

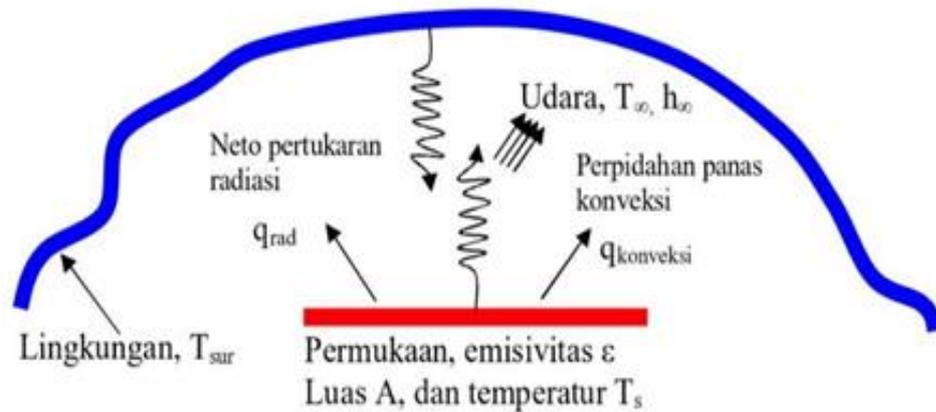
Dimana :

- q' : *fluks* pancaran panas radiasi (W/m^2)
- σ : konstanta *Stefan-Boltzmann* ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$)
- T_s : temperatur permukaan (K)

Fluks pancaran panas radiasi maksimum yang dipancarkan oleh permukaan radiator sempurna disebut benda hitam (*black body*). *Fluks* pancaran panas radiasi yang sebenarnya lebih kecil dari *fluks* maksimum tersebut yaitu:

$$q' = \varepsilon \cdot \sigma \cdot T_s^4 \quad (2.8)$$

Dimana ε : sifat radiatif permukaan dan disebut *emisivitas*.



Gambar 2.8 Pertukaran Radiasi antara Permukaan dengan Sekelilingnya

Setiap material yang bertemperatur memancarkan radiasi, jadi yang terpenting adalah menghitung laju pertukaran radiasi netto antara dua benda yang saling memancarkan radiasi. Kasus yang sering dijumpai adalah pertukan *netto* antara benda kecil dengan lingkungannya yang melingkupi seluruh benda yang kecil tersebut. Artinya seluruh pancaran radiasi benda kecil diasumsikan diterima seluruhnya oleh lingkungan yang melingkupinya. Diantara benda dengan lingkungannya dipisahkan oleh gas yang tidak berpengaruh terhadap perpindahan panas radiasi. Persamaan laju pertukaran netto adalah:

$$q' = \varepsilon \cdot A \cdot \sigma (T_s^4 - T_{sur}^4) \quad (2.9)$$

Dimana A : luas permukaan pemancar (yang memancarkan) radiasi. Untuk kasus ini luas permukaan dan *emisivitas* lingkungan tidak berpengaruh pada radiasi.

2.6.10 *Properties Material*

A. *Kondiktivitas Termal*

Kondiktivitas Termal adalah suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuan untuk menghantarkan panas. Konduksi termal adalah suatu fenomena transport dimana perbedaan temperatur menyebabkan transfer energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperatur yang lebih rendah. Panas yang di transfer dari satu titik ke titik lain melalui salah satu dari tiga metode yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduktivitas termal = Laju aliran panas x jarak / (luas x perbedaan suhu).

$$k = \frac{Q}{t} \times \frac{L}{A \times \Delta T} \quad (2.10)$$

Besaran ini didefinisikan sebagai panas Q yang dihantarkan selama waktu t melalui ketebalan L , dengan arah normal ke permukaan dengan luas A yang disebabkan oleh perbedaan suhu ΔT dalam kondisi tunak dan jika perpindahan panas hanya tergantung dengan perbedaan suhu tersebut.

B. *Specific Heat (Cp)*

Suatu material akan meningkat temperaturnya apabila dipanaskan dengan merayapnya sejumlah energi, untuk menghasilkan kenaikan suhu sebesar nilai tertentu.

C. *Density (ρ)*

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya.

$$\rho = \frac{P}{R.T7} \quad (2.11)$$

C. *Bilangan Prandtl*

Prandtl number merupakan rasio kinematic viskositas dan fluida dengan difusivitas kalor, dimana rumus tersebut.

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (2.12)$$

BAB III

HASIL DAN PEMBELAJARAN

3.1 Deskripsi dan Tujuan Tugas Khusus

Engine nacelle N219, terdiri dari 2 *firezone* dan non *firezone*. Pada saat kondisi normal, suhu di dalam *engine nacelle* (*firezone* 1 dan 2) dijaga temperatur dibawah batas temperatur yang diizinkan dengan sistem pendinginan (*cooling system*). Tetapi jika terjadi kebakaran pada daerah mesin atau pada *firezone*, api tetap berada didalam *firezone* dan tidak menyebar ke area non *firezone*.

Untuk mencegah meluasnya api ke daerah lain, *firezone* dilengkapi dengan *firewall* untuk menahan api, tetapi panas yang ditimbulkan tetap diteruskan *front spar*. Panas yang diteruskan ini bisa menyebabkan *front spar* mempunyai temperatur yang tinggi. Sehingga menyebabkan kegagalan atau kerusakan pada bagian tersebut, oleh karena itu dibutuhkan *insulation* diantara *firewall* dan *front spar*. Kondisi ini merupakan pokok bahasan pada kerja praktek ini.

Untuk menentukan besar temperatur yang terjadi pada bagian *front spar*, maka dilakukan perhitungan perpindahan panas untuk menentukan ketebalan dari *insulation*.

Tujuan khusus dari kerja praktek ini yaitu sebagai berikut:

- a. Memahami bentuk desain dari *insulation* pada engine nacelle pesawat N 219 di PT. Dirgantara Indonesia.
- b. Menentukan penentuan ketebalan *insulation* untuk proteksi *front spar* pada *engine nacelle* pesawat N 219 di PT. Dirgantara Indonesia.

3.2 Metode Penyelesaian Tugas Khusus

Dalam menyelesaikan tugas khusus yang diberikan perusahaan praktikan melakukan beberapa tahapan. Untuk menentukan besar temperatur yang terjadi pada bagian *front spar*, maka dilakukan perhitungan perpindahan panas dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan jenis perpindahan panas yang terjadi pada setiap bagian, baik perpindahan panas konduksi, dan konveksi.
- b. Membuat permodelan *thermal* atau rangkaian analogi.
- c. Menentukan *node* atau titik yang akan di analisa.

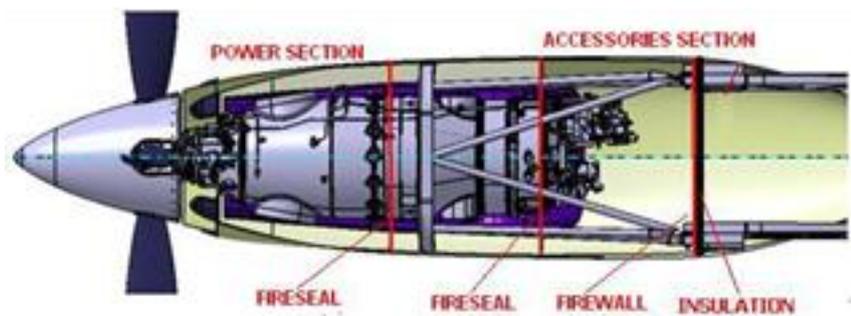
- d. Menentukan penghubung antar *node*.
- e. Memvariasikan ukuran pada bagian *insulation*.

3.3 Data dan Pembahasan

Berikut ini adalah gambar skema dari lokasi *insulation* untuk permodelan *thermal* dan data data yang akan dilakukan untuk perhitungan dalam pokok bahasan ini.

3.3.1 Lokasi *Insulation*

Gambar 3.1 menunjukkan lokasi dari *insulation*, terletak di *firezone 2* dibelakang *firewall*.



Gambar 3.1 Lokasi *Insulation*

3.3.2 *Thermal Properties*

Pada laporan ini material yang dipilih untuk *firewall* adalah *Steel* dengan *properties* sebagai berikut :

A. *Properties Material Front spar, Firewall dan Insulation*

Data *properties* dari material *front spar*, *firewall* dan *insulation* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.2 *Properties Material Front Spar, Firewall, dan Insulation*.

B. *Properties Udara (Air)*

Dalam studi kasus ini diketahui bahwa nilai dari T_s adalah 2000°F dan T_{∞} adalah 158°F , sehingga didapatkan nilai T_f adalah 1079°F . Sehingga nilai-nilai yang digunakan dari tabel 3.2 diambil dari nilai temperature 1079°F .

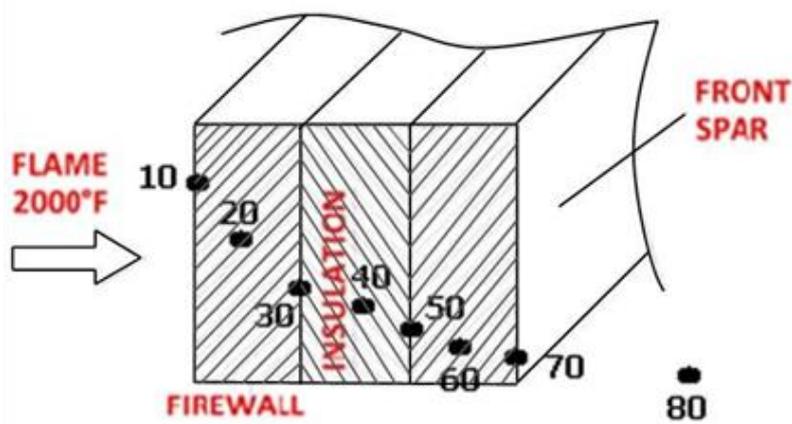
Tabel 3.2 Properti Udara pada Tekanan Atmosfer

T (F)	ρ (lb/ft ³)	Cp (Btu/lb.F)	$v \cdot 10^6$ (ft ² /s)	$k \cdot 10^3$ (Btu/hr.ft. F)	Pr
80,33	0,0725039	0,241	171,038537	15,2	0,707
170,33	0,0621159	0,241	225,181006	17,3	0,7
260,33	0,054381	0,242	284,274874	19,5	0,69
350,33	0,0483193	0,244	348,643059	21,6	0,686
440,33	0,0434749	0,246	417,532085	23,5	0,684
530,33	0,0395107	0,248	490,511398	25,4	0,683
620,33	0,0362332	0,251	567,15044	27,1	0,685
710,33	0,0334364	0,254	648,095046	28,7	0,69
800,33	0,0310579	0,257	733,0223	30,3	0,695
890,33	0,0289853	0,26	822,039839	31,7	0,702
980,33	0,0271812	0,263	914,178912	33,1	0,709
1070,33	0,0255768	0,265	1009,65479	34,5	0,716
1160,33	0,0241472	0,268	1107,60638	35,8	0,72
1250,33	0,0288861	0,27	1207,71074	37,2	0,723
1340,33	0,0217374	0,273	1312,12068	38,6	0,726
1520,33	0,0197647	0,277	1526,32249	41,3	0,728
1700,33	0,0181166	0,281	1753,44100	44,1	0,728
1880,33	0,0167245	0,284	1992,39981	47,4	0,719
2060,33	0,0155321	0,288	2292,71291	52,6	0,703
1079	0,0420353	0,259604	1004,43428	34,086552	0,70547397

3.4 Metode Perhitungan Perpindahan Panas

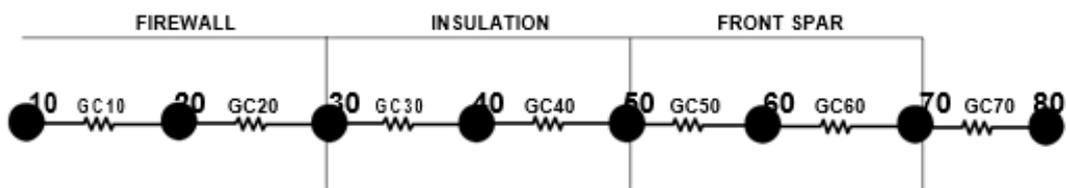
3.4.1 Permodelan Termal

Permodelan termal dilakukan dengan menggambarkan skema sebagaimana digambarkan pada gambar 3.2. Dari gambar 3.2 terlihat bahwa temperatur pada bagian luar *firewall* (10) menerima temperatur sampai 2000 °F hingga menjalar ke bagian dalam *front spar* mengalami perpindahan panas secara konduksi, dan pada bagian terluar *front spar* (70) mengalami perpindahan panas secara konveksi. Lalu dari skema tersebut dilakukan perhitungan *Conductance*.



Gambar 3.2 Skema Permodelan Termal

Untuk analisis perpindahan panas seperti pada gambar 3.2 dengan menganalogikan dengan rangkaian hambatan listrik seperti terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. *Electrical Thermal Analog*

Dalam pemodelan termal ini, temperatur yang akan dihitung diwakili oleh *node-node* sebagai berikut :

- Pada *Node* 10 adalah temperatur pada bagian terluar dari permukaan firewall.
- Pada *Node* 20 adalah temperatur bagian dalam dari *firewall*.
- Pada *Node* 40 adalah temperatur bagian dalam dari *insulation*.
- Pada *Node* 60 adalah temperatur bagian dalam dari *front spar*.
- Pada *Node* 30 dan 50 adalah temperatur bagian tengah atau berada di permukaan pada setiap perbedaan material.
- Pada *Node* 70 adalah temperatur pada bagian terluar dari permukaan *front spar*.
- Pada *Node* 80 adalah temperatur *dry bay*.

Sebagai penghubung antara *node* yang satu ke *node* yang lainnya, diberikan penghubung yaitu *conductance* perpindahan panas, baik secara konveksi maupun konduksi. Sebagai contohnya *conductance* GC10 adalah penghubung antara *node* 10 dengan *node* 20, dan seterusnya di jelaskan sebagai berikut :

- a. GC10 dan GC20 adalah *conductance* antara temperatur pada permukaan terluar *firewall* dengan permukaan terluar *insulation*, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi.
- b. GC30 dan GC40 adalah *conductance* antara temperatur pada permukaan terluar *insulation* dengan permukaan terluar *front spar*, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi.
- c. GC50 dan GC60 adalah *conductance* antara temperatur pada permukaan terluar *front spar* dengan temperature terluar *fornt spar* yang berhubungan langsung dengan temperature di bagian luar instalasi ini, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi.
- d. GC70 adalah *conductance* antara temperatur pada permukaan terluar *front spar* yang berbatasan langsung dengan bagian terluar instalasi dengan temperature udara di luar *front spar*, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konveksi.

3.4.2 Perhitungan Termal

Untuk melakukan perhitungan ini nilai *conductance* harus dihitung berdasarkan jenis perpindahan panas yang terjadi. Berikut ini adalah contoh perhitungan nilai *conductance* :

- a. Perhitungan *Conductance* GC10

Conductance GC10 adalah penghubung antara *node* 10 dan 20, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi. Berikut ini adalah perhitungan nilai *conductance*nya dengan data sebagai berikut :

Luas perpindahan panas (A)	: 0,833 ft x 0,833 ft = 0,693889 ft ²
Ketebalan (L)	: 0,0013124 ft
Konduktivitas termal (k)	: 18,3 Btu/hr.ft.°F
GC10	= (K x A)/L
	= (18,3 x 0,693889)/0,0013124

$$= 9675,532 \text{ Btu/hr. } ^\circ\text{F}$$

b. Perhitungan *Conductance* GC30

Conductance GC10 adalah penghubung antara *node* 30 dan 40, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi.

Berikut ini adalah perhitungan nilai conductancenya dengan data sebagai berikut :

$$\text{Luas perpindahan panas (A)} : 0,833 \text{ ft} \times 0,833 \text{ ft} = 0,693889 \text{ ft}$$

$$\text{Ketebalan (L)} : 0,006562 \text{ ft}$$

$$\text{Konduktivitas termal (k)} : 0,0192 \text{ Btu/hr.ft.}^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{GC10} &= (K \times A)/L \\ &= (18,3 \times 0,006562)/0,0192 \\ &= 2,030 \text{ Btu/hr. } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

c. Perhitungan *conductance* GC50

Conductance GC10 adalah penghubung antara *node* 50 dan 60, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konduksi. Berikut ini adalah perhitungan nilai conductancenya :

$$\text{Luas perpindahan panas (A)} : 0,833 \text{ ft} \times 0,833 \text{ ft} = 0,693889 \text{ ft}^2$$

$$\text{Ketebalan (L)} : 0,003281 \text{ ft}$$

$$\text{Konduktivitas termal (k)} : 80 \text{ Btu/hr.ft.}^\circ\text{F}$$

$$\begin{aligned} \text{GC10} &= (K \times A)/L \\ &= (18,3 \times 0,003281)/0,0013124 \\ &= 16918,964 \text{ Btu/hr. } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

d. Perhitungan *Conductance* GC70

Conductance GC10 adalah penghubung antara *node* 70 dan 80, perpindahan panas yang terjadi adalah perpindahan panas secara konveksi bebas. Berikut ini adalah perhitungan nilai conductancenya dengan data sebagai berikut :

$$\text{Luas perpindahan panas (A)} : 0,833 \text{ ft} \times 0,833 \text{ ft} = 0,693889 \text{ ft}^2$$

Koefisien perpindahan panas konveksi (h) : ?

Untuk perhitungan koefisien perpindahan panas dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:



e. Mencari nilai bilangan *Grashof* :

$$Gravity : 32,2 \text{ ft/s}^2$$

$$\beta : 1/T_f = 0,000926784 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$T_s - T_\infty : 1842 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$Thickness : 0,833 \text{ ft}$$

$$Kinematic \text{ Viscosity} : 1004,434286 \text{ ft}^2/\text{s}$$

$$\begin{aligned} GrL &= (g \times \beta \times (T_s - T_\infty) \times L^3) / \nu \\ &= (32,2 \times 0,000926784 \times 1842 \times 0,8333) / 1004,434286 \\ &= 31493142,61 \end{aligned}$$

e. Koefisien Perpindahan Panas Konveksi Bebas

Setelah didapatkan nilai *Grashof number* melalui perhitungan, diketahui bahwa nilai *Grashof Number* $109 < GrL$. Kemudian dengan bentuk geometri *vertical plates* and *cylinder* seperti dibawah ini, maka didapatkan rumus untuk mendapatkan nilai koefisien perpindahan panas konveksi seperti berikut :

$$Prandtl \text{ Number (Pr)} : 0,705474$$

$$X : 0,833 \text{ ft}$$

$$Thermal \text{ Conductivity (k)} : 0,034087 \text{ Btu/hr.ft.} ^\circ\text{F}$$

$$h \cdot x / k = 0,13(GrL.Pr)^{1/3}$$

$$h = (0,13.k(GrL.Pr)^{1/3})/x$$

$$= (0,13 \cdot 0,034087 (31493142,61 \cdot 0,705474)^{1/3}) / 0,833$$

$$= 1,657541203 \text{ Btu/hr.} ^\circ\text{F}$$

Jadi Koefisien perpindahan panas konveksi (h) : 1,657541203
Btu/hr.ft².°F

$$\begin{aligned} GC_{10} &= h \times A \\ &= 1,657541203 \times 0,693889 \\ &= 1,150 \text{ Btu/hr. } ^\circ\text{F} \end{aligned}$$

Berdasarkan rumus dan perhitungan diatas, maka nilai *conductance* untuk ketebalan *insulation* 4 mm, selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.4 berikut :

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Termal untuk *Insulation* 4 mm

GC	Heat Transfer	A (ft ²)	k (Btu/hr.ft.°F)	L (ft)	h (Btu/hr ft ² .°F)	GC Formula (Btu/hr.°F)	Kapasitan (Btu/°F)
10	Conduction	0,6938	18,3000	0,0013		9675,5320	-
20	Conduction		18,3000	0,0013		9675,5320	0,1077
30	Conduction		30,0192	0,0065		12232,0300	-
40	Conduction		30,0192	0,0065		12232,0300	0,0189
50	Conduction		80,0000	0,0032		16918,9640	-
60	Conduction		80,0000	0,0032		16918,9640	0,1851
70	Conduction					1,6575	1,1500

Berdasarkan rumus dan perhitungan yang sama, maka nilai *conductance*, untuk ketebelan 8 mm selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.5 berikut:

Tabel 3.5 Hasil Perhitungan Termal untuk *Insulation* 8 mm

GC	Heat Transfer	A (ft ²)	k (Btu/hr.ft.°F)	L (ft)	h (Btu/hr ft ² .°F)	GC Formula (Btu/hr.°F)	Kapasitan (Btu/°F)
10	Conduction	0,6938	18,3000	0,0013		9675,5320	-
20	Conduction		18,3000	0,0013		9675,5320	0,1077
30	Conduction		30,0192	0,0131		1231,0150	-
40	Conduction		30,0192	0,0131		1231,0150	0,0378
50	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	-
60	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	0,1851
70	Convection					1,6575	1,1500

Berdasarkan rumus dan perhitungan yang sama, maka nilai *conductance*, untuk ketebelan 12 mm selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut:

Tabel 3.6 Hasil Perhitungan Termal untuk *Insulation* 12 mm

GC	Heat Transfer	A (ft ²)	k (Btu/hr ft. °F)	L (ft)	h (Btu/hr ft ² . °F)	GC Formula (Btu/hr. °F)	Kapasitan (Btu/°F)
10	Conduction	0,6938	18,3000	0,0013		9675,5320	-
20	Conduction		18,3000	0,0013		9675,5320	0,1080
30	Conduction		30,0192	0,0196		1230,6770	-
40	Conduction		30,0192	0,0196		1230,6770	0,0570
50	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	-
60	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	0,1850
70	Convection					1,6575	1,1500

Berdasarkan rumus dan perhitungan yang sama, maka nilai *conductance*, untuk ketebelan 14 mm selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut:

Tabel 3.7 Hasil Perhitungan Termal untuk *Insulation* 14 mm

GC	Heat Transfer	A (ft ²)	k (Btu/hr ft. °F)	L (ft)	h (Btu/hr ft ² . °F)	GC Formula (Btu/hr. °F)	Kapasitan (Btu/°F)
10	Conduction	0,6938	18,3000	0,0013		9675,5320	-
20	Conduction		18,3000	0,0013		9675,5320	0,1080
30	Conduction		30,0192	0,0229		1230,5800	-
40	Conduction		30,0192	0,0229		1230,5800	0,0660
50	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	-
60	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	0,1850
70	Convection					1,6575	1,1500

Berdasarkan rumus dan perhitungan yang sama, maka nilai *conductance*, untuk ketebelan 16 mm selengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.8 berikut:

Tabel 3.8 Hasil Perhitungan Termal untuk *Insulation* 16 mm

GC	Heat Transfer	A (ft ²)	k (Btu/hr.ft.°F)	L (ft)	h (Btu/hr.ft ² .°F)	GC Formula (Btu/hr.°F)	Kapasitan (Btu/°F)
10	Conduction	0,6938	18,3000	0,0013		9675,5320	-
20	Conduction		18,3000	0,0013		9675,5320	0,1080
30	Conduction		30,0192	0,0262		1230,5080	-
40	Conduction		30,0192	0,0262		1230,5080	0,0760
50	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	-
60	Conduction		80,0000	0,0033		16918,9640	0,1850
70	Convection					1,6575	1,1500

3.4.3 Metode Penyelesaian

Untuk menyelesaikan proses perhitungan ini, dilakukan dengan aplikasi SINDA computer code. SINDA ini adalah salah satu *software* yang berfungsi untuk membantu menyelesaikan perhitungan thermal.

3.4.4 Hasil Perhitungan

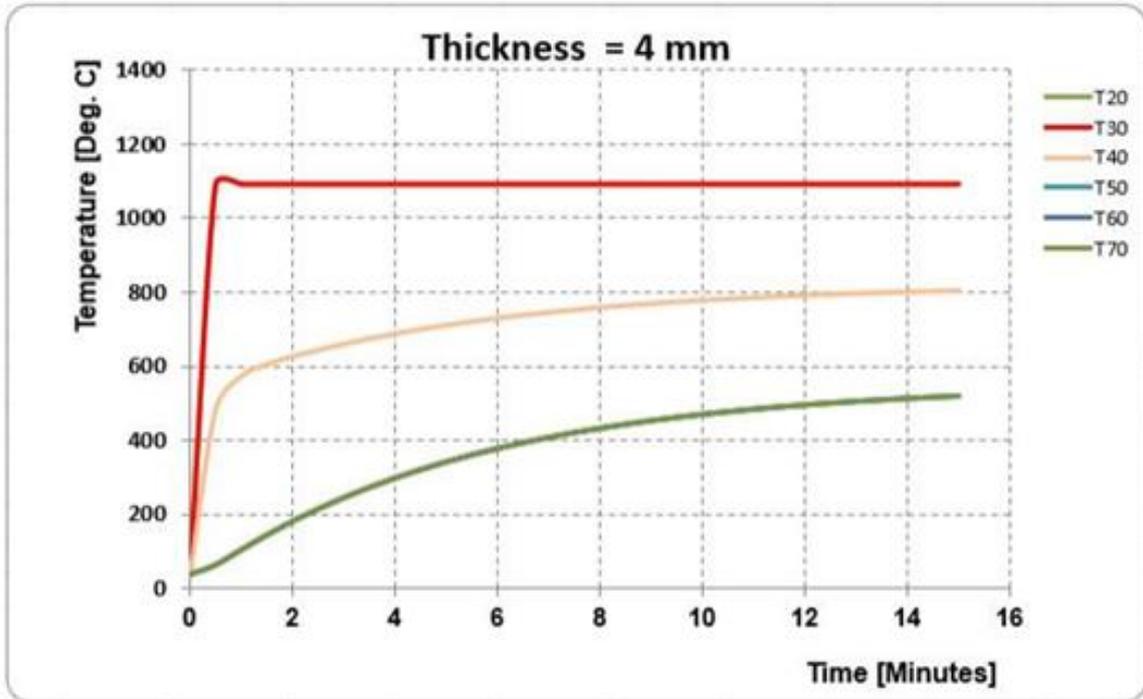
Proses perhitungan yang dilakukan oleh *software* SINDA dapat dilihat pada tabel-tabel dan gambar-gambar dibawah ini :

3.4.5 Hasil Perhitungan dengan Ketebalan *Insulation* 4 mm

Berdasarkan proses penyelesaian yang dilakukan oleh *software* SINDA untuk ketebelan 4 mm dilihat pada tabel 3.9 dan gambar berikut :

Tabel 3.9 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 4 mm

Waktu (Min)	Temperatur <i>Insulation</i> (°F)					
	GC20	GC30	GC40	GC50	GC60	GC70
0,5	1093,2	1093,1	483,6	65,9	65,8	65,8
1,0	1093,2	1093,1	574,1	106,5	106,4	106,4
1,5	1093,2	1093,1	606,1	146,1	146,0	146,0
2,0	1093,2	1093,1	627,2	182,6	182,5	182,5
2,5	1093,2	1093,1	645,0	215,8	215,7	215,7
3,0	1093,2	1093,2	661,0	246,0	246,0	246,0
3,5	1093,2	1093,2	675,6	273,5	273,5	273,5
4,0	1093,2	1093,2	688,8	298,6	298,5	298,5
4,5	1093,3	1093,2	700,8	321,3	321,3	321,2
5,0	1093,3	1093,2	711,7	342,0	341,9	341,9
5,5	1093,3	1093,2	721,7	360,8	360,8	360,7
6,0	1093,3	1093,2	730,7	377,9	377,9	377,9
6,5	1093,3	1093,2	738,9	393,5	393,4	393,4
7,0	1093,3	1093,2	746,4	407,6	407,6	407,6
7,5	1093,3	1093,2	753,2	420,5	420,5	420,4
8,0	1093,3	1093,2	759,4	432,2	432,2	432,1
8,5	1093,3	1093,2	765,0	442,8	442,8	442,8
9,0	1093,3	1093,2	770,1	452,5	452,5	452,5
9,5	1093,3	1093,2	774,8	461,3	461,3	461,3
10,0	1093,3	1093,2	779,0	469,3	469,3	469,3
10,5	1093,3	1093,2	782,9	476,6	476,6	476,6
11,0	1093,3	1093,2	786,3	483,2	483,2	483,2
11,5	1093,3	1093,2	789,5	489,3	489,2	489,2
12,0	1093,3	1093,2	792,4	494,7	494,7	494,7
12,5	1093,3	1093,2	795,1	499,7	499,7	499,7
13,0	1093,3	1093,2	797,4	504,3	504,2	504,2
13,5	1093,3	1093,2	799,6	508,4	508,3	508,3
14,0	1093,3	1093,2	801,6	512,1	512,1	512,1
14,5	1093,3	1093,2	803,4	515,5	515,5	515,5
15,0	1093,3	1093,2	805,0	518,6	518,6	518,6



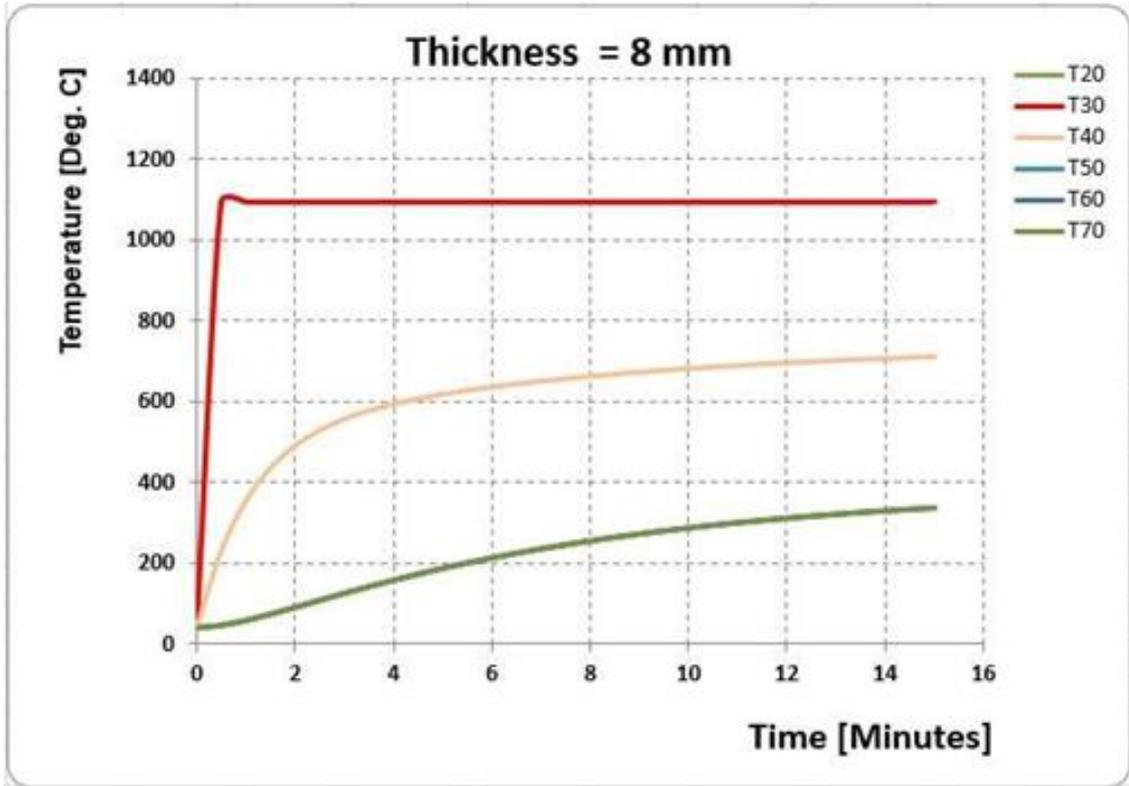
Gambar 3.4. Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 4 mm

3.4.6 Hasil Perhitungan dengan Ketebalan *Insulation* 8 mm

Berdasarkan proses penyelesaian yang dilakukan oleh *software* SINDA untuk ketebalan 8 mm dilihat pada table 3.10 dan gambar berikut:

Tabel 3.10 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 8 mm

Waktu (Min)	Temperatur <i>Insulation</i> (°F)					
	GC20	GC30	GC40	GC50	GC60	GC70
0,5	1093,2	1093,2	229,5	46,0	46,0	46,0
1,0	1093,3	1093,2	352,8	58,1	58,0	58,0
1,5	1093,3	1093,2	434,3	73,4	73,4	73,4
2,0	1093,3	1093,2	489,5	90,3	90,2	90,2
2,5	1093,3	1093,2	527,9	107,5	107,5	107,5
3,0	1093,3	1093,2	555,6	124,6	124,6	124,6
3,5	1093,3	1093,2	576,4	141,2	141,2	141,2
4,0	1093,3	1093,2	592,6	157,0	157,0	157,0
4,5	1093,3	1093,2	605,7	172,0	172,0	172,0
5,0	1093,3	1093,2	616,8	186,1	186,1	186,1
5,5	1093,3	1093,2	626,3	199,4	199,3	199,3
6,0	1093,3	1093,2	634,7	211,8	211,7	211,7
6,5	1093,3	1093,2	642,2	223,4	223,3	223,3
7,0	1093,3	1093,2	649,0	234,2	234,2	234,2
7,5	1093,3	1093,2	655,3	244,3	244,3	244,3
8,0	1093,3	1093,2	661,1	253,7	253,7	253,7
8,5	1093,3	1093,2	666,4	262,5	262,5	262,5
9,0	1093,3	1093,2	671,3	270,7	270,7	270,7
9,5	1093,3	1093,2	675,9	278,4	278,4	278,3
10,0	1093,3	1093,2	680,2	285,5	285,5	285,5
10,5	1093,3	1093,2	684,1	292,1	292,1	292,1
11,0	1093,3	1093,2	687,8	298,3	298,3	298,3
11,5	1093,3	1093,2	691,2	304,1	304,1	304,1
12,0	1093,3	1093,2	694,4	309,5	309,5	309,5
13,0	1093,3	1093,3	700,2	319,2	319,2	319,2
13,5	1093,3	1093,3	702,8	323,5	323,5	323,5
14,0	1093,3	1093,3	705,2	327,6	327,6	327,6
14,5	1093,3	1093,3	707,4	331,4	331,4	331,4
15,0	1093,3	1093,3	709,5	334,9	334,9	334,9



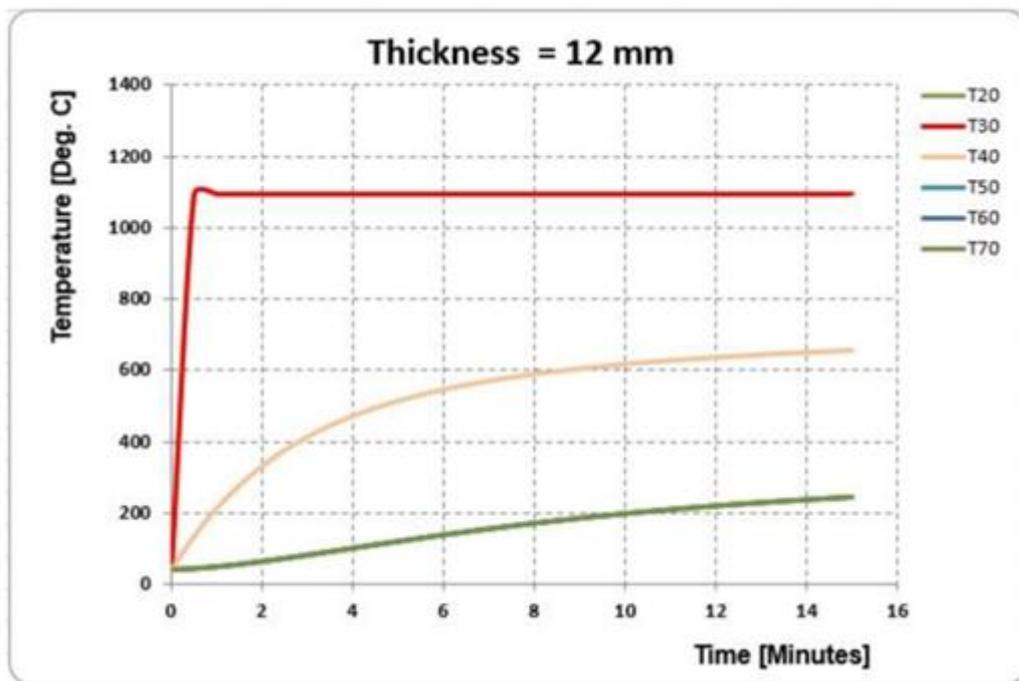
Gambar 3.5 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 8 mm

3.4.7 Hasil Perhitungan dengan Ketebalan *Insulation* 12 mm

Berdasarkan proses penyelesaian yang dilakukan oleh *software* SINDA untuk ketebelan 12 mm dilihat pada table 3.11 dan gambar berikut :

Tabel 3.11 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 12 mm

Waktu (Min)	Temperatur <i>Insulation</i> (°F)					
	GC20	GC30	GC40	GC50	GC60	GC70
0,5	1093,3	1093,2	134,6	42,9	42,9	42,9
1,0	1093,3	1093,2	212,7	48,2	48,2	48,2
1,5	1093,3	1093,2	277,3	55,0	55,0	55,0
2,0	1093,3	1093,2	331,0	63,1	63,1	63,1
2,5	1093,3	1093,2	375,8	72,0	72,0	72,0
3,0	1093,3	1093,2	413,4	81,4	81,3	81,3
3,5	1093,3	1093,2	445,0	91,0	91,0	91,0
4,0	1093,3	1093,2	471,9	100,7	100,7	100,7
4,5	1093,3	1093,2	494,8	110,4	110,4	110,4
5,0	1093,3	1093,3	514,5	119,9	119,9	119,9
5,5	1093,3	1093,3	531,5	129,3	129,3	129,3
6,0	1093,3	1093,3	546,2	138,3	138,3	138,3
6,5	1093,3	1093,3	559,1	147,1	147,0	147,0
7,0	1093,3	1093,3	570,5	155,5	155,4	155,4
7,5	1093,3	1093,3	580,5	163,5	163,5	163,5
8,0	1093,3	1093,3	589,5	171,2	171,2	171,2
8,5	1093,3	1093,3	597,5	178,5	178,5	178,5
9,0	1093,3	1093,3	604,7	185,5	185,5	185,5
9,5	1093,3	1093,3	611,3	192,1	192,1	192,1
10,0	1093,3	1093,3	617,2	198,4	198,4	198,4
10,5	1093,3	1093,3	622,6	204,4	204,4	204,4
11,0	1093,3	1093,3	627,6	210,0	210,0	210,0
11,5	1093,3	1093,3	632,2	215,4	215,3	215,3
12,0	1093,3	1093,3	636,4	220,4	220,4	220,4
12,5	1093,3	1093,3	640,3	225,2	225,1	225,1
13,0	1093,3	1093,3	643,9	229,6	229,6	229,6
13,5	1093,3	1093,3	647,2	233,9	233,9	233,9
14,0	1093,3	1093,3	650,4	237,9	237,9	237,9
14,5	1093,3	1093,3	653,3	241,7	241,6	241,6
15,0	1093,3	1093,3	656,0	245,2	245,2	245,2



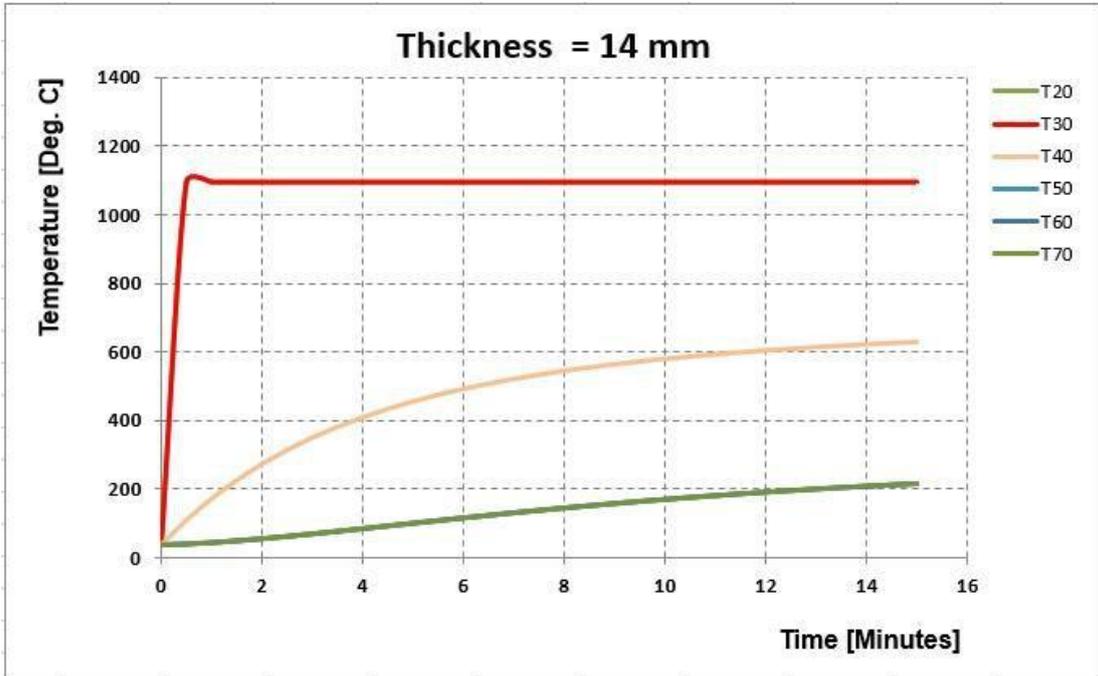
Gambar 3.6 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 12 mm

3.4.8 Hasil Perhitungan dengan Ketebalan *Insulation* 14 mm

Berdasarkan proses penyelesaian yang dilakukan oleh *software* SINDA untuk ketebalan 14 mm dilihat pada table 3.12 dan gambar berikut:

Tabel 3.12 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 14 mm

Waktu (Min)	Temperatur <i>Insulation</i> (°F)					
	GC20	GC30	GC40	GC50	GC60	GC70
0,5	1093,3	1093,2	111,7	42,4	42,4	42,4
1,0	1093,3	1093,2	174,0	46,4	46,3	46,3
1,5	1093,3	1093,2	228,1	51,4	51,4	51,4
2,0	1093,3	1093,2	275,2	57,4	57,4	57,4
2,5	1093,3	1093,2	316,3	64,1	64,0	64,0
3,0	1093,3	1093,2	352,3	71,2	71,2	71,2
3,5	1093,3	1093,2	383,9	78,6	78,6	78,6
4,0	1093,3	1093,3	411,7	86,2	86,2	86,2
4,5	1093,3	1093,3	436,2	93,9	93,9	93,9
5,0	1093,3	1093,3	457,9	101,6	101,6	101,6
5,5	1093,3	1093,3	477,2	109,2	109,2	109,2
6,0	1093,3	1093,3	494,4	116,7	116,7	116,7
6,5	1093,3	1093,3	509,7	124,1	124,1	124,1
7,0	1093,3	1093,3	523,4	131,3	131,2	131,2
7,5	1093,3	1093,3	535,8	138,2	138,2	138,2
8,0	1093,3	1093,3	546,9	145,0	144,9	144,9
8,5	1093,3	1093,3	557,0	151,5	151,4	151,4
9,0	1093,3	1093,3	566,1	157,7	157,7	157,7
9,5	1093,3	1093,3	574,4	163,7	163,7	163,7
10,0	1093,3	1093,3	582,0	169,5	169,4	169,4
10,5	1093,3	1093,3	588,9	175,0	174,9	174,9
11,0	1093,3	1093,3	595,2	180,2	180,2	180,2
11,5	1093,3	1093,3	601,1	185,2	185,2	185,2
12,0	1093,3	1093,3	606,4	190,0	190,0	190,0
12,5	1093,3	1093,3	611,4	194,6	194,5	194,5
13,0	1093,3	1093,3	616,0	198,9	198,9	198,9
13,5	1093,3	1093,3	620,2	203,0	203,0	203,0
14,0	1093,3	1093,3	624,2	206,9	206,9	206,9
14,5	1093,3	1093,3	627,8	210,6	210,6	210,6
15,0	1093,3	1093,3	631,2	214,2	214,1	214,1



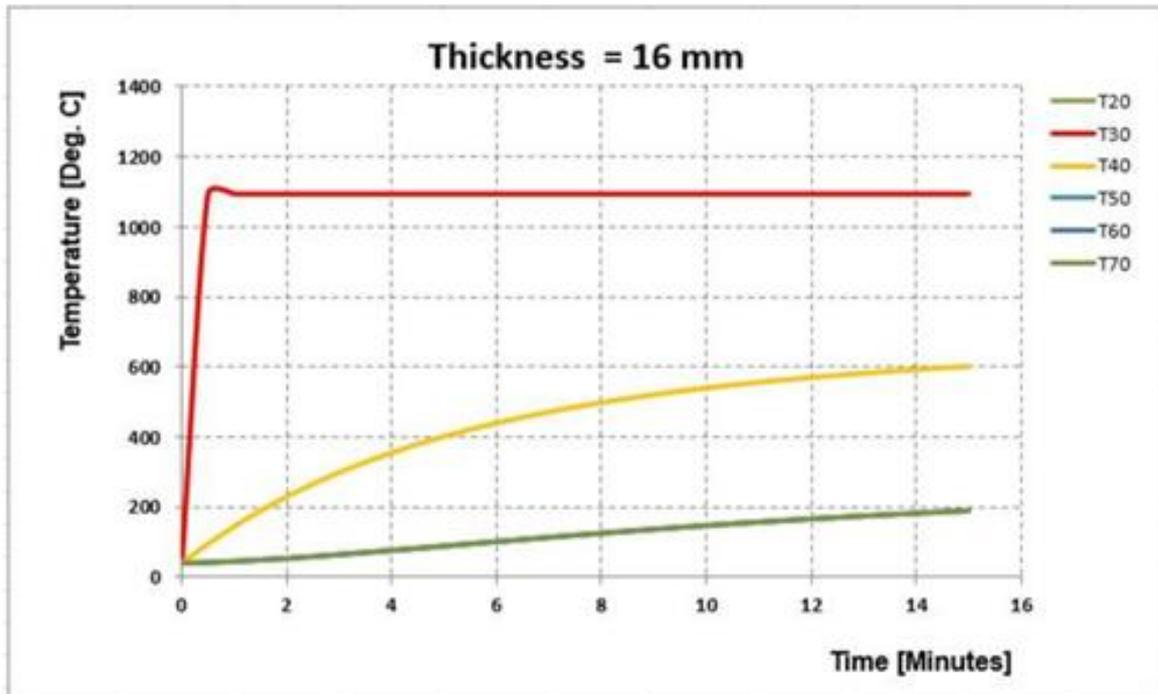
Gambar 3.7 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 14 mm

3.4.9 Hasil Perhitungan dengan Ketebalan *Insulation* 16 mm

Berdasarkan proses penyelesaian yang dilakukan oleh *software* SINDA untuk ketebelan 16 mm dilihat pada table 3.13 dan gambar berikut :

Tabel 3.13 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 16 mm

Waktu (Min)	Temperatur <i>Insulation</i> (°F)					
	GC20	GC30	GC40	GC50	GC60	GC70
0,5	1093,3	1093,2	95,5	42,1	42,1	42,1
1,0	1093,3	1093,2	145,4	45,3	45,3	45,3
1,5	1093,3	1093,2	190,2	49,2	49,2	49,2
2,0	1093,3	1093,2	230,5	53,8	53,8	53,8
2,5	1093,3	1093,2	266,8	58,9	58,9	58,9
3,0	1093,3	1093,2	299,5	64,4	64,4	64,4
3,5	1093,3	1093,3	329,1	70,2	70,2	70,2
4,0	1093,3	1093,3	355,9	76,2	76,2	76,2
4,5	1093,3	1093,3	380,2	82,4	82,4	82,4
5,0	1093,3	1093,3	402,3	88,6	88,6	88,5
5,5	1093,3	1093,3	422,3	94,8	94,8	94,8
6,0	1093,3	1093,3	440,6	101,0	101,0	101,0
6,5	1093,3	1093,3	457,3	107,1	107,1	107,1
7,0	1093,3	1093,3	472,5	113,1	113,1	113,1
7,5	1093,3	1093,3	486,4	119,1	119,1	119,1
8,0	1093,3	1093,3	499,2	124,9	124,9	124,9
8,5	1093,3	1093,3	510,9	130,5	130,5	130,5
9,0	1093,3	1093,3	521,7	136,0	136,0	136,0
9,5	1093,3	1093,3	531,7	141,3	141,3	141,3
10,0	1093,3	1093,3	540,8	146,5	146,5	146,5
10,5	1093,3	1093,3	549,3	151,5	151,4	151,4
11,0	1093,3	1093,3	557,1	156,2	156,2	156,2
11,5	1093,3	1093,3	564,4	160,9	160,9	160,8
12,0	1093,3	1093,3	571,1	165,3	165,3	165,3
12,5	1093,3	1093,3	577,4	169,6	169,6	169,5
13,0	1093,3	1093,3	583,2	173,7	173,6	173,6
13,5	1093,3	1093,3	588,6	177,6	177,6	177,5
14,0	1093,3	1093,3	593,6	181,3	181,3	181,3
14,5	1093,3	1093,3	598,3	184,9	184,9	184,9
15,0	1093,3	1093,3	602,7	188,3	188,3	188,3

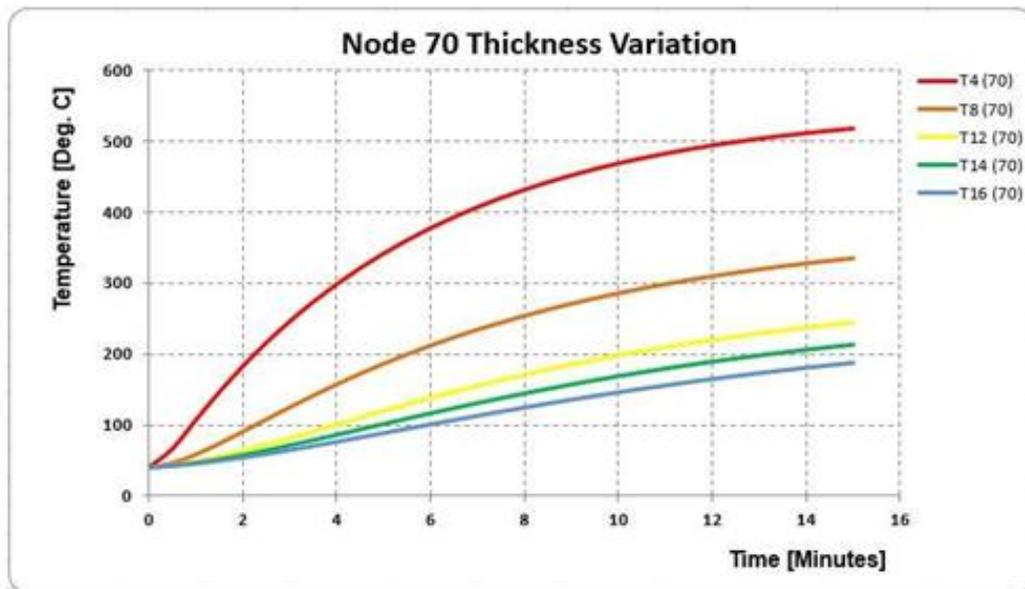


Gambar 3.8 Pengaruh Waktu terhadap Temperatur pada setiap GC untuk *Insulation* dengan Ketebalan 16 mm

Berdasarkan tabel hasil perhitungan diatas, dapat dibuat grafik temperatur yang terjadi di belakang *front spar* (T70) dengan ketebalan 4 mm sampai 16 mm seperti terlihat pada tabel 3.14 dan gambar dibawah ini :

Tabel 3.14 Temperatur *Difront Spar* dengan Variasi Ketebalan

Waktu (Min)	T4 (70)	T8 (70)	T12 (70)	T14(70)	T16(70)
0,5	65,8	46,0	42,9	42,4	42,1
1,0	106,4	58,0	48,2	46,3	45,3
1,5	146,0	73,4	55,0	51,4	49,2
2,0	182,5	90,2	63,1	57,4	53,8
2,5	215,7	107,5	72,0	64,0	58,9
3,0	246,0	124,6	81,3	71,2	64,4
3,5	273,5	141,2	91,0	78,6	70,2
4,0	298,5	157,0	100,7	86,2	76,2
4,5	321,2	172,0	110,4	93,9	82,4
5,0	341,9	186,1	119,9	101,6	88,5
5,5	360,7	199,3	129,3	109,2	94,8
6,0	377,9	211,7	138,3	116,7	101,0
6,5	393,4	223,3	147,0	124,1	107,1
7,0	407,6	234,2	155,4	131,2	113,1
7,5	420,4	244,3	163,5	138,2	119,1
8,0	432,1	253,7	171,2	144,9	124,9
8,5	442,8	262,5	178,5	151,4	130,5
9,0	452,5	270,7	185,5	157,7	136,0
9,5	461,3	278,3	192,1	163,7	141,3
10,0	469,3	285,5	198,4	169,4	146,5
10,5	476,6	292,1	204,4	174,9	151,4
11,0	483,2	298,3	210,0	180,2	156,2
11,5	489,2	304,1	215,3	185,2	160,8
12,0	494,7	309,5	220,4	190,0	165,3
12,5	499,7	314,5	225,1	194,5	169,5
13,0	504,2	319,2	229,6	198,9	173,6
13,5	508,3	323,5	233,9	203,0	177,5
14,0	512,1	327,6	237,9	206,9	181,3
14,5	515,5	331,4	241,6	210,6	184,9
15,0	518,6	334,9	245,2	214,1	188,3



Gambar 3.9 Temperatur *Front Spar* dengan Variasi Ketebalan

Dari gambar 3.9 diatas terlihat perbedaan temperatur pada *front spar* (T70). Semakin tebal *insulation* menyebabkan hambatan laju perpindahan panas yang dipindahkan dari *firewall* ke *front spar* semakin lambat, sehingga temperatur menjadi semakin rendah. Dengan ketebalan *insulation* 4 mm dapat menurunkan temperatur dari 1093.333 °F menjadi 518.6 °F dan dengan ketebalan 16 mm dapat menurunkan temperatur dari 1093.333 °F menjadi 188.3 °F.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari data perhitungan dan analisis yang dilakukan diatas, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Semakin tebal *insulation* yang digunakan, penurunan temperatur semakin besar, karena semakin lambat laju perpindahan panas secara konduksi dari *firewall* ke *front spar*.
- Dengan ketebalan *insulation* 14 mm dapat menurunkan temperatur dari 1093.333 °F menjadi 214,1 °F dan dengan ketebalan 16 dapat menurunkan temperatur dari 1093.333 °F menjadi 188,3 °F.

4.2 Saran

Adapun saran dari penelitian kerja praktek ini antara lain:

- Hasil Perhitungan perpindahan panas ini dapat sebagai pertimbangan untuk penentuan ketebalan *insulation* yang akan digunakan untuk proteksi *front spar*.
- Penulis menyadari bahwa masih jauh dari kata sempurna, karena keterbatasan waktu, untuk kedepannya penulis akan lebih fokus dan detail dalam penulisan selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Teknik Fisika, “Pedoman Pelaksanaan Kerja Praktek,” *ITS*, hlm. 20.
- [2] <https://www.indonesian-aerospace.com/>
- [3] https://id.wikipedia.org/wiki/Dirgantara_Indonesia
- [4] <https://www.ruangguru.com/blog/perpindahan-kalor>
- [5] <https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/FileUpload/PerpindahanKalor-BPSMG/materi3.html>

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

A. Lembar Kegiatan

Nama : Elma Tiana Fitri
Program : Magang (Kerja Praktek)
Tempat : PT. Dirgantara Indonesia
Waktu : 22 Maret 2021 – 28 Mei 2021

Monitoring Kegiatan

Waktu	Kegiatan yang dilakukan
Minggu-1	<ul style="list-style-type: none">• Pengurusan administrasi di kantor pusat PT Dirgantara Indonesia• Pengecekan kesehatan Rapid Test (Masa Pandemi)• Pengurusan administrasi• Pengenalan lingkungan perusahaan• Pengenalan workshop
Minggu-2	<ul style="list-style-type: none">• Pengenalan lingkungan perusahaan• Pengenalan workshop
Minggu-3	<ul style="list-style-type: none">• Studi Project di perusahaan• Studi Project di lapangan
Minggu-4	<ul style="list-style-type: none">• Pengambilan data
Minggu-5	<ul style="list-style-type: none">• Studi Project di perusahaan• Studi Project di lapangan
Minggu-6	<ul style="list-style-type: none">• Pengujian di Lapangan• Pengambilan data
Minggu-7	<ul style="list-style-type: none">• Studi Project di perusahaan• Studi Project di lapangan
Minggu-8	<ul style="list-style-type: none">• Pengujian di Lapangan• Pengambilan data• Penyusunan laporan Kerja Praktek
Minggu-9	<ul style="list-style-type: none">• Penyusunan laporan Kerja Praktek• Penyerahan laporan Kerja Praktek

B. Data Perusahaan

PT. Dirgantara Indonesia (*Indonesian Aerospace, IAe*) merupakan perusahaan milik Negara atau menjadi salah satu bagian dari BUMN yang bergerak dalam bidang industri pesawat terbang.



Tujuan khusus dari kerja praktek ini yaitu sebagai berikut:

- a. Mengetahui bentuk desain dari *insulation* pada *engine nacelle* pesawat N 219 di PT. Dirgantara Indonesia.
- b. Mengetahui serta mempelajari cara menghitung penentuan ketebalan *insulation* untuk proteksi *front spar* pada *engine nacelle* pesawat N 219 di PT. Dirgantara Indonesia.
- c. Sebagai syarat untuk menyelesaikan beban studi SKS (Satuan Kredit Semester) untuk mata kuliah Kerja Praktek dalam aturan akademik di Departemen Teknik Fisika FTIRS-ITS.