

**RANCANG BANGUN KONSTRUKSI TEMPERATUR  
KONTROL DAN PEMILIHAN SISTEM KONTROL  
UNTUK INKUBATOR TRANSPORTASI**

**TESIS**

Oleh:

**I MADE KRISHNA MAHARATHA**

**6405020109**



**TESIS INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN  
PERSYARATAN MENJADI MAGISTER TEKNIK**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
PROGRAM PASCASARJANA BIDANG ILMU TEKNIK  
UNIVERSITAS INDONESIA  
GENAP 2007/2008**

# PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis dengan judul :

**RANCANG BANGUN KONSTRUKSI TEMPERATUR KONTROL DAN  
PEMILIHAN SISTEM KONTROL UNTUK INKUBATOR  
TRANSPORTASI**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Kekhususan Perancangan Teknik dan Pengembangan Prodak Program Studi Teknik Mesin Program Pascasarjana Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tesis yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 15 Juli 2008

I MADE KRISHNA MAHARATHA

NPM 6405020109

# PENGESAHAN

Tesis dengan judul :

## **RANCANG BANGUN KONSTRUKSI TEMPERATUR KONTROL DAN PEMILIHAN SISTEM KONTROL UNTUK INKUBATOR TRANSPORTASI**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Magister Teknik pada Kekhususan Perancangan Teknik Pengembangan Produk Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Tesis ini telah diujikan pada sidang ujian tesis pada tanggal 11 Juli 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai tesis pada Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Pembimbing II,

Depok, 14 Juli 2008  
Dosen Pembimbing I,

Prof. Dr. Ir. Raldi Artono K.

Prof. Dr. Ir. Tresna P. S. SE.,MS

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

**Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi SE. MS**

**Prof. Dr. Ir. Raldi Artono Koestoer M.Eng**

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga tesis ini dapat selesai dengan baik.



I Made Krishna Maharatha  
NPM 64 05 02 0109  
Departemen Teknik Mesin

Dosen Pembimbing  
Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi SE., MS  
Prof. Dr. Ir. Raldi Artono Koestoer M.Eng

**RANCANG BANGUN KONSTRUKSI BOX TEMPERATUR KONTROL  
DAN PEMILIHAN SISTEM KONTROL  
UNTUK INKUBATOR TRANSPORTASI**

**ABSTRAK**

Angka kematian bayi baru lahir saat ini cukup tinggi di Indonesia. Kelahiran yang kurang sempurna yang memerlukan pertolongan segera ke rumah sakit menempatkan pentingnya alat inkubator transportasi. Hingga saat ini, alat ini cukup mahal harganya. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan rancang bangun “Inkubator Transportasi” dengan target harga yang lebih murah. Metoda yang digunakan dalam rancang bangun produk ini adalah metoda Karl T. Ulrich, dengan tahapan-tahapan yaitu: identifikasi kebutuhan konsumen, penyusunan dan pemilihan konsep desain produk, evaluasi desain, pembuatan prototipe, evaluasi dan pengujian prototipe serta spesifikasi akhir produk.

Rancang bangun inkubator transportasi ini meliputi tiga bagian, yaitu: bagian Kompartemen bayi, bagian Heater dan Kontrol, serta bagian Trolley. Prototipe trolley telah terlebih dahulu selesai pembuatannya. Sedangkan prototipe bagian kompartemen bayi dan bagian heater dan kontrol mengalami perbaikan dan perubahan desain. Khusus pada bagian heater dan kontrol perbaikan prototipe I menjadi II disebabkan berat box yang cukup besar dan material yang dipergunakan pada penutup *box* dan saluran udara panas dapat menyerap panas, sehingga distribusi panas yang seharusnya dapat lebih cepat memanaskan *hood* banyak yang terbuang. Setelah diperbaiki ternyata prototipe II tidak memenuhi standar pengujian suhu terkontrol. Oleh karena itu dilakukan perubahan desain yang menjadi prototipe III. Pengujian prototipe III heater dan kontrol ini bersamaan dengan pengujian prototipe kompartemen bayi. Pengujian prototipe III heater dan kontrol ini adalah pengujian suhu terkontrol ruang hood untuk mengetahui besar suhu rata-rata di dalam ruang hood untuk kontrol yang berbeda.

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa prototipe III heater dan kontrol ini memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia) 16-4942-1998.

**Kata kunci : Karl T. Ulrich, Prototype, SNI.**

I Made Krishna Maharatha  
NPM 64 05 02 0109  
Mechanical Department

Supervisor  
**Prof. Dr. Ir. Tresna P. Soemardi SE., MS**  
**Prof. Dr. Ir. Raldi Artono Koestoer M.Eng**

**DESIGN-BUILT UP OF CONSTRUCTION OF BOX TEMPERATURE CONTROL AND CHOSEN CONTROL SYSTEM FOR TRANSPORT INCUBATOR**

**Abstract**

The number of newborn baby is high enough at time in Indonesia. The newborn baby was not perfectly health as soon as need helping to put in transport incubator before it arrived in hospital. Until here, this equipment is expensive. The way out of this problem is design-built up the transport incubator with a specific target to reduce its price.

Method of product design and built is following Karl T. Ulrich's method that has several steps such as: customer needs identification, sketching and choosing concept product design, evaluation of design, built-up the prototype, evaluation and testing of prototype and defined specification product.

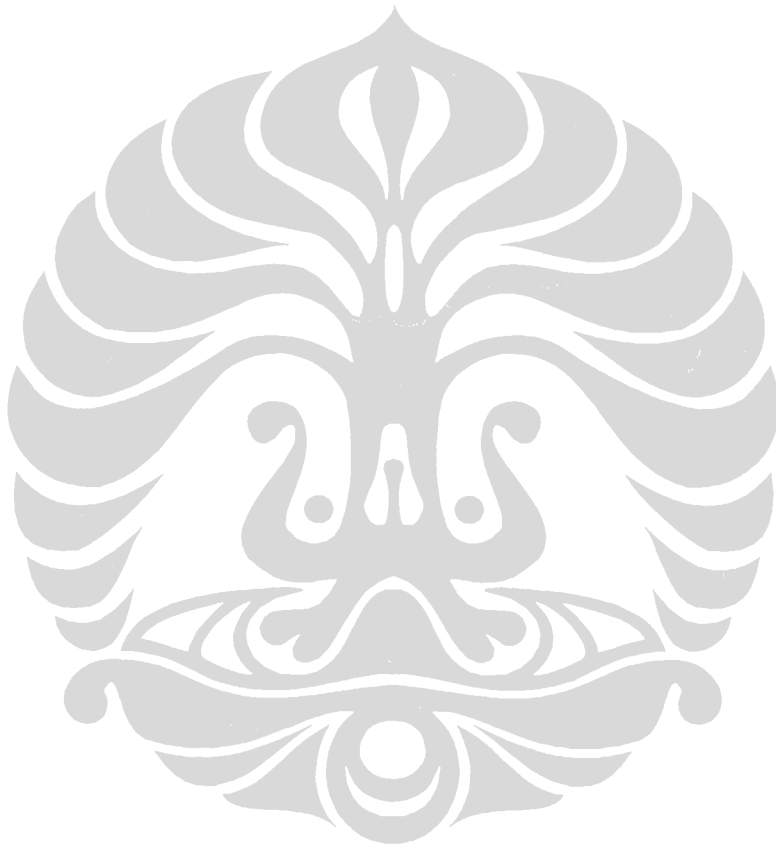
Design-built up the incubator of this transportation cover three shares, that is: part of baby Compartment, part of Heater and Control, and also part of Trolley. Prototype of Trolley has beforehand finished making. While prototype part of compartment of baby and part of heater and control experience of repair and change design. Shares of heater and control repair of prototype I become II caused by weight of big enough box and the material utilized at cover of hot permeable hot box air-duct and, so that distribution of heat which ought to earn quicker heat hood a lot castaway. After improve; repaired really prototype of II do not fulfill standard of examination of temperature controlled. Therefore made a change by design becoming prototype III. Testing of Prototype III of heater and controlling at the same time with testing of prototype III of baby compartment. Testing of Prototype of III heater and control this is examination of temperature controlled by space of hood to know big of average temperature in space of hood for the different control. From result of testing obtained that prototype III of this heater and controlling fulfills SNI (Standard of Indonesia National) 16-4942-1998.

**Kata kunci : Karl T. Ulrich, Prototype, SNI.**

# DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH / SIMBOL	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN PERMASALAHAN	2
1.3 BATASAN MASALAH	2
1.4 METODOLOGI PENELITIAN	2
1.5 SISTEMATIKA PENELITIAN	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 PERKEMBANGAN INKUBATOR TRANSPORTASI	5
2.2 PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK	11
2.3 PENGETAHUAN BAHAN YANG AKAN DIPERGUNAKAN	16
2.4 TEORI PERPINDAHAN PANAS DASAR	24
2.5 METODE ELEMEN HINGGA (MSC/NASTRAN)	25
2.6 PRINSIP KERJA TERMOKOPEL	28
<b>BAB III DESAIN PRODUK</b>	
3.1 STUDY LITERATUR DAN LAPANGAN	29
3.2 PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK	30
3.3 KONSEP DISAIN AWAL	45
3.4 EVALUASI DISAIN	50
3.5 DETAIL DISAIN	56
3.6 PEMBUATAN PROTOTYPE	59
<b>BAB IV EVALUASI PROTOTYPE DAN PENGUJIAN PROTOTYPE</b>	
4.1 PROTOTYPE I	62
4.2 PROTOTYPE II	66
4.3 PROTOTYPE III	73
4.4 MENGHITUNG PANAS YANG TERBUANG	89
4.5 SISTEM KONTROL INKUBATOR	92

<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1 KESIMPULAN	96
5.2 SARAN	97
DAFTAR ACUAN	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN	100



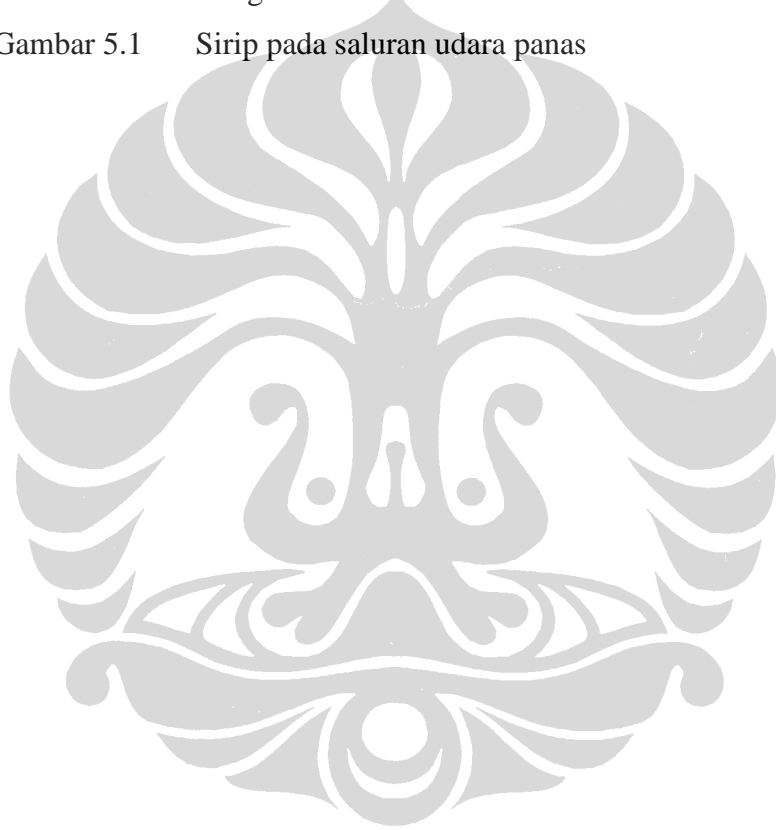


## DAFTAR GAMBAR

	Halaman	
Gambar 1.1	<i>Flow Chart</i> Metodologi Penelitian	3
Gambar 2.1	Inkubator transportasi Hess (1922)	6
Gambar 2.2	Inkubator Hess	6
Gambar 2.3	Produk – produk pesaing	8
Gambar 2.4	Standar ukuran sistem kontrol	9
Gambar 2.5	skema sistem kontrol pada patent 5,385,529	10
Gambar 2.6	Tahap pengembangan konsep	12
Gambar 2.7	Prinsip kerja termokopel	27
Gambar 2.8	Efek Peltier	27
Gambar 2.9	Efek Thompson	28
Gambar 3.1	Konsep dari box temperatur kontrol inkubator transpotasi	44
Gambar 3.2	konsep box kontrol panel	44
Gambar 3.3	Rangka box temperatur kontrol	45
Gambar 3.4	Box kontrol panel dan saluran udara panas	46
Gambar 3.5	Tempat air	47
Gambar 3.6	Penutup inkubator	47
Gambar 3.7	Pegangan box inkubator	48
Gambar 3.8	Pelat box dan seluruh komponen yang terangkai	48
Gambar 3.9	Konsep disain awal sistem kontrol	49
Gambar 3.10	Sistem kontrol	49
Gambar 3.11	tumpuan hood	51
Gambar 3.12	Hasil analisa 1	52
Gambar 3.13	Hasil analisa 2	53
Gambar 3.14	Tumpuan pegangan box	54
Gambar 3.15	Hasil analisa pada tumpuan pegangan box	54
Gambar 3.16	Hasil analisa pada baut	55
Gambar 3.17	Disain prototipe I	60
Gambar 4.1	Box inkubator prototipe I	62

Gambar 4.2	Penutup box inkubator prototipe I	63
Gambar 4.3	Saluran udara panas prototipe I	63
Gambar 4.4	Box kontrol inkubator prototipe I	63
Gambar 4.5	Pemanas inkubator prototipe I	64
Gambar 4.6	Peletakan termokopel pengujian	65
Gambar 4.7	Foto percobaan prototipe I	65
Gambar 4.8	Grafik pengujian prototipe I tanpa di kontrol	65
Gambar 4.9	Grafik RH prototipe I	66
Gambar 4.10	Perbaikan box inkubator	67
Gambar 4.11	Perbaikan penutup box	67
Gambar 4.12	Perbaikan saluran udara panas	68
Gambar 4.13	Perbaikan box kontrol	68
Gambar 4.14	Perbaikan desain box inkubator	69
Gambar 4.15	Perubahan saluran udara menjadi 2 kipas	69
Gambar 4.16	Perubahan pertama kontrol	70
Gambar 4.17	Perubahan kedua kontrol	70
Gambar 4.18	Perubahan pemanas	71
Gambar 4.19	Perubahan tempat air	71
Gambar 4.20	Gambar aliran udara panas dalam hood	72
Gambar 4.21	Disain prototipe III	73
Gambar 4.22	Titik-titik pengukuran temperatur	74
Gambar 4.23	Foto digital temperature recoders	75
Gambar 4.24	Skema pengujian di dalam hood inkubator	75
Gambar 4.25	Grafik pengujian 32°C ruangan tak ber AC	77
Gambar 4.26	Grafik wet-bulb dan dry-bulb 32°C ruangan tak ber AC	77
Gambar 4.27	Grafik RH 32°C ruangan tak ber AC	78
Gambar 4.28	Grafik pengujian 31°C ruangan ber AC	79
Gambar 4.29	Grafik wet-bulb dan dry-bulb 31°C ruangan ber AC	80
Gambar 4.30	Grafik RH 31°C Ruangan Ber AC	81
Gambar 4.31	Posisi pengambilan temperatur	82
Gambar 4.32	Grafik tiap-tiap titik bukaan pintu 0°	82
Gambar 4.33	Grafik suhu rata-rata pada bukaan pintu 0°	83

Gambar 4.34	Grafik pengujian ruangan pendingin temperatur 22°C	84
Gambar 4.35	Grafik wet-bulb dan dry-bulb ruangan pendingin	85
Gambar 4.36	Grafik menggunakan pemanas 300W	86
Gambar 4.37	Grafik menggunakan pemanas 250W	87
Gambar 4.38	Grafik wet-bulb dan dry-bulb pemanas 300W	87
Gambar 4.39	Grafik wet-bulb dan dry-bulb pemanas 250W	88
Gambar 4.40	Skema sistem kontrol inkubator	93
Gambar 4.41	Rangkaian kontrol type TZ4ST	94
Gambar 4.42	Rangkaian kontrol rakitan	94
Gambar 5.1	Sirip pada saluran udara panas	97



## DAFTAR TABEL

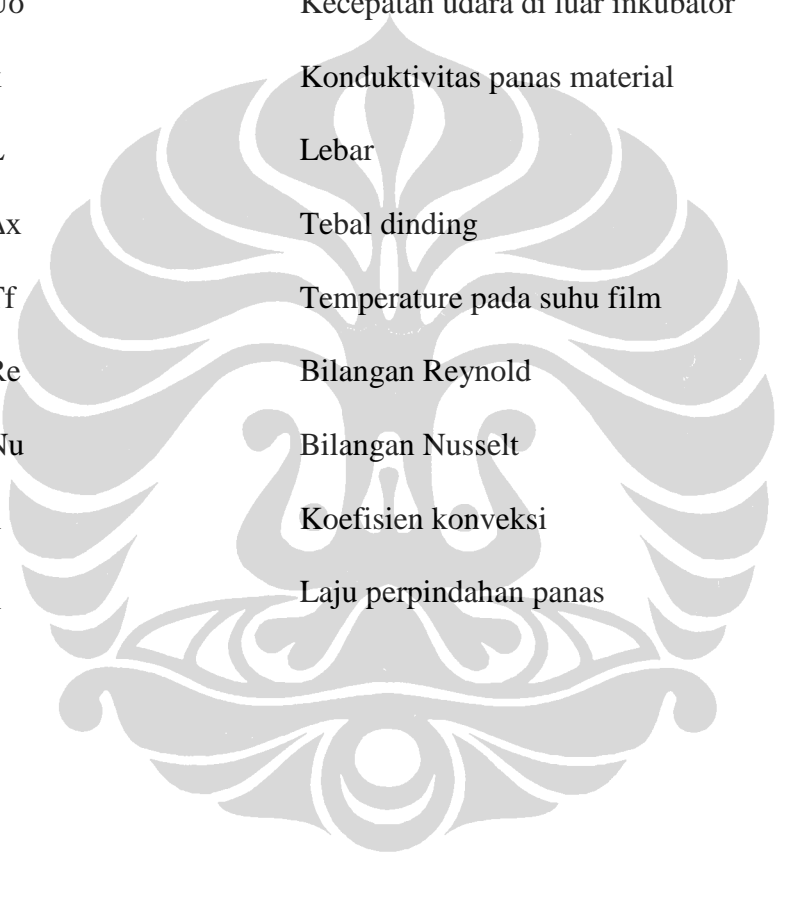
	Halaman	
Tabel 2.1	Macam-macam sistem kontrol	9
Table 2.2	Tipe-tipe termokopel	28
Tabel 3.1	Pengukuran temperatur pada kendaraan	29
Tabel 3.2	Pernyataan Misi	31
Tabel 3.3	Daftar kebutuhan konsumen	31
Tabel 3.4	Daftar Hierarki Kebutuhan	32
Tabel 3.5	Penetapan Kepentingan Relatif	33
Tabel 3.6	Daftar Metrik	34
Tabel 3.7	Matriks Kebutuhan-Metrik dari Inkubator Transportasi	35
Tabel 3.8	Uraian dari beberapa Produk	37
Tabel 3.9	Kombinasi Konsep	38
Tabel 3.10	Kombinasi 1	39
Tabel 3.11	Kombinasi 2	39
Tabel 3.12	Kombinasi 3	40
Tabel 3.13	Kombinasi 4	40
Tabel 3.14	Kombinasi 5	41
Tabel 3.15	Kombinasi 6	41
Tabel 3.16	Penyaringan konsep	42
Tabel 3.17	Penilaian Konsep	43
Tabel 3.18	Komponen detail disain	56
Table 3.19	Asesoris Pendukung	58
Table 3.20	Biaya Proses Manufaktur	61
Table 4.1	Perbandingan temperature pada pemanas 300W dan 250W	86

## DAFTAR SINGKATAN



IDAI	Ikatan Dokter Anak Indonesia
SNI	Standar Nasional Indonesia
Dsb	Dan sebagainya
Cu	Cuprum
Sn	Tin
Zn	Zinc
PPO	Polifenilen oksida
Kepmikes	Keputusan Menteri Kesehatan
Menkes	Menteri Kesehatan
Kesos	Kesejahteraan Sosial
SK	Surat Keputusan
Ref	Referensi
PVC	Poly Vynil chloride
AC	Alternating Current
DC	Direct Current
MSC	Mode Static Computatiuonal
RH	Relative Humidity

## DAFTAR ISTILAH/SIMBOL



$T_i$	Temperature dalam inkubator
$T_o$	Temperature luar inkubator
$U_i$	Kecepatan udara di dalam inkubator
$U_o$	Kecepatan udara di luar inkubator
$k$	Konduktivitas panas material
$L$	Lebar
$\Delta x$	Tebal dinding
$T_f$	Temperature pada suhu film
$Re$	Bilangan Reynold
$Nu$	Bilangan Nusselt
$h$	Koefisien konveksi
$q$	Laju perpindahan panas

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Di Indonesia, angka kematian bayi baru lahir secara nasional adalah sebesar 32 bayi dari 1000 kelahiran hidup, di beberapa propinsi seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur angka rata – rata kematian bayi di atas angka kematian rata – rata nasional. Menurut Ketua Ikatan Dokter Anak Indonesia (IDAI), Sukman T Putra menyebutkan, ada beberapa penyebab kematian bayi baru lahir prematur, terjadi infeksi saat kelahiran, kelainan bawaan hingga rendahnya gizi saat kelahiran, kelainan bawaan hingga rendahnya gizi saat dalam kandungan. Secara medis, kondisi bayi yang demikian harus mendapatkan *treatment* pada alat yang disebut inkubator. Pada kasus ini dengan penyakit dan kelainan yang diderita, untuk mendapatkan penanganan medis yang lebih lengkap di rumah sakit rujukan, diperlukan inkubator yang dapat mempertahankan kondisi *treatment* tersebut selama dalam perjalanan dari tempat asal ke rumah sakit. Di Indonesia pemakaian alat ini masih sangat terbatas. Hal ini disebabkan mahalnya harga inkubator transportasi, karena produk buatan luar negeri.

Perancangan inkubator transportasi ini mencoba untuk meminimalkan harga suatu inkubator dengan konstruksi box heater dan pemilihan sistem heater yang menggunakan komponen lokal dalam perancangannya dan dibuat di Indonesia. Murahannya harga inkubator ini, diharapkan akan dapat dimanfaatkan oleh rumah sakit – rumah sakit pemerintah maupun swasta yang ada sehingga dapat mengurangi tingkat kematian bayi baru lahir.

## **1.2 RUMUSAN PERMASALAHAN**

Adapun perumusan masalah dari rancang bangun ini adalah untuk memperoleh *konstruksi temperatur kontrol dan pemilihan sistem kontrol untuk inkubator transportasi* yang handal, ringan, aman, nyaman dan murah dengan pembuatannya menggunakan komponen dalam negeri.

## **1.3 TUJUAN PENELITIAN**

Tujuan dari penelitian ini adalah membangun prototipe inkubator transportasi yang memiliki konstruksi temperatur kontrol dan pemilihan system kontrol yang sesuai dengan standar SNI .

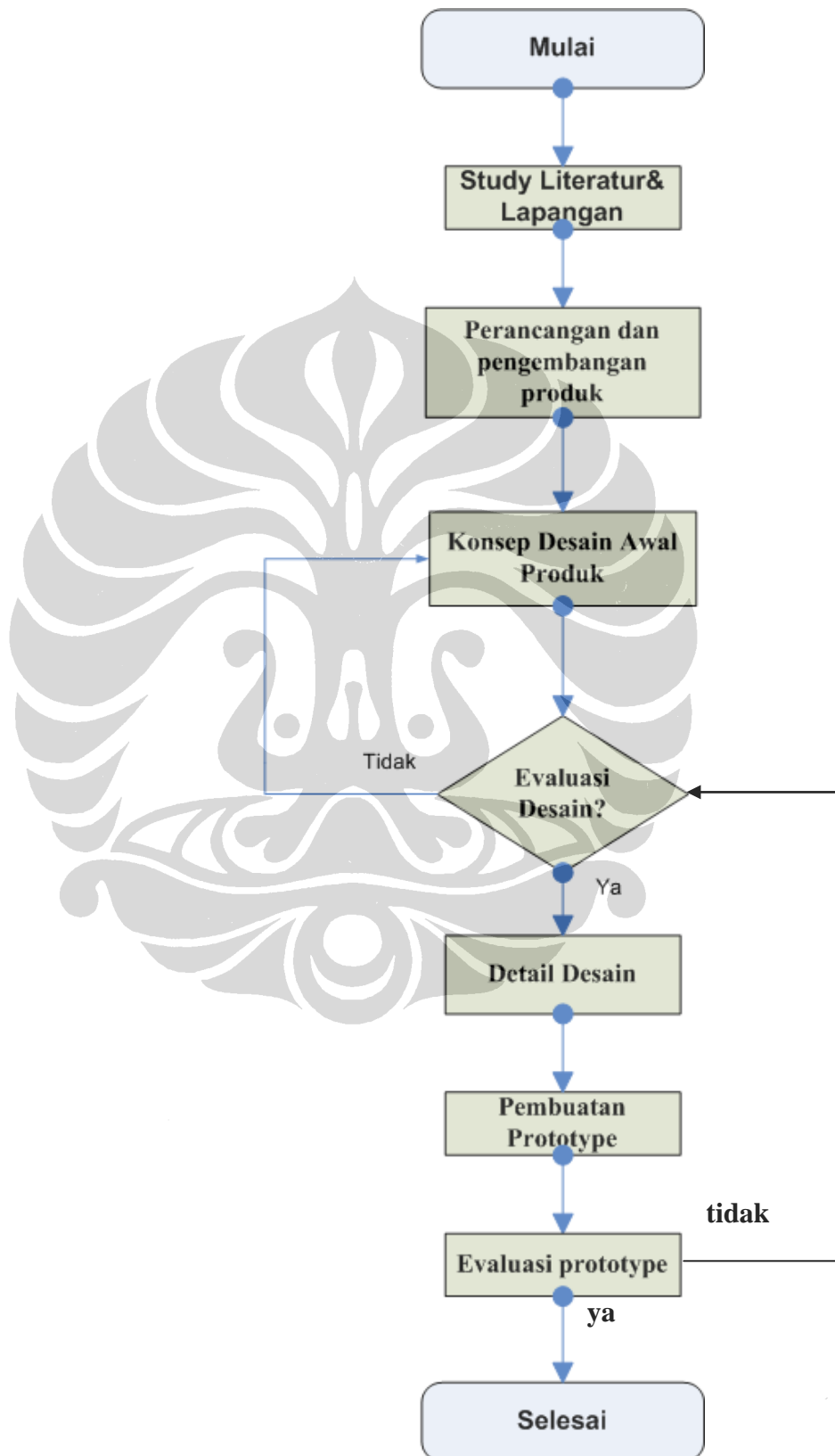
## **1.4 BATASAN MASALAH**

Mengingat begitu luasnya bidang bahasan tentang inkubator transportasi ini, maka penelitian ini dibatasi hanya pada rancang bangun konstruksi temperatur kontrol dan pemilihan system kontrol pada inkubator transportasi dengan pengujian menggunakan NASTRAN pada konstruksi temperatur kontrol dan pengujian dengan menggunakan *Digital Temperature Recorders* dengan bantuan termokopel jenis K.

## **1.5 METODOLOGI PENELITIAN**

Metoda yang digunakan adalah metoda perancangan dan pengembangan produk dari Karl T. Ulrich [2], guna mendapatkan desain dan produk yang detail dan baik.





### **Gambar 1.1 *Flow Chart* Metodologi Penelitian**

#### **1.6 SISTEMATIKA PENELITIAN**

Sistematika pembahasan dalam Tesis ini adalah :

- **BAB I PENDAHULUAN**

Membahas latar belakang, metode yang dipakai, tujuan dan ruang lingkup pembatasan masalah dari Tesis ini.

- **BAB II LANDASAN TEORI**

Membahas uraian teori-teori dasar yang diperlukan untuk memahami uraian pada bab-bab berikutnya.

- **BAB III DESAIN PRODUK**

Membahas tentang perancangan box inkubator dan pemilihan sistem kontrol, sampai pemilihan disain, analisa dengan menggunakan perangkat lunak dan material yang di gunakan .

- **BAB IV EVALUASI PROTOTIPE DAN PENGUJIAN PROTOTIPE**

Membahas tentang hasil pengujian prototipe dengan suhu ruangan yang berbeda-beda, dengan tujuan mengetahui apakah heater dapat memanaskan ruangan inkubator samapai pada suhu yang di inginkan.

- **BAB IV PENUTUP**

Memaparkan beberapa kesimpulan dari hasil perancangan dan pengujian .

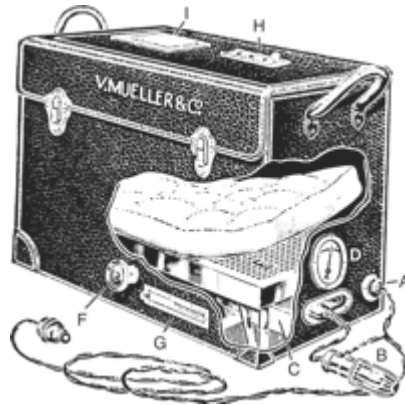
## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

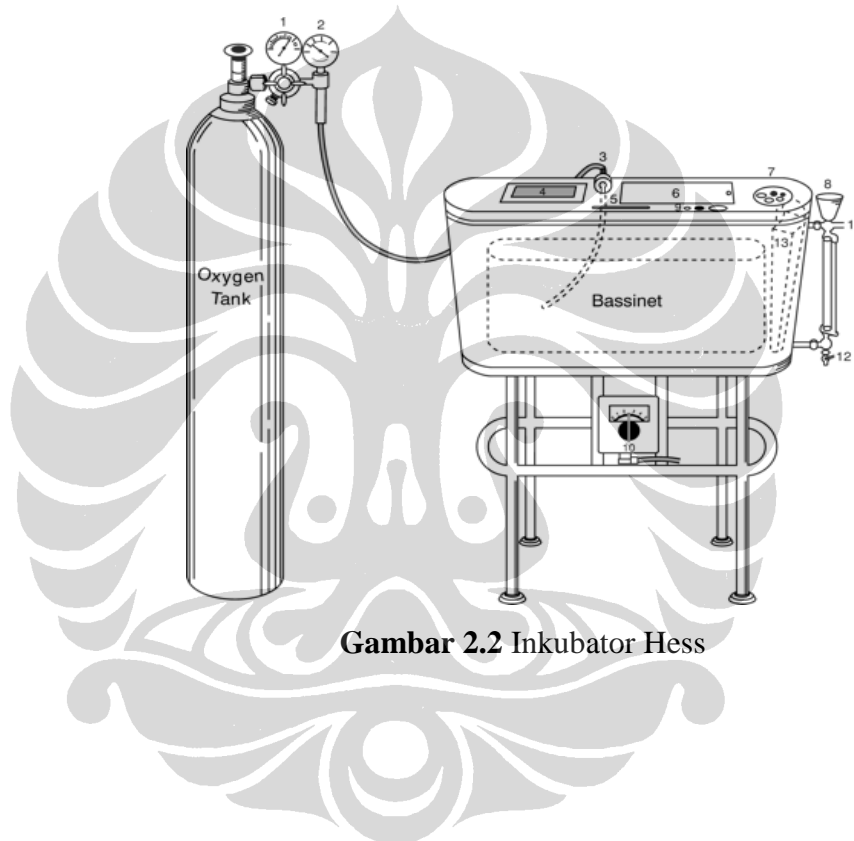
#### **2.1. PERKEMBANGAN INKUBATOR TRANSPORTASI**

Inkubator transportasi pertama kali di buat oleh Julius Hayes Hess. Julius Hayes Hess dilahirkan di Ottawa Illinois pada tanggal 26 Januari 1876. Ia lulus dari Universitas Sekolah Medis Northwestern di tahun 1899 dan melayani masa latihan keahliannya di rumah sakit Alexian Brothers di Chicago, 1899-1900. Sejak dini ia telah menjadi tertarik akan pemeliharaan anak-anak, dan belajar pada rumah sakit Universitas Johns Hopkins di tahun 1900. Kembali ke Chicago pada tahun 1901, Pada waktu itu ia bergabung staff pada Englewood Rumah sakit sebagai ahli patologi. Ia juga bertindak sebagai suatu instruktur pada Perguruan tinggi Medis Mendesak (1902-1908) dan Northwestern Universitas Sekolah Medis (1908-1913). Di tahun 1913 ia bergabung dengan Universitas Illinois menjadi Profesor Ilmu kesehatan anak anak dan pemimpin staff pada Juru masak Masyarakat Rumah sakit tahun berikut sampai pengunduran dirinya di tahun 1944.

Pada tahun 1911 , dr. Hess merancang tempat tidur terbuka hess yang di panaskan , di tahun 1914. Tempat tidur yang dikombinasikan suatu jaket air ganda dengan isolasi untuk mencegah panas hilang dan pemanasan elektris dari suatu plat besar dengan kontrol *rheostat*. Kemudian ( 1934) tempat tidur diubah jadi suatu kamar yang ketetapan oksigen, mencapai 40%, untuk bayi prematur. Keuntungan dari tempat tidur Hess adalah keselamatannya, ekonomis pada operasi dan konstruksi, dan kemampuannya untuk mengendalikan kelembaban dan temperatur dan menyediakan oksigen ekstra. Hess juga merancang suatu tempat penghangat bayi transportasi di tahun 1922.



**Gambar 2.1** Inkubator tranportasi hess



**Gambar 2.2** Inkubator Hess

Pada tahun 1941 dr. Hess membuat peraturan untuk menangani bayi – bayi prematur :

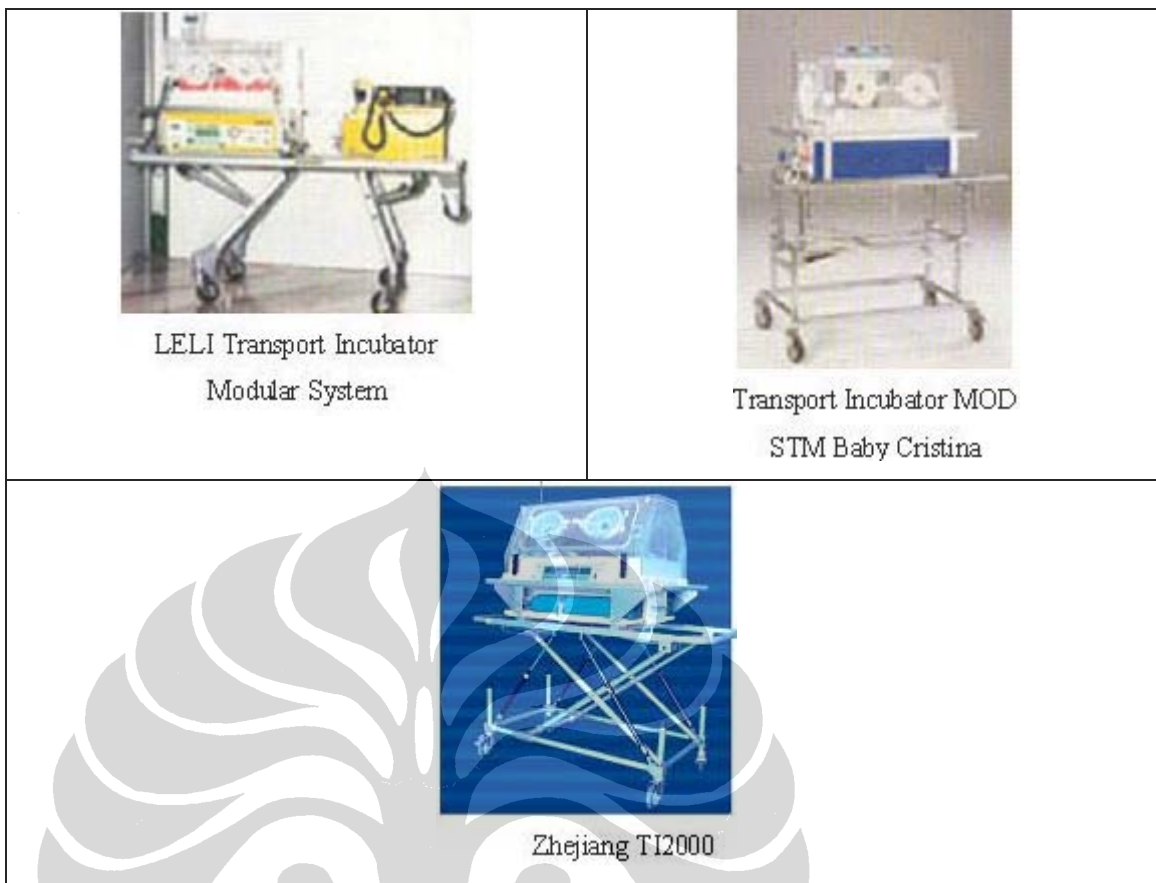
1. Suatu ambulans melayani 24-jam untuk mengantar bayi prematur ke suatu rumah sakit ketika diperlukan.
2. Kebutuhan oksigen dan jenis terapi lain pada keadaan darurat ada tersedia.
3. Perawat memiliki Ilmu perawatan, baik di lapangan dan di rumah sakit dengan latihan khusus dalam hal kepedulian bayi prematur.

4. ASI/susu segar ada tersedia ketika diperlukan, disediakan gratis kepada bayi yang premature.
5. Perawat mengajarkan si ibu cara merawat bayinya sewaktu tinggal di rumah sakit, dan kembali ke rumah.
6. Suatu jenis inkubator sederhana dapat dipinjamkan kepada keluarga yang membutuhkan
7. pasien rawat jalan, diberi instruksi cara merawat kepada para ibu, karena keberhasilan pengawasan dan kepedulian bukan milik dokter saja.

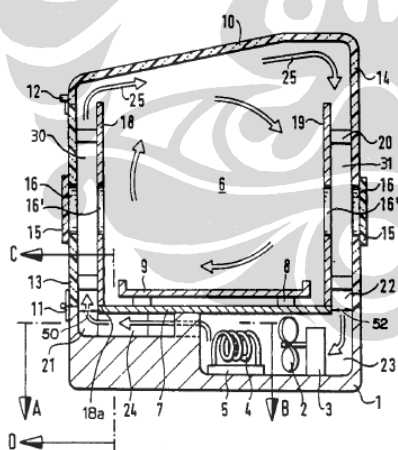
### 2.1.1 BENTUK – BENTUK BOX PRODUK PESAING SAAT INI

Dengan perkembangan teknologi dan imu kedokteran yang sangat pesat, sehingga bentuk dari box temperatur kontrol sangat bermacam – macam seperti yang terdapat pada gambar 2.4 .

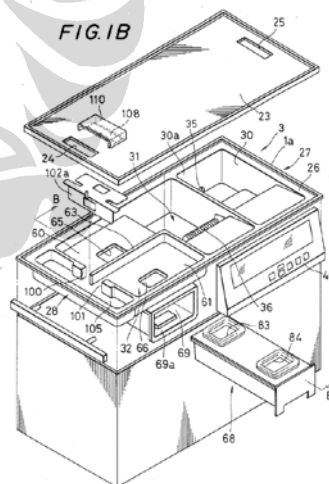




**Gambar 2.3** Produk – produk pesaing



**Patent nomor 4.846.783**



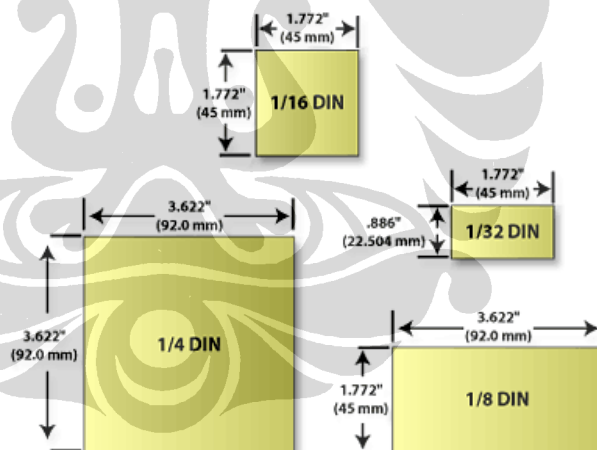
**Patent nomor 4.796.605**

## 2.1.2 PERKEMBANGAN SISTEM TEMPERATUR KONTROL

Inkubator adalah alat yang berfungsi untuk mempertahankan panas pada temperatur normal (36 – 37 °C). Banyak sekali cara untuk mempertahankannya, ada yang menggunakan lampu yang sulit untuk dikontrol, dengan semakin berkembangnya teknologi sekarang ini, mengontrol panas pada inkubator sangat bermacam – macam seperti :

**Tabel 2.1** Macam – macam sistem kontrol

		
<p>1. Sistem Kontrol Analog</p>	<p>2. Sistem Kontrol Analog Digital</p>	<p>3. Sistem Kontrol Digital</p>



*Panel Cutouts: Standard Industrial Sizes*

**Gambar 2.4** Standar ukuran sistem kontrol

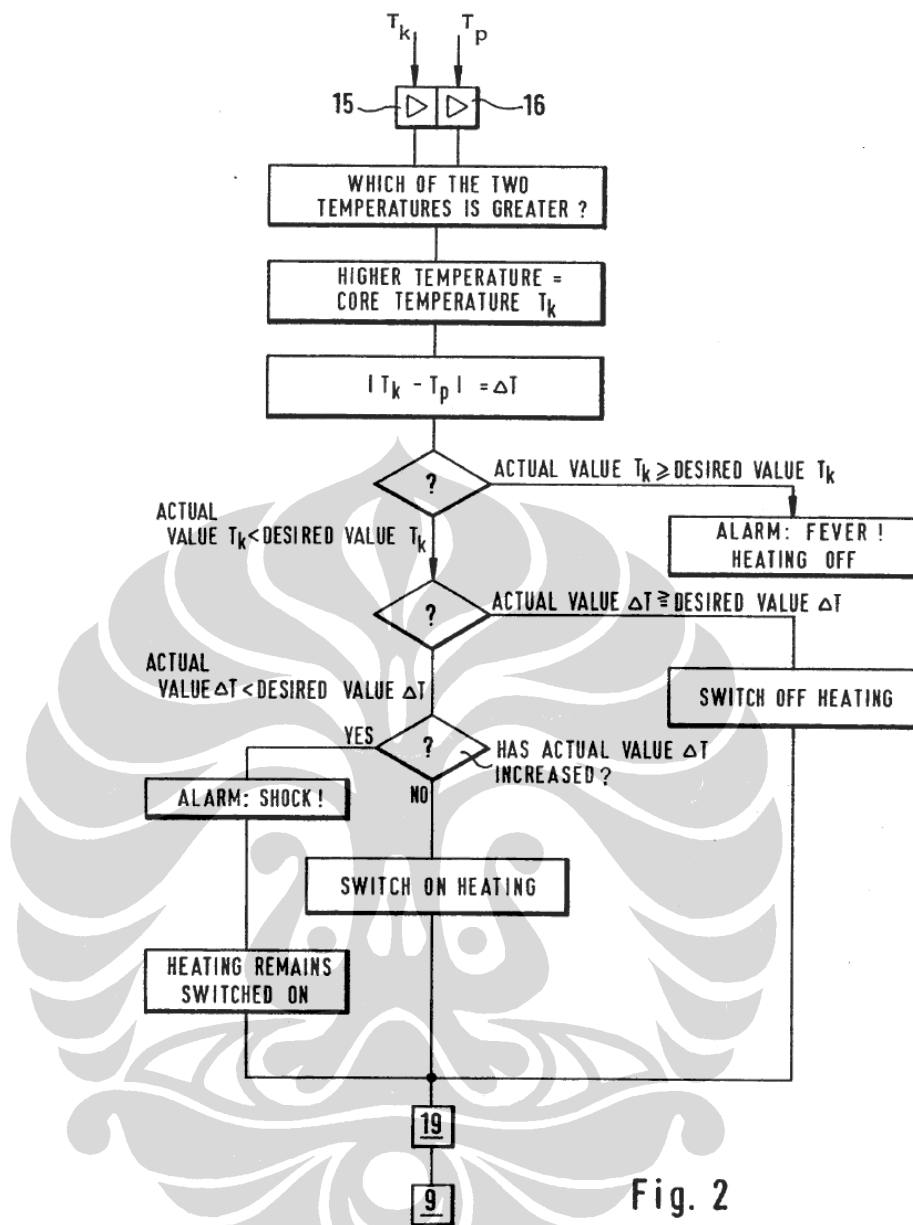


Fig. 2

Gambar 2.5 skema sistem kontrol pada patent 5,385,529



## **2.2. PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK**

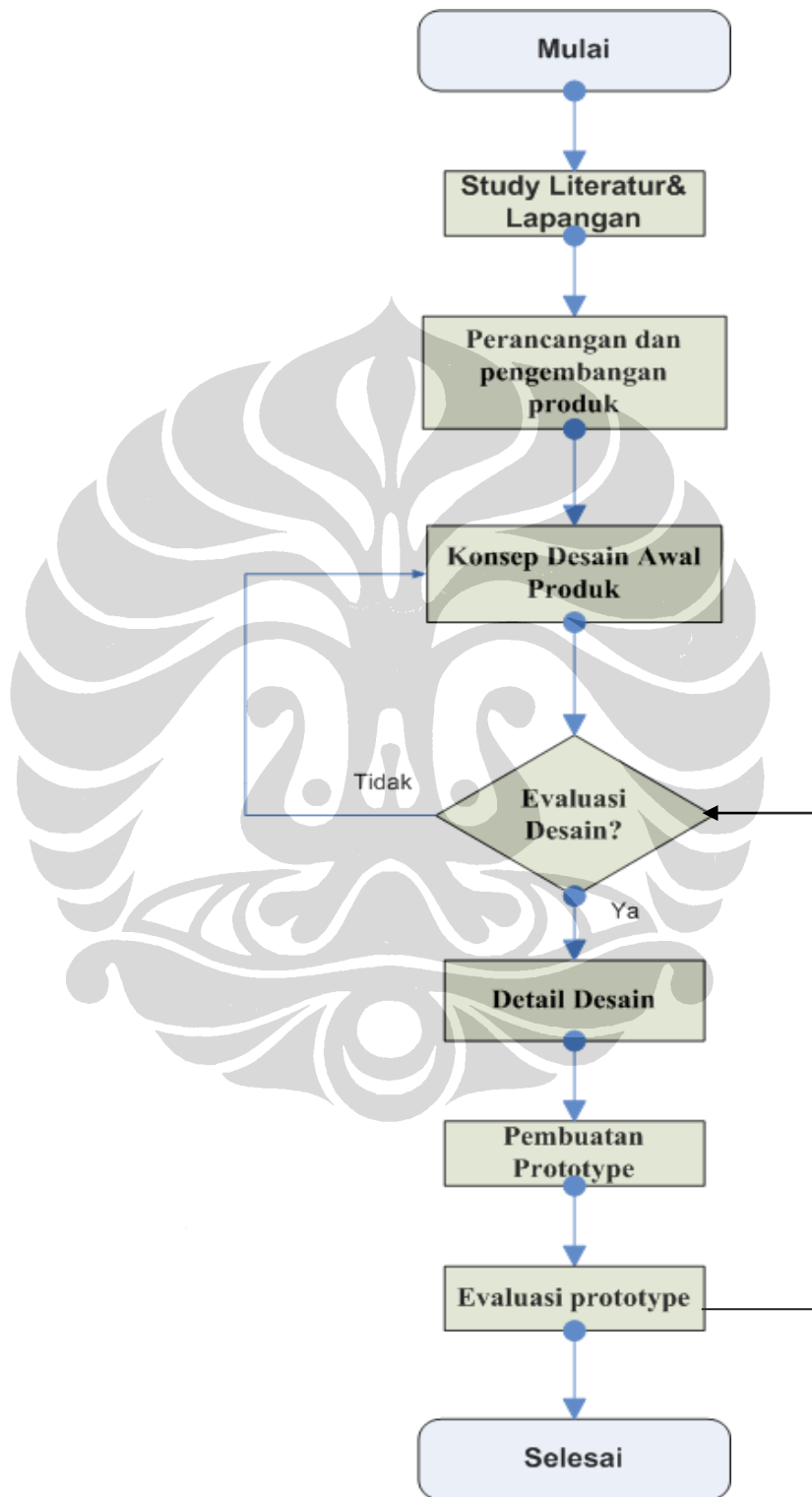
Perancangan dan Pengembangan produk merupakan bagian yang sangat penting dari semua kegiatan teknik yang ada. Kegiatan perancangan dimulai dengan persepsi tentang kebutuhan manusia. Dari persepsi kebutuhan manusia ini disusunlah suatu konsep produk, yang kemudian dilanjutkan dengan perancangan dan pengembangan produk sampai diperoleh spesifikasi desain awal produk. Kemudian diakhiri dengan pembuatan dan pengujian prototype sebelum dilaksanakan peluncuran produk ke pasar. Perancangan merupakan suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Dalam tahap perancangan tersebut dibuat keputusan-keputusan penting yang mempengaruhi kegiatan-kegiatan lain selanjutnya. <sup>[21]</sup>

### **2.2.1. PERENCANAAN PRODUK**

Proses perencanaan produk dilakukan sebelum pengembangan produk secara formal disetujui, sumberdaya yang penting dipakai dan sebelum tim pengembangan dibentuk. Proses perencanaan mempertimbangkan peluang-peluang pengembangan produk. Peluang-peluang itu diidentifikasi dari banyak sumber, mencakup bagian pasar, penelitian, pelanggan, tim pengembangan produk, dan analisis keunggulan para pesaing. Berdasarkan peluang-peluang ini, suatu *portfolio* dipilih, waktu proyek ditentukan secara garis besarnya, sumber daya dialokasikan.

### **2.2.2. Pengembangan Konsep**

Pengembangan konsep merupakan proses dari awal hingga akhir. Karena tahap pengembangan konsep dalam proses pengembangan itu sendiri membutuhkan lebih banyak koordinasi dibandingkan fungsi-fungsi lainnya, sehingga banyak metode pengembangan yang terintegrasi baik dalam pernyataan maupun penjelasannya. Proses awal hingga akhir biasanya terdiri dari banyak kegiatan yang saling berhubungan. Konsep pengembangan produk yang digunakan dalam tesis ini adalah konsep yang dikembangkan oleh Karl T. Ulrich.



**Gambar 2.6. Tahap pengembangan konsep**

Proses pengembangan konsep mencakup kegiatan-kegiatan sebagai berikut :

### **2.2.2.1 Identifikasi Kebutuhan Pelanggan**

Identifikasi kebutuhan pelanggan merupakan bagian terpenting dari fase konsep pengembangan produk. Daftar kebutuhan pelanggan yang dihasilkan digunakan untuk menetapkan spesifikasi produk, membuat konsep produk dan menyeleksi konsep produk untuk pengembangan selanjutnya. Metode identifikasi kebutuhan pelanggan meliputi :

1. Menyakinkan bahwa produk telah difokuskan terhadap kebutuhan pelanggan.
2. Mengidentifikasi kebutuhan pelanggan yang tersembunyi dan tidak terucapkan (*latent needs*) seperti halnya kebutuhan yang eksplisit.
3. Merupakan basis untuk menyusun spesifikasi produk.
4. Memudahkan pembuatan arsip dari aktifitas identifikasi kebutuhan untuk proses pengembangan produk.
5. Menjamin tidak ada kebutuhan pelanggan penting yang terlupakan.
6. Menanamkan pemahaman bersama mengenai kebutuhan pelanggan diantara anggota tim pengembangan.

Proses identifikasi kebutuhan pelanggan mencakup lima langkah :

1. Mengumpulkan data mentah dari lapangan.
2. Menginterpretasikan data mentah menjadi kebutuhan pelanggan.
3. Mengorganisasikan kebutuhan menjadi beberapa hierarki yang terdiri dari kebutuhan primer dan sekunder.
4. Menetapkan bobot kepentingan relatif setiap kebutuhan.
5. Merefleksikan hasil dari proses.

### **2.2.2.2 Spesifikasi Produk**

Adapun proses menentukan spesifikasi produk terdiri dari 4 ( empat ) langkah :

1. Menyiapkan daftar matrik, dan menggunakan matriks kebutuhan-matrik.
2. Mengumpulkan informasi mengenai produk pesaing.

3. Menetapkan nilai target ideal dan nilai target marginal yang dapat diterima untuk tiap matrik.
4. Merefleksikan hasil dan proses.

### **2.2.2.3 Penyusunan Konsep**

Konsep produk adalah perkiraan gambaran dari teknologi, prinsip kerja dan bentuk dari produk. Sebuah produk dapat memuaskan pelanggan dan dapat sukses di pasaran tergantung kepada besarnya nilai kualitas yang mendasari konsep. Proses penyusunan konsep dimulai dari serangkaian kebutuhan pelanggan dan target spesifikasi produk kemudian menghasilkan konsep produk yang dilanjutkan dengan seleksi akhir.

Adapun metode penyusunan konsep terdiri dari 5 langkah yaitu :

1. Memperjelas masalah  
Mengerti masalah dan mendekomposisikannya menjadi submasalah yang lebih sederhana.
2. Pencarian eksternal  
Mengumpulkan informasi dari pengguna utama, pakar, patent, literatur yang telah dipublikasikan dan produk yang berhubungan.
3. Pencarian internal  
Menggunakan metode individu dan kelompok untuk memperoleh dan mengadaptasi ilmu pengetahuan dari tim.
4. Menggali secara sistematis  
Menggunakan pohon klasifikasi dan tabel kombinasi untuk mengatur pemikiran tim dan untuk mengkombinasikan pengalan solusi.
5. Merefleksikan pada penyelesaian dan proses  
Mengidentifikasi peluang untuk perbaikan pada iterasi berikutnya atau proyek yang akan datang.

### **2.2.2.4 Evaluasi disain**

Konsep yang telah dipilih berdasarkan penilaian dari beberapa produk pesaing harus dievaluasi sebelum dikembangkan lebih lanjut. Evaluasi ini dilakukan untuk memperbaiki konsep desain yang ada dengan

cara mengidentifikasi beberapa kelemahan yang harus diperbaiki sehingga diharapkan desain produk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan. Jika tanggapan pelanggan buruk, proyek pengembangan mungkin dihentikan, atau beberapa kegiatan awal mungkin diulang apabila dibutuhkan.

#### **2.2.2.5 Detail disain**

Spesifikasi yang menjadi target di awal proses ditinjau kembali setelah proses dipilih dan diuji untuk memperoleh detail disain yang tepat. Kegiatan ini dilaksanakan dengan memperhatikan nilai-nilai besaran spesifik yang mencerminkan batasan-batasan pada produk yang diidentifikasi melalui pemodelan secara teknis, serta pilihan antara biaya dan kinerja.

#### **2.2.2.6 Gambar kerja**

Detail disain yang diperoleh dari hasil evaluasi dituangkan ke dalam bentuk gambar kerja yang sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah ditetapkan sebelumnya.

#### **2.2.2.7 Pemodelan Dan Pembuatan Prototipe**

Setiap tahapan dalam proses pengembangan konsep melibatkan banyak bentuk model dan prototipe. Hal ini mencakup, antara lain model pembuktian konsep yang akan membantu tim pengembangan dalam menunjukkan kelayakan : model "hanya bentuk" dapat ditunjukkan pada pelanggan untuk mengevaluasi keergonomisan dan gaya, sedangkan model lembar kerja adalah untuk pilihan teknis. Dalam proyek pengembangan produk, prototipe digunakan untuk 4 (empat) tujuan yaitu :

1. Pembelajaran : Prototipe sering digunakan untuk dapat memenuhi kebutuhan pelanggan, sebagai alat pembelajaran.
2. Komunikasi : Prototipe merupakan komunikasi dengan manajemen puncak, penjual, mitra, keseluruhan anggota tim, pelanggan dan *investor*. Karena sebuah gambaran, alat, tampilan tiga dimensi dari

produk lebih mudah dimengerti daripada penggambaran verbal, bahkan sebuah sketsa produk sekalipun.

3. Penggabungan : Prototipe digunakan untuk memastikan bahwa komponen-komponen dan subsistem-subsistem dari produk bekerja seperti yang diharapkan. Prototipe fisik menyeluruh paling efektif sebagai alat penggabung dalam pengembangan produk karena prototipe ini membutuhkan perakitan fisik dari seluruh bagian dan subasembli yang membentuk sebuah produk.
4. *Milestones* : Dalam tahap pengembangan produk berikutnya, prototipe digunakan untuk mendemonstrasikan bahwa produk telah mencapai tingkat kegunaan yang diinginkan.

#### **2.2.2.8 Evaluasi dan pengujian prototipe**

Prototipe yang telah selesai pembuatannya perlu dilakukan evaluasi dan pengujian. Evaluasi dan pengujian prototipe ini mencakup evaluasi dari segi disain dan pengujian termal terhadap prototipe yang mengacu pada standar yang ada.

### **2.3 PENGETAHUAN BAHAN YANG AKAN DI PERGUNAKAN**

Sifat – sifat khas bahan industri perlu di kenal secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan<sup>[7]</sup>. Sifat – sifat bahan sangat banyak, termasuk :

- Sifat – sifat mekanik (kekuatan, kekerasan, kekakuan, keliatan, keuletan, kepekaan tarikan atau kekuatan impak, dsb)
- Sifat – sifat listrik (hantaran listrik dieliktrisitas, dsb)
- Sifat – sifat magnet (permeabilitas, koersivitas, histresis, dsb)
- Sifat – sifat termal (panas jenis, pemuaiian, konduktivitas, dsb)
- Sifat – sifat kimia (reaksi kimia, kombinasi, segregasi, ketahanan korosi, dsb)
- Sifat – sifat fisik (ukuran, masa jenis, struktur, dsb)
- Sifat – sifat teknologi (mampu mesin, mampu keras, dsb)

Kebanyakan sifat – sifat tersebut ditentukan oleh jenis dan perbandingan atom yang membentuk bahan, yaitu unsur dan komposisinya . Beberapa contoh bahan – bahan yang ada sebagai berikut :

### 2.3.1 Besi dan Baja

Besi dan baja paling banyak dipakai sebagai bahan industri yang merupakan sumber sangat besar, dimana sebagian ditentukan oleh nilai ekonominya, tetapi yang paling penting karena sifat – sifatnya yang bervariasi . Yaitu bahwa bahan tersebut mempunyai berbagai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibuat sampai yang paling keras dan tajam untuk pisau pemotong dapat dibuat , atau apa saja dengan bentuk apapun dapat dibuat dengan pengecoran . Dari unsur besi berbagai bentuk struktur logam dapat dibuat , itulah sebabnya mengapa besi dan baja disebut bahan yang kaya dengan sifat – sifat .<sup>[7]</sup>

### 2.3.2 Besi Cor

Besi cor adalah bahan yang sangat penting yang dipergunakan sebagai bahan coran lebih dari 80%. Beberapa jenis besi cor seperti :

- **Coran cil**

Besi cor cair yang mempunyai komposisi kimia yang cocok dituangkan dalam sebuah cetakan logam atau cetakan sebagian dari logam , sebagian yang mengenai cetakan logam tersebut terdinginkan secara cepat menjadi besi cor putih yang sangat keras , sedangkan bagian lainnya menjadi besi cor kelabu yang memberikan keuletan lebih baik . Pengecoran ini dinamakan pengecoran cil .<sup>[7]</sup>

Coran cil yang mempunyai sifat keras pada permukaannya dan secara keseluruhannya masih ulet banyak dipergunakan untuk roda – roda dan rol –rol, rol penghancur,

rol untuk pengerolan logam, rol untuk kertas, perkakas pertanian, pompa pasir, dsb. <sup>[7]</sup>

- **Besi cor maleabel**

Grafit yang berbentuk daun pada besi cor tidak menguntungkan ditinjau dari segi kekuatan. Untuk memperbaiki keuletannya bentuk tersebut dirubah menjadi bentuk bongkahan . Besi cor yang mempunyai bentuk grafit tersebut dinamakan besi cor maleabel. Besi cor yang dibuat dengan dekarburisasi, mempunyai warna patahannya putih dinamakan besi cor maleabel perapian putih, sedangkan besi cor yang dibuat dari besi cor putih disnil untuk mengubah  $Fe_3C$  menjadi grafit dan Fe, mempunyai patahan yang warnanya hitam dinamakan besi cor maleabel perapian hitam. <sup>[7]</sup>

Besi cor maleabel perapian putih terdekarburisasi dari permukaan , hal ini membatasi ketebalan coran sampai kira – kira 9 – 15 mm, sedangkan besi cor maleabel hitam dapat dibuat lebih tebal dengan mengatur komposisinya dan waktu anilnya . <sup>[7]</sup>

- **Besi cor nodular**

Kalau *Mg* atau *Ce* ditambahkan kepada cairan besi cor , maka grafit pada coran menjadi berbentuk bulatan. Dibandingkan dengan grafit yang mempunyai bentuk serpih seperti daun , grafit yang berbentuk bulat atau nodular mempunyai derajat konsentrasi tegangan yang sangat kecil, maka kekuatan besi cor menjadi lebih baik . <sup>[7]</sup>

Besi cor macam ini umumnya dinamakan besi cor liat (di Jepang dan di Amerika Serikat ), sedangkan di Inggris dinamakan besi cor nodular. Besi cor nodular mempunyai keuletan yang baik dan mempunyai ketahanan korosi yang dan



ketahanan panas yang baik pula, oleh karena itu dipakai untuk berbagai macam keperluan, untuk pipa – pipa, rol penggiling, cetakan, komponen mekanik, komponen – komponen untuk tungku, dan untuk konstruksi teknik sipil. <sup>[7]</sup>

- **Besi cor paduan**

Besi cor paduan ini di dapatkan dengan menambahkan unsur – unsur paduan lain didalamnya, sehingga memberikan sifat – sifat khusus seperti ketahanan korosi, ketahanan panas, dan kemagnitan. <sup>[7]</sup>

### **2.3.3 Tembaga dan paduannya**

- **Tembaga murni**

Secara industri sebagian besar penggunaan tembaga dipakai sebagai kawat atau bahan untuk penukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik.

Tembaga murni untuk keperluan industri dicairkan dari tembaga yang diproses dengan elektrolisa, dan diklasifikasikan menjadi tiga macam menurut kadar oksigen dan cara deoksidasi, yaitu tembaga ulet, tembaga deoksidasi, dan tembaga bebas oksigen. Dalam tembaga murni untuk keperluan industri biasa terdapat unsur – unsur gas yang memberikan pengaruh terhadap berbagai sifat. Oksigen adalah unsur yang penting yang berhubungan erat dengan kadar hidrogen dan belerang. <sup>[7]</sup>

- **Paduan Tembaga**

Tembaga membentuk larutan padat dengan unsur – unsur logam lain dalam daerah yang luas, dan dipergunakan untuk berbagai keperluan.

Contoh beberapa paduan tembaga yaitu :

1. Kuningan
2. Perunggu (brons)

Perunggu merupakan paduan antara Cu dan Sn dalam artian yang sempit . Tetapi dalam artian yang luas perunggu berarti paduan Cu dengan dengan unsur logam lainnya selain dari Zn . Dibandingkan dengan tembaga murni dan kuningan, perunggu merupakan paduan yang mudah dicor dan mempunyai kekuatan yang lebih tinggi, demikian juga ketahanan ausnya dan ketahanan korosinya, oleh karena itu banyak dipergunakan untuk berbagai komponen mesin, bantaan, pegas, coran artistik dsb. <sup>[7]</sup>

#### **2.3.4 Aluminium dan paduannya**

Aluminium merupakan logam ringan mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam . Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang , mobil, kapal laut, kontruksi, dsb. <sup>[7]</sup>

#### **2.3.5 Seng dan Paduannya**

Seng adalah logam yang kedua setelah Cu yang diproduksi secara besar sebagai logam bukan besi. Kekuatannya rendah, tetapi titik cairnya juga rendah 419°C dan hampir tidak rusak di udara biasa, yang dipergunakan untuk pelapisan untuk pelapisan pada besi. Juga dipergunakan sebagai bahan pelat batere kering dan untuk keperluan percetakan. <sup>[7]</sup>

#### **2.3.6 Polimer termoplastik**

Plastik, serat, film, dan sebagainya yang biasa dipergunakan dalam kehidupan sehari – hari mempunyai berat molekul 10.000. Bahan dengan berat molekul yang besar tersebut di sebut polimer, mempunyai struktur dan sifat – sifat yang rumit

disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibanding dengan senyawa yang berat atomnya rendah.

Beberapa jenis bahan polimer yaitu :

1. Polietilen

Secara kimia polietilen merupakan parafin yang mempunyai berat molekul tinggi. Karena itu sifat – sifatnya serupa dengan sifat –sifat parafin. Terbakar kalau dinyalakan dan menjadi cair, menjadi rata kalau dijatuhkan di atas air. <sup>[7]</sup>

2. Polipropilen

Sifat – sifat polipropilen serupa dengan sifat – sifat polietilen. Masa jenisnya rendah (0,90 – 0,92). Termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer. Dapat terbakar kalau dinyalakan. Dibandingkan dengan polietilen masa jenis tinggi titik lunaknya tinggi sekali (176°C), kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada temperatur rendah. <sup>[7]</sup>

3. Polistiren

Polistiren tidak berwarna dan merupakan resin transparan dapat diwarnain secara bening. Masa jenisnya lebih rendah dari polietilen dan polipropilen. Memiliki sifat listrik yang baik sekali terutama bagi frekuensi tinggi, walaupun kestabilan terhadap cahaya dan sifat tahan cuacanya agak rendah dari pada resin metakrilik. <sup>[7]</sup>

4. Polimetil metakrilat (resin metakrilat)

Sifat tembus cahaya resin metakrilat sangat baik, terutama untuk daerah sinar tampak, menjadikan plastik ini paling baik. Masa jenisnya sekitar ½ dari gelas, kekuatan impaknya 10 kali berat dari pada gelas, dan juga ketahanan cuacanya sangat baik.

Meskipun dipergunakan di luar dalam jangka waktu yang lama, turunnya kekuatan dan pudarnya warna sangat kurang. <sup>[7]</sup>

5. Polivinil klorida

Tepung putih dengan masa jenis 1,4 ini, baik dalam ketahanan air, ketahanan asam dan ketahanan alkali, tidak bersifat racun dan tidak menyala, isolasi listriknya baik dan tahan terhadap banyak larutan. Melunak pada 65 - 85°C dan plastis pada 120 – 150°C. Mencair pada atau di atas 170 °C dan terurai memberikan asam klorida pada atau diatas 190 °C. <sup>[7]</sup>

6. Klorida poliviniliden

Monomer mempunyai titik lunak pada 185 - 200 °C, dan temperatur penguraian pada 210 - 225 °C. Sangat stabil terhadap bahan kimia, kurang permeabel terhadap gas dan uap, tidak dapat menyala dan sukar larut dalam larutan – larutan. <sup>[7]</sup>

7. Polivinil asetat

8. polivinil alkohol

9. polivini asetal

10. Resin kopolimer

11. Turunan selulosa

**Plastik industri**

Bahan ini adalah plastik yang dapat digunakan dalam kondisi yang agak kasar, sebagai bahan dan bagian – bagian untuk industri. Berbagai macam bahan sekarang dikembangkan dan banyak digunakan secara efektif sebagai komponen, dengan

menggunakan sifatnya yang ringan, kemampuan dibentuk yang baik, meredam suara, pelumasan dan tahan abrasi.

Salah satu contoh dari plastik industri adalah :

1. Poliamid (Nylon)

Masing – masing bahan tersebut kuat dan unggul dalam pelumasan, ketahanan abrasi dan ketahanan kimia, tetapi akibat sifat serap airnya, maka kestabilan dimensinya dan sifat listriknya jelek. <sup>[7]</sup>

2. Poliasetal

Bahan ini bila dibandingkan dengan polikarbonat, maka kekuatan tarik dan kekuatan tekuknya hampir sama, unggul dalam kekuatan tekan dan agak kurang dalam ketahanan impeknya. Bahan mempunyai modulus elastik yang tinggi, karena kuat seperti pegas logam. Bahan ini termasuk kelompok bahan dengan ketahanan leleh paling tinggi, dan ketahanan abrasinya baik setelah nilon. <sup>[7]</sup>

3. Polikarbonat aromatik

Bahan ini dalam sifat mekanik, khususnya sangat baik dalam ketahanan impak, dan ternyata yang terbaik antara resin yang tak terisi. Namun demikian, ketahanan leleh bahan ini kurang baik dibandingkan dengan ketahanan leleh poliasetal dan nilon. Kekuatan tariknya kira – kira sama dengan poliasetal, sedangkan kekuatan tekuk dan kekuatan tekan agak lebih baik dari rata – rata. Dengan mengungat sifat – sifat listriknya, maka bahan ini banyak digunakan daam teknik listrik. <sup>[7]</sup>

4. Resin poliester termoplastik jenuh

Dengan permukaan yang halus mengkilat, titik leleh yang relatif tinggi, maka bahan ini unggul dalam kestabilan dimensi karena serapan airnya dan koefisien ekspansi termalnya rendah.

Bahan mempunyai kekakuan tinggi, kekuatan mekanik yang unggul, tinggi dalam : ketahanan impak, ketahanan abrasi, koefisien gesek, ketahanan melar, ketahanan retak tegangan, ketahanan cuaca juga baik. <sup>[7]</sup>

#### 5. Polisulfon

Bahan ini sukar dioksidasi karena adanya gugusan sulfon, sukar dibentuk hampir – hampir tak terurai oleh panas. Temperatur deformasi termal adalah 174 °C. Bahan dapat digunakan sampai 150 °C. Bahan unggul dalam ketahanan kimia, tak tak diserang oleh asam mineral, alkali, dan garam, tetapi, diserang oleh keton, hidrokarbon terklorinasi dan pelarut polar lainnya, maupun oleh hidrokarbon aromatik. <sup>[7]</sup>

#### 6. Polifenilen oksida (PPO)

PPO unggul dalam kekuatan, ketahanan panas dan sifat listrik, tetapi tak begitu baik dalam kemampuan cetaknya. <sup>[7]</sup>

#### 2.3.8 Polimer lain

Contoh dari polimer lain adalah :

1. Fluoropolimer
2. Resin silikon

### 2.4 TEORI PERPINDAHAN PANAS DASAR

Cara – cara perpindahan panas yang umum ada 3 cara :

- Dengan cara Konduksi
- Dengan cara Konveksi
- Dengan cara Radiasi

Pada system heater tersebut perpindahan panas ke hood incubator dengan cara Konveksi, dimana perpindahan panas secara konveksi adalah :

**Definisi :**

disebut konveksi jika molekul yang bertemperatur tinggi mengalir ke tempat yang bertemperatur lebih rendah dan menyerahkan panasnya pada molekul yang bertemperatur lebih rendah. <sup>[6]</sup>

**Contoh :**

gerakan makroskopis dalam fluida, partikel fluida dalam gerakannya mengarahkan panas yang dibawa.

**Laju Perpindahan Panas :**

$$q = -k.A. \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=0}$$

$$q = h \cdot A (T_d - T_f)$$

dimana :

$h$  : Koef. Perpindahan panas konveksi ( $W/m^2 \text{ } ^\circ C$ )

$T_d$  : temperatur dinding ( $^\circ C$ )

$T_f$  : temperatur fluida ( $^\circ C$ )

**2.5. METODE ELEMEN HINGGA (MSC/NASTRAN)**

Adalah penting memahami perbedaan antara persamaan generasi dan persamaan solusi. Dalam komputasional analisis struktural satu set persamaan secara aljabar yang menghadirkan perilaku suatu sistem merupakan generasi penggunaan suatu teknik yang telah memasukkan metoda elemen hingga (finite element). Dengan satu set persamaan yang menggunakan teknik aljabar matriks untuk menyediakan suatu uraian matematika lengkap menyangkut struktur yang dibatasi dan untuk memperoleh suatu solusi.

Tujuan umum program elemen hingga (finite element) seperti MSC/NASTRAN yang mempermudah untuk menganalisa suatu tegangan yang terjadi pada bahan yang dirancang dengan menggunakan metode elemen hingga (finite element), yang memasukkan eliminasi Gauss untuk solusi persamaan matriks.

Penyajian suatu model struktural melibatkan satu sampai beberapa ribu persamaan secara aljabar yang menghubungkan tingkah laku variabel. Penyajian ini akan mustahil tanpa notasi yang ringkas yang diberi oleh notasi matriks <sup>[5]</sup>, yaitu:

$$a_1 x + b_1 y + c_1 z = f_1$$

$$a_2 x + b_2 y + c_2 z = f_2$$

$$a_3 x + b_3 y + c_3 z = f_3$$

dimana  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  adalah variabel bebas. Koefisien dari variabel bebas  $a$ ,  $b$ , dan  $c$ , berturut-turut, dan  $f$  menjadi tak homogen. Tuliskan di bawah garis pada koefisien melambangkan jumlah persamaan yang sesuai.

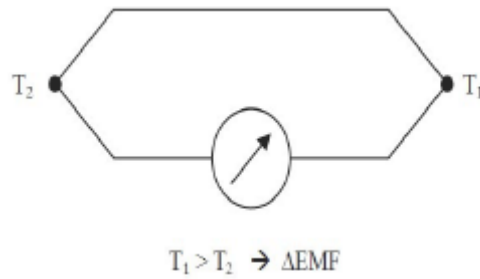
Satuan persamaan dapat diwakili dalam suatu bentuk yang lebih sederhana dengan penjelasan satu set variabel bebas untuk  $x_1$  dan suatu konvensi cakupan dihubungkan. Cakupan konvensi yang digunakan adalah  $x_1$  itu mewakili satuan variabel  $x_1, x_2, \dots, x_n$  dimana  $n$  menjadi cakupan dari indeks, yaitu:

$$x_1 = x, x_2 = y, x_3 = z$$

## 2.6. Prinsip Kerja Termokopel

Suatu termokopel bekerja atas dasar prinsip fenomena dari Seebeck (pada tahun 1821), yaitu : bila suatu rangkaian yang terdiri dari dua buah logam yang tidak sejenis dan bila temperatur pada sambungan-sambungan dari kedua kawat tersebut tidak sama, maka akan ada gaya listrik (electromotive force = emf), seperti pada gambar di bawah .



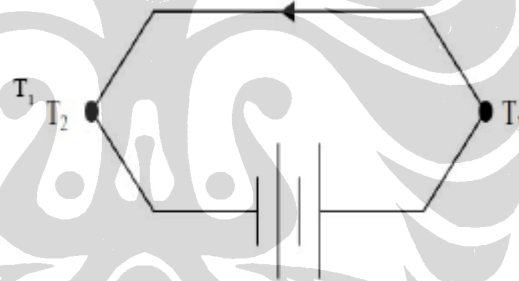


**Gambar 2.7** Prinsip Kerja Termokopel

Efek lainnya yang penting dalam pembahasan termokopel adalah :

**Efek Peltier (pendinginan atau pemanasan)**

Jika melalui sambungan antara 2 buah logam yang berbeda dialirkan arus listrik, maka sambungan tersebut akan bertambah panas atau dingin tergantung dari arah arus mengalir, seperti pada gambar 2.2.



**Gambar 2.8** Efek Peltier

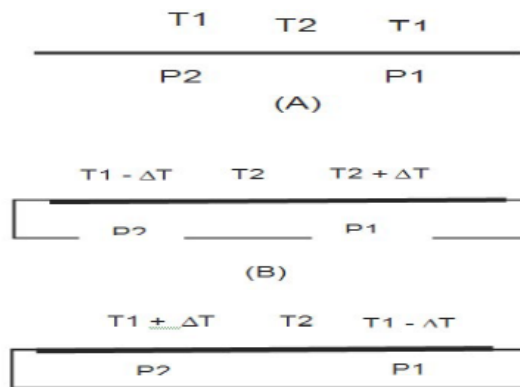
**Efek Thompson**

Jika arus mengalir dalam kawat tembaga dengan gradien temperatur, panas dibebaskan pada setiap titik dimana arus mengalir menurut arah aliran panas, sedangkan panas diserap pada titik yang berlawanan arah (gambar 2.3).

Sebatang logam  $T_1 = T_2$

Jika  $T_1 < T_2$  maka arus listrik akan mengalir seperti anak panah tersebut

Kebalikan dari (B) jika  $T_1 > T_2$ , maka arah arus listrik akan mengalir kebalikan daripada (B).



**Gambar 2.9** Efek Thompson

Adapun tipe-tipe dari termokopel tertera dalam tabel berikut ini :

**Tabel 2.2. Tipe-tipe Termokopel**

Tipe	Material konduktor	Range temperature (°C)	Standar
K	Ni – Cr (+)	0 s/d + 100	BS-EN 60584.1 Pt4 – 1996
	Ni – Al (-)		DIN-EN 60584 .1.1996
T	Cu (+)	-185 s/d + 300	BS-EN 60584.1 Pt5 – 1996
	Cu – Ni (-)		DIN-EN 60584 .1.1996
J	Fe (+)	+20 s/d + 700	BS-EN 60584.1 Pt3 – 1996
	Cu – Ni (-)		DIN-EN 60584 .1.1996
E	Ni – Cr (+)	0 s/d + 800	BS-EN 60584.1 Pt6 – 1996
	Cu – Ni (-)		DIN-EN 60584 .1.1996
N	Ni – Cr – Si (+)	0 s/d + 1250	BS-EN 60584.1 Pt8 – 1996
	Ni – Si (-)		DIN-EN 60584 .1.1996

Sumber : TC. LTD. UXBRIDGE, UBB 2YS, England

## BAB III

### DESAIN PRODUK

#### 3.1 STUDY LITERATUR DAN LAPANGAN

Inkubator transportasi adalah selungkup diperuntukkan bagi bayi, memiliki bagian transparan untuk dapat melihat bayi, dilengkapi dengan alat pengontrol lingkungan bayi terutama suhu, menggunakan udara yang dipanaskan, dan memenuhi keselamatan pengangkutan bayi. Inkubator transportasi ini harus dapat dengan mudah dimasukkan ke mobil ambulans ataupun dikeluarkan dari ambulans. Inkubator transportasi ini dapat dioperasikan dari satu tempat ke tempat lainnya atau dari rumah sakit ke tempat pasien dan sebaliknya.

Fungsi dari inkubator adalah untuk mengalirkan udara panas ke ruangan inkubator dan mempertahankannya pada suhu tubuh normal yaitu 36°C - 37°C. Di Indonesia yang beriklim tropis, dimana temperatur udara mencapai 35 °C.

Dari pengambilan data pada mobil yang tidak menggunakan pendingin didapat data sebagai berikut :

**Tabel 3.1** Pengukuran temperatur pada kendaraan

Hari	Waktu	Temp. Ruangan Depan (°C)	Temp. Ruangan belakang (°C)	Temp. Luar(°C)	Keterangan
1	10.00	35,2	38,7	28,1	Cerah
	12.00	45,5	47,1	31	Cerah
	14.00	36,7	38,7	29,7	Berawan
	16.00	31,3	34,4	27	Berawan
	18.00	29	30,5	26	Cerah
2	10.00	28,1	29,5	25	Hujan
	12.00	39,2	40,3	30	Cerah
	14.00	35,6	38,1	29,6	Berawan
	16.00	29,6	29,8	27,4	Berawan
	18.00	28,5	28,8	25	Berawan

3	10.00	34,4	36,4	28,6	Cerah
	12.00	46	47	31,6	Cerah
	14.00	36,3	37,7	28,9	Berawan
	16.00	30,2	31,1	28	Berawan
	18.00	27,7	28	25	Hujan

Dari pengukuran di atas didapatkan bahwa, kadang temperatur di dalam ruangan kendaraan diatas dari temperatur tubuh normal manusia, kadang dibawah dari temperatur tubuh normal manusia. Maka jika kita merujuk dari hasil pengukuran tersebut, maka inkubator tersebut harus memiliki pendingin pula, tetapi setelah melihat dari ketetapan yang dibuat oleh Menteri Kesehatan tentang standar fisik perlengkapan ambulans gawat darurat medik, dimana setiap ambulans harus menggunakan pendingin seperti tercantum dalam:

Kepmekes No. 0152/Yanmed/RSKS/1987 [ lihat lampiran ]

Kepmekes No.143/Menkes-kesos/SK/II/2001 [lihat lampiran]

Julat suhu antara 10°C dan 30°C dianggap julat standar pada mobil ambulans dan rumah sakit (sesuai dengan SNI '11')

Maka pada Perancangan inkubator transportasi ini menggunakan pemanas saja.

### 3.2 PERANCANGAN DAN PENGEMBANGAN PRODUK

Inkubator transportasi sangat diperlukan untuk memindahkan dari ruangan satu ke ruangan yang lainnnya maupun dari rumah sakit satu ke rumah sakit lainnya yang jaraknya cukup jauh, tetapi yang ada pada saat ini inkubator transportasi sangat mahal sehingga banyak rumah sakit yang tidak memilikinya. Dalam penelitian ini, penulis mencoba mendisain *box temperatur kontrol* dan *pemilihan sistem kontrol* untuk inkubator transportasi yang handal, ringan, aman, murah dan dapat diproduksi di Indonesia.

Adapun tahapan pada perancangan dan pengembangan produk inkubator transportasi ini adalah sebagai berikut:

**a. Pernyataan Misi**

Langkah pendahuluan dalam penelitian ini merupakan uraian tentang inkubator transportasi dan peluang yang dituangkan dalam bentuk pernyataan misi berikut ini:

**Tabel 3.2** Pernyataan Misi

Pernyataan Misi :	
Box temperatur kontrol dan pemilihan sistem kontrol untuk inkubator transportasi	
Uraian Produk:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>box</i> dan <i>system kontrol</i> untuk inkubator transportasi yang handal, ringan, aman, murah dan dapat diproduksi di dalam negeri.</li> </ul>
Sasaran Bisnis Utama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produk diperkenalkan pada akhir tahun 2008</li> <li>• Memasukkan pasar inkubator transportasi</li> </ul>
Pasar Utama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rumah Sakit Umum milik Pemerintah</li> <li>• Pelayanan kesehatan SOS dan <i>Rescue</i></li> </ul>
Pasar Kedua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rumah sakit dan klinik swasta</li> </ul>
Asumsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produk sesuai standar SNI dan IEC</li> <li>• Produk yang handal, ringan, aman dan murah</li> <li>• Dapat diproduksi lokal</li> </ul>
Stakeholder	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembeli dan pengguna</li> <li>• Distributor dan penjual</li> <li>• Manufacturer</li> <li>• Departemen kesehatan / rumah sakit</li> </ul>

**b. Identifikasi Kebutuhan Konsumen**

Sasaran dalam identifikasi konsumen ini adalah untuk memahami kebutuhan konsumen dan mengkonfirmasikannya kepada tim pengembang [ ]. Dari pernyataan konsumen yang diperoleh melalui survei dituangkan dalam daftar kebutuhan konsumen yang tersusun rapi, dan dalam daftar secara hierarkis dengan bobot kepentingan untuk masing-masing kebutuhan.

**Tabel 3.3** Daftar kebutuhan konsumen

No	Nama Responden	Pernyataan Pelanggan	Interpretasi Kebutuhan
1	Farida Danoe Bidan Klinik Bersalin Trio Bunda	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ingin dinding bawah tempat tidur bayi tidak panas</li> <li>- ingin tanda sinyal/alarm apabila aliran panas berlebihan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlu pelapis/protect panas dinding bawah tempat tidur bayi</li> <li>• Perlu kipas yang kuat dan stabil flow</li> </ul>

2	Tri Mulyani Bidan Klinik Bersalin Trio Bunda	- ingin Dinding control panel tidak panas - mudah dibersihkan bak air, saluran heater & kipas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Saluran aliran heater tidak keluar/bocor</li> <li>• Perancangan system heater yang mudah dipasang dan dibongkar</li> </ul>
3	Annisa Suster Rumah Sakit Mitra Keluarga Bekasi	- kipas sering rusak - ingin kontrol kelembaban apabila ruangan terlalu lembab	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kipas yang tahan panas &amp; korosif akibat air</li> <li>• Perlu pintu katub pengatur bak air</li> </ul>
4	Ratna Suster Rumah Sakit Mitra Keluarga Bekasi	- ingin air dapat dikontrol seberapa habisnya - ingin sinyal system heater apabila terjadi kerusakan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Takaran/ukuran air dapat dilihat secara transparan</li> <li>• Meminimalkan kerusakan system heater</li> </ul>

### Daftar Hierarki Kebutuhan

Data pernyataan pelanggan diolah menjadi daftar interpretasi kebutuhan pelanggan. Jumlah kebutuhan yang cukup banyak ini akan menyulitkan dalam pengembangan selanjutnya. Oleh karena itu, daftar kebutuhan ini dikelompokkan menjadi beberapa *hierarki*, yaitu menjadi beberapa kebutuhan primer. Kebutuhan primer ini bisa jadi mempunyai beberapa kebutuhan sekunder.

**Tabel 3.4** Daftar Hierarki Kebutuhan

<b>a. Box temperatur kontrol</b>	
***	Dapat mensuplai panas yang dibutuhkan (heater)
***	Tempat air tidak mudah tumpah
***	Saluran heater tidak bocor
**	Mudah dibersihkan
**	Kipas tahan panas & awet
***	Sirkulasi oksigen yang baik
**	Box Mudah untuk diangkat
<b>b. Pemilihan Sistem Kontrol</b>	
***	Menggunakan alarm
**	Memakai Unit : Celcius, Fahrenheit
*	Mudah terlihat
***	Dapat mengatur temperatur
***	Mudah dioperasikan

**	Bentuk Sistem Kontrol sederhana
**	Sistem Kontrol tahan lama (tidak cepat rusak)
***	Sistem Kontrol aman saat digunakan

## Penetapan Kepentingan Relatif Tiap Kebutuhan

Tingkat kepentingan relatif harus ditetapkan dan sumber daya dialokasikan sesuai dengan disain produk. Bobot nilai kepentingan kebutuhan ini diketahui dengan menggunakan pendekatan survei terhadap pengguna atau pelanggan, karena dapat merespon langsung secara eksplisit terhadap kebutuhan yang signifikan.

**Tabel 3.5** Penetapan Kepentingan relatif tiap kebutuhan

<b>Box temperatur kontrol</b>	<b>Tingkat Kepentingan</b>
Dapat mensuplai panas yang dibutuhkan (heater)	5
Tempat air tidak mudah tumpah	5
Saluran heater tidak bocor	5
Mudah dibersihkan	4
Kipas tahan panas & awet	4
Sirkulasi oksigen yang baik	4
Box mudah untuk diangkat	3
<b>Pemilihan Sistem Kontrol</b>	
Menggunakan alarm	5
Memakai Unit : Celcius, Fahrenheit	4
Mudah dibaca	2
Dapat mengatur temperatur	5
Mudah dioperasikan	4
Bentuk Sistem Kontrol sederhana	3
Sistem Kontrol tahan lama (tidak cepat rusak)	4
Sistem Kontrol aman saat digunakan	5

Keterangan: 1 merupakan skala terkecil dan 5 adalah skala terbesar.

**c. Spesifikasi Produk**

Spesifikasi produk merupakan penjelasan produk tentang hal-hal yang harus dilakukan oleh sebuah produk. Istilah lain dari spesifikasi produk adalah kebutuhan produk dari sebuah produk atau karakteristik *engineering*. Dari hasil survei dan wawancara konsumen/pelanggan yang dilakukan di rumah sakit, didapat bahwa hampir semua responden menginginkan inkubator transportasi yang aman, handal dan murah.

Berikut daftar metrik untuk *box temperatur kontrol dan pemilihan sistem kontrol* pada inkubator transportasi

**Tabel 3.6** Daftar Metrik

No. Metric	Kebutuhan	Metriks	Satuan
<i>Box temperatur kontrol dan pemilihan sistem kontrol</i>			
1	4,7	Dimensi box temperatur kontrol	mm
2	4,7	Bahan box	--
3	1,3,4	Dimensi box kontrol panel	mm
4	2,4,5	Bahan tempat air	--
5	4	Dimensi tempat air	mm
6	4	Jenis rel box kontrol panel	--
7	7	Bahan pegangan box	--
8	8,10	Jenis alarm	--
9	12,13	Dimensi alat kontrol	mm
10	9,10,11,12,14,15	Jenis alat kontrol	--
11	7	Bahan pegangan box	--
12	7	Dimensi pegangan box	mm
13	1,5	Dimensi kipas	mm
14	1,4,6	Dimensi saluran	mm
15	1,4	Jenis elemen pemanas	--
16	6	Jenis nepel	--



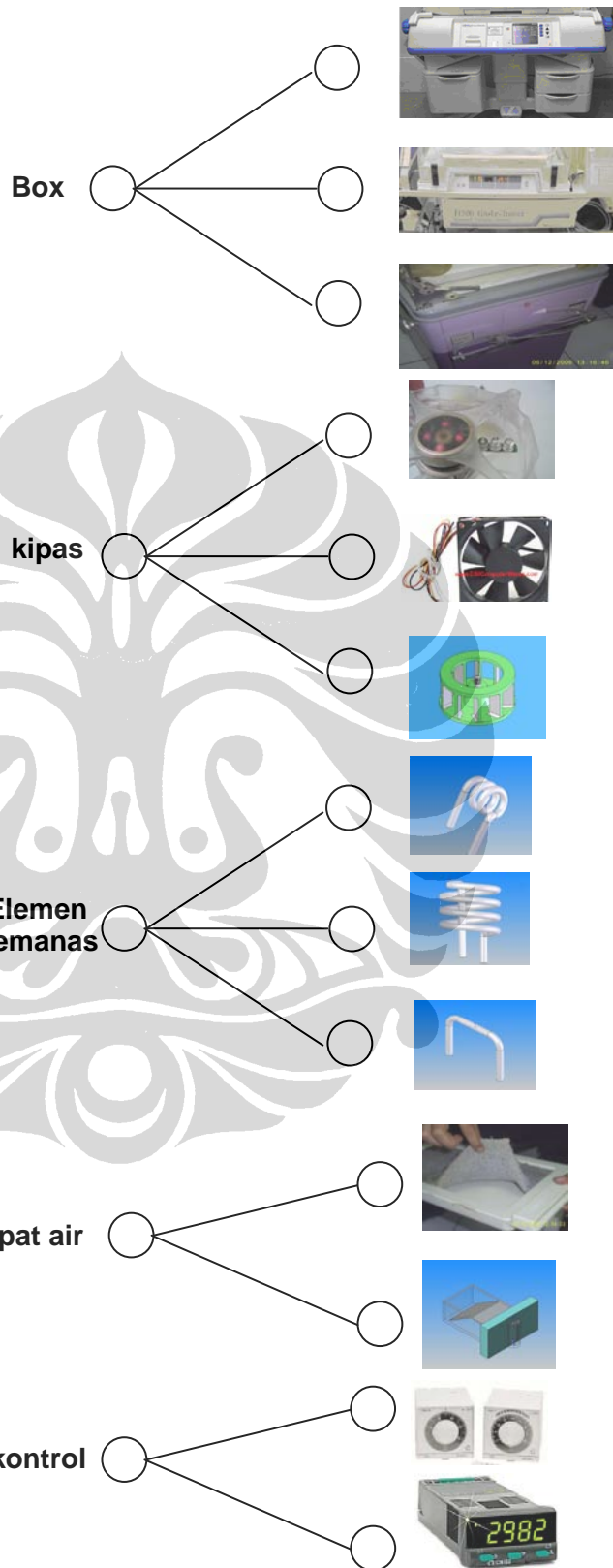
Matriks kebutuhan-metrik memperlihatkan hubungan antara kebutuhan dan metric. Matriks ini merupakan elemen kunci dalam pengembangan fungsi kualitas. Matriks ini menjelaskan pemetaan hubungan antara kebutuhan dan metric. Berikut ini adalah matriks kebutuhan-metrik dari inkubator transportasi.

**Tabel 3.7** Hubungan antara kebutuhan dan matriks

		Metrik															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Kebutuhan		Dimensi box	Bahan box	Dimensi kontrol panel	Bahan tempat air	Dimensi tempat air	Jenis rel control panel	Bahan pegangan box	Jenis alarm	Dimensi alat kontrol	Jenis alat kontrol	Bahan pegangan box	Dimensi pegangan	Dimensi kipas	Dimensi saluran	Jenis pemanas	Jenis nepel
1	Dapat mensuplai panas yang dibutuhkan (heater)			•										•	•	•	
2	Tempat air tidak mudah tumpah				•												
3	Saluran heater tidak bocor			•													
4	Mudah dibersihkan	•	•	•	•	•	•								•	•	
5	Kipas tahan panas & awet				•									•			
6	Sirkulasi oksigen yang baik														•		•
7	Box mudah untuk diangkat	•	•					•				•	•				
8	Menggunakan alarm								•								
9	Memakai Unit : Celcius, Fahrenheit										•						
10	Mudah dibaca								•		•						
11	Dapat mengatur temperatur										•						
12	Mudah dioperasikan									•	•						
13	Bentuk Sistem Kontrol sederhana									•							
14	Sistem Kontrol tahan lama (tidak cepat rusak)										•						
15	Sistem Kontrol aman saat digunakan										•						

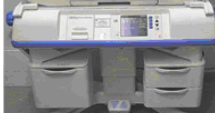








## Klasifikasi konsep


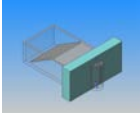


### Konstruksi box temperatur kontrol



Adapun kelebihan dan kekurangan dari masing-masing produk adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.8** usaian dari beberapa produk

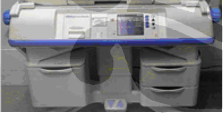







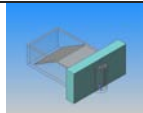




Bagian	Produk	Kelebihan	Kekurangan
Box		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kontrolnya muda dilihat</li> <li>2. Bentuknya yang bagus</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sukar untuk membuatnya</li> <li>2. Biaya pembuatan cukup mahal</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ringan karena kecilnya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sulit dibuat</li> <li>2. Biaya pembuatan mahal</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah dalam membersikannya</li> <li>2. biaya pembuatan murah</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agak kaku bentuknya</li> <li>2. agak berat</li> </ol>
Kipas		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah dalam pemasangan</li> <li>2. lebih simpel</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. sulit didapat</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah dalam pemasangan</li> <li>2. Banyak dipasaran</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. perlu tempat untuk memasangnya</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mendistribusi udara lebih baik</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. tidak ada di pasaran</li> </ol>
Elemen Pemanas		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mudah dalam pembuatan</li> <li>2. Harganya lebih murah</li> </ol>	
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harga lebih murah</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agak sulit dalam pembuatan</li> </ol>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. lebih mudah pembuatannya</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Harganya mahal karena memakai bahan keramik</li> </ol>

Tempat air		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. air tidak tumpah</li> <li>2. dapat digunakan di inkubator transportasi</li> </ol>	1. jika ada guncangan air didalam dapat keluar
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. air dapat kita kontrol karena bahannya transparan</li> </ol>	
Kontrol		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. lebih murah</li> </ol>	1. Pengaturannya kurang
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. penunjuk angka nya cukup jelas</li> </ol>	

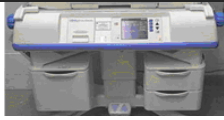






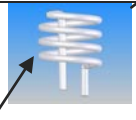
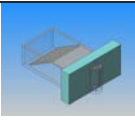


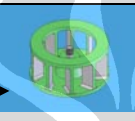

### Kombinasi konsep

box temperatur kontrol dan pemilihan sistem kontrol

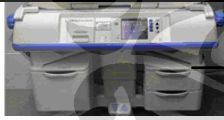







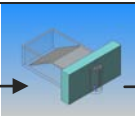




**Tabel 3.9** Kombinasi Konsep

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				









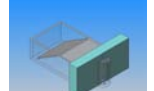


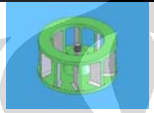

**Tabel 3.10** Kombinasi 1

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				

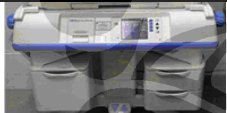







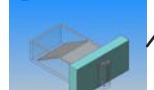


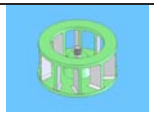
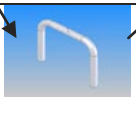
**Tabel 3.11** Kombinasi 2

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				

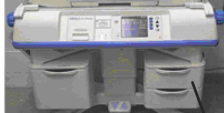







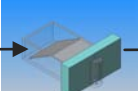




**Tabel 3.12 Kombinasi 3**

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				

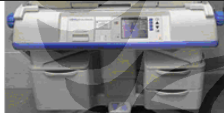


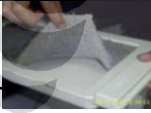




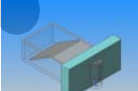




**Tabel 3.13 Kombinasi 4**

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				

**Tabel 3.14 Kombinasi 5**

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				

**Tabel 3.15 Kombinasi 6**

Box	Kipas	Elemen Pemanas	Tempat air	Kontrol
				
				
				

## Penyaringan Konsep

Penyaringan konsep didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada tahun 1980-an dan sering disebut konsep Pugh (Pugh, 1990). Tujuan tahapan ini adalah mempersempit jumlah konsep secara cepat dan untuk memperbaiki konsep. Matriks seleksi atau matriks penyaringan konsep yang digunakan adalah sebagai berikut:

### Box temperatur control dan pemilihan system kontrol

**Tabel 3.16** Penyaringan konsep

Kriteria seleksi	1 Ref.	2	3	4	5	6
Dapat mensuplai panas yang dibutuhkan	0	0	0	0	+	+
Saluran panas tidak bocor	0	0	0	0	0	0
Mudah dibersihkan	0	-	0	-	0	0
Air tidak tumpah saat kemiringan	0	-	0	-	-	0
Manufacturing cost	0	-	+	0	0	0
Komponen tersedia di pasar	0	0	+	0	0	0
Jumlah +	0	0	2	0	1	1
Jumlah 0	6	3	4	4	4	5
Jumlah -	0	3	0	2	1	0
Nilai Akhir	0	-3	+2	-2	0	+1
Peringkat	3	6	1	5	4	2
Lanjutkan	ya	tidak	ya	tidak	tidak	ya

Keterangan: (+) untuk lebih baik, (0) untuk sama dengan dan (-) untuk lebih buruk, Ref adalah konsep yang dijadikan acuan/referensi yang dipilih adalah konsep 2.



## Penilaian Konsep

Tahap ini dilakukan agar alternatif penyelesaian yang ada dapat dibedakan lebih baik diantara konsep yang bersaing tersebut. Disini ada peran bobot kepentingan relatif untuk setiap kriteria seleksi dan memfokuskan pada hasil perbandingan yang lebih baik dengan penekanan pada setiap kriteria seleksi.

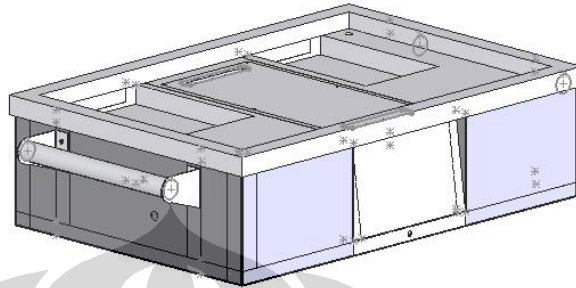
**Tabel 3.17** Penilaian Konsep

Box temperatur control		Konsep					
		Kombinasi 3		Kombinasi 1 (Referensi)		Kombinasi 6	
Kriteria seleksi	Beban	Rating	Nilai Beban	Rating	Nilai Beban	Rating	Nilai Beban
Dapat mensuplai panas yang dibutuhkan	20%	3	0.60	3	0.60	4	0.80
Saluran panas tidak bocor	15%	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Mudah dibersihkan	10%	3	0.30	3	0.30	3	0.30
Air tidak tumpah saat kemiringan	15%	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Manufacturing cost	25%	4	1	3	0.75	3	0.75
Komponen tersedia di pasar	15%	4	0.60	3	0.45	3	0.45
<b>Total</b>		<b>3.40</b>		2.90		3,20	
<b>Peringkat</b>		<b>1</b>		3		2	
<b>lanjutkan</b>		<i>kembangkan</i>		tidak		tidak	

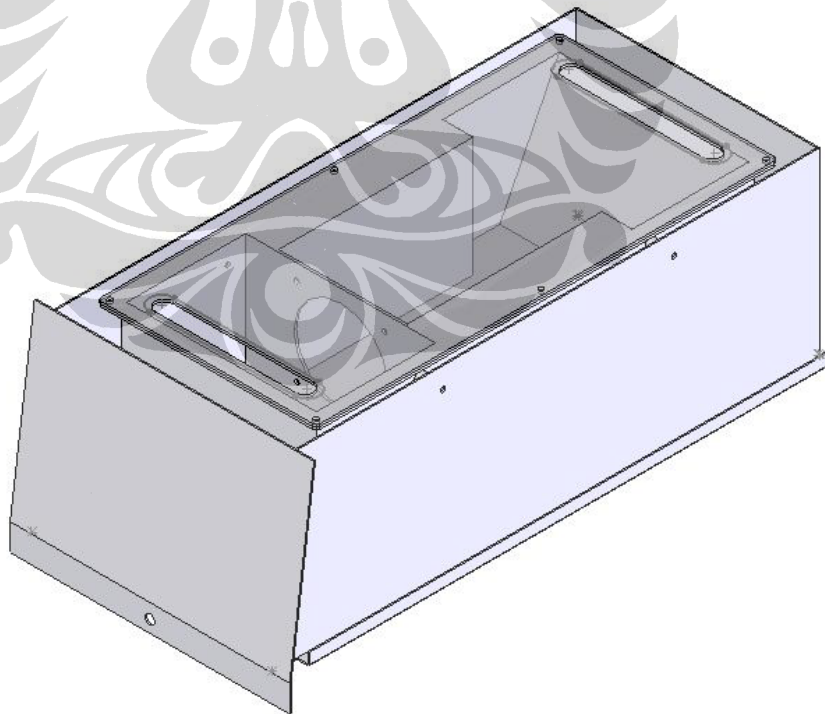
Skala penilaian adalah sebagai berikut

Kinerja Relatif	Nilai
Sangat buruk dibandingkan referensi	1
Buruk dibandingkan referensi	2
Sama seperti referensi	3
Lebih baik dari referensi	4
Sangat lebih baik dari referensi	5

Hasil Akhir Konsep adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Konsep dari box temperatur kontrol inkubator transportasi



**Gambar 3.2** konsep box kontrol panel

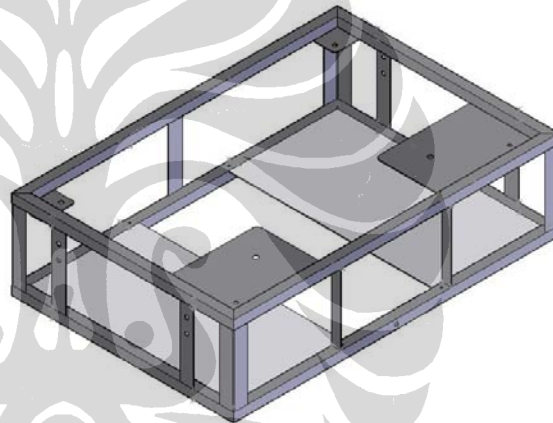
### 3.3 KONSEP DISAIN AWAL

Setelah pemilihan dan seleksi konsep di dapat disain box temperatur kontrol dan pemilihan sistem kontrol untuk inkubator transportasi sebagai berikut :

- **Rangka box**

Rangka ini berguna untuk menumpu beban yang diterima dari berat *hood* maupun berat dari box itu sendiri, ketika box tersebut akan di angkat.

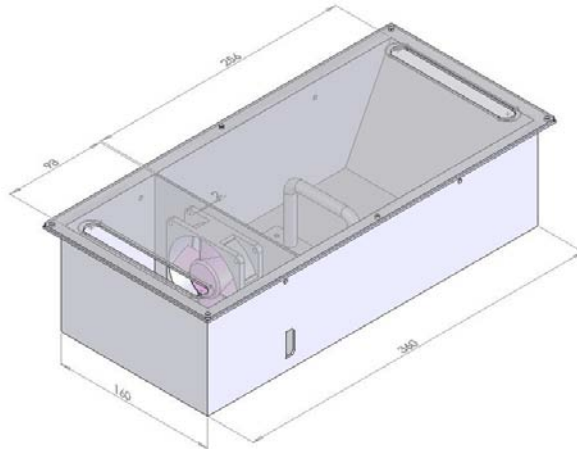
Pemilihan material yang digunakan besi dengan tebal 0.8 mm, dipakai karena lebih murah dan kekuatannya tidak begitu jelek dari jenis logam lainnya.



**Gambar 3.3** Rangka box temperatur kontrol

- **Saluran udara dan box kontrol panel**

Saluran udara panas tergantung di atas box kontrol panel dan box kontrol panel menggunakan rel yang berguna untuk mempermudah dalam membersihkan dan melepaskannya dari box inkubator jika diperlukan.



**Gambar 3.4** Box kontrol panel dan saluran udara panas

- **Tempat air**

Tempat air berguna untuk menjaga kelembapan udara dalam hood, untuk menjaga agar air tersebut tidak tumpah pada saat inkubator tersebut dalam keadaan bergerak, maka didalamnya terdapat busa yang dapat menyerap air.

**Pemilihan material**

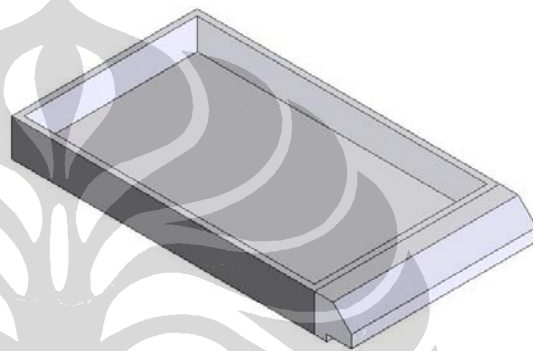
Bahan tempat air yang disarankan adalah bahan yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat. Berat jenis polimer rendah dibandingkan dengan logam dan keramik, yaitu 1,0 – 1,7, yang memungkinkan membuat barang kuat dan ringan.
2. Baik sekali dalam ketahanan air dan ketahanan zat kimia. Pemilihan bahan yang baik akan menghasilkan produk yang mempunyai sifat-sifat baik sekali.
3. Murah
4. Tersedia di pasar.

Dari beberapa material yang di temukan dipasaran dari jenis poimer seperti :

- PVC
- Polietelin
- Acrylic

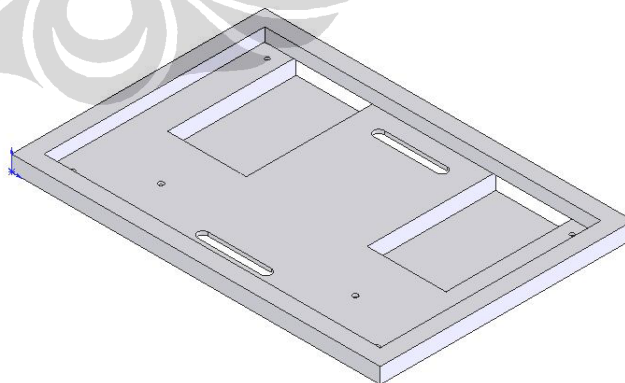
Maka diambil jenis Acrylic karena mudah untuk dibentuk dari pada bahan lainnya di pasaran.



**Gambar 3.5** Tempat air

- **Penutup atas box inkubator**

Penutup ini berguna untuk tempat tumpuan hood inkubator dan tempat menyalurkan udara panas ke hood tersebut.

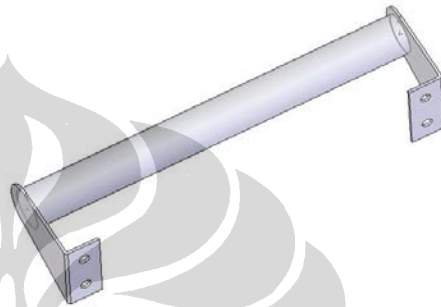


**Gambar 3.6.** Penutup inkubator

- **Pegangan box inkubator**

Pegangan box inkubator tersebut berguna untuk mengangkat box dari trolley pada waktu pemisahan maupun pada saat ingin dibersihkan.

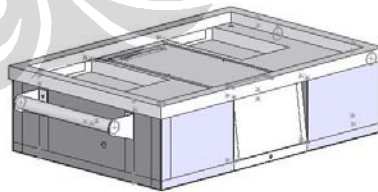
Material yang dipakai adalah stainless steel SS-304, gunanya agar tidak cepat terkena korosi dan kuat.



**Gambar 3.7** Pegangan box inkubator

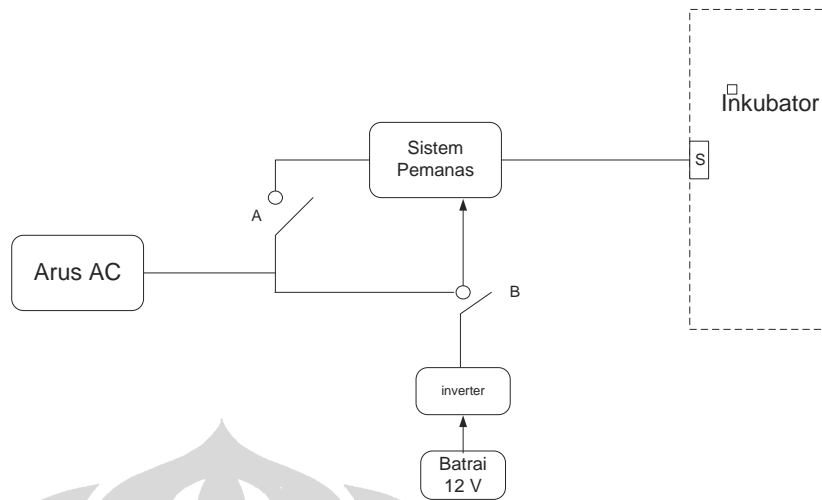
- **Pelat box inkubator**

Gunanya untuk melindungi komponen – komponen yang ada didalam box, dalam rancangan ini mempergunakan bahan dari stainless steel SS-304, gunanya agar tidak cepat terkena korosi.



**Gambar 3.8** Pelat box dan seluruh komponen yang terangkai

- Konsep disain awal sistem kontrol

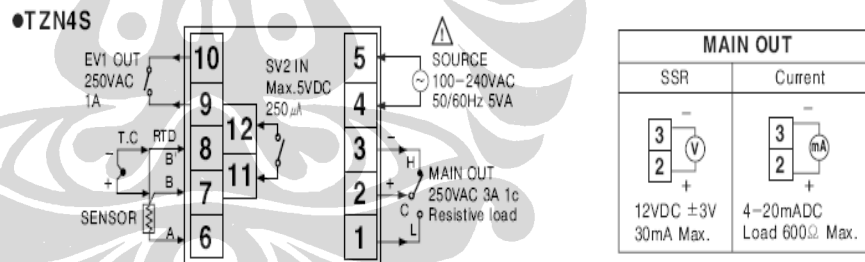


**Gambar 3.9** konsep disain awal sistem kontrol

S = sensor temperatur di hood inkubator

A = saklar bekerja jika arus AC masuk dan jika arus terputus ia tidak bekerja

B = saklar bekerja jika arus AC terputus sehingga sistem pemanas menggunakan arus DC dari batrai 12V



**Gambar 3.10** Sistem kontrol

- Konsep awal pemilihan besarnya daya pemanas

Dari disain hood inkubator didapat

$$\text{volume hood} = 5571299,42 \text{ mm}^2 = 5571,299 \text{ cm}^2$$

didapat dari SNI bahwa pengujian dilakukan pada suhu ruangan  $25^{\circ}\text{C}$  dengan menaikkan suhu hingga  $36-37^{\circ}\text{C}$ .

Maka :

$$\Delta T = 36 - 25$$

$$\Delta T = 11^{\circ}\text{C}$$

Dimana :  $C_v \text{ udara} = 0,240 \text{ kal / gr.}^{\circ}\text{C}$

Kalor yang dipergunakan untuk memanaskan ruangan hood :

Masa dari udara :

$$m = v \times C_v$$

$$m = 5571,299 \times 0,240 = 1337,11176$$

$$\Delta Q = m \cdot C_v \cdot \Delta T$$

$$\Delta Q = 1337,11176 \times 0,24 \times 11$$

$$\Delta Q = 3529,9704 \text{ kal}$$

$$\Delta Q = 3529,9704 \times 0,004184$$

$$\Delta Q = 14,769396 \text{ kJ}$$

$$\Delta Q = 14769,396 \text{ J}$$

Jika dipilih pemanas dengan daya 100W, tanpa mempertimbangkan kehilangan panas yang terjadi, maka waktu yang diperlukan untuk memanaskan hood tersebut :

$$t = \frac{\Delta Q}{P} = \frac{14769,396}{100} = 147,69 \text{ det}$$

### 3.4 EVALUASI DISAIN

Setelah mendapatkan konsep disain yang diinginkan, disain terlebih dahulu di evaluasi untuk mengetahui apakah disain yang kita rancang tersebut aman dan dapat diteruskan pada proses selanjutnya.

Untuk evaluasi ini menitik beratkan pada kekuatan bahan yang dipakai pada tumpuan yang dikenakan beban dan aliran udara yang terjadi didalam saluran udara panas. Untuk analisa kekuatan, evaluasi dilakukan

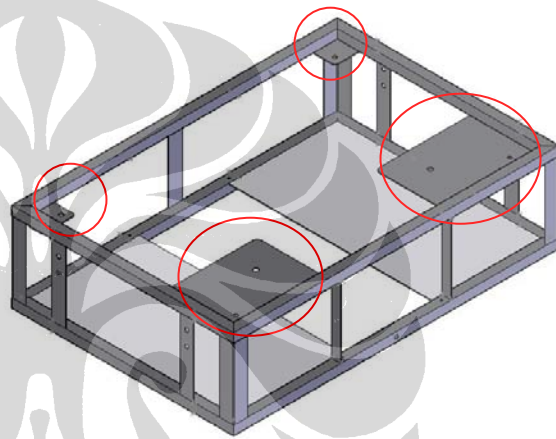


dengan MSC/NASTRAN, sedangkan untuk aliran udara panas dilakukan pengujian dengan menggunakan digital temperature recorders.

### 3.4.1. EVALUASI DENGAN MSC/NASTRAN

#### 1. Evaluasi tumpuan hood

Ada 4 tumpuan yang mengikat hood ke box inkubator, tumpuan tersebut harus dapat menahan berat hood tersebut, seperti terlihat dari gambar



**Gambar 3.11** Tumpuan hood

Bahan rangka box yang direncanakan adalah besi dengan [ ]

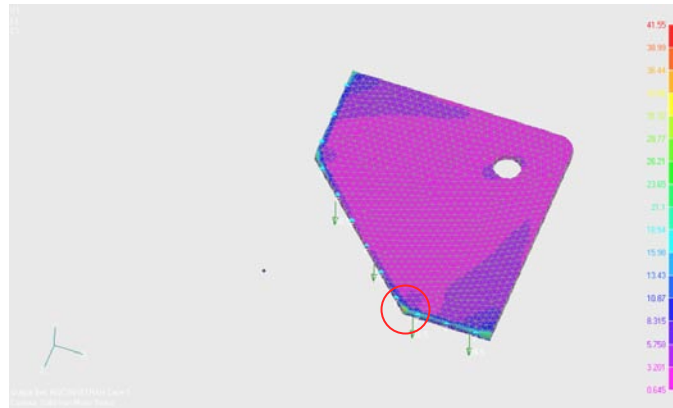
$$\rho = 7870,001 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 447,688 \text{ J/kg}^\circ\text{C},$$

$$K = 71,96481 \text{ J/s.m.}^\circ\text{C}$$

Berat yang diperkirakan dari hood adalah 6,5 kg, maka beban yang terjadi 65 N , dimana di asumsikan gravitasi ( $g = 10 \text{ m/s}$ ).

### Hasil analisa 1



**Gambar 3.12** Hasil Analisa 1

Pada menganalisa tumpuan hood, beban yang terjadi pada tiap tumpuan di asumsikan rata, sehingga diperoleh beban yang di berikan

$$F = F_{\text{total}}/4$$

$$F = 65/4 = 16,25 \text{ N}$$

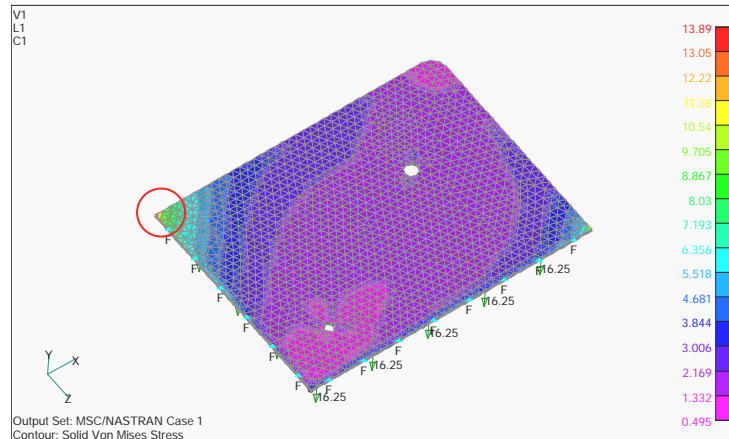
Maka titik keritis dari tumpuan hood dengan tebal pelat 2 mm, terlihat pada gambar yang di beri lingkaran merah pada elemen 6141 dengan nilai Von Mises Stress = 41.9974 N/mm<sup>2</sup>

[lampiran ]

$$\sigma_{\text{izin}} \text{ bahan} = 331,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{terjadi}} < \sigma_{\text{izin}}$$

$$41,9974 \text{ N/mm}^2 < 331,06 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{aman}$$



**Gambar 3.13** Hasil analisa 2

Pada menganalisa tumpuan hood, beban yang terjadi pada tiap tumpuan di asumsikan rata, sehingga diperoleh beban yang di berikan

$$F = F_{total}/4$$

$$F = 65/4 = 16,25 \text{ N}$$

Maka titik kritis dari tumpuan hood dengan tebal pelat 2 mm, terlihat pada gambar yang di beri lingkaran merah pada elemen 11750 dengan nilai Von Mises Stress = 9.74996 N/mm<sup>2</sup> [lampiran ]

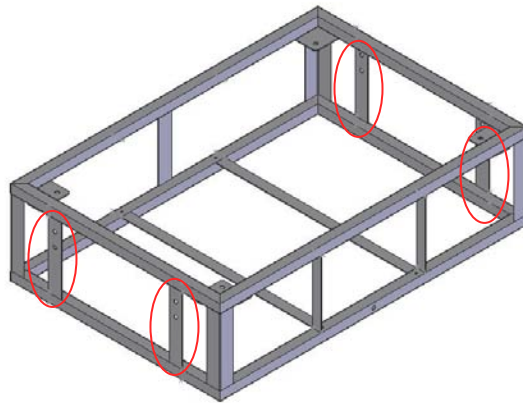
$$\sigma_{izin} \text{ bahan} = 331,06 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{terjadi} < \sigma_{izin}$$

$$9.74996 \text{ N/mm}^2 < 331,06 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{aman}$$

## 2. Evaluasi tumpuan pegangan box

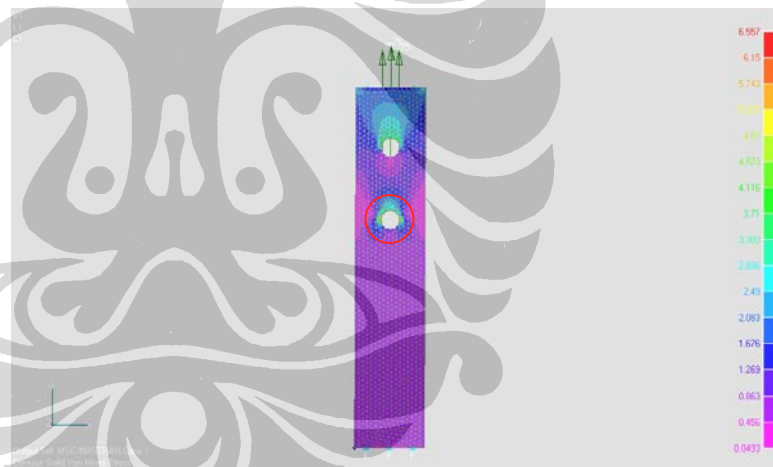
Ada 4 tumpuan yang mengikat hood ke box inkubator, tumpuan tersebut harus dapat menahan berat hood tersebut, seperti terlihat dari gambar



**Gambar 3.14** Tumpuan pegangan box

Berat yang diperkirakan dari box dan hood adalah 30 kg, maka beban yang terjadi/ yang harus ditahan sebesar 300 N , dimana di asumsikan dengan gravitasi ( $g = 10 \text{ m/s}$ ).

**Hasil Analisa**



**Gambar 3.15** Hasil Analisa pada tumpuan pegangan box

Pada menganalisa tumpuan pegangan box, beban yang terjadi pada tiap tumpuan di asumsikan rata, beban yang terjadi pada lubang baut karena pegangan tersebut dibaut, sehingga diperoleh beban yang di berikan

$$F = F_{\text{total}}/4$$

$$F = 300/4 = 75 \text{ N}$$

Maka titik keritis dari tumpuan pegangan box dengan tebal pelat 2 mm, terlihat pada gambar yang di beri lingkaran merah pada elemen 11965

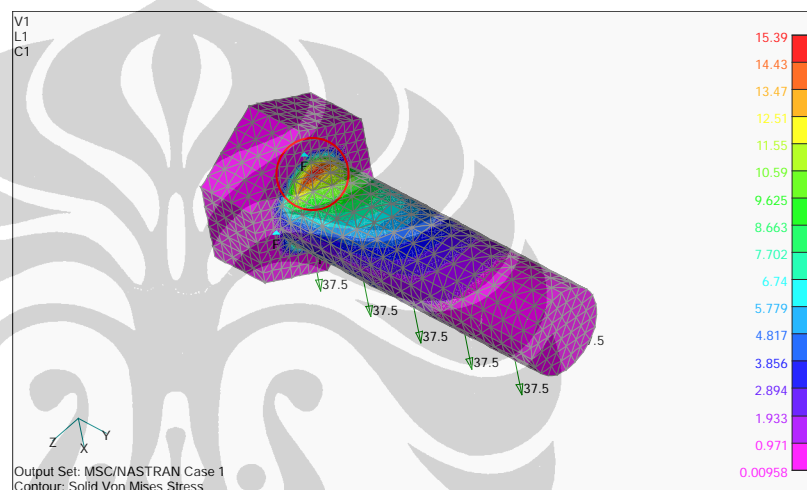
dengan nilai Von Mises Stress =  $6.26594 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{izin} \text{ bahan} = 331,06 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{terjadi} < \sigma_{izin}$

$6.26594 \text{ N/mm}^2 < 331,06 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{aman}$

### Analisa Pada Baut



**Gambar 3.16** Hasil analisa pada baut

Pada menganalisa baut yang dipakai, beban yang terjadi pada tiap baut di asumsikan rata, baut yang dipakai adalah M-8 dan panjang 25 mm dengan jumlah baut 8 buah .

$$F = F_{total}/4$$

$$F = 300/8 = 37,5 \text{ N}$$

Maka titik keritis dari baut, terlihat pada gambar yang di beri lingkaran merah pada elemen 5457

dengan nilai Von Mises Stress =  $16.0912 \text{ N/mm}^2$

$\sigma_{izin} \text{ bahan} = 331,06 \text{ N/mm}^2$

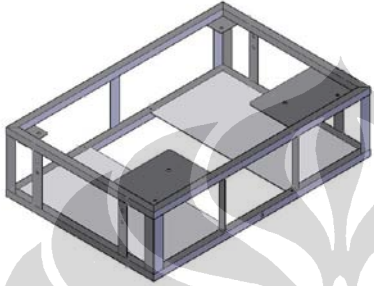

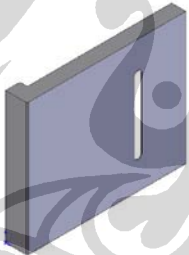
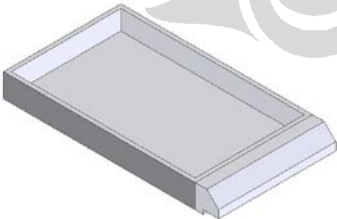
$\sigma_{terjadi} < \sigma_{izin}$


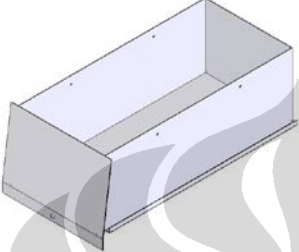
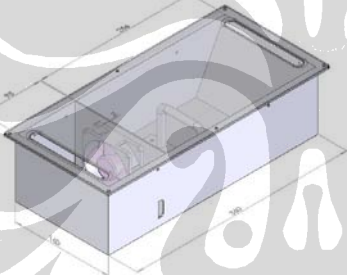
$16.0912 \text{ N/mm}^2 < 331,06 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{aman}$

### 3.5 DETAIL DISAIN

Setelah disain yang direncanakan diuji dengan menggunakan perangkat lunak dan dinyatakan aman, maka disain tersebut dapat dibuat menjadi prototipe. Rincian dari disain yang akan di pakai untuk pembuatan prototipe sebagai berikut, sedangkan ukuran detail dapat dilihat di lampiran:

**Tabel 3.18** komponen detail disain

 <p>Rangka box</p>	<p><b>Keterangan :</b></p> <p>Rangka box dibuat agar dapat menahan beban hood maupun tegangan yang terjadi pada saat mengangkat box. Dengan bahan dari besi yang berbentuk profil :</p> 
 <p>Pelat penutup rangka</p>	<p><b>Keterangan :</b></p> <p>Pelat penutup rangka box terbuat dari pelat stainlessstell, karena bahan tersebut tidak mudah berkarat dan dapat dibentuk.</p>
 <p>Tempat air</p>	<p><b>Keterangan :</b></p> <p>Tempat air ini berguna untuk mempertahankan kelembapan yang ada dalam hood, tempat air ini di disain dengan menggunakan busa agar pada saat ada goncangan air tidak akan tumpah. Dengan menggunakan bahan dari polimer.</p>

 <p>Pegangan box</p>	<p><b>Keterangan :</b></p> <p>Pegangan box tersebut menggunakan material stainless steel, karena tahan terhadap korosi dan kuat.</p>
 <p>Box Kontrol</p>	<p><b>Keterangan :</b></p> <p>Box kontrol tersebut terbuat dari pelat stainless steel, kegunaan dari box tersebut untuk tempat kontrol temperatur dan tempat kedudukan saluran udara panas.</p>
 <p>Saluran udara</p>	<p><b>Keterangan :</b></p> <p>Dimana saluran udara ini tempat mengalirnya udara panas ke dalam hood, dan dikontrol pada temperatur 34-36°C, karena keterbatasannya bahan yang ada di pasaran yang dapat menahan temperatur tinggi, maka untuk prototipe ini menggunakan bahan stainless steel</p>

**Tabel 3.19 Asesoris pendukung**

 <p>Kontrol temperatur</p>	<p><b>Keterangan</b></p> <p>Dimana kontrol yang dipakai buatan korea, dimana kenaikan dan turunnya suhu dapat diatur oleh kontrol tersebut. Dengan tipe TZN4S</p>
 <p>Kipas</p>	<p><b>Keterangan</b></p> <p>Kipas yang dipakai jenis kotak yang banyak dijual dipasaran, kipas ini juga termasuk awet karena rangkanya terbuat dari besi.</p>
 <p>Pemanas</p>	<p><b>Keterangan</b></p> <p>Pemanas yang dipilih dari filamen dengan daya kalor 100W, karena volume hood tidak terlalu besar.</p>
 <p>Busa</p>	<p><b>Keterangan</b></p> <p>Jenis busa yang dipakai, yang dapat menyerap air, tetapi tidak merubah bentuk dari busa itu sendiri. Busa yang dipilih tersebut dapat menyerap air sampai 50% .</p>
 <p>Nipple</p>	<p><b>Keterangan</b></p> <p>3 pasang Nipple yang dipakai untuk mengalirkan udara ke hood, dipilih yang ringan dan tidak mudah terkena korosi.</p>



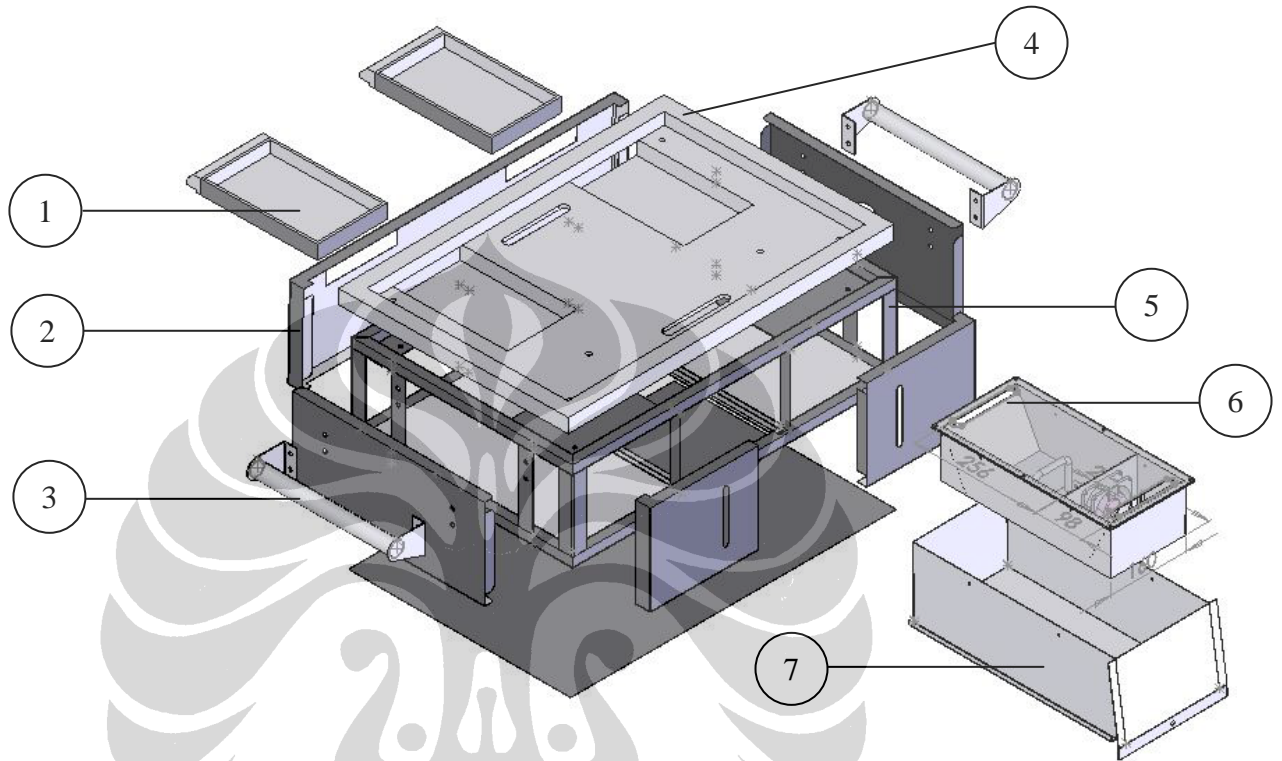
 <p data-bbox="459 703 660 741">Selang oksigen</p>	<p data-bbox="847 398 1011 432"><b>Keterangan</b></p> <p data-bbox="847 450 1369 595">Selang oksigen yang digunakan adalah yang dapat menyalurkan oksigen dengan baik, awet dan yang murah.</p>
 <p data-bbox="469 1070 651 1104">Baut dan Mur</p>	<p data-bbox="847 763 1011 797"><b>Keterangan</b></p> <p data-bbox="847 815 1369 960">Baut tersebut digunakan untuk menahan beban dari hood maupun yang terjadi pada pegangan box inkubator.</p> <p data-bbox="847 978 1145 1012">Baut yang dipakai M-8</p>
 <p data-bbox="485 1397 635 1431">Tiang infus</p>	<p data-bbox="847 1128 1018 1162"><b>Keyerangan</b></p> <p data-bbox="847 1180 1369 1491">Tiang infus, dipilih dari yang ada di pasaran dengan jenis yang ringan dan dapat di lepas – lepas dengan panjang tiang minimal 90 cm sesuai dengan standar SNI, dengan bahan terbuat dari stainlessstell</p>

### 3.6 Pembuatan Prototipe

Pengembangan produk hampir selalu membutuhkan pembuatan dan pengujian prototipe. Sebuah prototipe merupakan penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi.

Kegunaan dari pembuatan prototipe box inkubator digunakan untuk memastikan bahwa komponen – komponen dan subsistem –

subsistem dari produk bekerja seperti yang diharapkan. Disain yang disetujui untuk dikembangkan menjadi prototipe adalah :



**Gambar 3.17** Disain prototipe

**Keterangan**

1. Tempat air
2. Pelat box inkubator
3. Pegangan box inkubator
4. Penutup atas Box
5. Rangka dalam box
6. Saluran udara panas
7. Tempat kontrol panel

**Tabel 3.20** Biaya Proses Manufaktur

Komponen	Material			Biaya Total
	Yang Dibeli	Pemrosesan	Perakitan	
Box Inkubator	2.000.000	1.750.000	500.000	4.250.000
Kontrol temperatur	500.000		150.000	650.000
Nipel (3 Pasang)	62.000	100.000		162.000
Selang Oksigen (1 m)	2.500			2.500
Kabel pemanas (1 m)	5.000			5.000
Buzzer (Alarm)	35.000			35.000
Termo couple & pemanas 100W	500.000			500.000
Relay (1 set)	40.000			40.000
Kipas 80x80 (AC)	45.000			45.000
Baut dan Mur M-8 (20 buah)	9.000			9.000
Ring Baut (1 bungkus)	3.200			3.200
Tiang infus	125.000			125.000
Tempat air (2 buah)	150.000			150.000
Saklar lampu (1 buah)	5.000			5.000
Kabel power	10.000			10.000
Total Biaya Langsung	3.491.700	1.850.000	650.000	5.991.700
Beban <i>Overhead</i>	100.000	50.000	50.000	200.000
Biaya Total per unit				6.191.700

## BAB IV

# EVALUASI PROTOTIPE DAN PENGUJIAN PROTOTIPE

Setelah selesai pembuatan prototipe, maka dilakukan evaluasi prototipe, apakah prototipe tersebut telah sesuai dengan SNI atau tidak, setelah itu baru dilakukan pengujian dengan fungsinya sebagai inkubator ruangan terkontrol dengan acuan SNI. Setelah dilakukan evaluasi prototipe didapatkan perubahan-perubahan sampai akhirnya dapat memenuhi syarat sebagai inkubator ruangan terkontrol.

### 4.1 Prototipe I

Setelah di evaluasi, ada beberapa komponen yang tidak sesuai dengan yang diharapkan, seperti :

#### 1. Berat *box* Inkubator

Berat dari prototipe *box* inkubator I ini tidak sesuai dengan yang diharapkan, karena terlalu berat sebagai inkubator transportasi.



**Gambar 4.1** *Box* inkubator prototipe I

## 2. Material yang di pergunakan

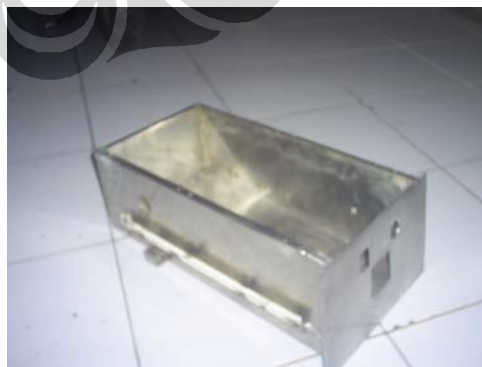
Material yang dipergunakan pada penutup *box* dan saluran udara panas tidak sesuai dengan yang di harapkan, dikarenakan material yang dipergunakan dapat menyerap panas, sehingga distribusi panas yang seharusnya dapat lebih cepat memanaskan *hood* banyak yang terbuang.



**Gambar 4.2** Penutup *box* inkubator prototipe I



**Gambar 4.3** Saluran udara panas prototipe I



**Gambar 4.4** Box kontrol inkubator prototipe I

### 3. Pemanas yang digunakan

Pemanas (*heater*) yang dipergunakan pada prototipe I menggunakan daya 100W dan tanpa sirip, sehingga pemanas tidak berjalan dengan baik untuk memanaskan ruangan inkubator.



**Gambar 4.5** Pemanas inkubator prototipe I

#### 4.1.1 Pengujian Prototipe I

Pada pengujian prototipe I ini hanya dilakukan pengujian tanpa mengontrol udara panas. Tujuan dari pengujian ini cuma untuk mencari karakteristik dari pemanasan dari ruangan inkubator prototipe I.

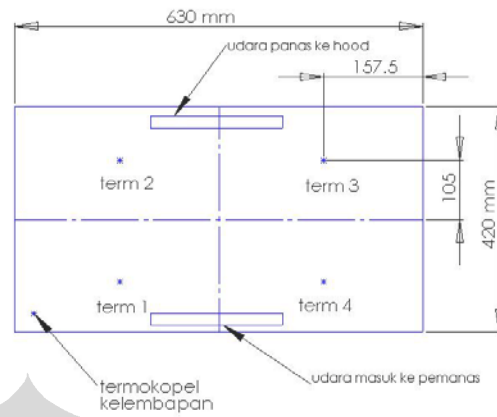
##### **Alat-alat yang di gunakan :**

- Menggunakan termokopel type K
- Menggunakan Digital Temperature Recorder
- Kain
- Air di gelas

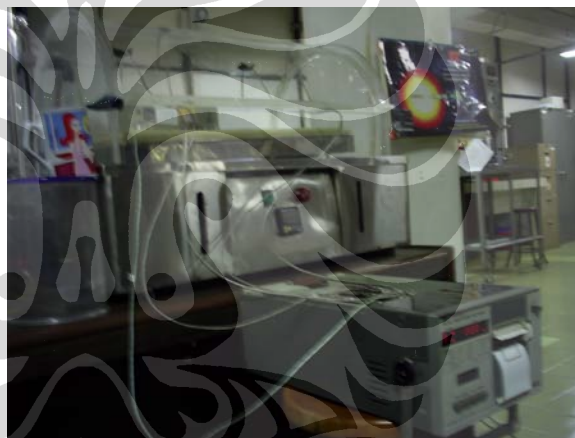
##### **Keterangan:**

Pengujian dilakukan dalam waktu 30 menit, untuk melihat karakteristik dari pemanas yang digunakan. Peletakan termokopel 10cm dari permukaan tempat tidur.

## Skema Pengujian

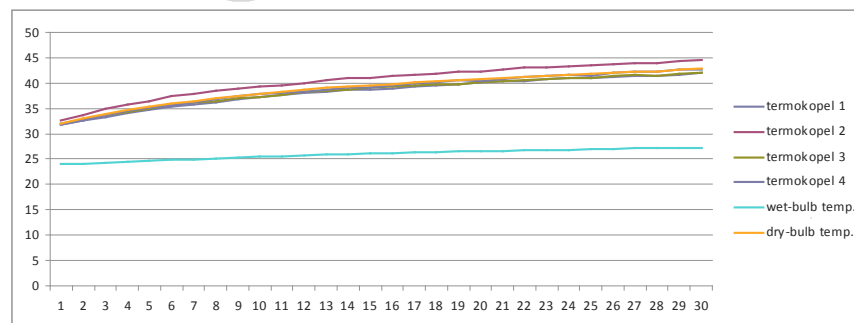


**Gambar 4.6** Peletakan Termokopel pengujian

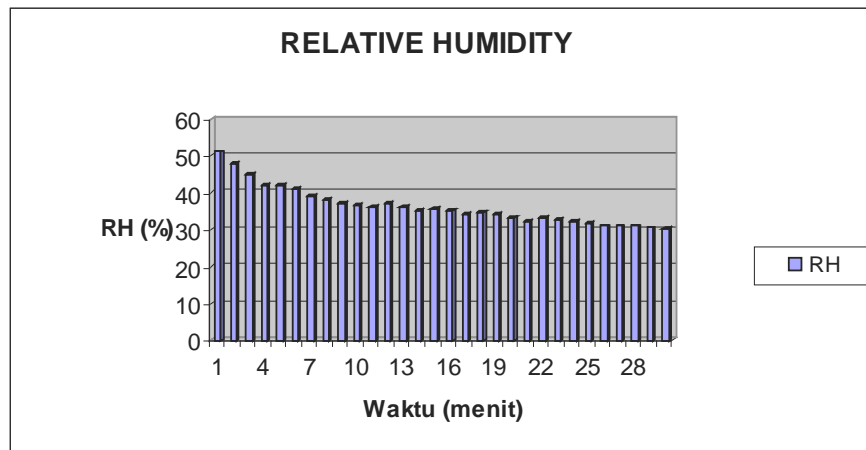


**Gambar 4.7** Foto Percobaan Prototipe I

## Hasil Pengujian



**Gambar 4.8** Grafik Pengujian Prototipe I Tanpa di Kontrol



**Gambar 4.9** Grafik RH Prototipe I

### **Pembahasan Pengujian**

Pengujian Prototipe I tersebut dilakukan untuk mengetahui bagaimana bekerjanya pemanas (*heater*) untuk memanaskan ruangan inkubator. Pada pengujian di dapat bahwa ruangan inkubator tersebut mengalami pemanasan secara konstan selama 30 menit hingga suhu ruangan inkubator mengalami kenaikan hingga 45°C (dapat di lihat dari grafik di atas). Sedangkan kelembaban dalam ruangan inkubator mengalami penurunan secara berlahan hingga mencapai  $\pm 30\%$  .

### **4.2 Prototipe II**

Prototipe II ini adalah perbaikan dari prototipe I, perbaikan tersebut terdiri dari beberapa bagian, seperti :

#### **1. Box inkubator**

Sudut – sudut *box* inkubator pada prototipe I yang kurang memenuhi syarat, seperti masih adanya sudut *box* yang tajam sehingga dapat membahayakan pengguna maupun pasien, di prototipe ini dilakukan penghalusan. Seperti terlihat pada gambar 4.9.





**Gambar 4.10** Perbaikan *Box* Inkubator

## 2. Penutup Box Inkubator

Perbaikan yang dilakukan terhadap penutup tersebut adalah perubahan material yang di gunakan. Pada prototipe I penutup menggunakan material plat stainless steel, perbaikan dilakukan dengan mengubah material menjadi acrylic, dengan tujuan agar penutup tidak panas saat bersentuhan dengan pasien maupun pengguna. Seperti terlihat pada gambar 4.10 .



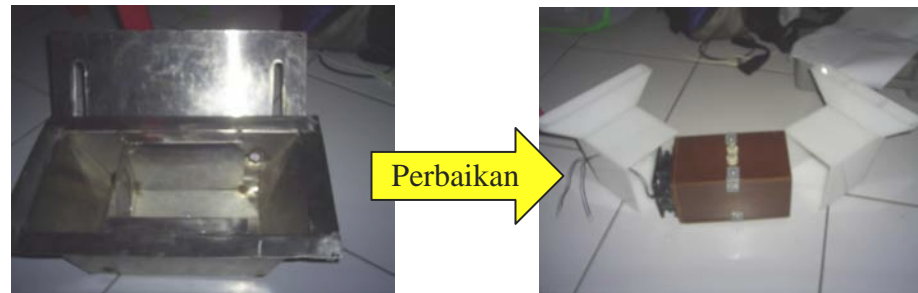
**Gambar 4.11** Perbaikan Penutup *Box*

## 3. Saluran Udara Panas dan *Box* Kontrol

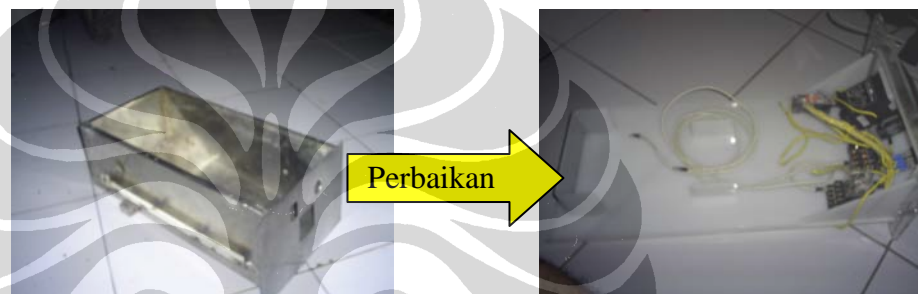
Seperti hal nya penutup box inkubator, saluran udara panas dan box kontrol yang sebelum nya menggunakan plat stainless steel di perbaiki dengan mengubah material yang di pergunakan.

Untuk saluran udara panas material yang di gunakan adalah peltinaks dan acrylic, digunakan karena material tersebut tahan terhadap panas yang tinggi dan tidak menyerap panas, sehingga panas yang seharus nya di disribusikan ke ruangan inkubator tidak banyak terbuang.

Sedangkan untuk *box* kontrol di pilihlah material acrylic, dikarenakan material tersebut tidak penghantar listrik yang baik.



**Gambar 4.12** Perbaikan Saluran Udara Panas



**Gambar 4.13** Perbaikan *Box* Kontrol

### 4.3 Prototipe III

Prototipe III ini adalah perubahan dari prototipe II yang belum memenuhi syarat sebagai inkubator transtortasi, sehingga merubah desain inkubator sebelumnya. Perubahan tersebut adalah sebagai berikut :

#### 1. **Box Inkubator**

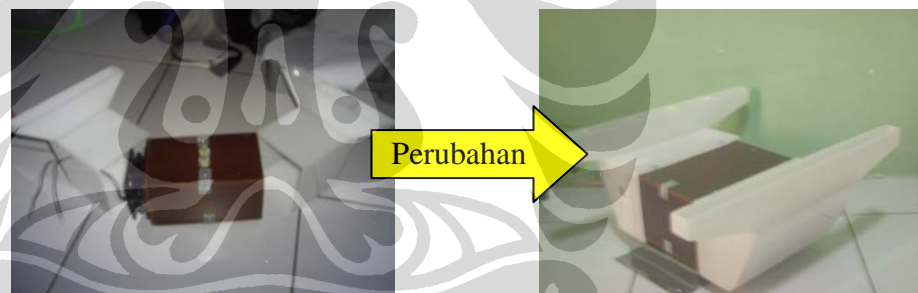
Box inkubator yang sebelumnya memakai material dari stainless steel seluruh nya dan hanya rangka yang memakai material besi, di coba untuk mengurangi berat dari box inkubator tersebut, sehingga didapatkan perubahannya dengan memakai material fiber glass untuk sisi-sisi nya. Untuk rangka dalam, seperti prototipe sebelum nya tidak banyak berubah, dari segi desain maupun material yang dipergunakan.



**Gambar 4.14** Perbaikan Desain Box Inkubator

## 2. Saluran Udara Panas

Perubahan desain yang terjadi untuk saluran udara panas, yang sebelumnya menggunakan 1 kipas untuk menyalurkan udara panas ke ruangan inkubator, diperbanyak menjadi 2 kipas yang bertujuan agar mempercepat mengalirkan udara panas ke dalam ruangan inkubator. Material yang dipergunakan tetap sama dengan prototipe II, hanya ukurannya saja yang berbeda, disebabkan menggunakan 2 kipas.



**Gambar 4.15** Perubahan saluran udara menjadi 2 kipas

## 3. Kontrol

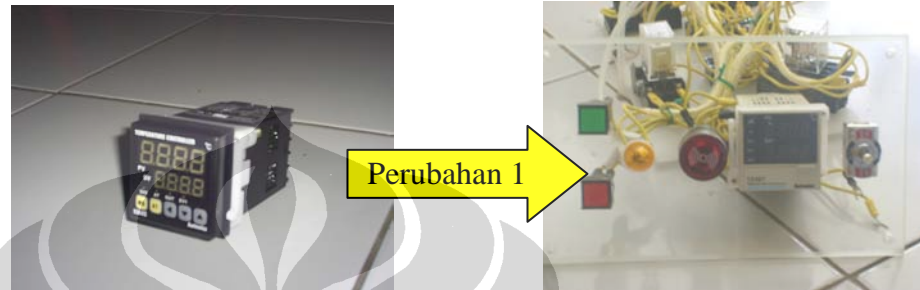
Kontrol yang dipergunakan ada 2 kali penggantian, pertama menggunakan Autonics type TZN4S diperbaruhi dengan kontrol Autonics type TZ4ST, hingga di perbaruhi kembali dengan kontrol rakitan.

Perbedaan dari Autonics dua type tadi terletak pada pengontrolnya, dimana Autonics type TZN4S tersebut tidak dapat mengontrol lebih dari 1 karakter, sedangkan type TZ4ST dapat mengontrol 2 karakter, dimana yang dimaksud dengan 2 karakter adalah bahwa selain

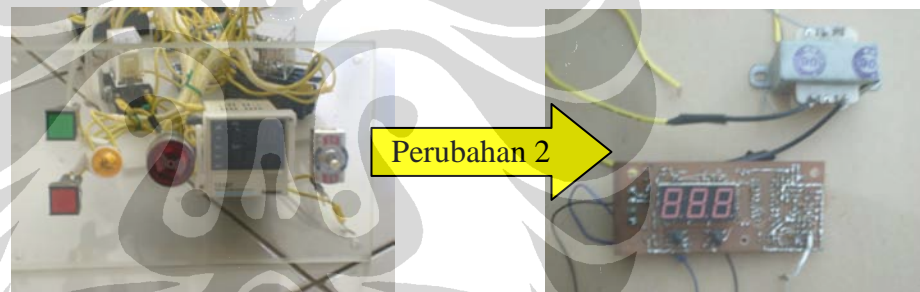
mengontrol hidup matinya pemanas, dapat juga mengontrol matinya power (suplai arus) secara otomatis jika temperatur di dalam ruangan inkubator melebihi temperatur yang dikawatirkan.

Kelebihan dari kontrol rakitan tersebut adalah :

- Kontrol tidak mengontrol hidup matinya pemanas, tetapi mengontrol arus listrik ke pemanas tersebut.



**Gambar 4.16** Perubahan Pertama Kontrol

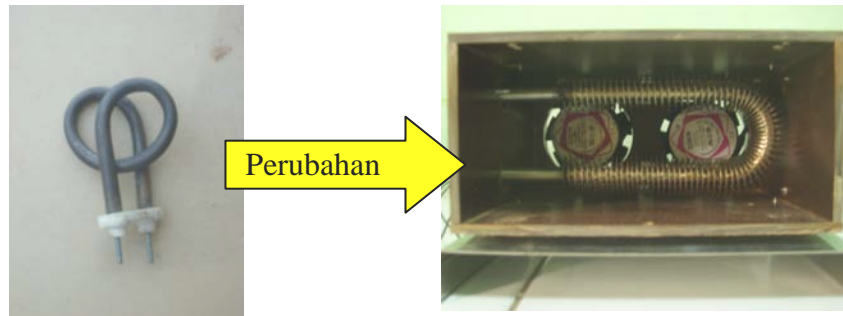


**Gambar 4.17** Perubahan Kedua Kontrol

#### 4. Pemanas (*Heater*)

Perubahan yang dilakukan pada pemanas adalah:

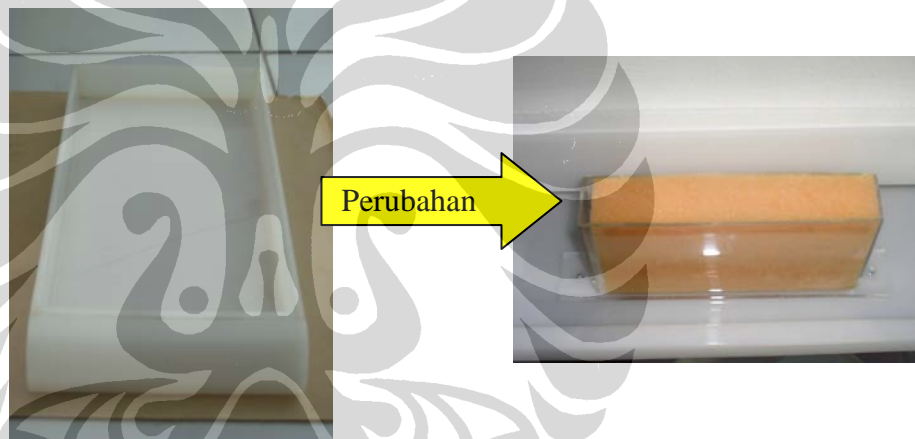
- Daya yang digunakan di naikkan dari 100W menjadi 300W, tujuan dari menaikkan daya pemanas agar suplai udara panas ke ruangan hood lebih cepat.
- Penambahan sirip pada pemanas, agar tidak banyak terbuangnya panas dari elemen pemanas.



**Gambar 4.18** Perubahan Pemanas

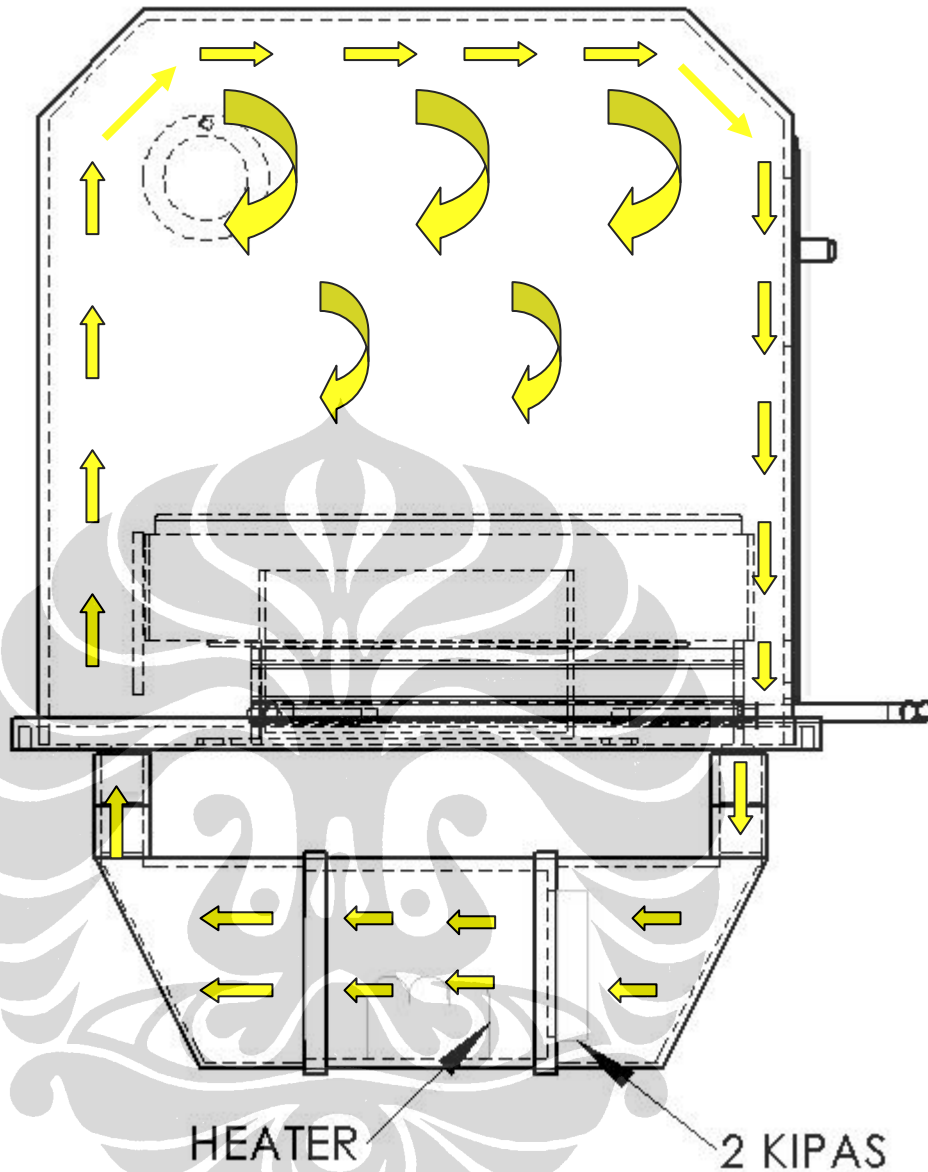
### 5. Tempat Air (Kelembaban)

Pada prinsipnya tempat air ini tidak banyak berubah, perubahannya cuma pada bentuknya saja, prinsipnya masih menggunakan busa agar air tidak tumpah jika ada guncangan.



**Gambar 4.19** Perubahan Tempat Air

## 6. Gambaran Aliran Udara Panas



**Gambar 4.20** Gambaran aliran udara panas dalam hood

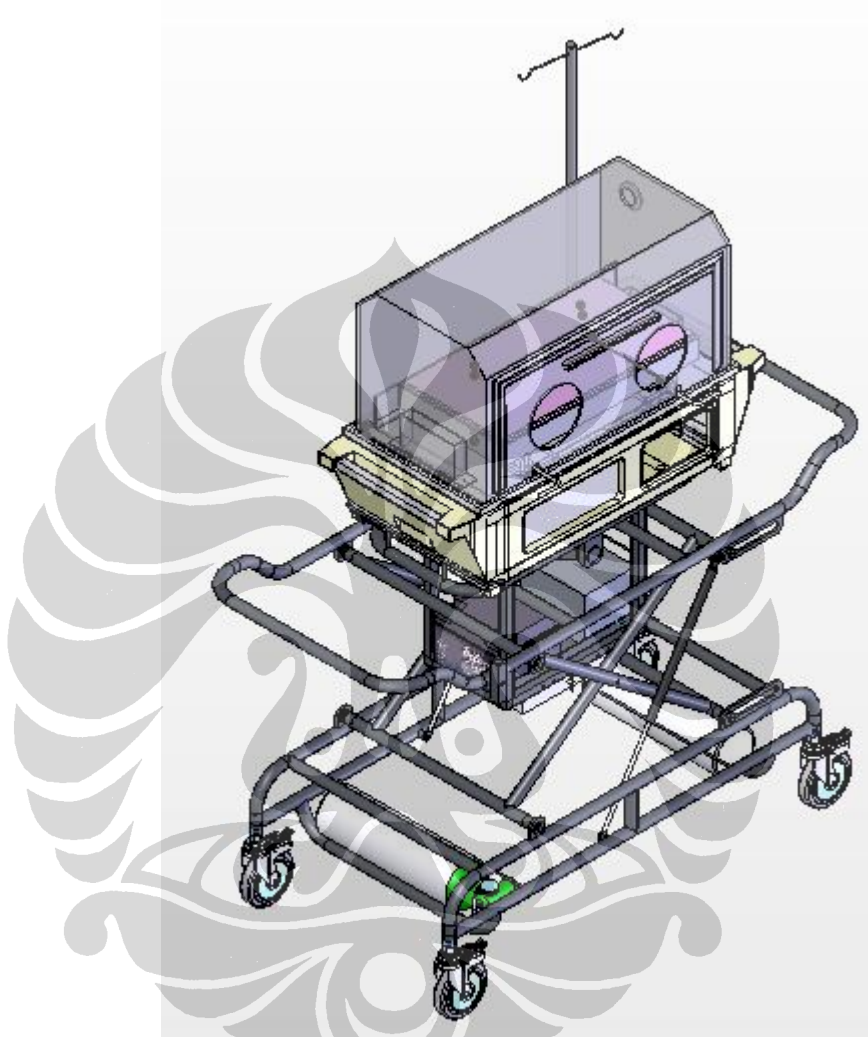
Gambar di atas menunjukkan bagaimana arah aliran udara panas yang terjadi pada inkubator prototipe III.

Udara di kipaskan ke arah belakang dari hood, tujuannya agar tidak banyak panas yang terbuang jika pintu hood di buka oleh pengguna. Diantara saluran keluar udara panas ke hood dengan nampan/tempat tidur diberikan sekat/dinding pemisah, tujuannya agar udara panas dari pemanas



tidak langsung ke tubuh bayi jika sewaktu-waktu anggota tubuh bayi menutupi lubang keluar udara panas.

### 7. Disain Prototipe III



**Gambar 4.21** Disain Prototipe III

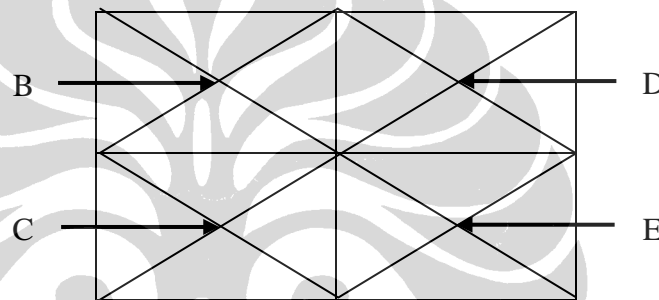
Setelah evaluasi Prototipe pertama dan kedua, maka didapatkan disain prototipe ketiga yang telah di buat. Gambar ini menunjukkan bagaimana inkubator transportasi lengkap dengan trolley yang dirancang sesuai dengan fungsinya.

### 4.3.1 Pengujian Prototipe III

Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Pengujian Temperatur Ruang Hood

*Prototype* dikembangkan dan diuji, tanpa bayi di dalam inkubator, pada kondisi yang berbeda di lapangan. Temperatur ruang *hood* diseting berkisar antara 30 – 38 °C. Terdapat kontrol untuk mencegah panas lebih atau kegagalan pada kipas. Sensor temperatur ditempatkan pada tiap-tiap sudut seperti pada skema diagram di bawah ini [8];



**Gambar 4.22** Titik-titik pengukuran temperature

Penempatan titik-titik pengukuran temperatur inkubator transportasi pada titik 10 cm di atas kompartemen bayi. Pembukaan pintu menyebabkan penurunan temperatur di dalam inkubator transportasi. Perbedaan nilai maksimum dan minimum temperatur udara diantara keempat titik-titik temperatur dikalkulasikan setiap menitnya.

Pengujian prototype yang dilakukan adalah prototype yang ketiga. Pengujian prototype ini dilakukan di tiga tempat dengan kondisi yang berbeda di lapangan, yaitu di ruangan tak ber AC, di ruangan ber AC dan di ruangan pendingin (Cool Storage).

**Tujuan :**

Pengujian prototype ini dilakukan di tiga tempat yang berbeda dengan tujuan untuk mengetahui apakah pemanas



inkubator dapat mengalirkan panas ke dalam hood jika temperatur ruangan sampai dengan 20°C

#### 4.3.2 Skema dan Alat-alat Pengujian

Alat-alat yang dipergunakan dalam pengujian inkubator prototipe III adalah:

- Digital Temperature Recoder, sebagai alat pembaca temperatur yang ada di dalam hood
- Termokopel tipe K (5 termokopel)
- Regulator (alat untuk mengatur tegangan listrik)



**Gambar 4.23** Foto Digital Temperature Recorders

#### Skema Pengujian yang Dilakukan :

Dalam pengujian inkubator, pengujian temperatur yang diambil 10cm dari tempat tidur bayi pada 4 titik pengambilan dan 1 titik untuk kelembapan (wet-bulb) udara di dalam hood. Skema pegujian dapat di lihat pada gambar 4.



**Gambar 4.24** Skema Pengujian di Dalam Hood Inkubator

## Pengujian dengan menggunakan kontrol Autonics type TZ4ST

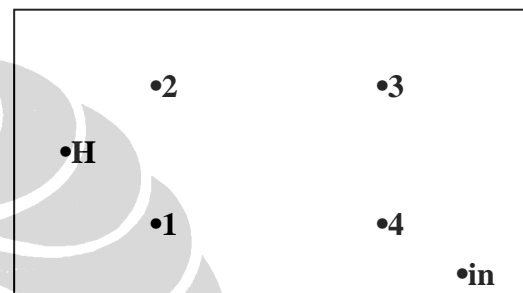
### 1. Ruang Tak Ber AC

Pengujian prototype di ruangan tak ber AC dilakukan dengan beberapa setting control yang berbeda. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besar temperatur yang ditunjukkan keempat termokopel di dalam ruang hood untuk setingan control yang berbeda.

a. Setting control :

Posisi termokopel saat pengujian :

- Suhu yang dikontrol : 32 °C
- Alarm hidup pada : + 2
- Emergency power : + 3
- Mati-hidup heater : ± 0,2



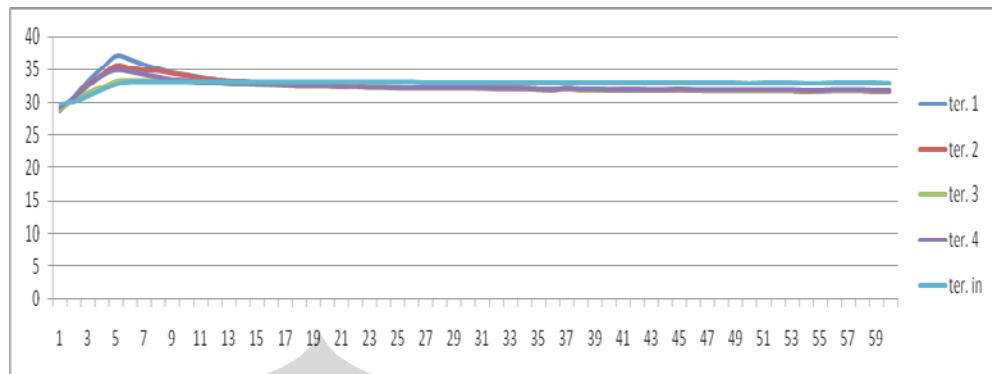
Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 26,5 °C
- $T_1 = 27,5$  °C
- $T_2 = 27,5$  °C
- $T_3 = 27,5$  °C
- $T_4 = 27,5$  °C
- $T_{in} = 29,6$  °C
- $T_H = 27,5$  °C

Data hasil pengujian : terlampir

Grafik hasil pengujian :

**1. Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, dan 4 yang berada di ruang inkubator.**

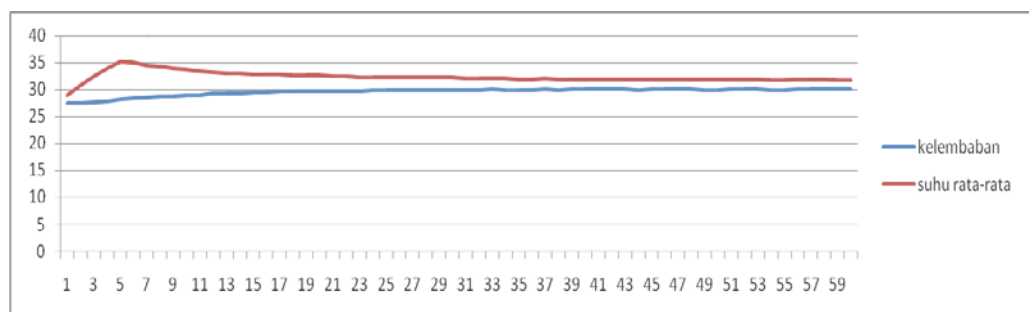


**Gambar 4.25** Grafik Pengujian 32°C Ruangn Tak Ber AC

**Analisa :**

Setelah 4 menit lebih, termokopel kontrol menunjukkan temperatur 32°C, sehingga pemanas mati secara otomatis, tetapi 4 termokopel yang ada di dalam hood menunjukkan temperatur yang bervariasi dari 32 – 35,2°C. Walaupun pemanas telah mati temperatur di dalam hood masih mengalami kenaikan mulai dari menit ke-5 hingga maksimum pada menit ke-11, nilai maksimum dari 4 termokopel tersebut berkisar 33 – 33,8°C. Kemudian temperatur di dalam inkubator tersebut mengalami penurunan secara konstan hingga menit ke-60, dengan nilai temperatur 31°C. Pemanas tidak hidup kembali dikarenakan termokopel kontrol masih menunjukkan temperatur 32,9°C, sedangkan setingan kontrol di  $\pm 0,2$  dari temperatur kontrol 32°C.

**2. Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata.**



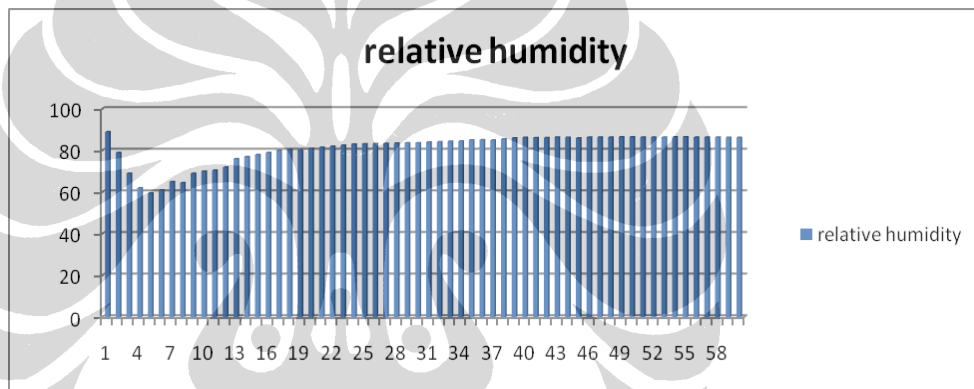
**Grafik 4.26** Grafik wet-bulb dan dry-bulb 32°C Ruangn Tak Ber AC

**Analisa :**

Dari grafik diperoleh bahwa temperatur wet-bulb mengalami kenaikan temperatur secara konstan hingga 30°C.

Kegunaan mengetahui wet-bulb dan dry-bulb, untuk mencari nilai relative humidity yang terjadi pada ruangan hood. Pada pengujian ini penulis tidak membahas tentang nilai relative humidity, walaupun grafik relative humidity dapat di cari dengan membandingkan nilai dry-bulb dan wet-bulb pada Psychrometric chart.

**3. Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian**

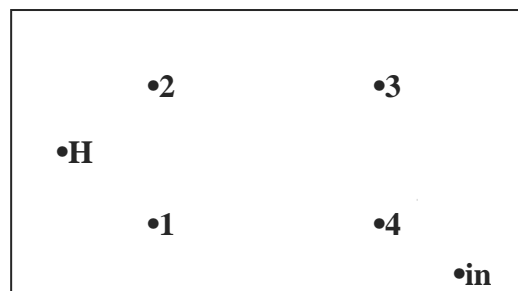


**Grafik 4.27** Grafik RH 32°C Ruangan Tak Ber AC

**2. Ruangan Ber AC**

a. Setting control : Posisi termokopel saat pengujian :

- Suhu yang dikontrol : 31 °C
- Alarm hidup pada : ± 3
- Emergency power : ± 4
- Mati-hidup heater : ± 0,2



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

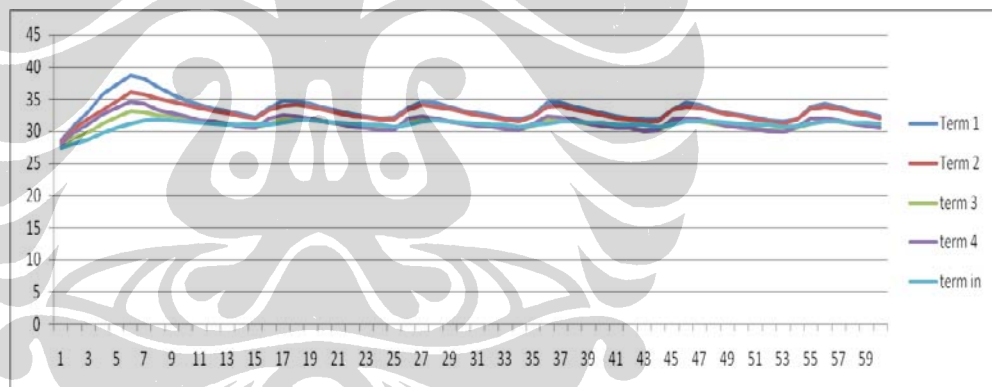
Suhu luar ruang incubator : 22,2 °C

- $T_1 = 25,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_2 = 25,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_3 = 25,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_4 = 25,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{in} = 26,6 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_H = 24,4 \text{ } ^\circ\text{C}$

Data hasil pengujian : terlampir

Grafik hasil pengujian :

**1. Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan termokopel yang berada diruang inkubator.**



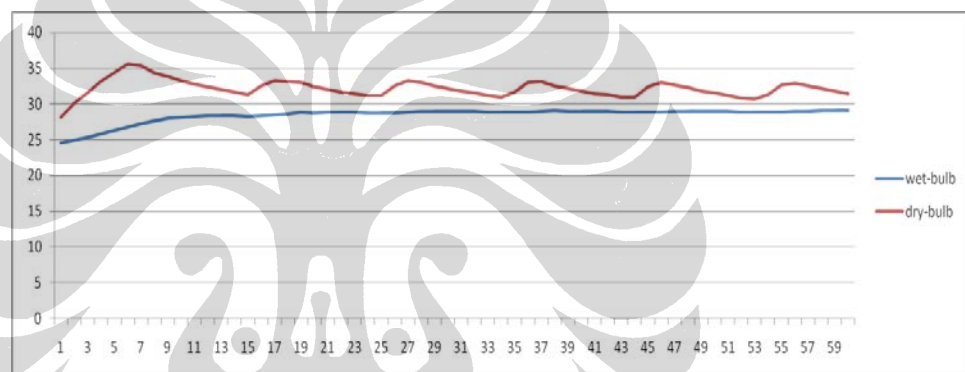
**Gambar 4.28** Grafik Pengujian  $31^\circ\text{C}$  Ruangan ber AC

**Analisa hasil pengujian :**

Setelah 5 menit lebih, termokopel kontrol menunjukkan temperatur  $31,2^\circ\text{C}$ , sehingga pemanas mati secara otomatis, tetapi 4 termokopel yang ada di dalam hood menunjukkan temperatur yang bervariasi dari  $33,7 - 37,1^\circ\text{C}$ . Walaupun pemanas telah mati temperatur di dalam hood masih mengalami kenaikan mulai dari menit ke-5 hingga maksimum pada menit ke-6, nilai maksimum dari 4 termokopel tersebut berkisar  $34,6 - 38,6^\circ\text{C}$ . Kemudian temperatur di dalam inkubator tersebut mengalami penurunan secara konstan

hingga menit ke-14, dengan nilai temperatur berkisar  $30,8 - 32,5^{\circ}\text{C}$ . Pada menit ke-15 pemanas hidup kembali dikarenakan temperatur pada termokopel kontrol menunjukkan nilai  $30,8$ , pemanas mencapai temperatur yang diinginkan kembali pada menit ke-16, sehingga pemanas kembali mati dikarenakan termokopel telah menunjukkan nilai  $30,2$ . Pada pengujian tersebut pemanas mengalami hidup mati selang waktu  $\pm 10$  menit sekali, tetapi nilai temperatur di dalam hood tersebut kurang dari  $35^{\circ}\text{C}$ , sehingga dinyatakan aman untuk dipergunakan .

## 2. Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata.



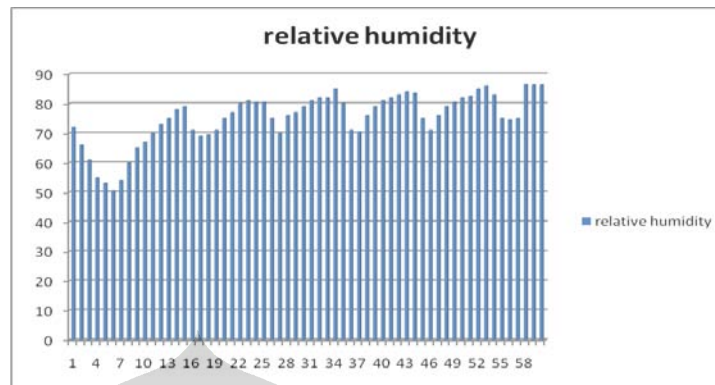
Gambar 4.29 Grafik wet-bulb dan dry-bulb  $31^{\circ}\text{C}$  Ruang Ber AC

### Analisa hasil pengujian :

Dari grafik diperoleh bahwa temperatur wet-bulb mengalami kenaikan temperatur secara konstan hingga  $29^{\circ}\text{C}$ , walaupun temperatur di dalam hood mengalami naik dan turun secara konstan.

Kegunaan mengetahui wet-bulb dan dry-bulb, untuk mencari nilai relative humidity yang terjadi pada ruangan hood. Pada pengujian ini penulis tidak membahas tentang nilai relative humidity, walaupun grafik relative humidity dapat di cari dengan membandingkan nilai dry-bulb dan wet-bulb pada Psychrometric chart.

### 3. Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian



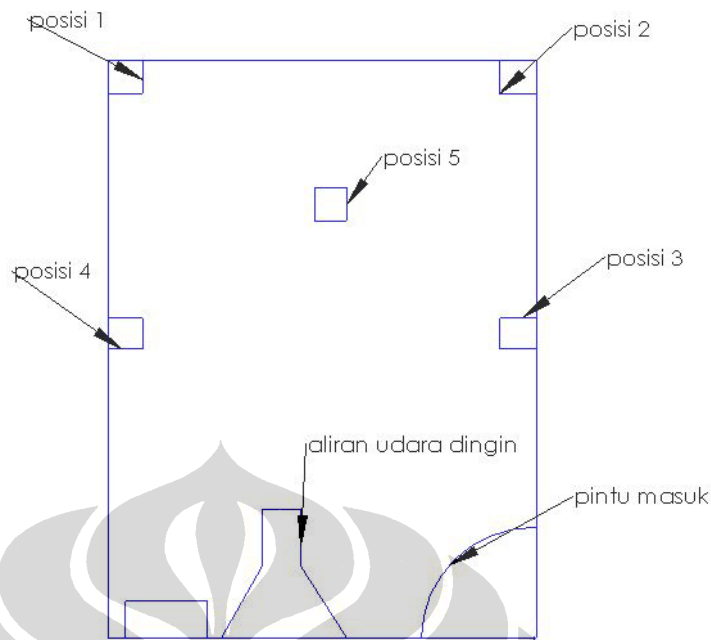
**Gambar 4.230** Grafik RH 31°C Ruangan Ber AC

#### Pengujian dengan menggunakan kontrol Rakitan

##### 1. Ruangan Pendingin

Sebelum dilakukan pengujian di ruangan pendingin, terlebih dahulu dilakukan pengujian awal ruangan pendingin (cool storage) tanpa incubator berada di dalam ruangan. Hal ini dilakukan untuk menentukan dimana posisi yang baik dalam pengujian incubator. Pengujian ini dilakukan beberapa kali dengan beberapa variasi bukaan pintu ruangan yaitu 0°, 18°, 36°, 54°, 72°, dan 90°. Perbedaan nilai maksimum dan minimum temperatur udara diantara keempat titik-titik temperatur dikalkulasikan setiap 5 menit.

Adapun posisi pengambilan temperature di dalam ruangan pendingin adalah :



**Gambar 4.31** Posisi pengambilan temperatur

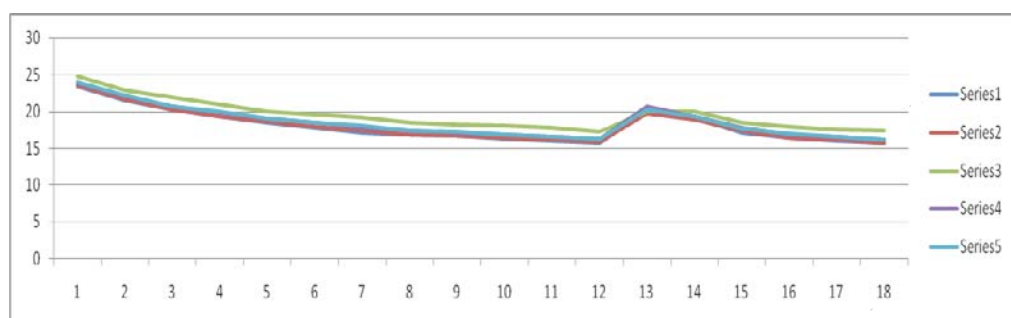
**Yang perlu di perhatikan:**

- Ruang di control untuk mendapatkan temperature 12°C
- Pembacaan temperature di dalam ruangan di saat control pada refrigeration menunjukkan 13°C
- Alat yang digunakan untuk pengukuran *digital temperature recoder*
- Yang didapat dari pengukuran adalah suhu termokopel 1-5

**Pengujian Karakteristik Ruang Pendingin**

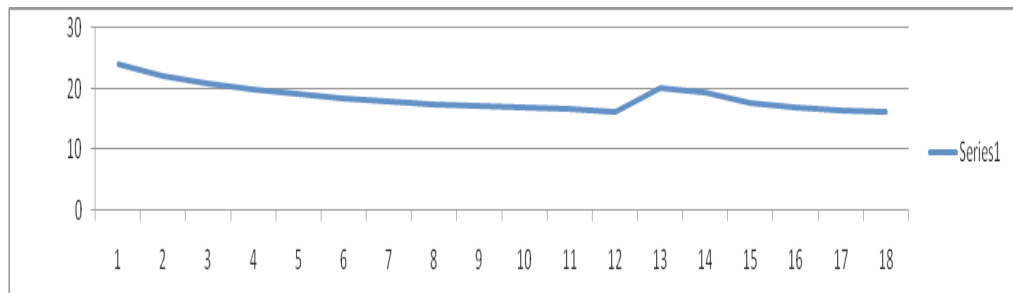
Grafik hasil pengujian :

1. Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan 5 yang berada diruangan pendingin, dengan pengambilan data 5 menit sekali dalam waktu 1 setengah jam.



**Grafik 4.32** Grafik tiap-tiap Titik Bukaank Pintu 0°





**Grafik 4.33** Grafik suhu Rata-rata Dari bukaan Pintu 0°

**Analisa :**

Dari hasil pengujian didapat temperatur di ruangan pendingin cenderung turun hingga di bawah 20°C dan akan naik kembali disaat refrigerator mati. Ketika refrigerator hidup kembali temperatur akan turun secara berlahan-lahan kembali hingga konstan.

**Pengujian Inkubator di Ruangan Pendingin**

- Pengujian Inkubator ini menghiraukan alarm, dimana alarm tidak di pasang. Pengujian di ruangan pendingin ini dilakukan dengan menggunakan kontrol rakitan. Hal ini dilakukan bertujuan untuk memperoleh temperatur yang stabil dalam ruang inkubator dan mengetahui apakah kontrol yang dibuat tersebut dapat bekerja dengan baik.

Setting mesin : 12 °C

Setting control :

Suhu yang dikontrol : 32 °C

Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

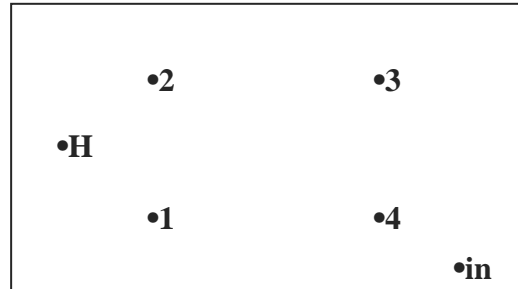
Temperatur luar ruangan : 32 °C

- Suhu ruangan pendingin ( $T_{cs}$ ) : 22,4 °C

- $T_1 = 25,4$  °C

Posisi termokopel saat pengujian :

- $T_2 = 25,5$  °C



- $T_3 = 25,3$  °C

- $T_4 = 24,9$  °C

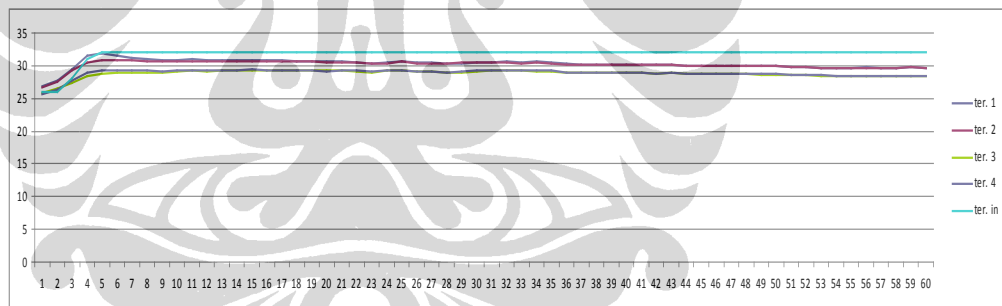
- $T_{in} = 25$  °C

Data pengujian : terlampir

•  $T_{cs}$

1. Grafik hasil pengujian :

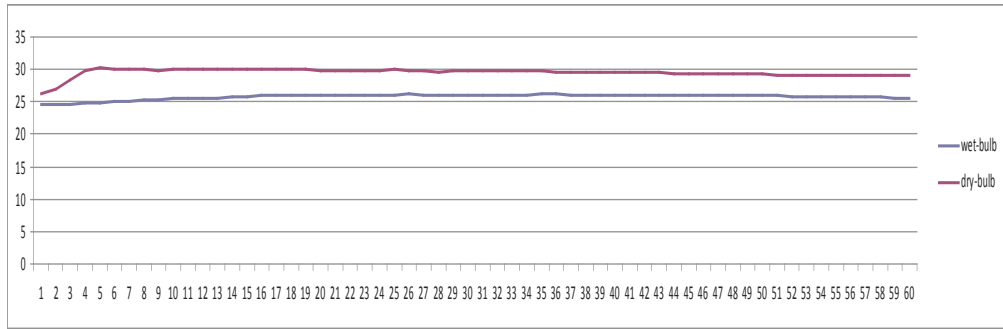
Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan kontrol yang berada diruangan pendingin dengan temperatur ruangan 22 °C



**Gambar 4.34** Grafik pengujian Ruangan Pendingin Temperatur 22 °C

**Analisa :**

Setelah 5 menit , termokopel kontrol menunjukkan temperatur 32°C, sedangkan temperatur di dalam hood berkisaran pada temperatur 29,3 -31,8°C. Pada pengujian ini tidak terdapat hidup atau mati nya pemanas, dikarenakan kontrol rakitan tersebut bukan mengontrol hidup matinya pemanas, tetapi mengatur daya listrik ke pemanas, sehingga temperatur di hood lebih konstan dibandingkan dengan kontrol yang mengatur hidup atau matinya pemanas.



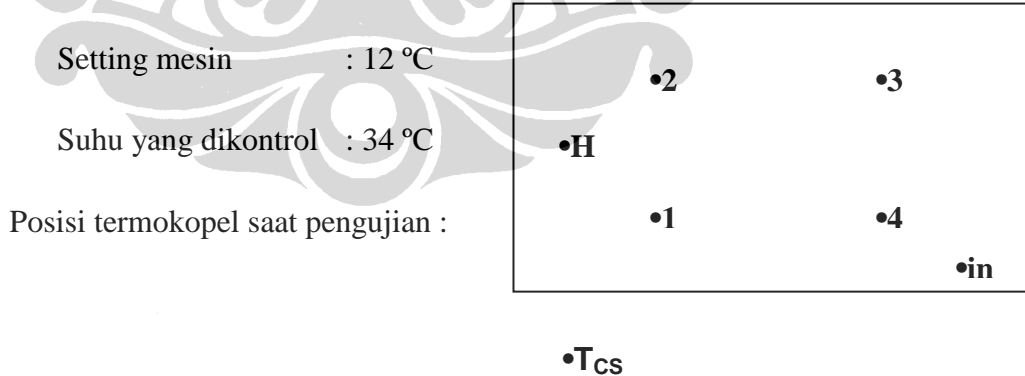
**Gambar 4.35** Grafik wet bulb dan dry bulb ruangan pendingin

**Analisa :**

Wet-bulb pada pengujian ini cenderung naik pada 5 menit pertama, dan stabil pada kisaran temperature 30C. Sedangkan dry-bulb cenderung naik sampai akhirnya stabil pada kisaran temperatur 25C. Mengetahui nilai wet -bulb dan dry-bulb untuk mendapatkan kelembaban yang terjadi di dalam hood. Pada penelitian ini penulis tidak membahas kelembaban pada ruangan hood.

**Perbandingan Pemanas dengan daya 300W dengan 250W**

Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah dengan menggunakan pemanas 250 W dapat mengalirkan panas yang diinginkan ke ruang inkubator.



**Tabel 4.1** Perbandingan Temperatur Pada pemanas 300W dan 250W

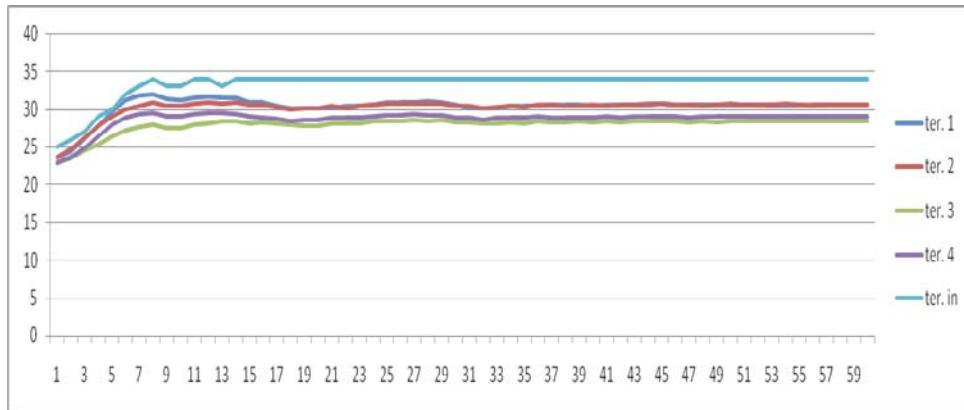
Pengujian dengan menggunakan heater 300 W	Pengujian dengan menggunakan heater 250 W
Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) : Temperatur luar ruangan : 30 °C <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suhu ruangan pendingin (<math>T_{CS}</math>) : 20,4 °C</li> <li>• <math>T_1 = 22,8</math> °C</li> <li>• <math>T_2 = 22,7</math> °C</li> <li>• <math>T_3 = 22,3</math> °C</li> <li>• <math>T_4 = 22,2</math> °C</li> <li>• <math>T_{in} = 24</math> °C</li> <li>• <math>T_H = 22,4</math> °C</li> </ul>	Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) : Temperatur luar ruangan : 28 °C <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suhu ruangan pendingin (<math>T_{CS}</math>) : 21,6 °C</li> <li>• <math>T_1 = 28,2</math> °C</li> <li>• <math>T_2 = 28,3</math> °C</li> <li>• <math>T_3 = 26,8</math> °C</li> <li>• <math>T_4 = 27,4</math> °C</li> <li>• <math>T_{in} = 26</math> °C</li> <li>• <math>T_H = 23,5</math> °C</li> </ul>

Data pengujian : terlampir

1. Grafik hasil pengujian :

Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan kontrol yang berada diruangan pendingin dengan temperatur ruangan 20 °C

Dengan menggunakan heater 300 W

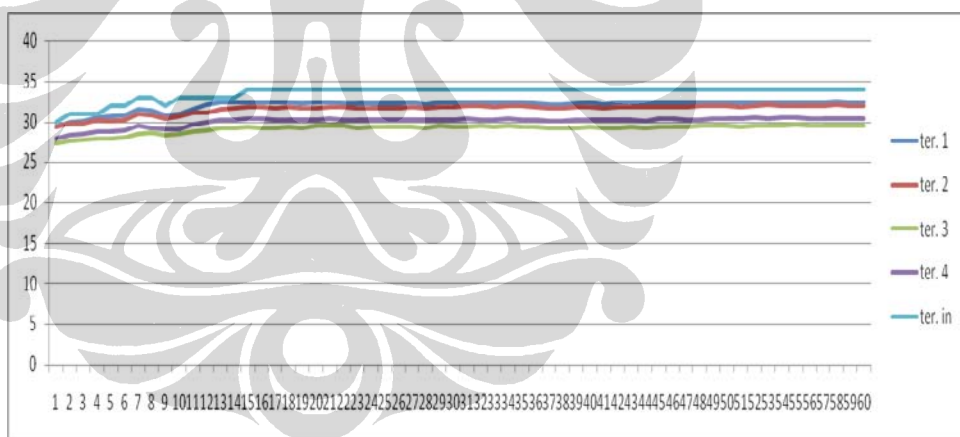


**Gambar 4.36** Grafik Menggunakan Pemanas 300W

**Analisa :**

Pada 8 menit awal setelah pemanas dihidupkan, termokopel menunjukkan kenaikan suhu hingga mencapai maksimum 32,0 °C. Kemudian secara perlahan-lahan cenderung stabil dengan termokopel menunjukkan nilai temperature pada 30 °C selama 60 menit pengujian.

Dengan menggunakan heater 250 W

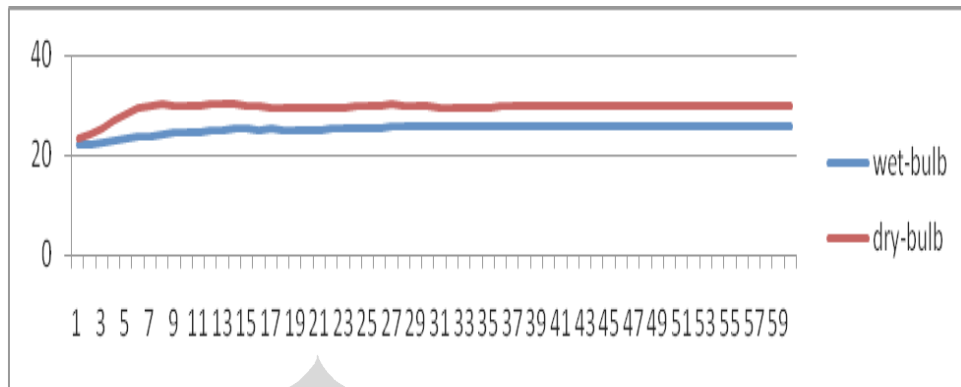


**Gambar 4.37** Grafik Menggunakan Pemanas 250W

**Analisa :**

Pada 8 menit awal setelah heater dihidupkan, termokopel menunjukkan kenaikan suhu hingga mencapai maksimum 31,4 °C. Kemudian secara perlahan-lahan cenderung stabil dengan termokopel menunjukkan nilai temperature pada 31 °C selama 60 menit pengujian.

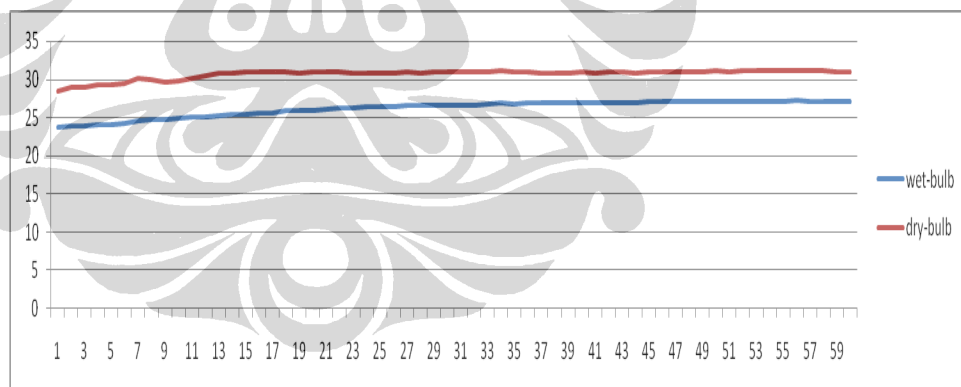
2. Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata dan kelembaban  
 Dengan menggunakan heater 300 W



**Grafik 4.38** Grafik wet-bulb dan dry-bulb Pemanas 300W

**Analisa :**

Dari grafik diperoleh bahwa suhu rata-rata naik pada 8 menit awal saat heater hidup hingga mencapai 30,125 °C, kemudian cenderung stabil pada nilai 30 °C. Sedangkan kelembaban menunjukkan suhu yang terus meningkat secara perlahan-lahan hingga mencapai nilai 25,9.

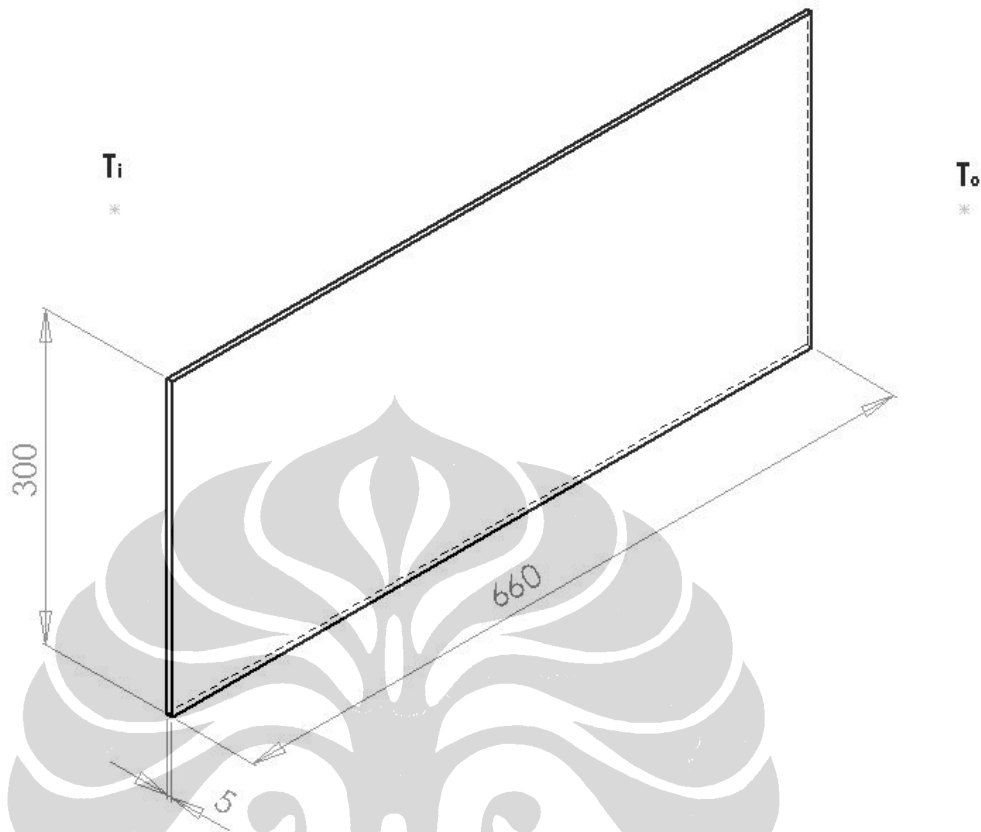


**Grafik 4.39** Grafik wet-bulb dan dry-bulb Pemanas 250W

**Analisa :**

Dari grafik diperoleh bahwa suhu rata-rata naik pada 8 menit awal saat heater hidup hingga mencapai 31 °C, kemudian cenderung stabil pada nilai 30 °C. Sedangkan kelembaban menunjukkan suhu yang terus meningkat secara perlahan-lahan hingga mencapai nilai 27..

#### 4.4 Menghitung Panas yang Terbuang dari Dinding Belakang



Perpindahan panas pada Inkubator ini mengalami 3 proses perpindahan panas.

- Perpindahan Panas Secara konveksi pada ruangan hood
- Perpindahan Panas Secara konduksi pada dinding dalam ke luar inkubator
- Perpindahan Panas Secara konveksi dari dinding luas Inkubator ke udara luar

#### Permisalan:

Temperatur yang diinginkan di dalam inkubator  $37$ , dengan kecepatan udara yang mengalir dalam inkubator  $0,1$  m/s (diambil dari standar paten), udara di luar inkubator  $27C$  (di ambil pada pengujian di ruangan LAB.Perpindahan Kalor) dengan kecepatan udara di misalkan  $1,2$  m/s. Panas mengalir dari ruangan hood ke ke udara luar.

#### Penyelesaian :

$$T_i = 37^{\circ}C$$

$$T_o = 27^{\circ}C$$

$$U_i = 0,1 \text{ m/s}$$

$$U_o = 1,2 \text{ m/s}$$

$$k = 0,15 \text{ W/m}^{\circ}C \text{ (Acrylic)}$$

$$L = 0,66 \text{ m}$$

$$\Delta x = 0,005 \text{ m}$$

### Mencari koefisien konveksi udara dalam hood

Terlebih dahulu kita lihat sifat-sifat udara pada suhu film

$$T_f = T_i$$

$$T_f = 37 + 273 = 310 \text{ K}$$

$T_f$ (K)	Pr	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) $\times 10^{-6}$	k (W/m °C)
300	0,708	15,69	0,02624
350	0,697	20,76	0,03003

Jadi Pr,  $\nu$ , k untuk suhu 310 K adalah

$$Pr = 0,708 + \frac{(0,697 - 0,708)}{350 - 300} \cdot (310 - 300)$$

$$Pr = 0,708 + \frac{(-0,011)}{50} \cdot (10)$$

$$Pr = 0,7058$$

$$k = 0,02624 + \frac{0,03003 - 0,02624}{350 - 300} \cdot (310 - 300)$$

$$k = 0,02624 + \frac{0,00379}{50} \cdot (10)$$

$$k = 0,026998$$

$$\nu = 15,69 + \frac{(20,76 - 15,69)}{350 - 300} \cdot (310 - 300)$$

$$\nu = 15,69 + \frac{5,07}{50} \cdot (10)$$

$$\nu = 16,704$$

**Bilangan Reynold adalah :**

$$Re_i = \frac{u_i \cdot L}{\nu} = \frac{(0,1) \cdot (0,3)}{16,704 \times 10^{-6}} = 1795,98$$



**Bilangan Nusselt adalah :**

$$Nu_i = 0,664 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2}$$

$$Nu_i = 0,664 \cdot (0,7058)^{1/3} \cdot (1795,98)^{1/2}$$

$$Nu_i = 25,05$$

$$h_i = \frac{Nu_i \cdot k}{L} = \frac{25,05 \times 0,026998}{0,3} = 2,25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**Mencari koefisien konveksi udara di luar hood**

Terlebih dahulu kita lihat sifat-sifat udara pada suhu film

$$T_f = T_o$$

$$T_f = 27 + 273 = 300 \text{ K}$$

$T_f$ (K)	Pr	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s) $\times 10^{-6}$	k (W/m °C)
300	0,708	15,69	0,02624
350	0,697	20,76	0,03003

**Bilangan Reynold adalah :**

$$Re_i = \frac{u_i \cdot L}{\nu} = \frac{(1,2) \cdot (0,3)}{15,69 \times 10^{-6}} = 22944,55$$

**Bilangan Nusselt adalah :**

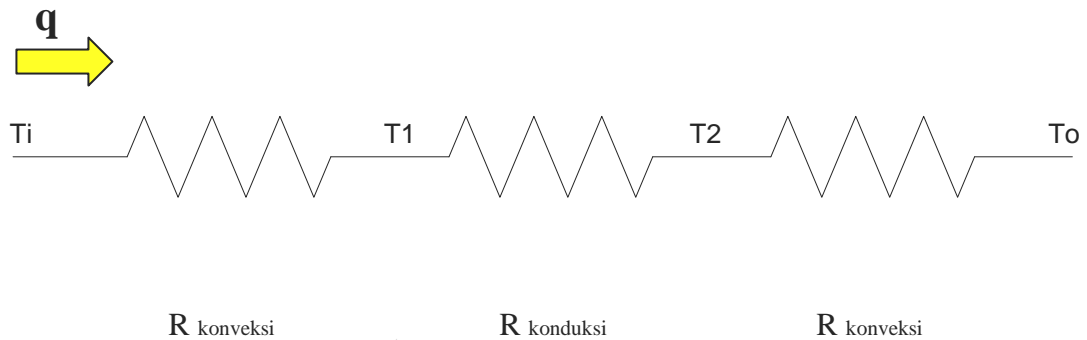
$$Nu_o = 0,664 \cdot Pr^{1/3} \cdot Re^{1/2}$$

$$Nu_o = 0,664 \cdot (0,708)^{1/3} \cdot (22944,55)^{1/2}$$

$$Nu_o = 89,64$$

$$h_o = \frac{Nu_o \cdot k}{L} = \frac{89,64 \times 0,02624}{0,3} = 7,8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

## Laju Perpindahan Panas



Perpindahan panas menyeluruh adalah:

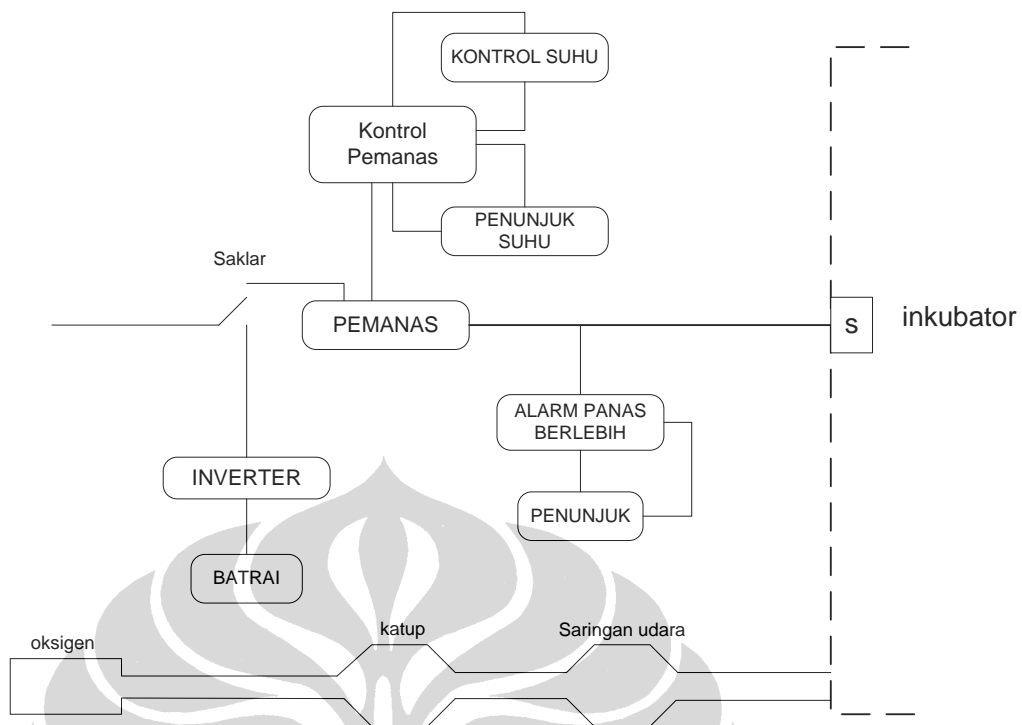
$$q = \frac{T_i - T_o}{\frac{1}{h_i \cdot A} + \frac{\Delta x}{k \cdot A} + \frac{1}{h_o \cdot A}}$$
$$q = \frac{37 - 27}{\frac{1}{2,25 \cdot (0,198)} + \frac{0,005}{0,15 \cdot (0,198)} + \frac{1}{7,8 \cdot (0,198)}}$$
$$q = 3,27 \text{ W}$$

Sehingga panas yang terbuat dari hood adalah 3,27 Watt

### 4.5 Sistem Kontrol Inkubator

Inkubator yang di rancang adalah Inkubator Transportasi Udara Terkontrol , dimana inkubator tersebut dilengkapi dengan kontrol suhu udara otomatis menggunakan sensor suhu udara sehingga mendekati suhu yang diatur oleh personil, dan inkubator transportasi adalah inkubator yang menggunakan dua arus listrik untuk menjalankannya.

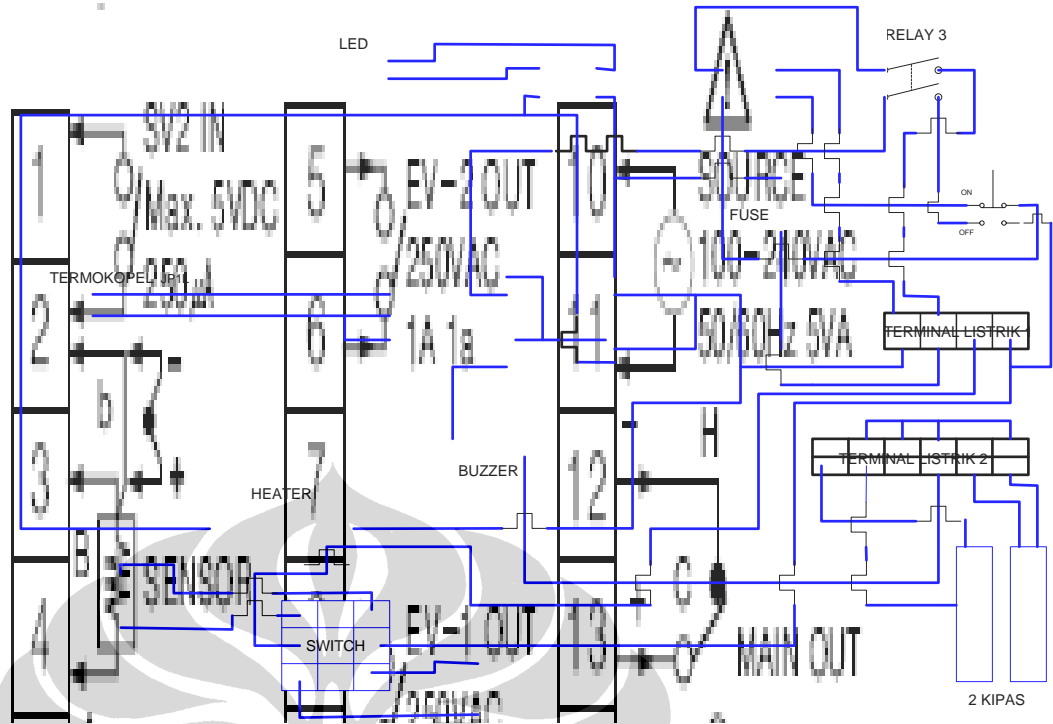
Gambaran skema kontrol inkubator yang di rancang :



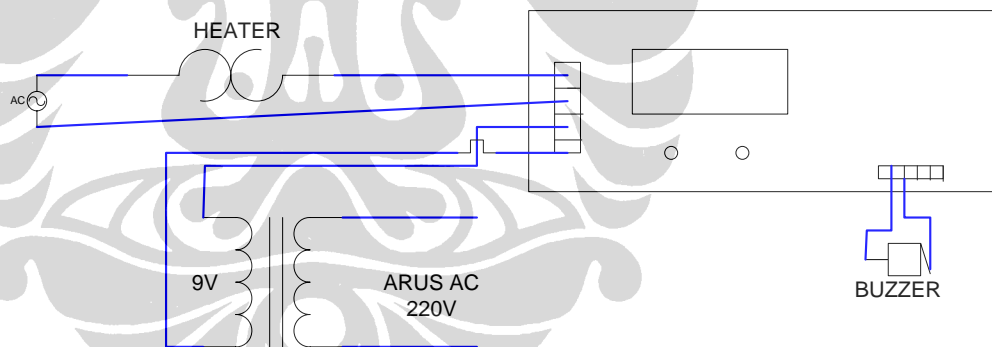
**Gambar 4.40** Skema Sistem kontrol Inkubator

**Penjelasan Gambar :**

- Komponen-komponen yang digunakan menggunakan arus listrik AC, kecuali disaat inkubator menggunakan kontrol rakitan, dimana kontrolnya menggunakan arus listrik DC.
- Inkubator dapat di operasikan dengan menggunakan dua arus listrik, dimana penukarannya secara manual, dengan menggunakan saklar.
- Pada saat menggunakan arus listrik DC, arus di ubah kembali ke arus AC dengan bantuan Inverter sebagai pengubah arus.
- Pemanas menggunakan arus listrik 300W yang dikontrol dengan menggunakan termokopel di dalam hood inkubator.
- Kontrol inkubator dilengkapi dengan penunjuk suhu dan kontrol suhu.
- Jika panas berlebih di dalam ruangan hood inkubator , inkubator menggunakan alarm dengan penunjuk.
- Oksigen yang melalui tabung oksigen maupun udara luar terlebih dahulu melalui katup dan saringan udara baru sampai ke ruangan hood inkubator.



**Gambar 4.41** Rangkaian Kontrol Type TZ4ST



**Gambar 4.442** Rangkaian Kontrol Rakitan

### Perubahan kontrol yang terjadi Pada Inkubator

Kontrol pada prototipe ini mengalami berkali-kali perubahan, dikarenakan peneliti ingin mencari yang terbaik untuk mengontrol temperatur didalam hood agar tetap stabil. Terlihat dari beberapa pengujian antara kontrol Autonics type TZ4ST

dengan kontrol rakitan, terdapat kelebihan dan kekurangan masing-masing kontrol.

**Keunggulan dari kontrol Autonics type TZ4ST adalah:**

- Dapat mengontrol lebih dari satu karakter
- Mudah dalam mensetting temperatur yang di inginkan.
- Dapat mengontrol temperatur sampai perbedaan temperatur 0,1°C

Kelemahannya :

- Pengontrolan temperatur kurang stabil, dikarenakan kontrol mengatur hidup dan matinya pemanas.

**Keunggulan dari kontrol rakitan adalah:**

- Temperatur lebih stabil, dikarenakan kontrol mengatur arus ke pemanas, bukan hidup matinya pemanas.

Kekurangannya:

- Untuk mensetting temperatur yang kita inginkan butuh waktu, dikarenakan pensettingannya harus mulai dari 120°C
- Jika kontrol dimatikan maka harus mengatur temperatur yang di inginkan kembali.
- Belum dapat mengatur temperatur sampai 0,1°C
- Kontrol Rakitan ini kurang awet, dikarenakan masih berupa prototipe yang masih harus di perbaiki kekurangannya.

**Pemilihan Kontrol:**

Setelah kurang lebih 15 pengujian, kontrol rakitan tidak dapat mengontrol panas sehingga inkubator prototipe III ini menggunakan kontrol Autonics TZ4ST, sebagai alternatif pengganti yang memenuhi standar.

# **BAB V**

## **PENUTUP**

### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil disain heater dan system kontrol untuk inkubator transportasi, yang dimulai dari survei awal sampai pada pembuatan dan pengujian prototipe, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk menghasilkan disain produk yang sesuai dengan rancangan dan penggunaannya, komunikasi tim pengembang sangat dibutuhkan.
2. Dalam pembuatan inkubator dengan 2 kipas, tim perancang harus lebih jeli dalam merancang saluran udara panas masuk, karena jika tidak akan terjadi perbedaan temperatur yang sangat besar pada ruangan hood.
3. Pemilihan bentuk pemanas harus lebih diperhatikan, karena akan berpengaruh juga pada temperatur pada tiap-tiap titik pada ruangan inkubator.
4. Pemilihan material dalam pembuatan box maupun saluran udara panas, harus lebih berhati-hati dan teliti, agar kerja pemanas pada inkubator dapat lebih efisien.
5. Pada saat ini kontrol buatan lokal dapat bersaing dengan kontrol dari luar, tetapi masih harus banyak perbaikan, seperti ketahanan kontrol untuk dipergunakan secara terus menerus.
6. Dikarenakan Inkubator berhubungan dengan nyawa manusia, maka keselamatan pengguna harus di perhatikan, pada inkubator ini menggunakan 2 keamanan untuk mengatur temperatur pada ruangan inkubator, seperti alarm dan pemutusan arus listrik.
7. Sirip pada pemanas sangat penting untuk mengalirkan udara panas ke dalam ruangan inkubator.
8. untuk aliran udara panas inkubator dengan menggunakan lebih dari satu kipas dharapkan saluran udara ditambahkan sirip untuk memfokuskan aliran udaranya, agar temperatur setiap titik di dalam inkubator perbedaannya tidak jauh.

Seperti contoh saluran pada prototipe ini:



**Gambar 5.1** Sirip pada saluran udara panas

## 5.2 SARAN

Perancangan dan pembuatan Inkubator Transportasi ini merupakan Prototipe ke-III Inkubator Transportasi. Untuk lebih menyempurnakan Prototipe III Inkubator Transportasi ini, ada beberapa saran perbaikan untuk pengembangan berikutnya antara lain :

1. Pada roda trolley dipasang pegas untuk mengurangi getaran yang terjadi pada inkubator.
2. Pada handel pemberat sebaiknya menggunakan bantalan agar fungsi pemberat sebagai penyeimbang dapat bekerja secara maksimal.
3. Pengunci naik dan turun pada trolley sebaiknya dibuat lebih kokoh.
4. Disarankan Bentuk Pemanas presisi bagian kanan maupun kiri, agar perbedaan temperatur di dalam inkubator disetiap titik tidak berbeda jauh.
5. Untuk perubahan arus dari AC ke DC dan sebaliknya, disarankan tidak secara manual lagi tetapi sudah secara otomatis.
6. Tempat batrai dan inverter disarankan untuk lebih mudah peletakannya.
7. Pada sambungan antara penutup box dengan hood, disarankan di berikan karet sekelilingnya agar panas yang terbuang lebih sedikit.

## DAFTAR ACUAN

- [1] Badan Standar Nasional (BSN), Standar Nasional Indonesia (Jakarta: SNI 16-4942-1998), hal. 2-3, 6-8, 20
- [2] Karl T. Ulrich, Steven D. Eppinger, Perancangan dan Pengembangan Produk, terj. Nora Azmi, Iveline A. Marie (Jakarta: Salemba Teknika 2001), hal. 18-271
- [3] Prof. Peter M. Dunn, "*Julius Hes, MD, (1876-1955) and the premature infant*" Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed (September 2001), hal. 1-4
- [4] T. K. Bose, "Computational Fluid Dynamics", (Department of Aerospace Engineering, Indian Institute of Technology Madras, India), hal. 5-7
- [5] Harry G. Schaeffer, "*Static and Normal Modes Analysis*", (Mont Vernon, New Hampshire 03057), hal. 29, 305-306
- [6] Prof. DR. Ir. Bambang Teguh P. DEA, "Perpindahan Panas Dasar" (Diktat kuliah S1 ISTN Jakarta), hal 1-3 .
- [7] Prof. Ir. Tata Surdia MS. Met. E. dan Prof. DR. Shinroku Saito, "Pengetahuan Bahan Teknik", (PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2005), hal. 7,69 - 145, 171-237
- [8] Y. Khodadadeh, F. Nili, F. Nayeri, Y. Wickramasinghe, "Comparative Clinical Evaluation of a Prototype Non-Electronic Transport Incubator and an Electrical Infant Incubator in a Neonatal Unit", *Jurnal Medical & Biological Engineering & Computing*, 2001 : hal. 597.
- [9] TC. LTD. UXBRIDGE, UBB 2YS, England, "*Guide To Thermocouple And Resistance Thermometry*", hal. 4



## DAFTAR PUSTAKA

- Susatyo, Yerri, Ir. MT , *Dasar – dasar Metode Elemen Hingga*, (Yogyakarta, ANDI, 2004)
- Degarmo, E. Paul, *Materials & Processes in Manufacturing*, (New York, Macmillan publishing co., inc, 1978)
- Prasetyowibowo, Bagas, *Desain Produk Industri*,(Bandung, Yayasan delapan – sepuluh, 1998)
- Bueche, Frederick J., *Fisika*, (Jakarta, Erlangga, 1989)
- Kumar, K.L., *Engineering Fluid Mechanics*, (New Delhi, Eurasia Publishing House Ltd. , 1976)
- Ir. Emil, *Mekanika Fluida*, (ISTN Jakarta, diktat kuliah, 2003)
- Ir. Faisal, *Proses Produksi*, (ISTN Jakarta, diktat kuliah, 2003)
- Wiratmaja, IGN, *Metode Elemen Hingga*, (Bandung, ITB, 1998)
- Widharto, Sri, *Petunjuk Kerja Las*, (Jakarta, PT.Pradnya Pramita, 2006)

## LAMPIRAN

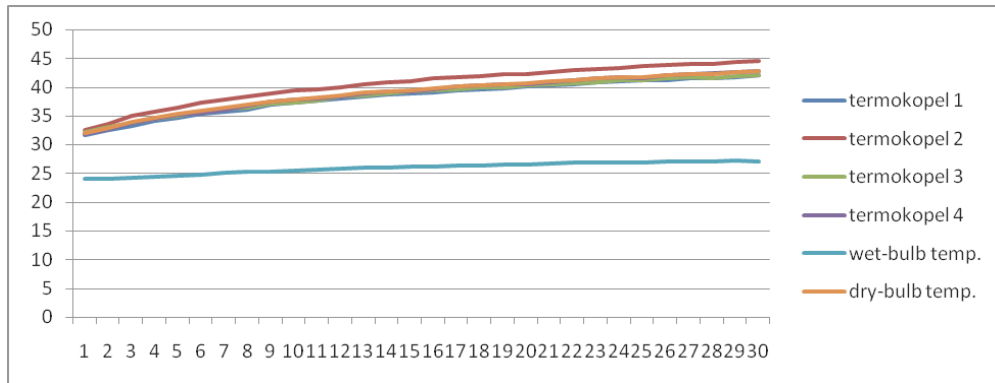
### 1. DATA PENGUJIAN

#### A. Pengujian Awal Dengan Suhu Tidak Dikontrol

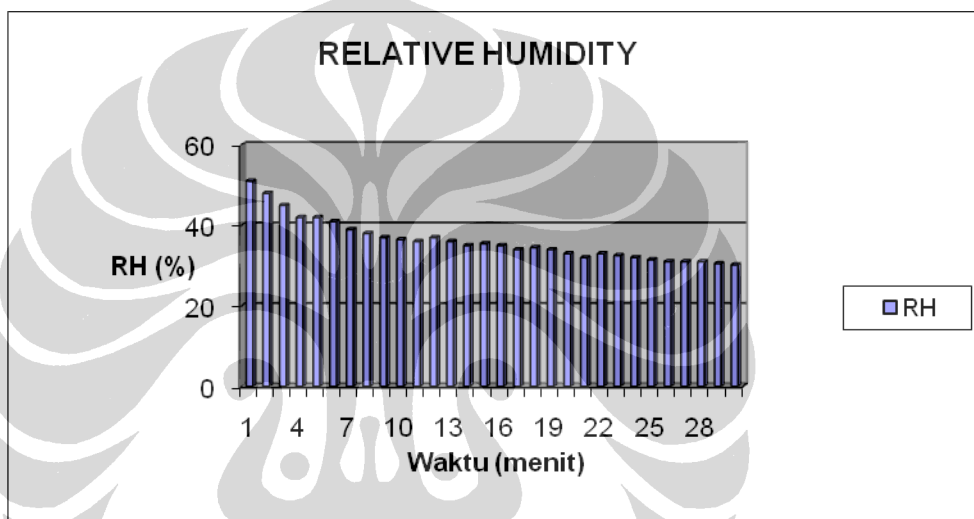
##### 1. Peningkatan temperatur

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Termokopel 1	31,7	32,6	33,3	34,1	34,7	35,3	35,8	36,1	36,9	37,2	37,6	38
Termokopel 2	32,6	33,7	35	35,7	36,5	37,4	37,9	38,4	38,9	39,4	39,6	40
Termokopel 3	32,1	32,9	33,7	34,4	35	35,7	36,1	36,4	37	37,3	37,6	38,2
Termokopel 4	31,8	32,7	33,7	34,5	35,1	35,5	36,1	36,8	37,4	37,8	38	38,3
Termokopel 5	24	24	24,2	24,4	24,6	24,8	25	25,2	25,3	25,5	25,6	25,8
Dry-bulb	32,05	32,975	33,925	34,675	35,325	35,975	36,475	36,925	37,55	37,925	38,2	38,625
Humidity Ratio	51	48	45	42	42	41	39	38	37	36,5	36	37

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
38,3	38,6	38,8	39	39,4	39,6	39,7	40,1	40,3	40,4	40,8	40,9	41,1	41,2	41,5	41,5	41,7	42
40,5	40,9	41	41,5	41,7	41,9	42,2	42,3	42,6	43	43,1	43,3	43,6	43,8	43,9	44	44,3	44,5
38,5	38,8	39,1	39,3	39,6	39,8	39,8	40,2	40,4	40,6	40,8	41,1	41,1	41,5	41,7	41,5	41,9	42
38,8	39,1	39,1	39,6	40	40,2	40,5	40,4	40,8	41,2	41,4	41,6	41,4	42	42,2	42,3	42,6	42,7
25,9	25,9	26,1	26,2	26,3	26,4	26,5	26,5	26,6	26,8	26,8	26,8	26,9	27	27,1	27,1	27,2	27,1
39,025	39,35	39,5	39,85	40,175	40,375	40,55	40,75	41,03	41,3	41,525	41,725	41,8	42,125	42,325	42,325	42,625	42,8
36	35	35,5	35	34	34,5	34	33	32	33	32,5	32	31,5	31	31	31	30,5	30,2



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



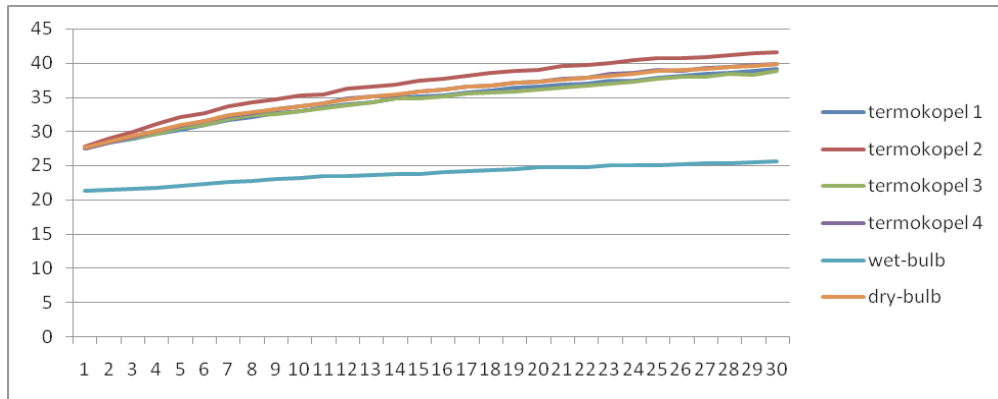
Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian

## 2. Peningkatan temperatur

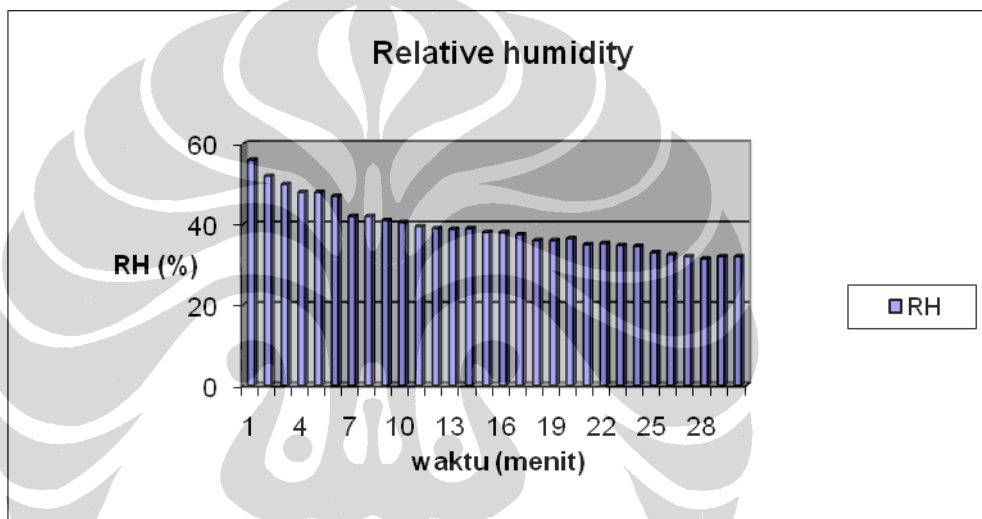
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Termokopel 1	27,5	28,3	29	29,6	30,2	31	31,7	32,1	32,7	33	33,5	34
Termokopel 2	27,8	29	30	31,1	32,1	32,7	33,6	34,2	34,6	35,2	35,4	36,2
Termokopel 3	27,5	28,3	29,1	29,6	30,5	30,9	31,8	32,4	32,5	33	33,4	33,8
Termokopel 4	27,5	28,4	29,3	30,1	30,8	31,6	32,3	32,7	33,3	33,7	34,1	34,8
Termokopel 5	21,3	21,4	21,6	21,7	22	22,3	22,6	22,8	23	23,1	23,4	23,5
Dry-bulb	27,58	28,5	29,35	30,1	30,9	31,55	32,35	32,85	33,28	33,725	34,1	34,7
Humidity Ratio	56	52	50	48	48	47	42	42	41	40,5	39,5	39

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
34,3	34,9	35,2	35,3	35,8	36	36,4	36,6	36,9	37,1	37,4	37,5	37,9	38,2	38,5	38,6	38,9	39,2
36,5	36,8	37,4	37,7	38,1	38,5	38,8	39	39,5	39,6	39,9	40,3	40,6	40,7	40,8	41,1	41,4	41,5
34,3	34,8	34,9	35,1	35,6	35,7	35,9	36,1	36,4	36,7	37	37,3	37,7	38,1	38,1	38,4	38,3	38,9
35,1	35,3	35,8	36,2	36,6	36,8	37,2	37,3	37,7	37,9	38,5	38,6	39	38,9	39,3	39,5	39,8	39,9
23,6	23,8	23,8	24	24,2	24,3	24,5	24,7	24,7	24,8	25	25	25	25,2	25,3	25,3	25,5	25,6
35,05	35,45	35,825	36,075	36,525	36,75	37,075	37,25	37,63	37,83	38,2	38,425	38,8	38,975	39,175	39,4	39,6	39,88
38,8	39	38	38	37,5	36	36	36,5	35	35,3	34,8	34,6	33	32,5	32	31,5	32	32



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



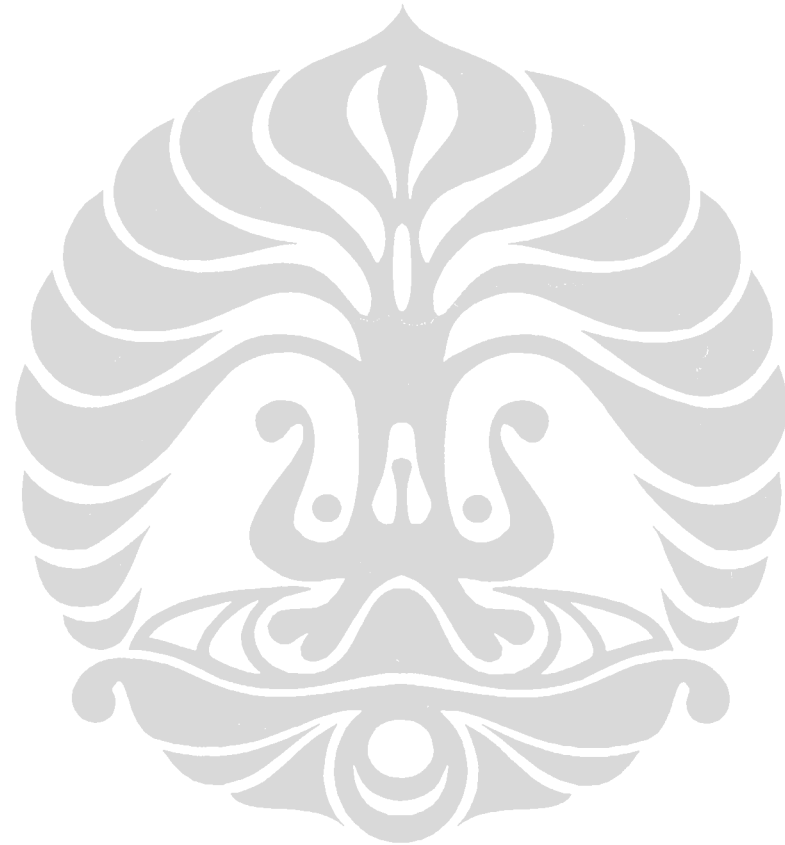
Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian

### 3. Penurunan temperatur

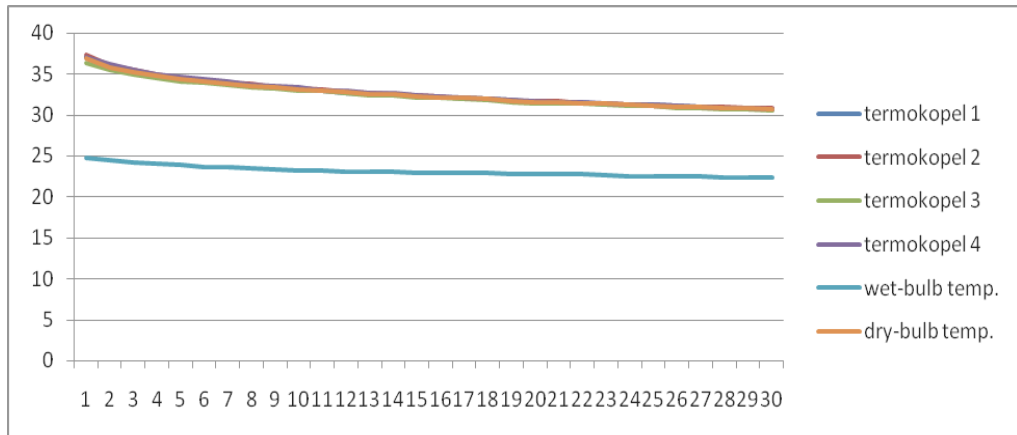
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Termokopel 1	37,1	35,8	35,2	34,8	34,4	34,1	33,8	33,6	33,3	33,2	33	32,7
Termokopel 2	37,4	36,1	35,5	35	34,6	34,3	34	33,8	33,5	33,3	33,1	32,9
Termokopel 3	36,3	35,5	34,9	34,5	34,1	33,9	33,6	33,4	33,2	33	32,9	32,7
Termokopel 4	37	36,1	35,5	34,9	34,6	34,3	34	33,7	33,5	33,3	33	32,9
Termokopel 5	24,8	24,5	24,3	24,1	23,9	23,7	23,6	23,5	23,4	23,3	23,3	23,1
Dry-bulb	36,95	35,875	35,275	34,8	34,425	34,15	33,85	33,625	33,38	33,2	33	32,8
Humidity Ratio	38	39,8	40	40,5	41	41,5	42	42	41,5	41,5	42	43

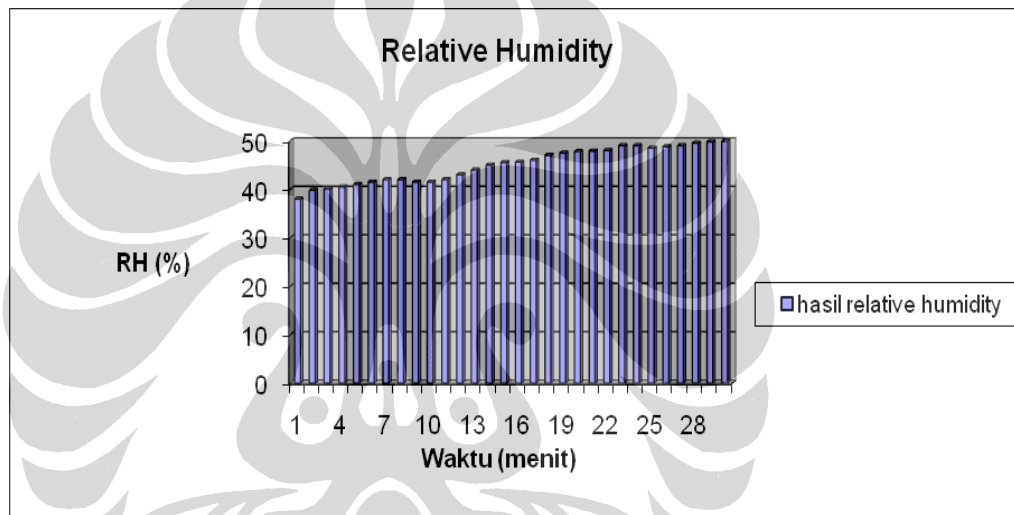
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
32,6	32,5	32,2	32,1	32,1	32	31,8	31,6	31,6	31,5	31,3	31,2	31,2	31,1	31	30,9	30,9	30,7
32,7	32,6	32,4	32,3	32,1	32,1	31,8	31,7	31,7	31,5	31,5	31,3	31,2	31,1	31	31	30,9	30,9
32,4	32,4	32,1	32,1	32	31,8	31,6	31,5	31,5	31,4	31,3	31,2	31,1	30,9	30,9	30,8	30,7	30,6
32,7	32,6	32,4	32,3	32,1	32	31,8	31,7	31,6	31,5	31,4	31,2	31,2	31,1	31	30,9	30,8	30,7
23,1	23,1	23	23	23	22,9	22,8	22,8	22,8	22,8	22,7	22,6	22,5	22,5	22,5	22,4	22,4	22,4
32,6	32,525	32,275	32,2	32,075	31,975	31,75	31,63	31,6	31,48	31,375	31,225	31,18	31,05	30,975	30,9	30,825	30,73
44	45	45,5	45,6	46	47	47,5	47,8	47,9	48	49	49	48,5	48,8	49	49,5	49,8	49,9



L6



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian



## B. Pengujian Di Ruang Tak Ber AC

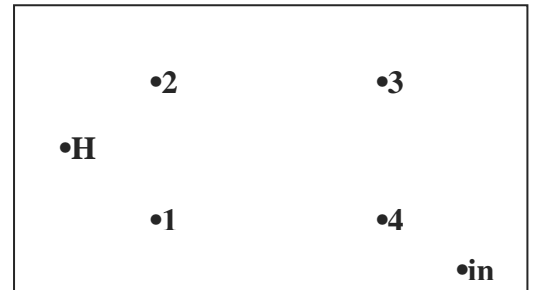
### Tanpa sirip

#### 1. Suhu yang ingin dikontrol 36 °C

Setting control :  
pengujian :

Posisi termokopel saat

- Suhu yang ingin dikontrol : 36 °C
- Alarm hidup pada :  $\pm 3$
- Emergency power :  $\pm 4$
- Mati-hidup heater :  $\pm 0,2$



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 25,5 °C
- $T_1 = 28,2$  °C
- $T_2 = 28,2$  °C
- $T_3 = 28,2$  °C
- $T_4 = 28,2$  °C
- $T_{in} = 30,4$  °C
- $T_H = 27,9$  °C

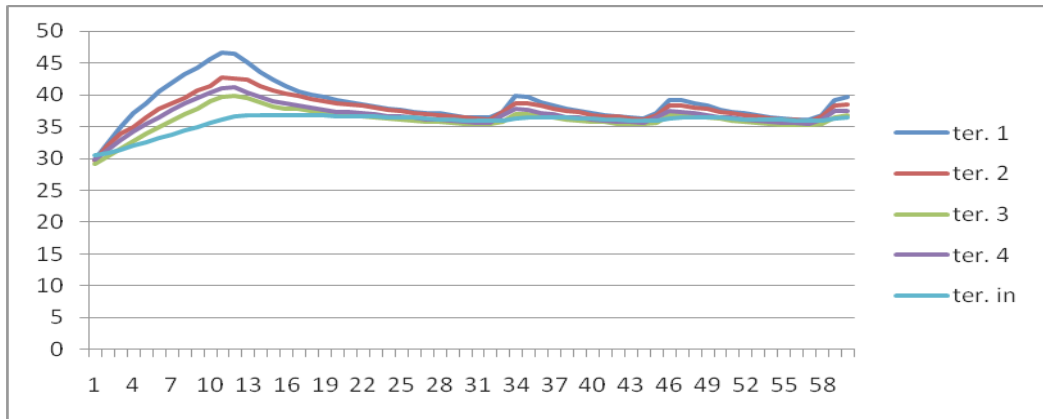
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	29,9	32,4	34,9	37,1	38,7	40,5	41,9	43,2	44,3	45,6	46,6	46,4
T2	29,6	31,9	33,8	34,9	36,4	37,7	38,6	39,5	40,6	41,3	42,7	42,5
T3	29,2	30,3	31,6	32,7	33,9	34,9	35,9	37	37,8	38,9	39,7	39,8
T4	29,9	31,5	33	34,3	35,5	36,5	37,7	38,6	39,5	40,3	41,1	41,2
T in	30,5	30,8	31,4	32	32,6	33,3	33,8	34,5	35	35,6	36,2	36,6
T. Kelembaban	27,9	28	28,1	28,1	28,3	28,4	28,7	28,8	29	29,3	29,5	29,8
suhu rata-rata	29,65	31,52	33,32	34,75	36,12	37,4	38,52	39,57	40,55	41,52	42,52	42,47
relative humidity	85	78	69	62	55	53	49	46	45	42	40	40,5

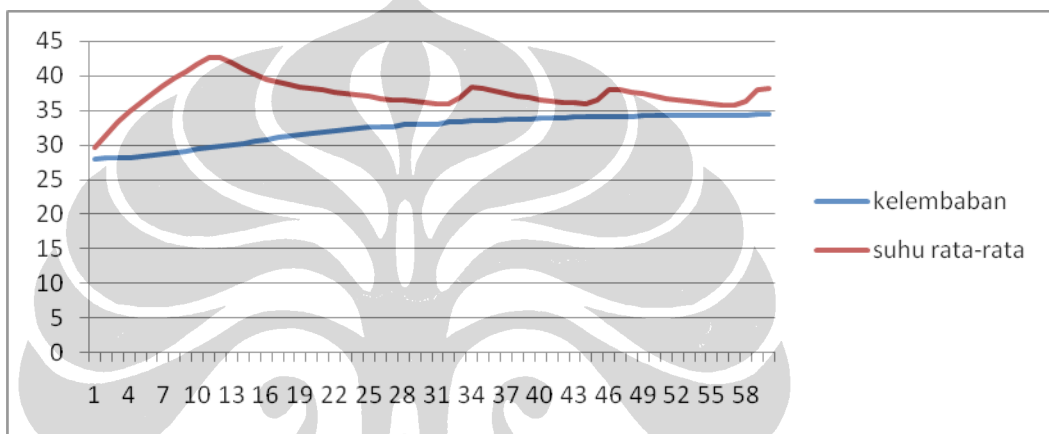
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
45,1	43,5	42,4	41,4	40,6	40,1	39,6	39,2	38,8	38,5	38,2	37,9	37,7	37,4	37,1	37,1
42,3	41,4	40,7	40,1	39,8	39,3	39	38,7	38,5	38,2	37,9	37,6	37,5	37,1	36,9	36,8
39,4	38,8	38,2	37,8	37,7	37,4	37,2	37	36,8	36,6	36,5	36,2	36,1	36	35,8	35,8
40,4	39,6	39	38,6	38,3	38	37,7	37,4	37,4	37,1	36,9	36,7	36,6	36,4	36,1	36,1
36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,8	36,6	36,6	36,6	36,6	36,5	36,4	36,5	36,3	36,2
30	30,2	30,5	30,7	31	31,2	31,5	31,6	31,8	32	32,1	32,3	32,5	32,6	32,6	32,9
41,8	40,82	40,07	39,47	39,1	38,7	38,37	38,07	37,87	37,6	37,37	37,1	36,97	36,72	36,47	36,45
44	49	50,5	54	56	59,5	60,5	61	65	69	69,5	70	75	75,5	76	76,5

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
36,8	36,5	36,4	36,4	37,4	39,8	39,6	38,9	38,3	37,9	37,5	37,2	36,9	36,6	36,5	36,3
36,6	36,4	36,2	36,1	37,3	38,6	38,6	38,2	37,8	37,4	37,2	36,8	36,6	36,5	36,3	36,1
35,6	35,5	35,4	35,4	35,8	36,9	36,9	36,7	36,4	36,1	36	35,8	35,7	35,5	35,5	35,4
35,9	35,8	35,6	35,7	36,8	37,9	37,6	37,2	36,9	36,5	36,4	36,1	36	35,8	35,8	35,6
36,2	36	36	36	36	36,3	36,5	36,5	36,5	36,5	36,3	36,3	36,2	36,2	36	36
32,9	33	33	33,2	33,2	33,4	33,5	33,5	33,6	33,6	33,7	33,8	33,8	33,8	34	34
36,22	36,05	35,9	35,9	36,82	38,3	38,17	37,75	37,35	36,97	36,77	36,47	36,3	36,1	36,02	35,85
76,55	79,5	80	80,5	79	71	72	75	76	77	78	79	78,5	79	81	84

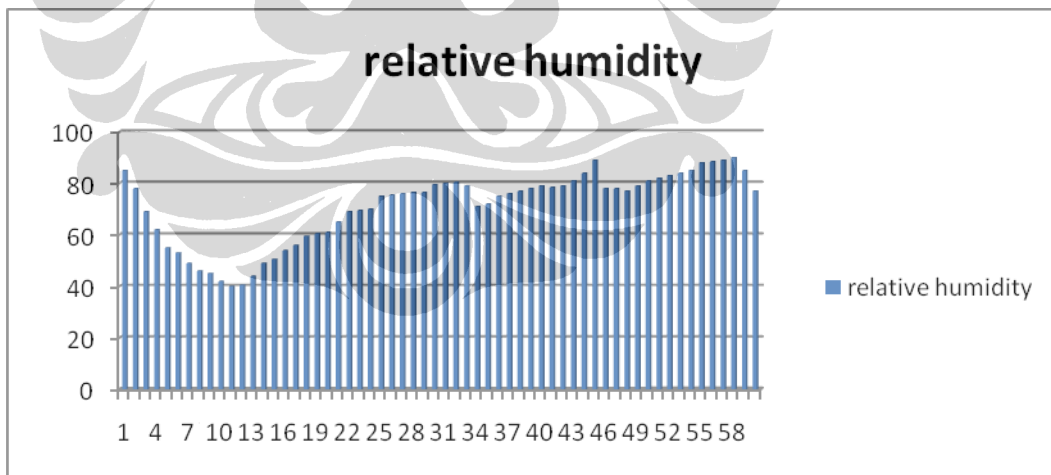
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
37,1	39,2	39,2	38,6	38,3	37,7	37,4	37,1	36,8	36,5	36,3	36,2	36,1	36,8	39,1	39,6
36,8	38,3	38,3	38	37,7	37,3	37,1	36,8	36,5	36,3	36,1	36,1	35,8	36,5	38,3	38,5
35,6	36,7	36,8	36,7	36,5	36,2	36	35,8	35,6	35,5	35,3	35,3	35,2	35,5	36,5	36,8
36,5	37,5	37,4	37,1	36,8	36,5	36,4	36,1	35,9	35,8	35,7	35,6	35,5	36,1	37,5	37,5
36	36,3	36,5	36,5	36,5	36,4	36,3	36,2	36,2	36,2	36,1	36	35,9	36	36,3	36,5
34	34	34	34	34,2	34,2	34,2	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,4	34,4
36,5	37,92	37,92	37,6	37,32	36,92	36,72	36,45	36,2	36,02	35,85	35,8	35,65	36,22	37,85	38,1
89	78	78	77	79	81	82	83	84	85	88	88,5	89	90	85	77



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



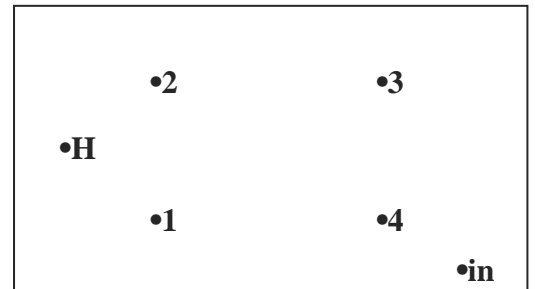
Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian

2. Suhu yang ingin dikontrol 33 °C

Setting control :  
pengujian :

Posisi termokopel saat

- Suhu yang ingin dikontrol : 33 °C
- Alarm hidup pada :  $\pm 3$
- Emergency power :  $\pm 4$
- Mati-hidup heater :  $\pm 0,2$



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 26,5 °C
- $T_1 = 26,8$  °C
- $T_2 = 26,8$  °C
- $T_3 = 26,8$  °C
- $T_4 = 26,8$  °C
- $T_{in} = 28,0$  °C
- $T_H = 26,3$  °C

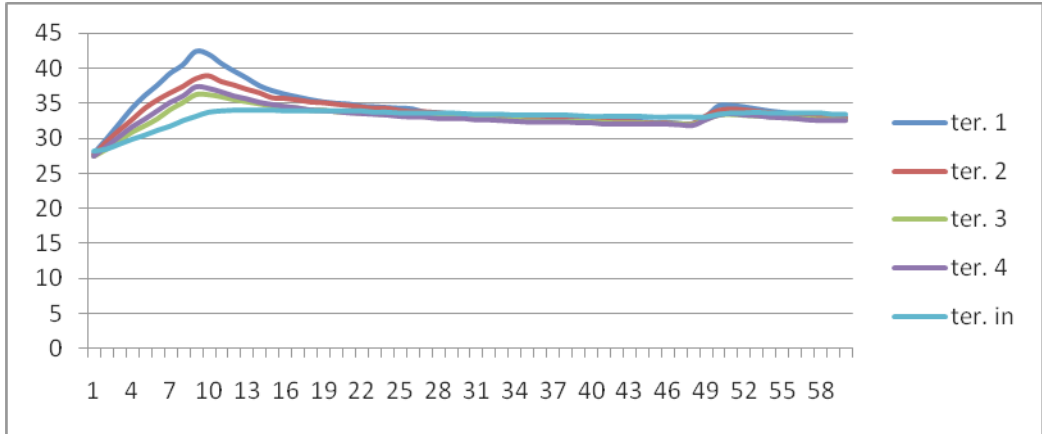
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	27,8	29,9	32,1	34,3	36,1	37,6	39,3	40,5	42,4	42	40,7	39,6
T2	27,7	29,6	31,2	32,7	34,3	35,5	36,5	37,4	38,5	38,9	38,1	37,6
T3	27,5	28,5	29,7	30,9	31,8	32,8	34,1	35,1	36,2	36,2	35,9	35,5
T4	27,5	28,9	30,3	31,7	32,8	34	35,2	36,1	37,4	37,2	36,7	36,1
T in	28,1	28,4	29,1	29,8	30,4	31,1	31,7	32,5	33,1	33,7	33,9	34
wet-bulb	27,9	28	28,1	28,1	28,3	28,4	28,7	28,8	29	29,3	29,5	29,8
dry-bulb	27,62	29,22	30,82	32,4	33,75	34,97	36,27	37,27	38,62	38,57	37,85	37,2
relative humidity	95	90,2	82	72	69	62	59	55	50	51	56	59

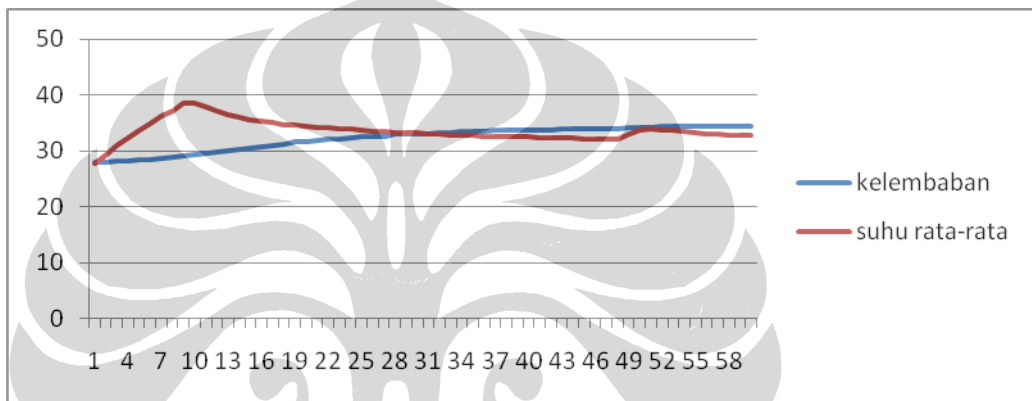
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
38,6	37,5	36,8	36,3	35,9	35,5	35,2	35	34,9	34,6	34,5	34,4	34,3	34,2	33,7	33,5
37	36,5	35,8	35,7	35,5	35,2	35,1	34,9	34,7	34,5	34,3	34,3	34	33,8	33,8	33,7
35,2	34,9	34,6	34,5	34,3	34	34	33,8	33,7	33,6	33,5	33,4	33,3	33,2	33,1	33
35,7	35,2	34,9	34,6	34,4	34,1	34	33,9	33,7	33,6	33,5	33,4	33,2	33,1	33,1	32,9
34	34	34	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,7	33,7	33,6	33,6	33,6	33,6
30	30,2	30,5	30,7	31	31,2	31,5	31,6	31,8	32	32,1	32,3	32,5	32,6	32,6	32,9
36,62	36,02	35,52	35,27	35,02	34,7	34,57	34,4	34,25	34,07	33,95	33,87	33,7	33,57	33,42	33,27
61	65	70	70,5	75	79	80	80,2	81	86	89	90	90,1	90,2	91	93

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
33,5	33,3	33,3	33,3	33,2	33	33	32,9	32,7	32,7	32,7	32,7	32,5	32,4	32,4	32,4
33,5	33,4	33,2	33,2	33	33	32,8	32,8	32,7	32,7	32,7	32,6	32,5	32,4	32,4	32,3
33	33	32,8	32,8	32,7	32,7	32,5	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4	32,3	32,2	32,2	32,2
32,9	32,9	32,7	32,7	32,6	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4	32,3	32,3	32,1	32,1	32,1	32,1
33,6	33,5	33,4	33,4	33,4	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,2	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1
32,9	33	33	33,2	33,2	33,4	33,5	33,5	33,6	33,6	33,7	33,8	33,8	33,8	34	34
33,22	33,15	33	33	32,87	32,8	32,67	32,65	32,55	32,55	32,52	32,5	32,35	32,27	32,27	32,25
93,1	94	95	95,5	96	96,5	97	96,7	97,1	97,1	97,2	97,2	97,3	97,4	97,6	97,8

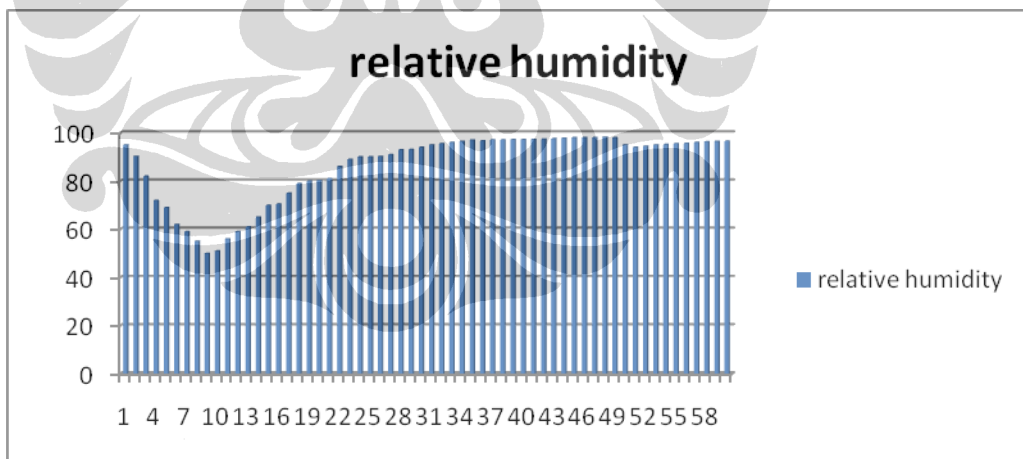
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
32,3	32,3	32,1	32,1	33	34,6	34,7	34,5	34,2	33,9	33,7	33,4	33,3	33,1	33	33
32,2	32,2	32,1	32,1	33,2	34	34,2	34,1	33,9	33,7	33,5	33,2	33,2	33	33	32,9
32,1	32,1	32,1	32	32,7	33,3	33,4	33,3	33,2	33,1	33	32,9	32,8	32,7	32,7	32,6
32,1	32,1	32	31,9	32,7	33,4	33,6	33,4	33,3	33,1	33	32,9	32,7	32,6	32,6	32,6
33	33	33	33	33	33,4	33,6	33,6	33,7	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,4	33,4
34	34	34	34	34,2	34,2	34,2	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,4	34,4
32,17	32,17	32,07	32,02	32,9	33,82	33,97	33,82	33,65	33,45	33,3	33,1	33	32,85	32,82	32,77
98	98	98,1	98,2	98	95	94	94,5	95	95,2	95,5	95,7	96	96,3	96,4	96,6



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian



**Dengan sirip**

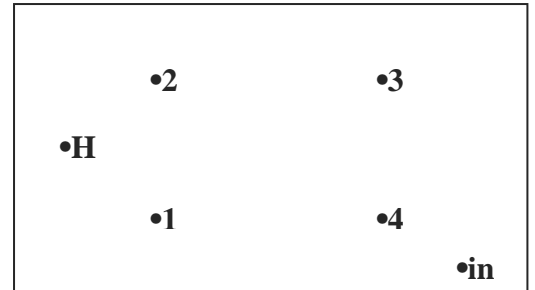
3. Suhu yang ingin dikontrol 31 °C

Setting control :

pengujian :

- Suhu yang ingin dikontrol : 31 °C
- Alarm hidup pada :  $\pm 3$
- Emergency power :  $\pm 4$
- Mati-hidup heater :  $\pm 0,2$

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 26,5 °C
- $T_1 = 26,8$  °C
- $T_2 = 26,8$  °C
- $T_3 = 26,8$  °C
- $T_4 = 26,8$  °C
- $T_{in} = 27,8$  °C
- $T_H = 26,2$  °C

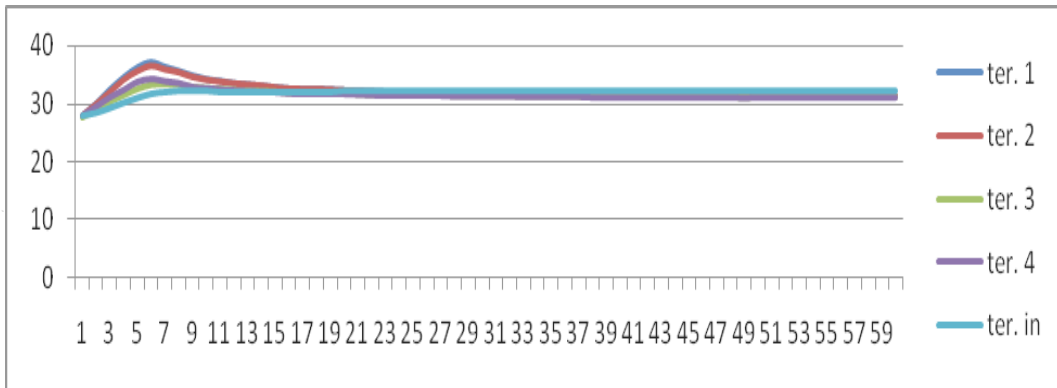
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	27,8	29,9	32,3	34,4	36,1	37	36,2	35,5	34,7	34,1	33,8	33,4
T2	27,8	29,8	31,9	34	35,5	36,4	35,8	35,3	34,5	34	33,7	33,4
T3	27,7	29	30,4	31,5	32,6	33,3	33,4	33,3	32,9	32,7	32,6	32,4
T4	28	29,6	31,2	32,5	33,9	34,4	34	33,7	33	32,8	32,6	32,4
T in	28	28,5	29,3	30,2	31	31,7	32	32,2	32,2	32,2	32	32
Wet-bulb	26,3	26,3	26,5	26,7	26,9	27,2	27,6	27,8	27,9	28,1	28,3	28,4
Dry-bulb	27,825	29,575	31,45	33,1	34,525	35,275	34,85	34,45	33,775	33,4	33,175	32,9
Relative Humidity	89	79	69	60	55	52	59	60	62	69	69,5	71

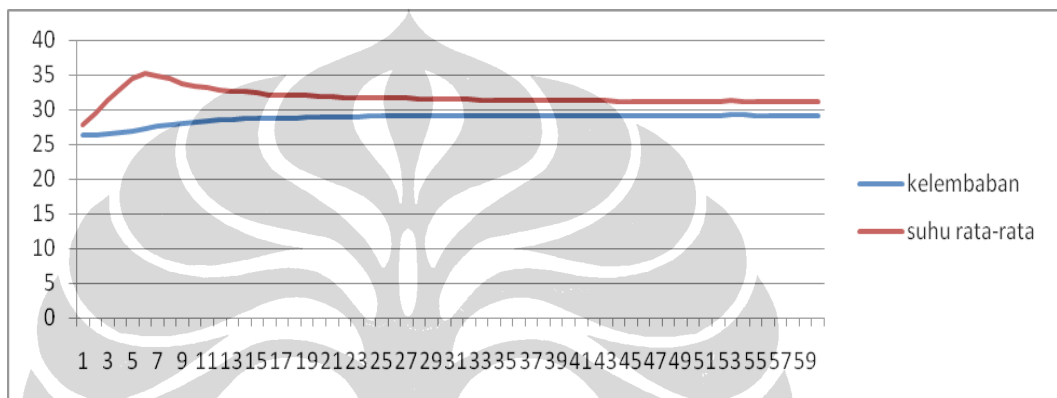
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
33,2	33	32,7	32,5	32,4	32,4	32,3	32,2	32,1	32	31,9	31,9	31,8	31,8	31,8	31,7
33,2	33	32,7	32,5	32,4	32,4	32,3	32,2	32,1	32	31,9	31,9	31,8	31,8	31,8	31,7
32,3	32,2	32,1	31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,6	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,4
32,3	32,2	32,1	31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,6	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,4
32	32	32	32	32	32	32	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
28,5	28,6	28,6	28,6	28,7	28,7	28,8	28,9	28,9	28,9	28,9	29	29	29	29	29
32,75	32,6	32,4	32,2	32,1	32,1	32,05	32	31,9	31,8	31,7	31,7	31,65	31,65	31,65	31,55
72	73	74	75	76	76	78	79	79,3	79,5	80	80,5	81	81	81	82

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
31,7	31,6	31,6	31,6	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,3
31,7	31,6	31,6	31,6	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,4	31,4	31,4	31,4	31,3
31,4	31,4	31,4	31,4	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
31,4	31,4	31,4	31,4	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
29	29	29	29,1	29	29	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1
31,55	31,5	31,5	31,5	31,4	31,4	31,4	31,4	31,4	31,325	31,325	31,3	31,3	31,3	31,3	31,25
82	82,2	82,2	82,5	83	83	83,2	83,2	83,2	83,3	83,3	83,5	83,5	83,5	83,5	83,7

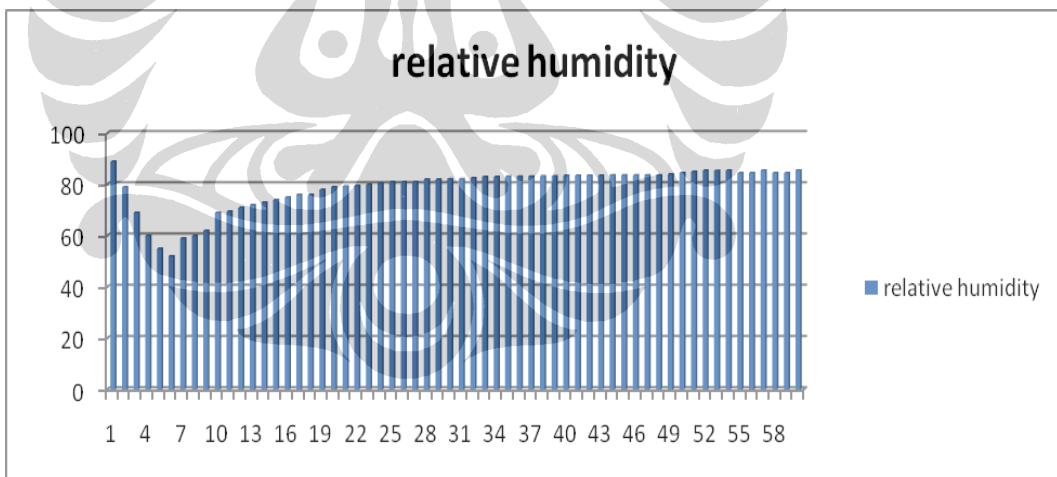
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
31,3	31,3	31,3	31,3	31,2	31,2	31,3	31,2	31,4	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
31,3	31,3	31,3	31,3	31,2	31,2	31,3	31,2	31,4	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
31,2	31,2	31,2	31,2	31,1	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
31,2	31,2	31,2	31,2	31,1	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2
29,1	29,1	29,1	29,1	29	29	29,1	29,1	29,2	29,2	29	29	29,1	29	29	29,1
31,25	31,25	31,25	31,25	31,15	31,2	31,25	31,2	31,3	31,25	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
83,7	83,7	83,7	83,7	84	84,5	85	85,5	85,4	85,6	84,5	84,5	85,5	84,5	84,5	85,5



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian

4. Suhu yang ingin dikontrol 32 °C

Setting control :

pengujian :

- Suhu yang ingin dikontrol : 32 °C
- Alarm hidup pada :  $\pm 3$
- Emergency power :  $\pm 4$
- Mati-hidup heater :  $\pm 0,2$

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 26,5 °C
- $T_1 = 27,5$  °C
- $T_2 = 27,5$  °C
- $T_3 = 27,5$  °C
- $T_4 = 27,5$  °C
- $T_{in} = 29,6$  °C
- $T_H = 27,5$  °C

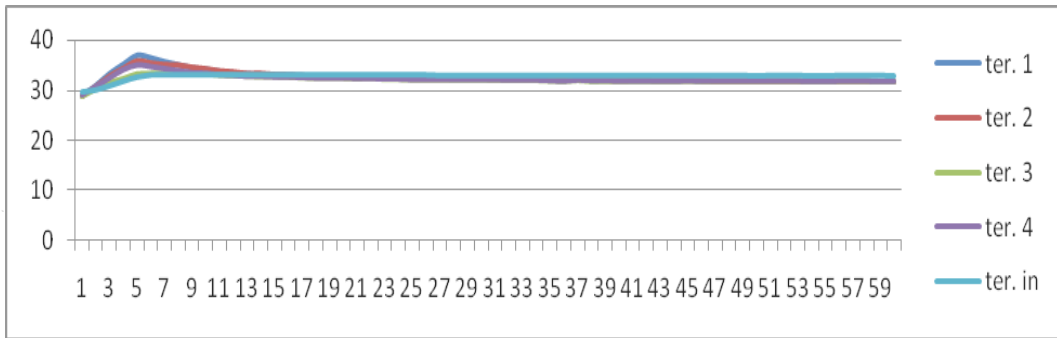
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	28,7	30,9	33,3	35,2	37	36,5	35,7	35,1	34,5	34,2	33,8	33,5
T2	28,9	30,8	32,8	34,3	35,7	35,3	35	34,9	34,5	34,2	33,8	33,6
T3	28,9	30,3	31,5	32,3	33,2	33,3	33,3	33,3	33,3	33,2	33	32,9
T4	29,1	30,7	32,4	34	34,9	34,6	34,2	33,8	33,4	33,3	33	32,9
T in	29,8	30,2	31	31,9	32,7	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1
Wet-bulb	27,5	27,5	27,7	27,8	28,2	28,4	28,6	28,7	28,8	29	29	29,2
Dry-bulb	28,9	30,675	32,5	33,95	35,2	34,925	34,55	34,275	33,925	33,725	33,4	33,225
Relative Humidity	89	79	69	62	59,5	61	65	64,5	69	70	70,5	72

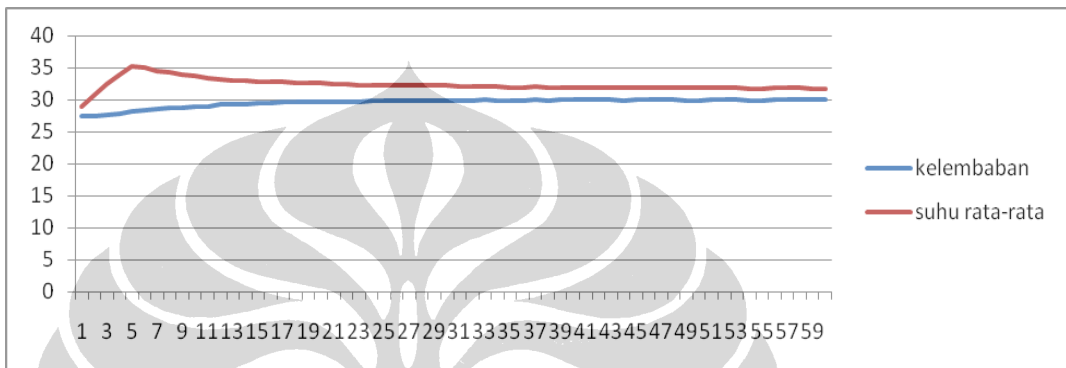
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
33,3	33,2	33	33	32,9	32,8	32,8	32,7	32,5	32,6	32,4	32,4	32,4	32,3	32,3	32,2
33,3	33,3	33,1	33	32,9	32,8	32,8	32,7	32,6	32,7	32,5	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4
32,8	32,7	32,7	32,6	32,5	32,4	32,4	32,4	32,3	32,4	32,2	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1
32,7	32,7	32,6	32,6	32,5	32,4	32,4	32,4	32,3	32,3	32,2	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1
33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1	33	33
29,3	29,3	29,4	29,5	29,6	29,6	29,6	29,6	29,6	29,7	29,7	29,8	29,8	29,8	29,9	29,9
33,025	32,975	32,85	32,8	32,7	32,6	32,6	32,55	32,425	32,5	32,325	32,325	32,25	32,225	32,225	32,2
76	77	78	79	80	80,5	80,5	81	81,5	82	82,5	83	83,2	83,3	83,4	83,6

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
32,2	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1	32	31,9	32,1	31,9	32	31,9	31,9	31,9	31,8	31,8
32,3	32,3	32,2	32,2	32,2	32,1	32	32	32,1	32	32	31,9	32	32	31,9	31,9
32,1	32,1	32,1	32	32	32	31,9	31,8	32	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
32,1	32,1	32,1	32	32	32	31,9	31,8	32	31,9	31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
29,9	29,9	29,9	29,9	30	29,9	29,9	29,9	30	29,9	30	30	30	30	30	29,9
32,175	32,175	32,125	32,075	32,075	32,05	31,95	31,875	32,05	31,9	31,925	31,85	31,875	31,875	31,825	31,825
83,7	83,7	84	84,2	84,4	84,5	85	85,2	85	85,5	86	86,3	86,2	86,2	86,4	86,3

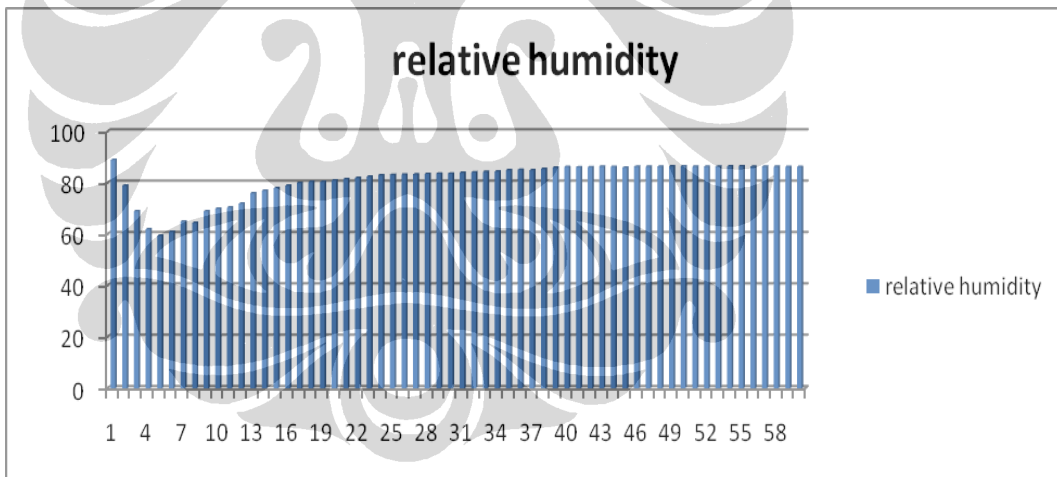
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7
31,9	31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7
31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7
31,9	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7
33	33	33	33	33	32,9	33	33	33	32,9	32,9	33	33	33	33	32,9
30	30	30	30	29,9	29,9	30	30	30	29,9	29,9	30	30	30	30	30
31,9	31,825	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,8	31,7	31,725	31,8	31,8	31,8	31,7	31,7
86	86,4	86,4	86,4	86,5	86,5	86,4	86,4	86,4	86,6	86,6	86,4	86,4	86,4	86,3	86,3



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humadity) terhadap waktu lamanya pengujian

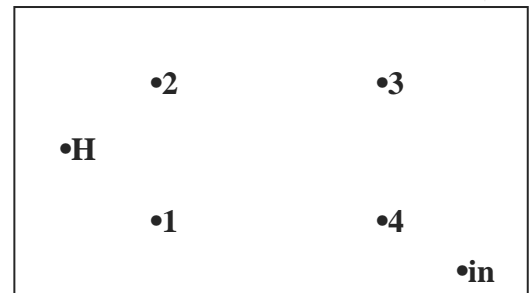


5. Suhu yang ingin dikontrol 33 °C

Setting control :  
pengujian :

- Suhu yang ingin dikontrol : 33 °C
- Alarm hidup pada :  $\pm 3$
- Emergency power :  $\pm 4$
- Mati-hidup heater :  $\pm 0,2$

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 26,5 °C
- $T_1 = 26,8$  °C
- $T_2 = 26,8$  °C
- $T_3 = 26,8$  °C
- $T_4 = 26,8$  °C
- $T_{in} = 28$  °C
- $T_H = 26,3$  °C

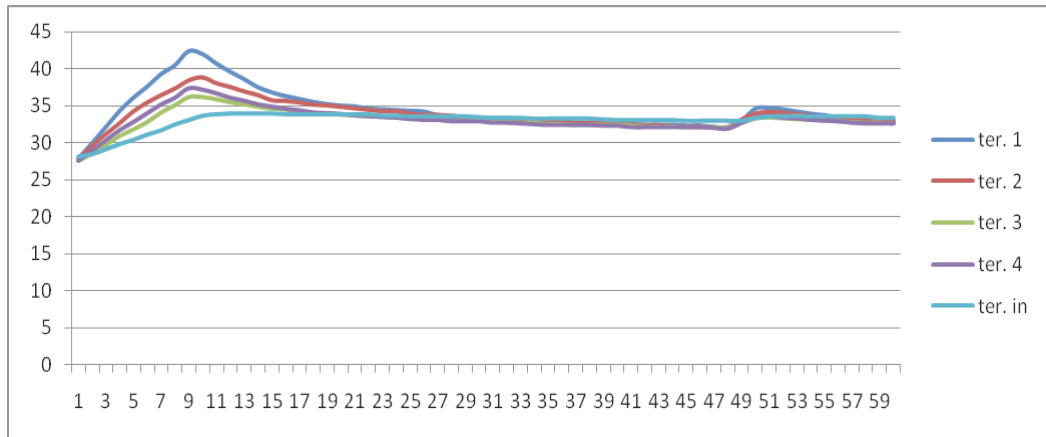
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	27,8	29,9	32,1	34,3	36,1	37,6	39,3	40,5	42,4	42	40,7	39,6
T2	27,7	29,6	31,2	32,7	34,3	35,5	36,5	37,4	38,5	38,9	38,1	37,6
T3	27,5	28,5	29,7	30,9	31,8	32,8	34,1	35,1	36,2	36,2	35,9	35,5
T4	27,5	28,9	30,3	31,7	32,8	34	35,2	36,1	37,4	37,2	36,7	36,1
T in	28,1	28,4	29,1	29,8	30,4	31,1	31,7	32,5	33,1	33,7	33,9	34
Wet-bulb	27,9	28	28,1	28,1	28,3	28,4	28,7	28,8	29	29,3	29,5	29,8
Dry-bulb	27,625	29,225	30,825	32,4	33,75	34,975	36,275	37,275	38,625	38,575	37,85	37,2
Relative Humidity	95	90,2	82	72	69	62	59	55	50	51	56	59

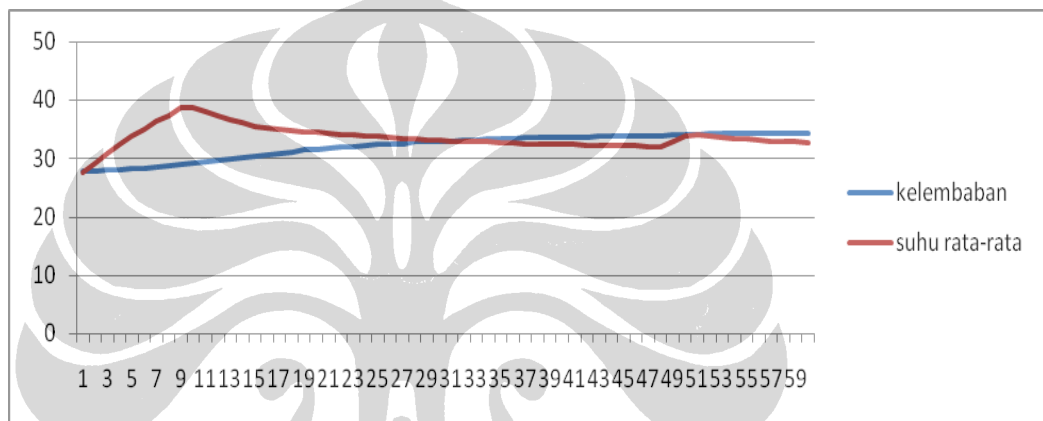
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
38,6	37,5	36,8	36,3	35,9	35,5	35,2	35	34,9	34,6	34,5	34,4	34,3	34,2	33,7	33,5
37	36,5	35,8	35,7	35,5	35,2	35,1	34,9	34,7	34,5	34,3	34,3	34	33,8	33,8	33,7
35,2	34,9	34,6	34,5	34,3	34	34	33,8	33,7	33,6	33,5	33,4	33,3	33,2	33,1	33
35,7	35,2	34,9	34,6	34,4	34,1	34	33,9	33,7	33,6	33,5	33,4	33,2	33,1	33,1	32,9
34	34	34	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,9	33,7	33,7	33,6	33,6	33,6	33,6
30	30,2	30,5	30,7	31	31,2	31,5	31,6	31,8	32	32,1	32,3	32,5	32,6	32,6	32,9
36,625	36,025	35,525	35,275	35,025	34,7	34,575	34,4	34,25	34,075	33,95	33,875	33,7	33,575	33,425	33,275
61	65	70	70,5	75	79	80	80,2	81	86	89	90	90,1	90,2	91	93

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
33,5	33,3	33,3	33,3	33,2	33	33	32,9	32,7	32,7	32,7	32,7	32,5	32,4	32,4	32,4
33,5	33,4	33,2	33,2	33	33	32,8	32,8	32,7	32,7	32,7	32,6	32,5	32,4	32,4	32,3
33	33	32,8	32,8	32,7	32,7	32,5	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4	32,3	32,2	32,2	32,2
32,9	32,9	32,7	32,7	32,6	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4	32,3	32,3	32,1	32,1	32,1	32,1
33,6	33,5	33,4	33,4	33,4	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,2	33,1	33,1	33,1	33,1	33,1
32,9	33	33	33,2	33,2	33,4	33,5	33,5	33,6	33,6	33,7	33,8	33,8	33,8	34	34
33,225	33,15	33	33	32,875	32,8	32,675	32,65	32,55	32,55	32,525	32,5	32,35	32,275	32,275	32,25
93,1	94	95	95,5	96	96,5	97	96,7	97,1	97,1	97,2	97,2	97,3	97,4	97,6	97,8

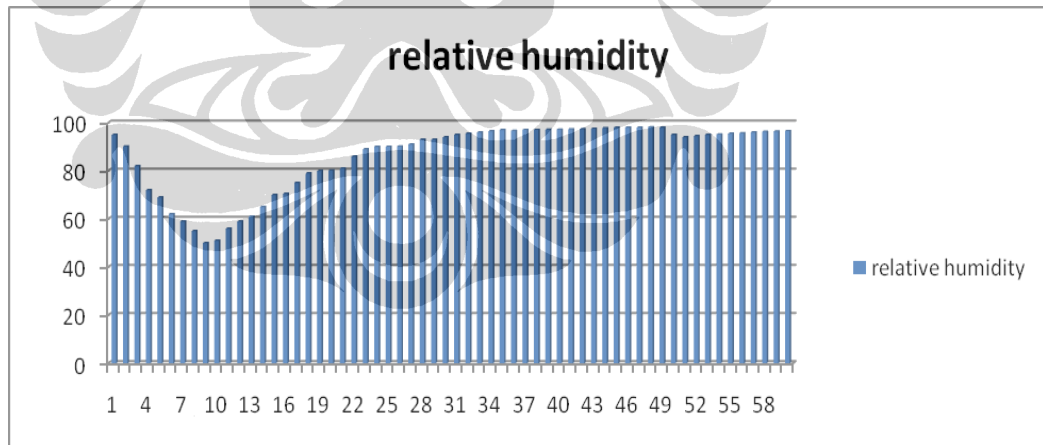
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
32,3	32,3	32,1	32,1	33	34,6	34,7	34,5	34,2	33,9	33,7	33,4	33,3	33,1	33	33
32,2	32,2	32,1	32,1	33,2	34	34,2	34,1	33,9	33,7	33,5	33,2	33,2	33	33	32,9
32,1	32,1	32,1	32	32,7	33,3	33,4	33,3	33,2	33,1	33	32,9	32,8	32,7	32,7	32,6
32,1	32,1	32	31,9	32,7	33,4	33,6	33,4	33,3	33,1	33	32,9	32,7	32,6	32,6	32,6
33	33	33	33	33	33,4	33,6	33,6	33,7	33,6	33,6	33,6	33,6	33,6	33,4	33,4
34	34	34	34	34,2	34,2	34,2	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,3	34,4	34,4
32,175	32,175	32,075	32,025	32,9	33,825	33,975	33,825	33,65	33,45	33,3	33,1	33	32,85	32,825	32,775
98	98	98,1	98,2	98	95	94	94,5	95	95,2	95,5	95,7	96	96,3	96,4	96,6



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humidity) terhadap waktu lamanya pengujian

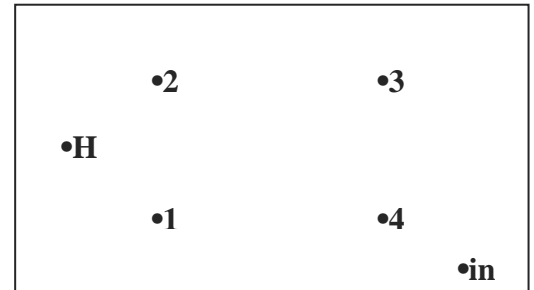
### C. Pengujian Di Ruang Ber AC

#### 1. Suhu yang ingin dikontrol 31 °C

Setting control :  
pengujian :

- Suhu yang ingin dikontrol : 31 °C
- Alarm hidup pada :  $\pm 3$
- Emergency power :  $\pm 4$
- Mati-hidup heater :  $\pm 0,2$

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- Suhu luar ruang incubator : 22,2 °C
- $T_1 = 25,3$  °C
- $T_2 = 25,4$  °C
- $T_3 = 25,2$  °C
- $T_4 = 25,2$  °C
- $T_{in} = 26,6$  °C
- $T_H = 24,4$  °C

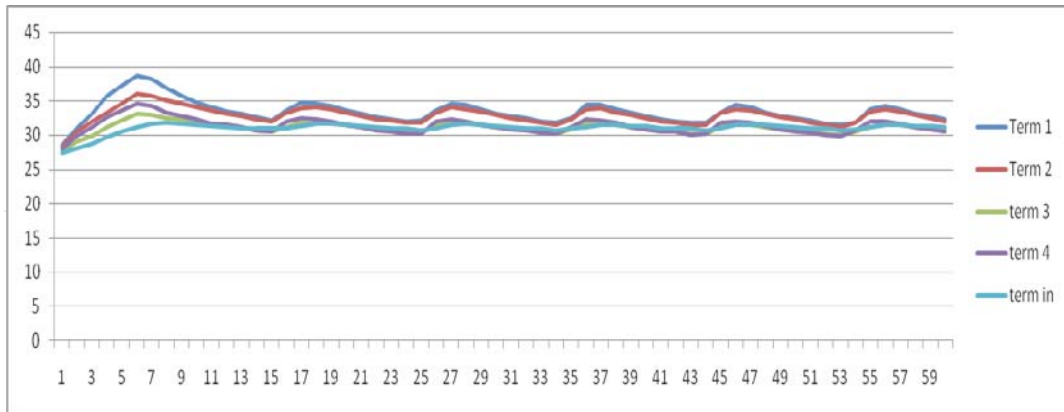
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	28,5	31	33	35,6	37,1	38,6	38,1	36,8	35,6	34,7	34	33,4
T2	28,3	30,6	32,1	33,4	34,7	36,1	35,8	35,2	34,7	34,1	33,7	33,2
T3	27,6	29	29,9	31,2	32,2	33,2	33,1	32,5	32,3	32	31,6	31,5
T4	28	29,9	31,2	32,6	33,7	34,6	34,3	33,3	32,9	32,3	31,7	31,5
T in	27,4	28,1	28,8	29,8	30,5	31,3	31,7	31,9	31,7	31,6	31,4	31,3
Wet-bulb	24,6	25	25,3	25,8	26,3	26,8	27,3	27,6	28	28,1	28,2	28,4
Dry-bulb	28,1	30,125	31,55	33,2	34,425	35,625	35,325	34,45	33,875	33,275	32,75	32,4
Relative Humidity	72	66	61	55	53	50,5	54	60	65	67	70	73

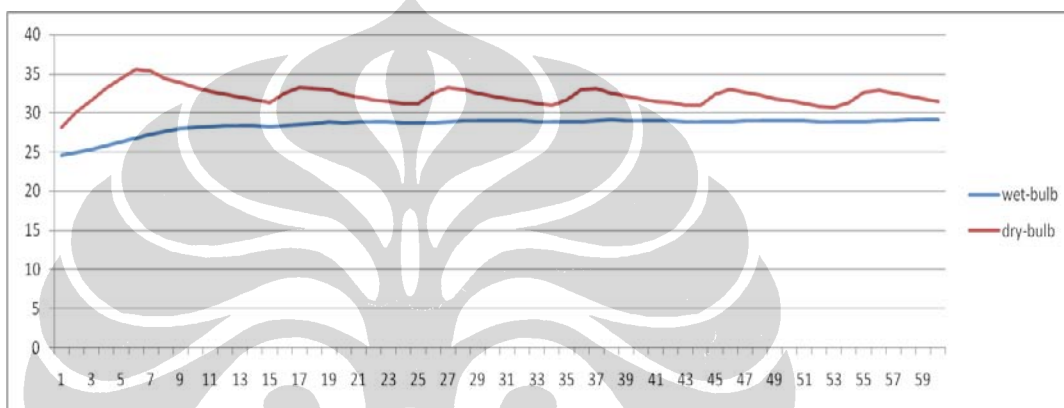
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
33	32,5	32,1	33,5	34,7	34,6	34,2	33,5	33	32,6	32,3	32	32,1	33,5	34,6	34,3
32,8	32,4	32	33,4	34	34,2	33,9	33,3	32,8	32,4	32,2	31,8	31,8	33,3	34,2	33,8
31,2	30,8	30,6	31,3	31,9	31,7	31,8	31,5	31,2	30,9	30,8	30,5	30,4	31,4	31,8	31,8
31,2	30,8	30,5	32	32,5	32,3	32	31,5	31,2	30,8	30,6	30,3	30,3	32	32,3	32
31,1	31	31	31,1	31,4	31,7	31,7	31,5	31,4	31,2	31,1	31	30,8	31,1	31,6	31,7
28,4	28,4	28,3	28,4	28,5	28,6	28,8	28,7	28,8	28,8	28,9	28,7	28,7	28,7	28,8	29
32,05	31,625	31,3	32,55	33,275	33,2	32,975	32,45	32,05	31,675	31,475	31,15	31,15	32,55	33,225	32,975
75	78	79	71	69	69,5	71	75	77	80	81	80,5	80,5	75	70	76

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
33,7	33,1	32,7	32,4	32	31,8	32,4	34,3	34,3	33,7	33,2	32,7	32,3	32	31,8	31,8
33,5	33	32,5	32,2	31,8	31,6	32,4	33,8	34	33,4	33	32,6	32,1	31,9	31,5	31,6
31,6	31,3	31	30,9	30,5	30,2	30,9	31,7	31,9	31,5	31,3	30,9	30,7	30,6	30,2	30,2
31,6	31,3	30,9	30,7	30,4	30,2	31,2	32,3	32,2	31,8	31,3	30,9	30,6	30,5	30,1	30,2
31,6	31,4	31,3	31,1	31	30,8	31	31,3	31,6	31,6	31,4	31,4	31,1	31,1	31	30,8
29	29	29	29	28,9	28,9	28,8	28,9	29	29,1	29	29	29	29	28,9	28,8
32,6	32,175	31,775	31,55	31,175	30,95	31,725	33,025	33,1	32,6	32,2	31,775	31,425	31,25	30,9	30,95
77	79	81	82	82	85	80	71	70,5	76	79	81	82	83	84	83,5

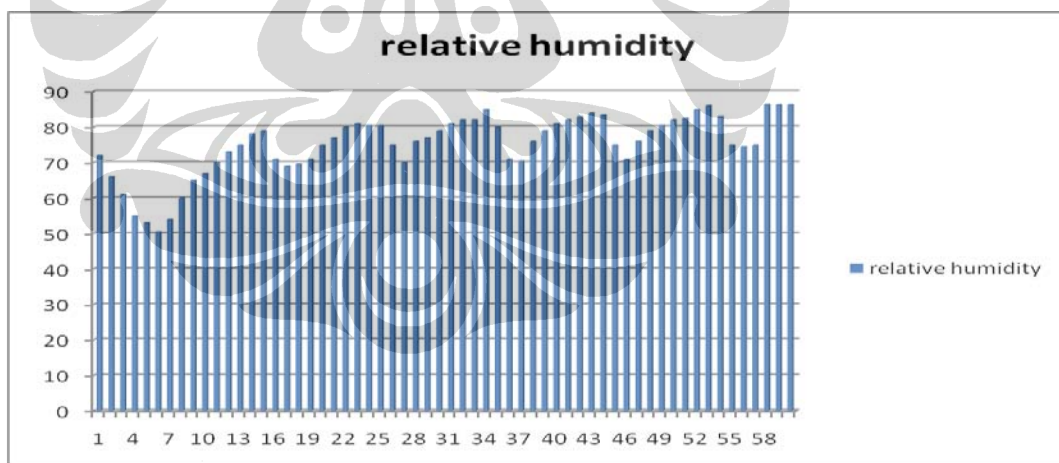
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
33,3	34,3	34	33,3	32,7	32,4	32,1	31,6	31,5	31,8	33,7	34,2	33,7	33,1	32,7	32,3
33,3	33,9	33,6	33,1	32,7	32,3	31,9	31,5	31,3	31,9	33,5	33,8	33,5	33	32,5	32,1
31,2	31,8	31,5	31,2	30,9	30,7	30,5	30,2	30,1	30,5	31,3	31,7	31,5	31,2	31	30,8
31,8	32,1	31,8	31,4	30,9	30,6	30,4	30,1	30	30,8	32	32,1	31,7	31,2	30,9	30,6
31,1	31,6	31,6	31,6	31,4	31,3	31,1	31	30,8	30,9	31,3	31,6	31,6	31,4	31,4	31,3
28,8	28,8	29	29	29	29	29	28,8	28,9	28,8	28,8	29	29	29,1	29,1	29,1
32,4	33,025	32,725	32,25	31,8	31,5	31,225	30,85	30,725	31,25	32,625	32,95	32,6	32,125	31,775	31,45
75	71	76	79	80,5	82	82,5	85	86	83	75	74,5	75	86,4	86,3	86,3



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata

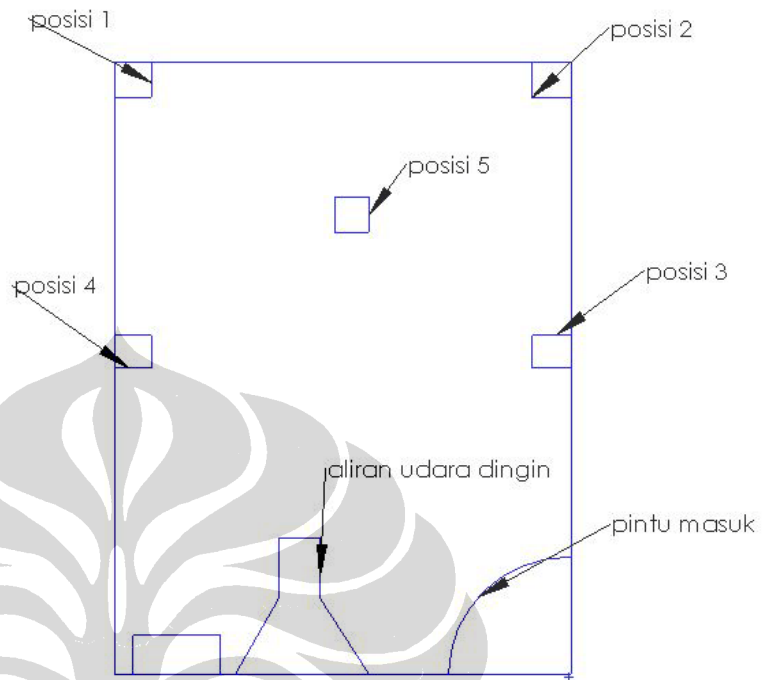


Gambar: Grafik nilai kelembaban (relative humadity) terhadap waktu lamanya pengujian



#### D. Pengujian Awal Ruang Pendingin (Cool Storage)

##### 1. Buka pintu Cool Storage 90°



Gambar: Posisi pengambilan temperatur

Setting refrigerator : 12°C

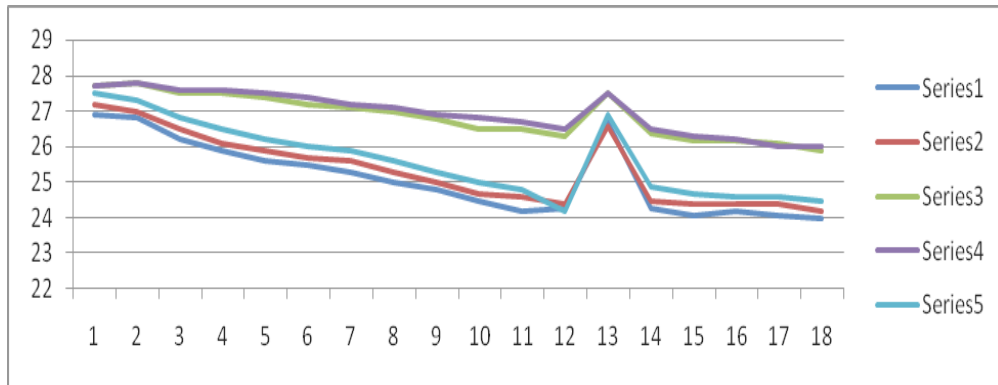
Kondisi awal (sebelum refrigerator dihidupkan) :

- $T_1 = 31,2 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_2 = 31,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_3 = 29,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_4 = 29,0 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_5 = 31,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_L = 34,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Data hasil pengujian :

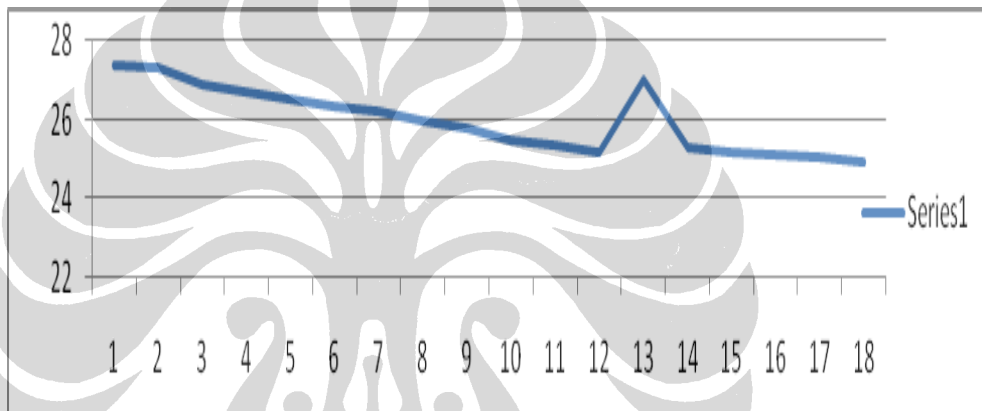
WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	26,9	26,8	26,2	25,9	25,6	25,5	25,3	25	24,8	24,5
T2	27,2	27	26,5	26,1	25,9	25,7	25,6	25,3	25	24,7
T3	27,7	27,8	27,5	27,5	27,4	27,2	27,1	27	26,8	26,5
T4	27,7	27,8	27,6	27,6	27,5	27,4	27,2	27,1	26,9	26,8
T5	27,5	27,3	26,8	26,5	26,2	26	25,9	25,6	25,3	25
Rata-rata	27,4	27,34	26,92	26,72	26,52	26,36	26,22	26	25,76	25,5

11	12	13	14	15	16	17	18
24,2	24,3	26,7	24,3	24,1	24,2	24,1	24
24,6	24,4	26,6	24,5	24,4	24,4	24,4	24,2
26,5	26,3	27,5	26,4	26,2	26,2	26,1	25,9
26,7	26,5	27,5	26,5	26,3	26,2	26	26
24,8	24,2	26,9	24,9	24,7	24,6	24,6	24,5
25,36	25,14	27,04	25,32	25,14	25,12	25,04	24,92



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan

5



Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata

## 2. Buka pintu Coll Storage 72°

Setting refrigerator : 12°C

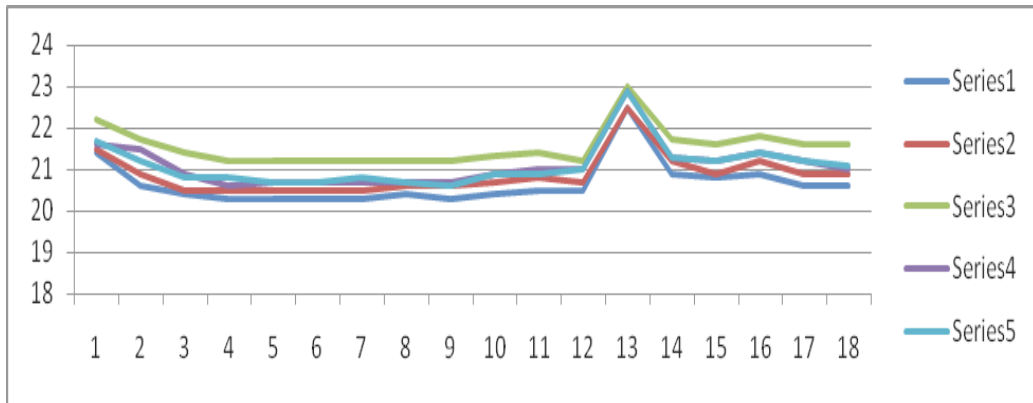
Kondisi awal (sebelum refrigerator dihidupkan) :

- $T_1 = 24,4$  °C
- $T_2 = 24,0$  °C
- $T_3 = 23,9$  °C
- $T_4 = 24,5$  °C
- $T_5 = 24,2$  °C
- $T_L = 27,0$  °C

Data hasil pengujian :

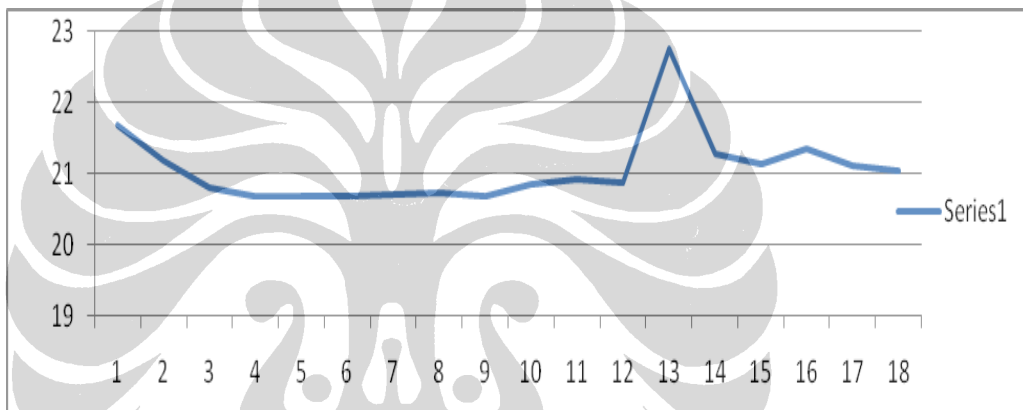
WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	21,4	20,6	20,4	20,3	20,3	20,3	20,3	20,4	20,3	20,4
T2	21,5	20,9	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,6	20,6	20,7
T3	22,2	21,7	21,4	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,2	21,3
T4	21,6	21,5	20,9	20,6	20,7	20,7	20,7	20,7	20,7	20,9
T5	21,7	21,2	20,8	20,8	20,7	20,7	20,8	20,7	20,6	20,9
Rata-rata	21,68	21,18	20,8	20,68	20,68	20,68	20,7	20,72	20,68	20,84

11	12	13	14	15	16	17	18
20,5	20,5	22,5	20,9	20,8	20,9	20,6	20,6
20,8	20,7	22,5	21,2	20,9	21,2	20,9	20,9
21,4	21,2	23	21,7	21,6	21,8	21,6	21,6
21	21	22,9	21,3	21,2	21,4	21,2	21
20,9	21	22,9	21,3	21,2	21,4	21,2	21,1
20,92	20,88	22,76	21,28	21,14	21,34	21,1	21,04



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan

5



Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata

### 3. Buka pintu Coll Storage 54°

Setting refrigerator : 12°C

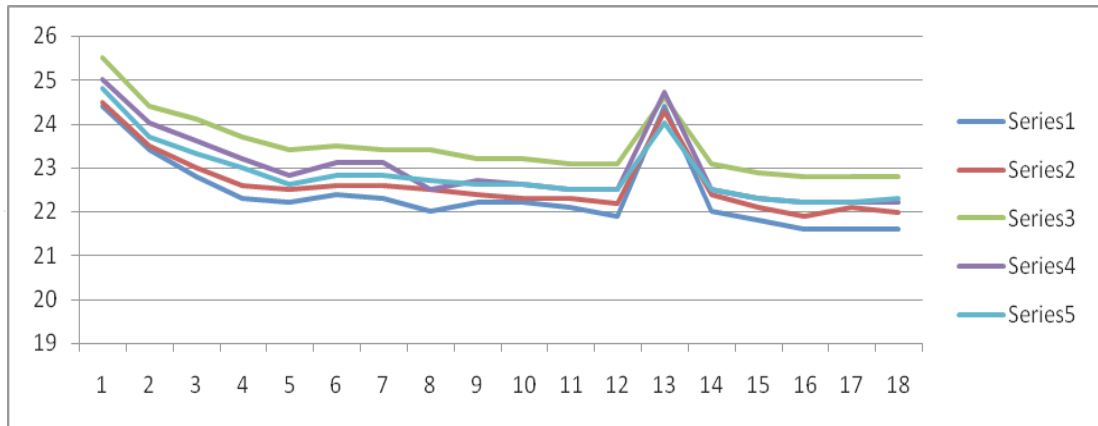
Kondisi awal (sebelum refrigerator dihidupkan) :

- $T_1 = 28,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_2 = 27,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_3 = 27,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_4 = 28,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_5 = 27,9 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_L = 29,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Data hasil pengujian :

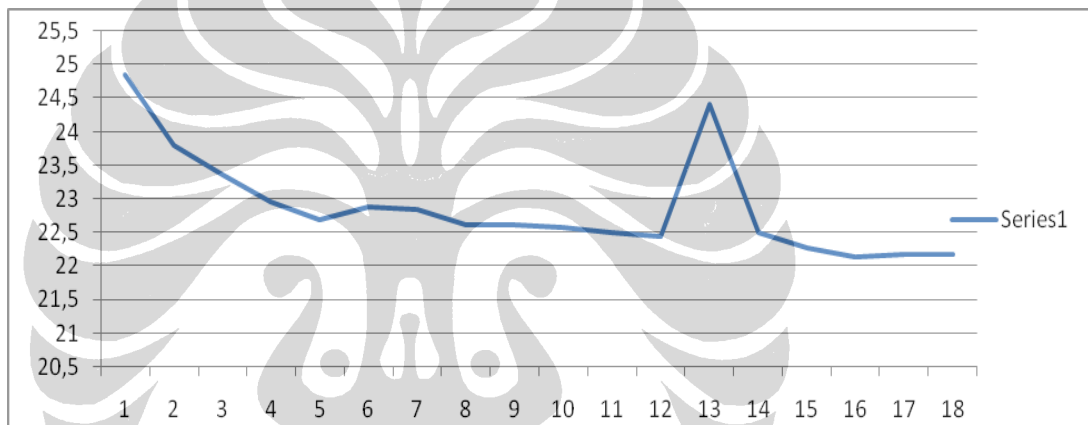
WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	24,4	23,4	22,8	22,3	22,2	22,4	22,3	22	22,2	22,2
T2	24,5	23,5	23	22,6	22,5	22,6	22,6	22,5	22,4	22,3
T3	25,5	24,4	24,1	23,7	23,4	23,5	23,4	23,4	23,2	23,2
T4	25	24	23,6	23,2	22,8	23,1	23,1	22,5	22,7	22,6
T5	24,8	23,7	23,3	23	22,6	22,8	22,8	22,7	22,6	22,6
Rata-rata	24,84	23,8	23,36	22,96	22,7	22,88	22,84	22,62	22,62	22,58

11	12	13	14	15	16	17	18
22,1	21,9	24,4	22	21,8	21,6	21,6	21,6
22,3	22,2	24,3	22,4	22,1	21,9	22,1	22
23,1	23,1	24,6	23,1	22,9	22,8	22,8	22,8
22,5	22,5	24,7	22,5	22,3	22,2	22,2	22,2
22,5	22,5	24	22,5	22,3	22,2	22,2	22,3
22,5	22,44	24,4	22,5	22,28	22,14	22,18	22,18



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan

5



Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata

4. Buka pintu Coll Storage 36°

Setting refrigerator : 12°C

Kondisi awal (sebelum refrigerator dihidupkan) :

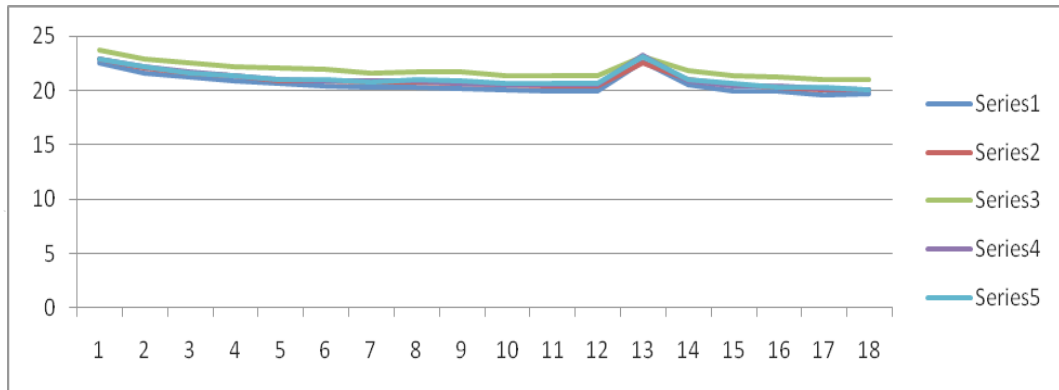
- $T_1 = 25,1 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_2 = 25,0 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_3 = 25,6 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_4 = 25,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_5 = 25,4 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_L = 27,0 \text{ }^\circ\text{C}$

Data hasil pengujian :

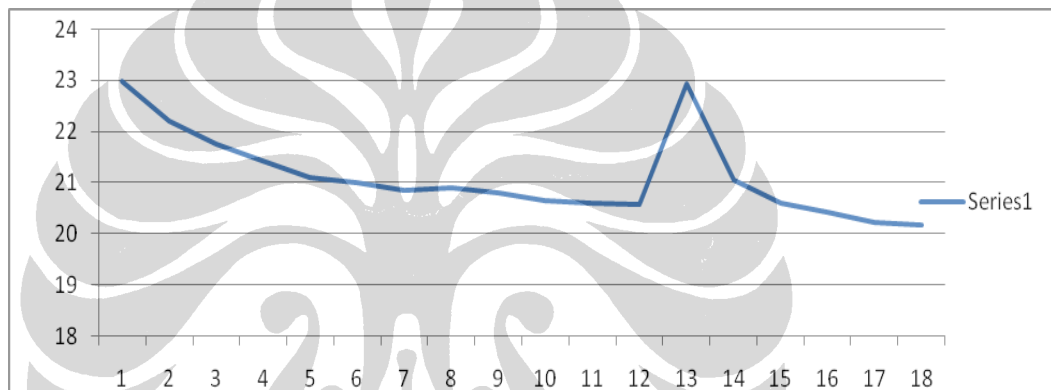
WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	22,5	21,6	21,2	20,9	20,6	20,4	20,3	20,3	20,2	20,1
T2	22,9	22,1	21,6	21,3	20,9	20,8	20,7	20,7	20,6	20,5
T3	23,7	22,9	22,5	22,2	22	21,9	21,6	21,7	21,7	21,4
T4	22,9	22,2	21,8	21,4	21	20,9	20,9	20,9	20,7	20,6
T5	22,9	22,2	21,6	21,3	21	20,9	20,7	20,9	20,8	20,6
Rata-rata	22,98	22,2	21,74	21,42	21,1	20,98	20,84	20,9	20,8	20,64

11	12	13	14	15	16	17	18
20	19,9	22,6	20,5	20	19,9	19,6	19,7
20,4	20,4	22,5	21	20,5	20,3	20	20
21,3	21,3	23,1	21,8	21,3	21,2	21	21
20,6	20,6	23,3	20,9	20,5	20,4	20,2	20,1
20,6	20,6	23,1	21	20,6	20,2	20,2	20
20,58	20,56	22,92	21,04	20,58	20,4	20,2	20,16





Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan 5



Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata

5. Buka pintu Coll Storage 18°

Setting refrigerator : 12°C

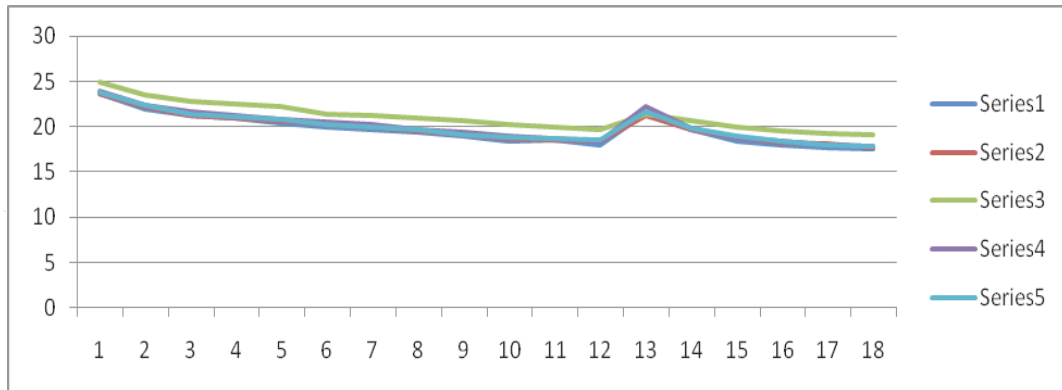
Kondisi awal (sebelum refrigerator dihidupkan) :

- $T_1 = 27,3\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_2 = 26,9\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_3 = 27,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_4 = 27,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_5 = 27,2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_L = 29,0\text{ }^{\circ}\text{C}$

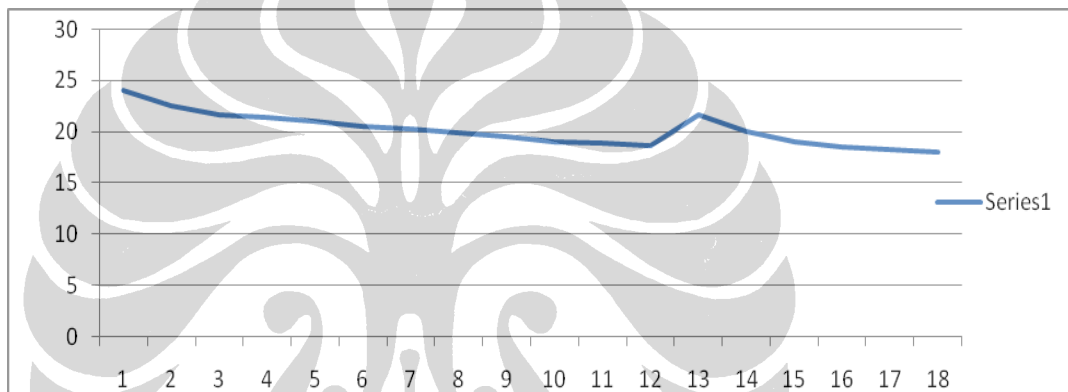
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	23,7	21,9	21,2	21	20,4	20	19,7	19,4	19	18,4
T2	23,7	22,2	21,3	21	20,7	20,2	20	19,5	19,1	18,7
T3	24,9	23,5	22,8	22,5	22,2	21,4	21,2	20,9	20,6	20,2
T4	23,9	22,3	21,6	21,3	20,9	20,6	20,3	19,7	19,4	19
T5	23,8	22,3	21,4	21,1	20,8	20,3	20	19,6	19,1	18,8
Rata-rata	24	22,44	21,66	21,38	21	20,5	20,24	19,82	19,44	19,02

11	12	13	14	15	16	17	18
18,5	18	21,6	19,6	18,4	18	17,7	17,5
18,5	18,4	21,3	19,7	18,8	18,2	18,1	17,7
20	19,7	21,4	20,7	20	19,5	19,3	19,1
18,8	18,5	22,2	19,9	18,9	18,5	18,1	17,9
18,6	18,5	21,6	19,8	18,9	18,3	18	17,8
18,88	18,62	21,62	19,94	19	18,5	18,24	18



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan 5



Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata

6. Buka pintu Coll Storage 0° (pintu tertutup)

Setting refrigerator : 12°C

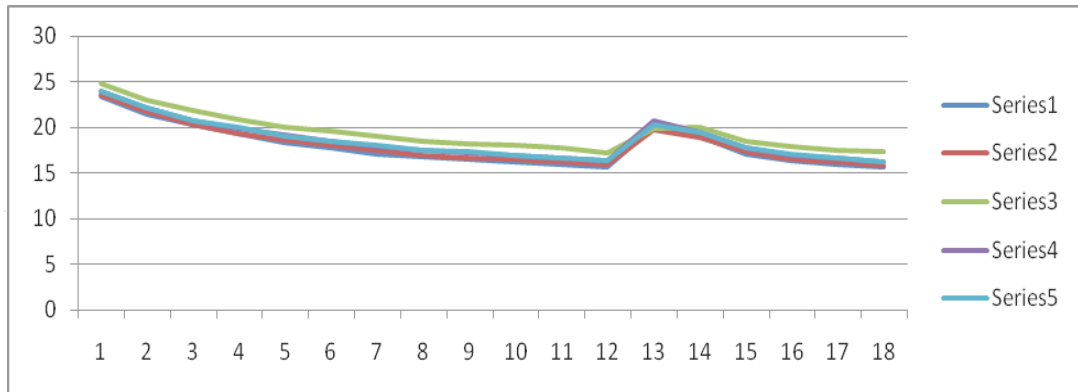
Kondisi awal (sebelum refrigerator dihidupkan) :

- $T_1 = 27,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_2 = 26,8 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_3 = 26,9 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_4 = 27,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_5 = 27,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_L = 28,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

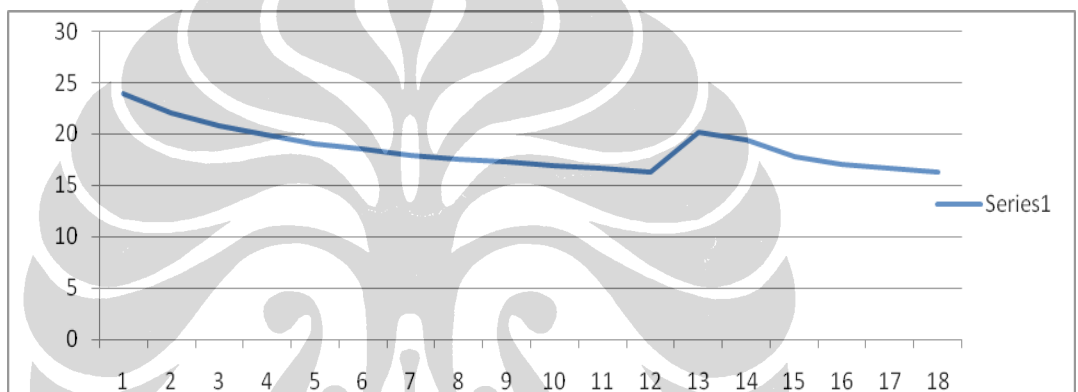
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T1	23,4	21,5	20,3	19,3	18,4	17,8	17,1	16,8	16,6	16,3
T2	23,6	21,7	20,3	19,4	18,7	18	17,5	16,9	16,7	16,5
T3	24,8	22,9	21,9	20,9	20	19,6	19,1	18,5	18,2	18
T4	23,9	22,1	20,7	19,9	19,1	18,5	17,9	17,5	17,2	16,9
T5	24	22,2	20,7	20	19,1	18,5	18,1	17,5	17,3	16,9
Rata-rata	23,94	22,08	20,78	19,9	19,06	18,48	17,94	17,44	17,2	16,92

11	12	13	14	15	16	17	18
16	15,7	20	19,1	17,1	16,4	16	15,7
16,2	15,9	19,8	18,9	17,4	16,5	16,2	15,8
17,8	17,2	19,9	20	18,5	17,9	17,5	17,3
16,6	16,3	20,7	19,4	17,8	16,9	16,6	16,2
16,6	16,3	20,3	19,4	17,7	17	16,6	16,2
16,64	16,28	20,14	19,36	17,7	16,94	16,58	16,24



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan 5



Grafik suhu terhadap waktu untuk suhu rata-rata

E. Pengujian di Ruang Pendingin (di Cool Storage)

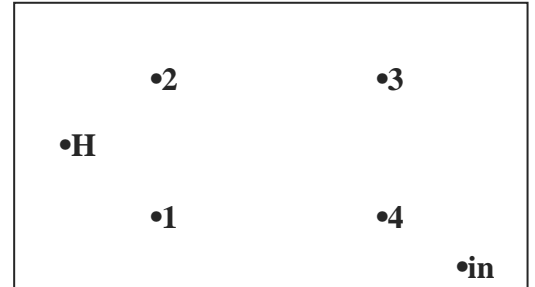
1. Suhu yang ingin dikontrol 25 °C

pengujian :

Setting refrigerator : 12 °C

Setting control : 32 °C

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- $T_1 = 27,3 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_2 = 27,2 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_3 = 26,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_4 = 26,7 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{in} = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_H = 26,8 \text{ }^\circ\text{C}$
- $T_{CS} = 25,7 \text{ }^\circ\text{C}$

Data hasil pengujian :

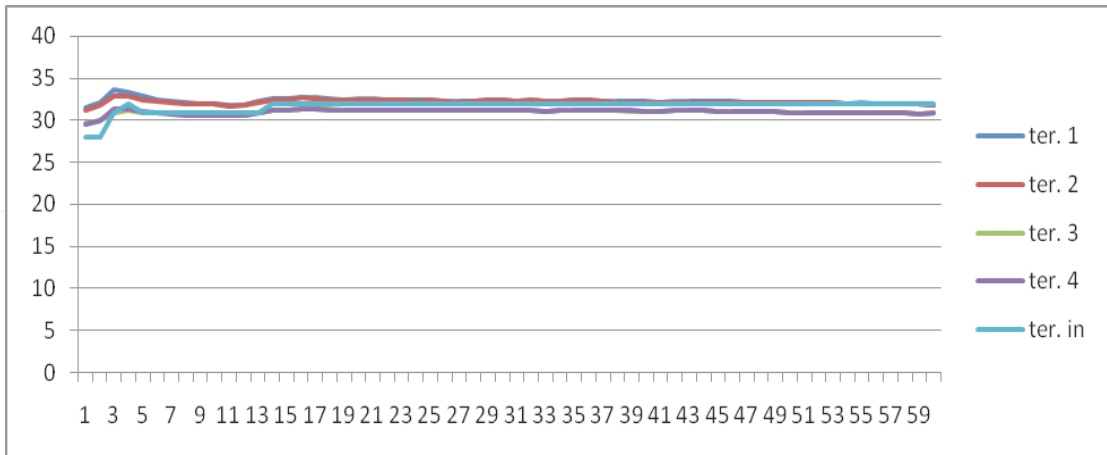
WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	31,5	32,1	33,6	33,3	32,9	32,4	32,2	32,1	32	32	31,8	31,8
T2	31,2	31,8	32,9	32,9	32,5	32,3	32,1	32	31,9	31,9	31,7	31,8
T3	29,6	29,9	30,9	31,1	30,9	30,9	30,8	30,7	30,7	30,7	30,5	30,6
T4	29,5	29,9	31,3	31,3	31	30,9	30,7	30,6	30,6	30,6	30,5	30,6
T in	28	28	31	32	31	31	31	31	31	31	31	31
T. Kelembaban	26,6	26,8	27	27,1	27,2	27,4	27,5	27,5	27,5	27,6	27,5	27,8
Suhu Rata-rata	30,45	30,925	32,175	32,15	31,825	31,625	31,45	31,35	31,3	31,3	31,125	31,2
T. Cs	26,4	25,9	25,6	25,4	25,6	25,4	25,5	25,4	25,4	25,5	25,6	25,6

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
32,2	32,5	32,5	32,7	32,7	32,6	32,4	32,6	32,5	32,4	32,4	32,4	32,4	32,3	32,3	32,3
32,1	32,4	32,5	32,7	32,6	32,5	32,4	32,5	32,4	32,4	32,4	32,3	32,4	32,3	32,2	32,3
30,9	31,1	31,1	31,3	31,3	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2
30,9	31,1	31,2	31,3	31,3	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,2	31,1	31,1	31,1
31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
27,8	27,8	27,8	27,9	28	28	28	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1
31,525	31,775	31,825	32	31,975	31,9	31,8	31,875	31,825	31,8	31,8	31,775	31,8	31,725	31,7	31,725
25,6	25,5	25,3	25,6	25,5	25,3	25,3	25,3	25,4	25,5	25,4	25,2	25,2	25,2	25,3	25,3

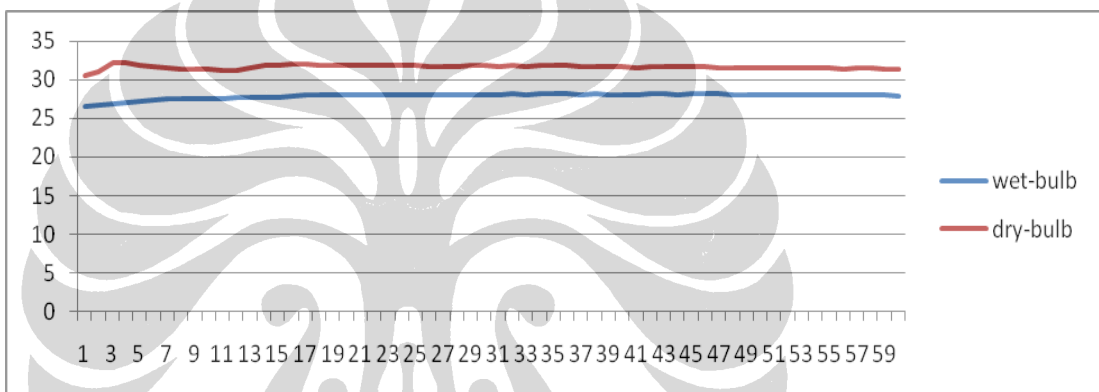
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
32,4	32,4	32,3	32,4	32,3	32,3	32,4	32,4	32,3	32,2	32,2	32,2	32,1	32,2	32,2	32,2
32,4	32,4	32,3	32,4	32,3	32,3	32,4	32,4	32,3	32,2	32,2	32,2	32,1	32,2	32,2	32,2
31,2	31,2	31,1	31,2	31	31,2	31,2	31,2	31,1	31,1	31	31	31	31,1	31,1	31,1
31,2	31,2	31,1	31,2	31	31,2	31,2	31,2	31,1	31,1	31,1	31	31	31,1	31,1	31,1
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
28,1	28,1	28,1	28,2	28,1	28,2	28,2	28,2	28,1	28,2	28,1	28,1	28,1	28,2	28,2	28,1
31,8	31,8	31,7	31,8	31,65	31,75	31,8	31,8	31,7	31,65	31,625	31,6	31,55	31,65	31,65	31,65
25,2	25,1	25	25,1	25	25,3	25,2	25,2	25,1	25	25,3	25	25	25	25	24,8

45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
32,2	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32	32,1	31,9	32	32	31,9	31,8
32,2	32,2	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32,1	32	32	31,9	32	32	31,9	31,8
31	31	31	31	31	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,8	30,8	30,8	30,7	30,8
31	31	31	31	31	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,9	30,8	30,8	30,8	30,7	30,8
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
28,2	28,2	28,2	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	28	28	28	28	27,9
31,6	31,6	31,55	31,55	31,55	31,5	31,5	31,5	31,5	31,45	31,475	31,35	31,4	31,4	31,3	31,3
24,8	25	24,8	24,8	24,7	24,7	24,7	24,7	24,7	24,5	24,5	24,7	24,4	24,5	24,5	24,4

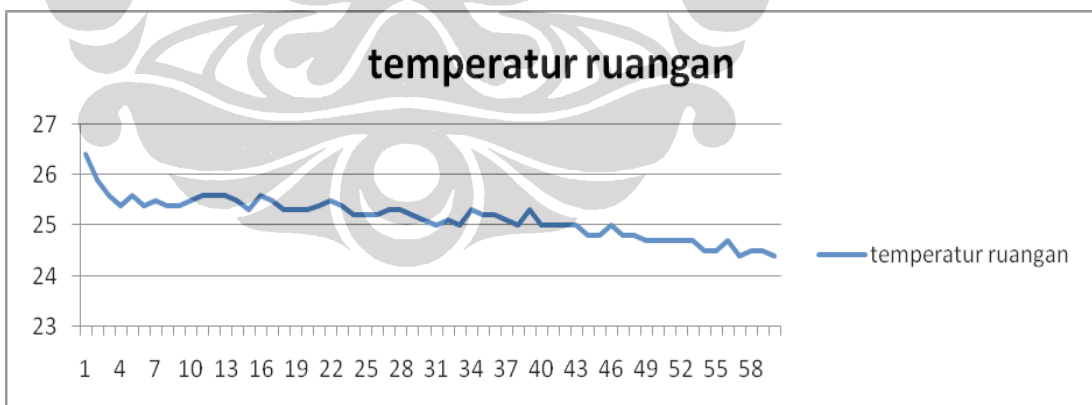




Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan in



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Grafik suhu terhadap waktu untuk temperatur ruangan pendingin

2. Suhu yang ingin dikontrol 25 °C  
pengujian :

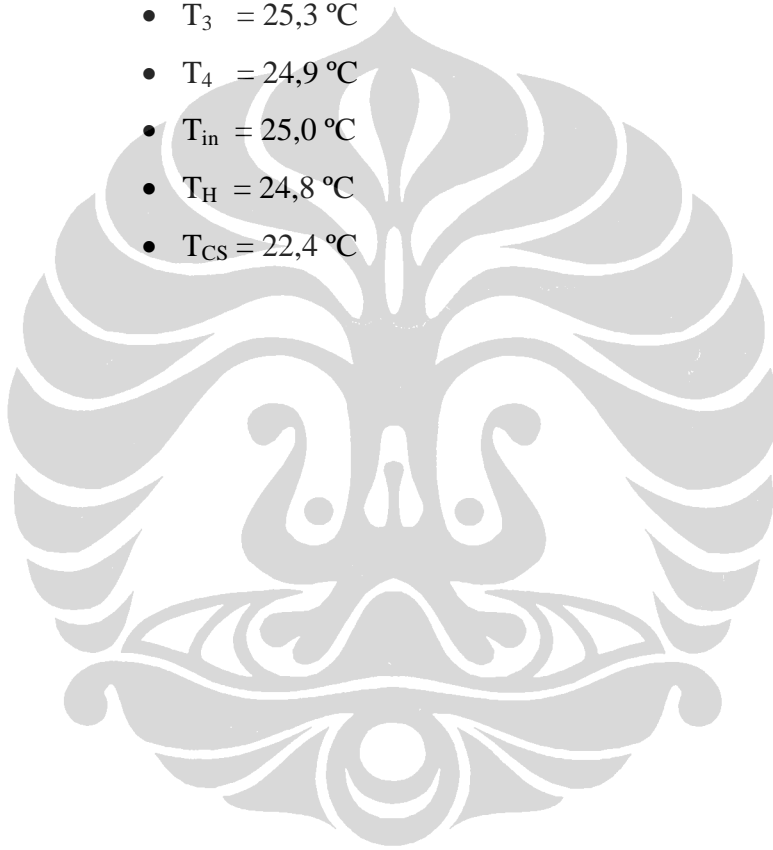
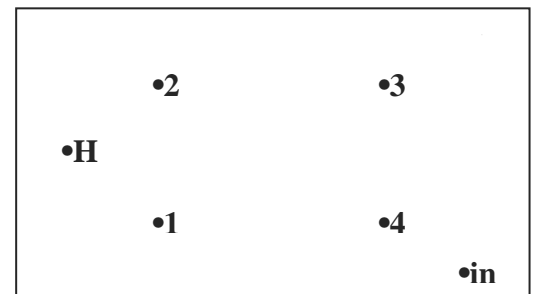
Setting refrigerator : 12 °C

Setting control : 32 °C

Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- $T_1 = 25,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_2 = 25,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_3 = 25,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_4 = 24,9 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{in} = 25,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_H = 24,8 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{CS} = 22,4 \text{ } ^\circ\text{C}$

Posisi termokopel saat



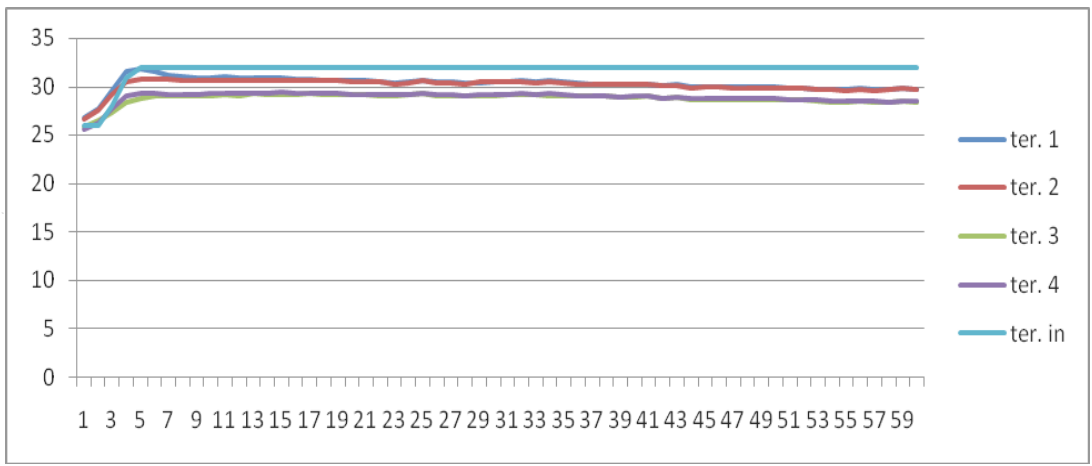
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	26,8	27,7	29,5	31,5	31,8	31,5	31,2	31	30,9	30,9	31	30,9
T2	26,6	27,5	29,2	30,5	30,8	30,8	30,8	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6
T3	25,9	26,5	27,3	28,4	28,8	29	29	29	29	29,1	29,2	29,1
T4	25,6	26,3	27,7	29	29,3	29,3	29,2	29,2	29,1	29,3	29,3	29,3
T in	26	26	28	31	32	32	32	32	32	32	32	32
T. Kelembaban	24,6	24,7	24,7	24,8	24,9	25	25,1	25,3	25,3	25,5	25,6	25,6
Suhu Rata-rata	26,225	27	28,425	29,85	30,175	30,15	30,05	29,95	29,9	29,975	30,025	29,975
T. Cs	23,1	22,8	22,5	22,6	22,8	22,8	22,8	22,7	22,7	22,6	22,8	22,6

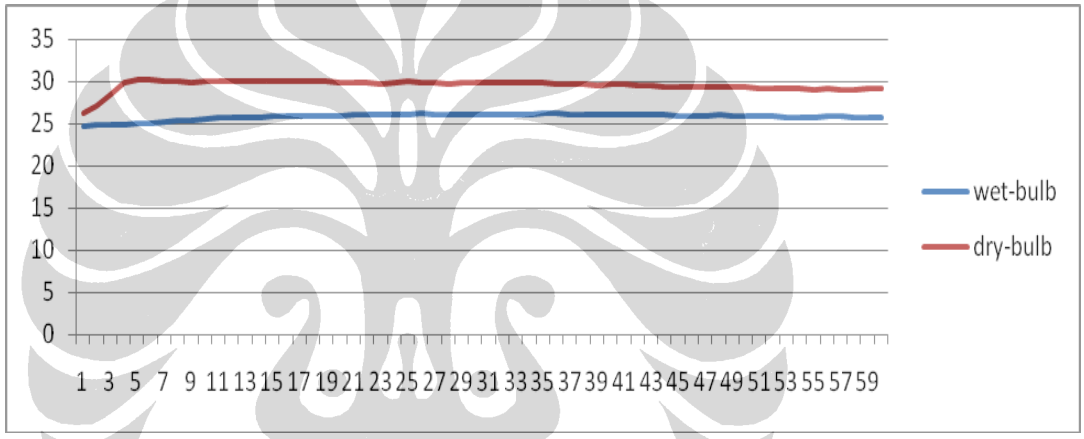
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
30,9	30,9	30,9	30,8	30,8	30,6	30,6	30,6	30,6	30,5	30,4	30,5	30,6	30,5	30,5	30,3
30,7	30,7	30,6	30,6	30,7	30,6	30,6	30,5	30,5	30,5	30,3	30,4	30,6	30,4	30,4	30,3
29,3	29,2	29,2	29,2	29,3	29,2	29,2	29,2	29,2	29,1	29	29,2	29,3	29,1	29,1	29
29,3	29,3	29,4	29,3	29,3	29,3	29,3	29,1	29,2	29,2	29,1	29,2	29,3	29,1	29,1	29
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
25,6	25,7	25,8	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	26	26	26	26,1	26,1	26,2	26,1	26,1
30,05	30,025	30,025	29,975	30,025	29,925	29,925	29,85	29,875	29,825	29,7	29,825	29,95	29,775	29,775	29,65
22,9	22,7	22,6	22,7	22,7	22,8	22,9	22,7	22,7	22,8	22,7	22,8	22,9	22,6	22,7	23,1

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
30,4	30,5	30,5	30,6	30,5	30,6	30,5	30,3	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,1	30,2	29,9
30,5	30,5	30,5	30,5	30,4	30,5	30,4	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,1	30,1	29,9
29	29,1	29,2	29,2	29,2	29,1	29,1	29	29	29	28,9	28,9	29	28,8	28,9	28,7
29,1	29,2	29,2	29,3	29,2	29,3	29,2	29	29	29	28,9	29	29	28,8	28,9	28,8
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,1	26,2	26,2	26,1	26	26,1	26	26	26	26	26,1
29,75	29,825	29,85	29,9	29,825	29,875	29,8	29,625	29,6	29,6	29,55	29,575	29,6	29,45	29,525	29,325
22,9	22,7	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5	22,2	22,3	22,2	22,2	22,2	22,2	22,1	22,1	22

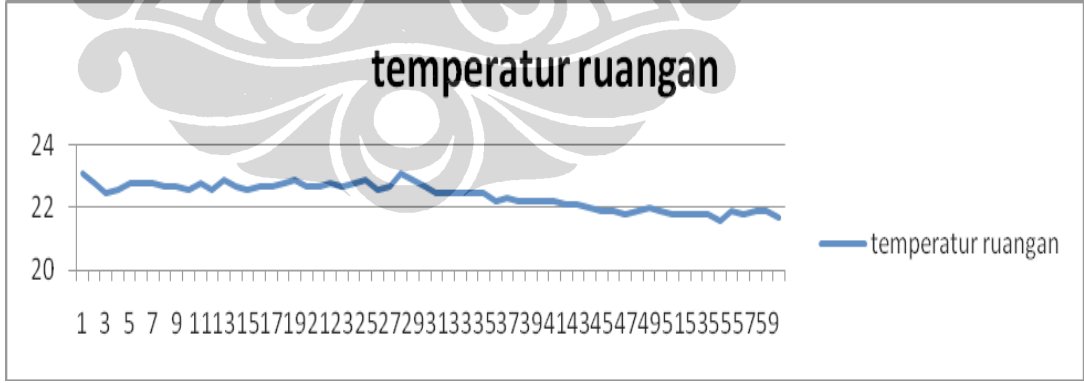
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
30	30	29,9	29,9	29,9	29,9	29,8	29,8	29,7	29,7	29,7	29,8	29,7	29,7	29,8	29,7
30	30	29,9	29,9	29,9	29,9	29,8	29,8	29,7	29,7	29,6	29,7	29,6	29,7	29,8	29,7
28,7	28,7	28,7	28,7	28,6	28,6	28,6	28,6	28,5	28,4	28,4	28,5	28,4	28,4	28,5	28,4
28,8	28,7	28,7	28,7	28,7	28,7	28,6	28,6	28,6	28,5	28,5	28,5	28,5	28,4	28,5	28,5
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
25,9	25,9	25,9	26	25,9	25,9	25,9	25,8	25,7	25,7	25,7	25,8	25,8	25,7	25,6	25,6
29,375	29,35	29,3	29,3	29,275	29,275	29,2	29,2	29,125	29,075	29,05	29,125	29,05	29,05	29,15	29,075
21,9	21,9	21,8	21,9	22	21,9	21,8	21,8	21,8	21,8	21,6	21,9	21,8	21,9	21,9	21,7



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan in



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Grafik suhu terhadap waktu untuk temperatur ruangan pendingin

3. Suhu yang ingin dikontrol 20 °C  
pengujian :

Setting refrigerator : 12 °C

Setting control : 34 °C

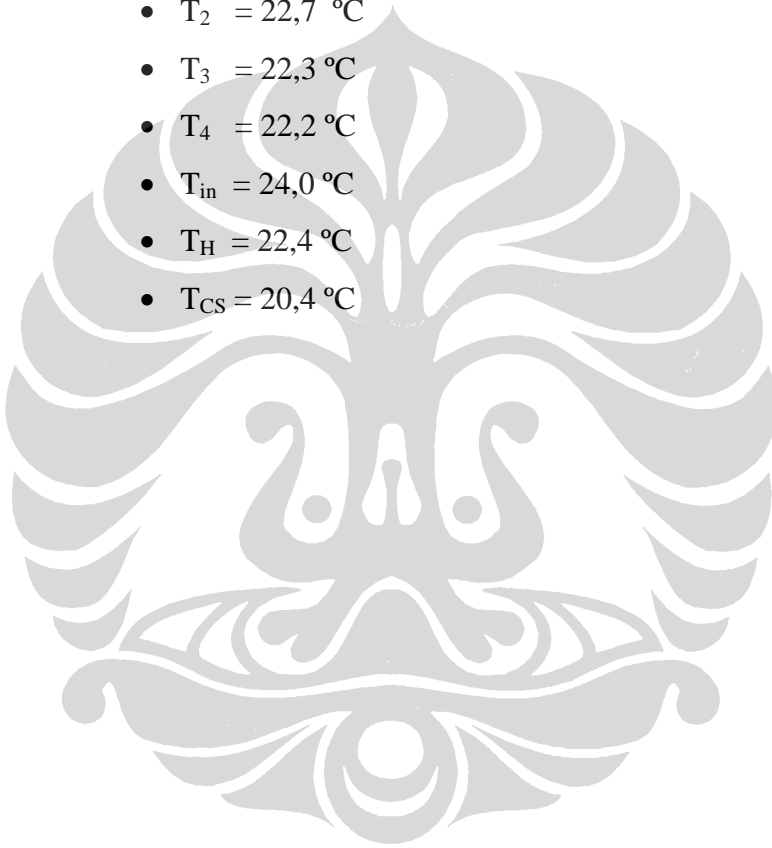
Daya Heater : 300 watt

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- $T_1 = 22,8 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_2 = 22,7 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_3 = 22,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_4 = 22,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{in} = 24,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_H = 22,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{CS} = 20,4 \text{ } ^\circ\text{C}$



Data hasil pengujian :

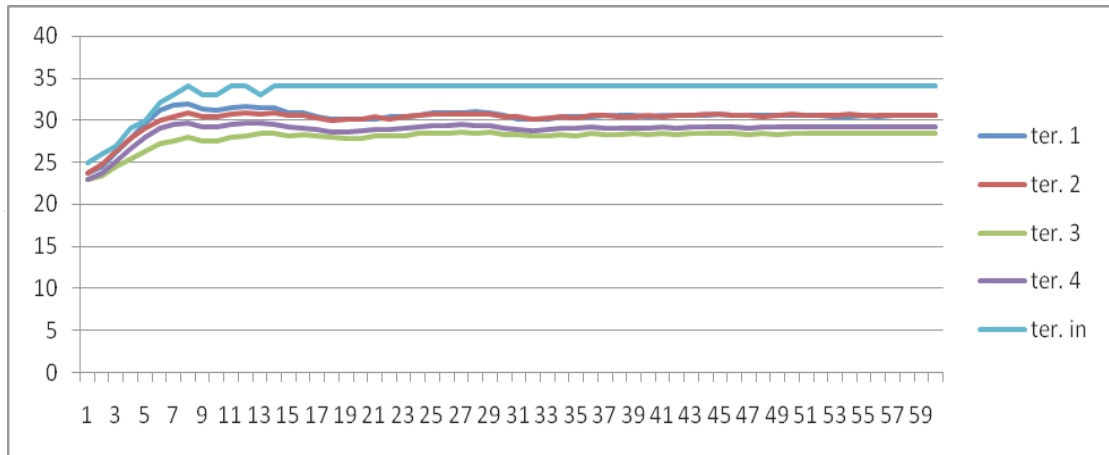
WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	23,7	24,5	26,1	27,9	29,7	31,2	31,8	32	31,4	31,2	31,5	31,7
T2	23,7	24,7	26,3	27,8	29	30	30,4	30,9	30,5	30,5	30,8	30,9
T3	23	23,5	24,5	25,4	26,4	27,2	27,6	28	27,5	27,5	28	28,2
T4	22,9	23,7	25	26,5	28	29	29,4	29,6	29,2	29,1	29,4	29,6
T in	25	26	27	29	30	32	33	34	33	33	34	34
T. Kelembaban	22,1	22,2	22,5	22,8	23,3	23,7	24	24,4	24,5	24,6	24,7	25
Suhu Rata-rata	23,325	24,1	25,475	26,9	28,275	29,35	29,8	30,125	29,65	29,575	29,925	30,1
T. Cs	21,5	21,2	21,2	21,1	21,1	21,2	21,2	21,2	21,4	21,2	21,2	21,1

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
31,6	31,5	31	30,9	30,5	30,1	30,2	30,2	30,2	30,5	30,5	30,6	30,9	30,9	31	31,1
30,8	30,9	30,6	30,6	30,3	30	30,1	30,2	30,4	30,2	30,4	30,6	30,8	30,8	30,8	30,7
28,4	28,4	28,2	28,3	28,1	28	27,9	27,9	28,1	28,1	28,2	28,4	28,4	28,4	28,6	28,5
29,6	29,5	29,1	29	28,8	28,5	28,6	28,7	28,9	28,9	29	29,2	29,3	29,3	29,4	29,3
33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
25	25,5	25,3	25,2	25,3	25	25,1	25,1	25,2	25,3	25,3	25,5	25,6	25,6	25,8	25,8
30,1	30,075	29,725	29,7	29,425	29,15	29,2	29,25	29,4	29,425	29,525	29,7	29,85	29,85	29,95	29,9
20,9	20,6	20,4	20,3	20,4	20,3	20,4	20,5	20,7	20,5	20,6	20,8	20,9	20,7	20,7	20,5

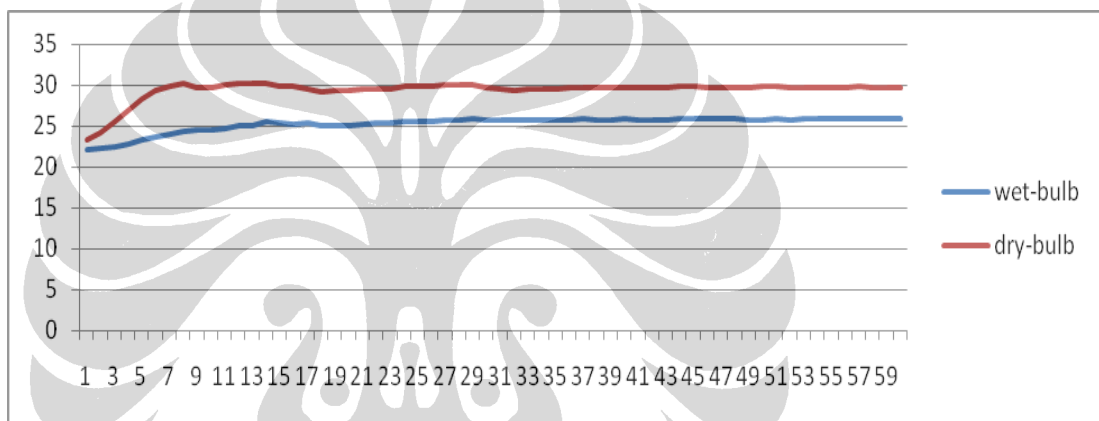
29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
30,9	30,6	30,2	30,2	30,2	30,4	30,5	30,5	30,6	30,6	30,6	30,5	30,6	30,6	30,6	30,6
30,7	30,5	30,4	30,2	30,3	30,4	30,3	30,6	30,6	30,4	30,5	30,6	30,5	30,6	30,6	30,8
28,6	28,3	28,3	28,1	28,1	28,3	28,1	28,4	28,3	28,3	28,4	28,3	28,4	28,3	28,4	28,4
29,3	29	28,9	28,7	28,9	29	29	29,1	29	29	29	29	29,1	29	29,1	29,2
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
25,9	25,8	25,7	25,7	25,7	25,7	25,8	25,7	25,9	25,7	25,8	25,9	25,8	25,8	25,8	25,9
29,875	29,6	29,45	29,3	29,375	29,525	29,475	29,65	29,625	29,575	29,625	29,6	29,65	29,625	29,675	29,75
20,4	20,3	20,2	20,3	20,4	20,4	20,3	20,4	20,5	20,5	20,3	20,4	20,4	20,4	20,5	20,4

45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
30,7	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,5	30,5	30,6	30,5	30,6	30,6	30,6	30,6
30,7	30,6	30,6	30,5	30,6	30,7	30,6	30,6	30,6	30,7	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6	30,6
28,4	28,4	28,3	28,4	28,3	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4	28,4
29,2	29,1	29	29,2	29,2	29,2	29,2	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,2	29,1	29,1
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
25,9	25,9	25,9	25,9	25,8	25,8	25,9	25,8	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9	25,9
29,75	29,675	29,625	29,675	29,675	29,725	29,7	29,675	29,65	29,675	29,675	29,65	29,7	29,675	29,675	29,675
20,4	20,4	20,3	20,3	20,3	20,3	20,5	20,4	20,3	20,4	20,6	20,5	20,3	20,5	20,6	20,5

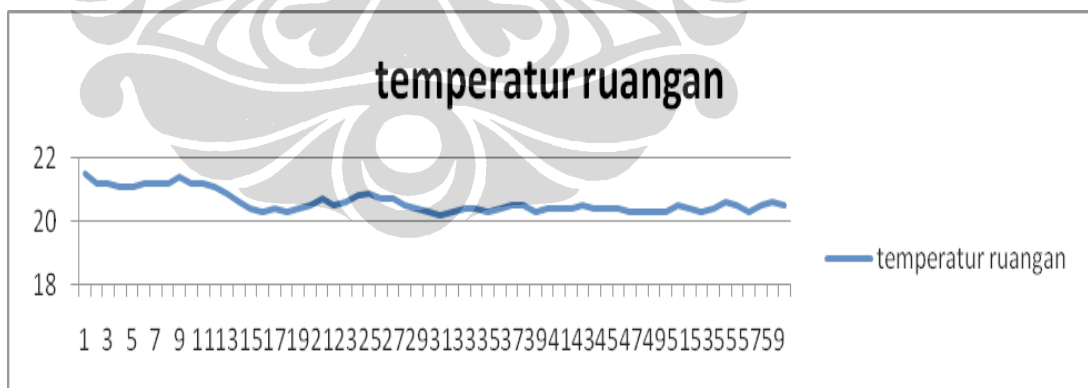




Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan in



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Grafik suhu terhadap waktu untuk temperatur ruangan pendingin

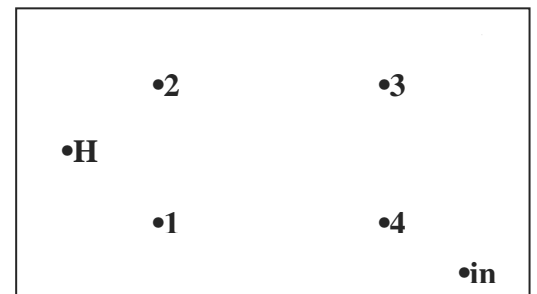
4. Suhu yang ingin dikontrol 20 °C  
pengujian :

Setting refrigerator : 12 °C

Setting control : 34 °C

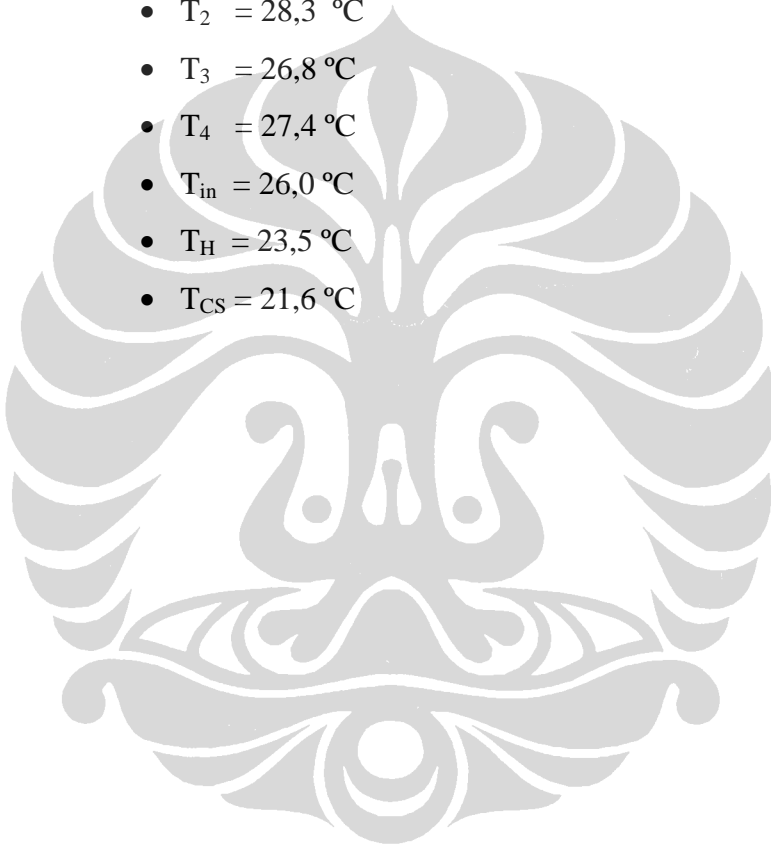
Daya Heater : 250 watt

Posisi termokopel saat



Kondisi awal (sebelum heater dihidupkan) :

- $T_1 = 28,2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_2 = 28,3 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_3 = 26,8 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_4 = 27,4 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{in} = 26,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_H = 23,5 \text{ } ^\circ\text{C}$
- $T_{CS} = 21,6 \text{ } ^\circ\text{C}$



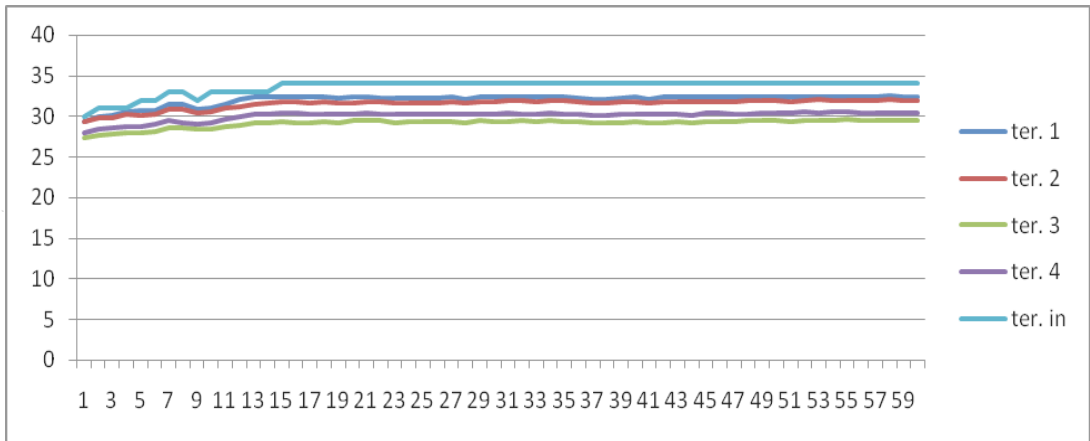
Data hasil pengujian :

WAKTU	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	29,3	29,9	30	30,5	30,6	30,7	31,5	31,4	30,8	30,9	31,5	32
T2	29,3	29,7	29,7	30,2	30,1	30,2	30,9	30,8	30,4	30,6	31	31,1
T3	27,4	27,7	27,8	28	28	28,1	28,6	28,7	28,4	28,5	28,8	29
T4	27,9	28,4	28,5	28,7	28,7	28,9	29,5	29,2	29	29,1	29,6	29,9
T in	30	31	31	31	32	32	33	33	32	33	33	33
T. Kelembaban	23,7	23,8	23,9	24	24	24,2	24,5	24,7	24,7	24,9	25	25
suhu rata-rata	28,475	28,925	29	29,35	29,35	29,475	30,125	30,025	29,65	29,775	30,225	30,5
T. Cs	21,2	21,1	20,8	20,9	20,5	20,6	20,7	20,7	20,6	20,4	20,3	20,6

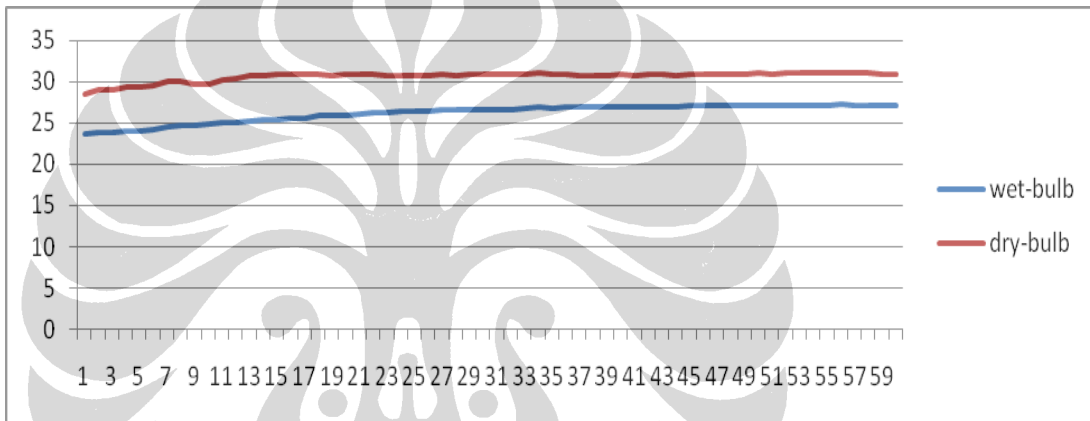
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
32,3	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,2	32,3	32,4	32,2	32,2	32,2	32,2	32,2	32,3	32,1
31,5	31,6	31,8	31,8	31,7	31,8	31,7	31,7	31,8	31,8	31,7	31,7	31,6	31,7	31,8	31,7
29,2	29,3	29,4	29,3	29,3	29,4	29,3	29,5	29,6	29,5	29,3	29,4	29,4	29,4	29,4	29,3
30,2	30,2	30,3	30,3	30,2	30,2	30,2	30,2	30,3	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2
33	33	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
25,2	25,3	25,4	25,6	25,6	25,8	25,9	25,9	26,1	26,2	26,2	26,3	26,4	26,4	26,5	26,5
30,8	30,875	30,975	30,95	30,9	30,95	30,85	30,925	31,025	30,925	30,85	30,875	30,85	30,875	30,925	30,825
20,2	20,1	20,2	20,4	20,1	20,2	20	20,2	20,1	20	19,9	20,2	20	20	20,1	20

29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
32,3	32,4	32,3	32,3	32,3	32,4	32,3	32,2	32,1	32,1	32,2	32,3	32,1	32,3	32,3	32,3
31,8	31,8	31,9	32	31,8	32	31,9	31,8	31,6	31,7	31,8	31,8	31,6	31,8	31,8	31,8
29,6	29,4	29,4	29,5	29,4	29,6	29,4	29,4	29,3	29,3	29,3	29,4	29,3	29,3	29,4	29,3
30,2	30,2	30,3	30,2	30,2	30,3	30,2	30,2	30,1	30,1	30,2	30,2	30,2	30,2	30,2	30,1
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
26,6	26,5	26,6	26,6	26,7	26,8	26,7	26,8	26,8	26,8	26,8	26,9	26,8	26,8	26,9	26,9
30,975	30,95	30,975	31	30,925	31,075	30,95	30,9	30,775	30,8	30,875	30,925	30,8	30,9	30,925	30,875
20,3	20	20	20	20	20	19,9	20	20,1	20	20	20,2	20,1	19,9	19,9	20

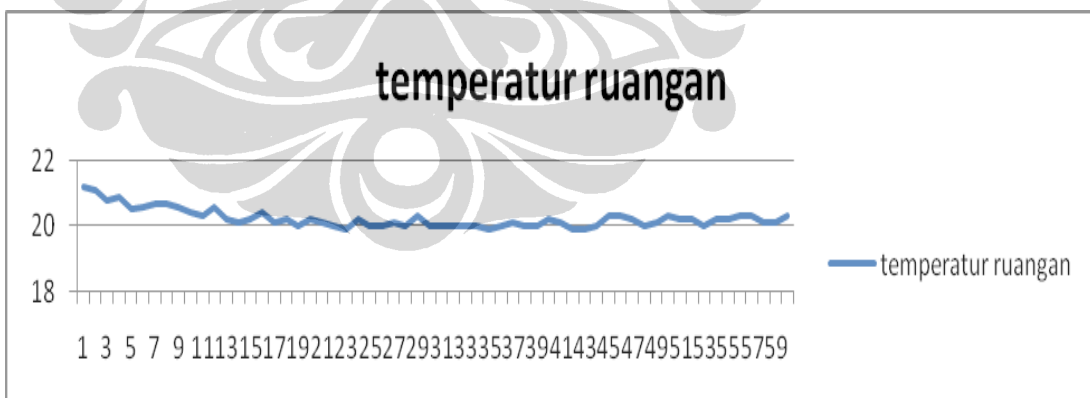
45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
32,4	32,3	32,3	32,3	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,4	32,5	32,4	32,3
31,8	31,8	31,8	31,9	31,9	31,9	31,8	32	32,1	31,9	31,9	32	31,9	32,1	31,9	31,9
29,4	29,4	29,4	29,5	29,5	29,6	29,4	29,6	29,6	29,6	29,7	29,6	29,6	29,6	29,5	29,5
30,3	30,3	30,2	30,2	30,3	30,4	30,3	30,5	30,4	30,5	30,5	30,4	30,4	30,4	30,3	30,3
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
27	27	27	27	27,1	27	27	27,1	27,1	27,1	27,1	27,2	27,1	27,1	27,1	27,1
30,975	30,95	30,925	30,975	31,025	31,075	30,975	31,125	31,125	31,1	31,125	31,1	31,075	31,15	31,025	31
20,3	20,3	20,2	20	20,1	20,3	20,2	20,2	20	20,2	20,2	20,3	20,3	20,1	20,1	20,3



Gambar: Grafik suhu terhadap waktu untuk termokopel pada posisi 1, 2, 3, 4 dan in



Grafik suhu terhadap waktu untuk kelembaban dan suhu rata-rata



Grafik suhu terhadap waktu untuk temperatur ruangan pendingin

## 1. Standar Nasional Indonesia; SNI 16-4942-1998

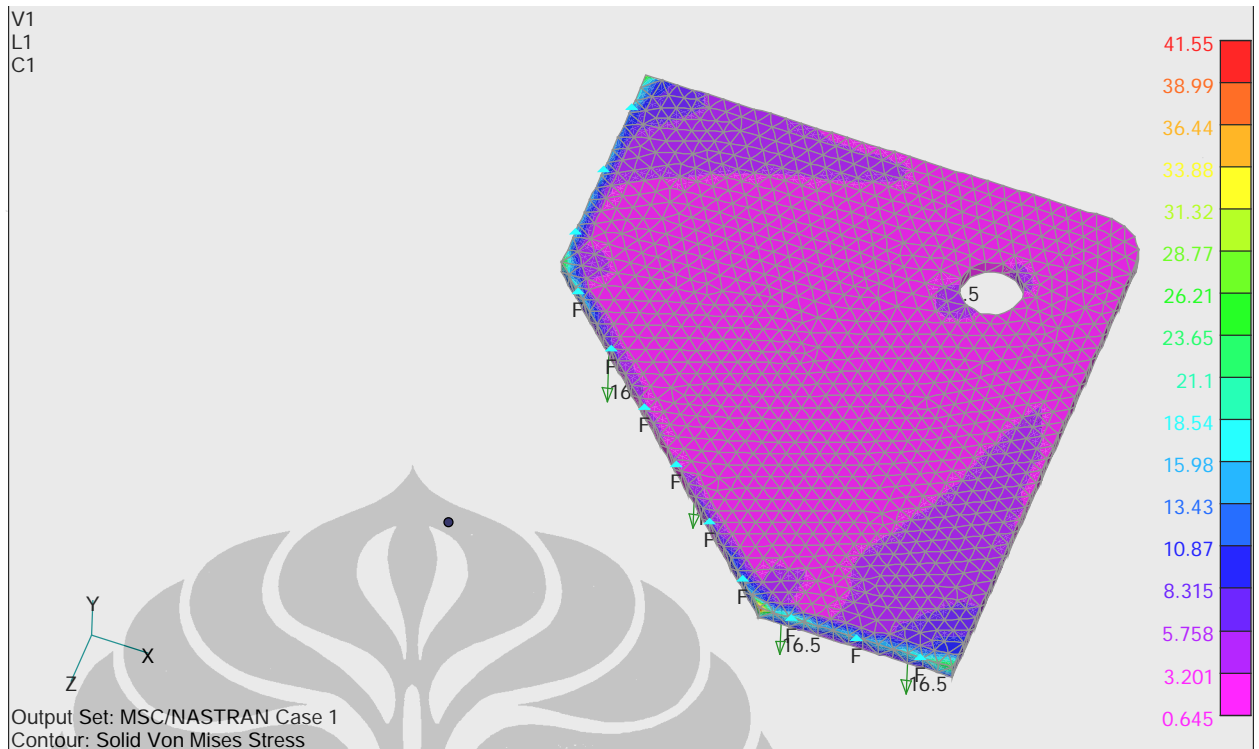
### INKUBATOR TRANSPORTASI

Pasal	Uraian	Pengamatan
3.2	Inkubator transportasi adalah selungkup diperuntukkan bagi bayi, memiliki bagian transparan untuk dapat melihat bayi, dilengkapi dengan alat pengontrol lingkungan bayi terutama suhu, menggunakan udara yang dipanaskan, dan memenuhi keselamatan pengangkutan bayi.	Hood terbuat dari bahan acrylic yang transparan
3.3	Kompartemen bayi adalah bagian dari incubator transportasi untuk meletakkan bayi.	Tersedia tempat tidur bayi yang terletak di tengah-tengah incubator
3.10	Suhu incubator transportasi adalah suhu udara pada titik 10 cm di atas permukaan kasur dalam kompartemen bayi (lihat Gambar 2)	Suhu udara pada titik 10 cm di atas permukaan kasur dalam kompartemen bayi adalah 31,8 °C
3.11	Suhu rata-rata incubator transportasi adalah suhu incubator transportasi maksimum dan minimum rata-rata tercapai selama kondisi suhu mantap (lihat Gambar 1)	Suhu incubator transportasi maksimum dan minimum rata-rata yang tercapai selama kondisi suhu mantap adalah 31,8 °C
3.12	Kondisi suhu mantap adalah kondisi yang dicapai jika suhu incubator transportasi tidak berubah lebih dari 2 °C selama periode waktu satu jam (lihat Gambar 1)	Perubahan suhu incubator transportasi yang tercapai pada kondisi suhu mantap kurang dari 2

		°C yaitu 33 °C dan 31,7 °C selama periode waktu satu jam
8.18	Pernyataan tentang massa dan ukuran luar incubator transportasi termasuk besar sumber daya eksternal yang dapat ditransportasikan dan system pemindahan oksigen dan troli jika ada	Bahan hood dan tempat kasur terbuat dari acrylic yang ringan
13.1	Bayi harus tetap aman dalam kompartemen bayi dengan pembatas dinding atau panel samping. Pembatas dapat dibuka atau dipindahkan guna memungkinkan memasukkan bayi, seperti pintu harus tertutup sedemikian sehingga tidak terbuka pada kondisi uji.	Pintu di sisi depan hood dilengkapi dengan kunci yang memudahkan membuka dan menutupnya.
16.5	Jika tempat kasur dapat ke luar dari selungkup, harus ditahan untuk memastikan bahwa tempat tersebut tetap melekat pada incubator transportasi, disangga dan tidak turun oleh bayi	Tempat kasur ditahan dan disangga dengan pengatur yang dapat menaikkan dan menurunkannya.
19.1.2	Suhu permukaan yang bersentuhan dengan bayi tidak melebihi 40 °C	Suhu tertinggi permukaan yang bersentuhan dengan bayi 33 °C
19.3.2	Inkubator transportasi harus didisain sedemikian hingga tumpahan cairan tidak membasahi bagian yang membahayakan	Dengan menggunakan sponge untuk kelembapan
19.4	Pembersihan, sterilisasi dan desinfeksi Jika dilengkapi alat pengatur kelembapan, harus didisain sedemikian agar dapat	Hood dapat dibuka dan dipisahkan dari box untuk memudahkan

	dilakukan dekontaminasi mikroba sebelum digunakan.	pembersihan
20.1	Ketelitian data pengoperasian	Perbedaan suhu incubator
20.1.1	Selama kondisi suhu mantap, suhu incubator transportasi harus tidak berbeda lebih 1 °C dari suhu rata-rata incubator transportasi	transportasi kurang 1 °C dari suhu rata-rata incubator transportasi selama kondisi suhu mantap.
22.2	Selungkup dan pelindung Inkubator transportasi harus sedemikian sehingga bayi dapat dimasukkan dan dikeluarkan tanpa membuka kanopi seluruhnya, atau melepaskan tabung, kabel, lead san sejenisnya dari bayi.	Tersedia pintu di sisi depan hood sehingga bayi dapat dimasukkan dan dikeluarkan tanpa membuka kanopi seluruhnya
23.3	Unit pengatur kelembapan harus diberikan tanda maksimum dan minimum	Dengan menggunakan sponge jumlah air dapat dilihat dari kering atau tidaknya sponge





View Select

Loading Contour/Criteria Data...

Converting Data on Elements to Data on Nodes...

List Output Query

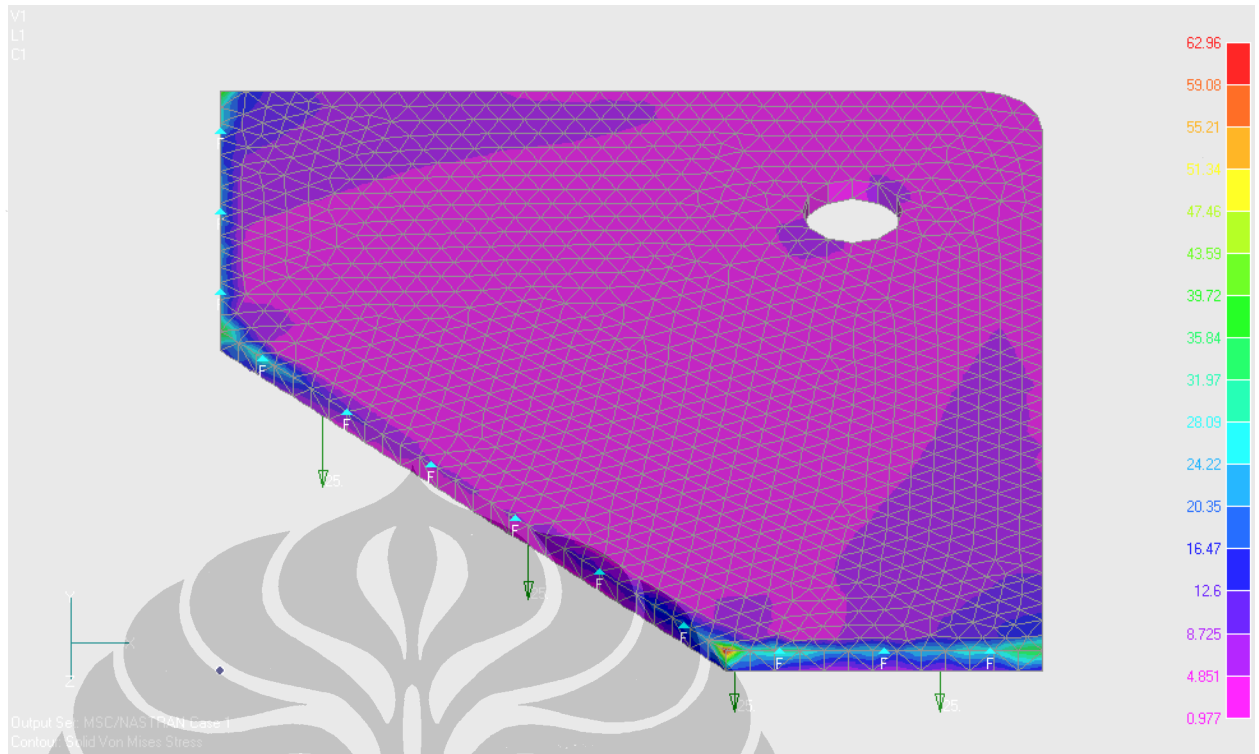
Element 6141

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010	- Solid X Normal Stress	= -5.5036
Output Vector 60011	- Solid Y Normal Stress	= -8.25777
Output Vector 60012	- Solid Z Normal Stress	= -7.47029
Output Vector 60013	- Solid XY Shear Stress	= 0.76555
Output Vector 60014	- Solid YZ Shear Stress	= -6.89491
Output Vector 60015	- Solid ZX Shear Stress	= 0.72059
Output Vector 60016	- Solid Max Prin Stress	= -0.95789
Output Vector 60017	- Solid Min Prin Stress	= -14.888
Output Vector 60018	- Solid Int Prin Stress	= -5.38582
Output Vector 60028	- Solid Max Shear Stress	= 6.96503
Output Vector 60029	- Solid Mean Stress	= 7.07722
Output Vector 60031	- Solid Von Mises Stress	= 12.3277
Output Vector 70010	- SolidC1 X Normal Stress	= 15.814
Output Vector 70011	- SolidC1 Y Normal Stress	= 3.10136
Output Vector 70012	- SolidC1 Z Normal Stress	= 13.5796
Output Vector 70013	- SolidC1 XY Shear Stress	= -2.4056
Output Vector 70014	- SolidC1 YZ Shear Stress	= 0.43294
Output Vector 70015	- SolidC1 ZX Shear Stress	= -1.34949
Output Vector 70016	- SolidC1 Max Prin Stress	= 16.8571
Output Vector 70017	- SolidC1 Min Prin Stress	= 2.65827
Output Vector 70018	- SolidC1 Int Prin Stress	= 12.9797
Output Vector 70028	- SolidC1 Max Shear Stress	= 7.09939

Output Vector 70029 - SolidC1 Mean Stress = -10.8317  
 Output Vector 70031 - SolidC1 Von Mises Stress = 12.7116  
 Output Vector 70210 - SolidC2 X Normal Stress = -4.11839  
 Output Vector 70211 - SolidC2 Y Normal Stress = 9.9241  
 Output Vector 70212 - SolidC2 Z Normal Stress = -6.47902  
 Output Vector 70213 - SolidC2 XY Shear Stress = 2.30347  
 Output Vector 70214 - SolidC2 YZ Shear Stress = 1.11983  
 Output Vector 70215 - SolidC2 ZX Shear Stress = 2.18539  
 Output Vector 70216 - SolidC2 Max Prin Stress = 10.4188  
 Output Vector 70217 - SolidC2 Min Prin Stress = -7.78537  
 Output Vector 70218 - SolidC2 Int Prin Stress = -3.30676  
 Output Vector 70228 - SolidC2 Max Shear Stress = 9.1021  
 Output Vector 70229 - SolidC2 Mean Stress = 0.22444  
 Output Vector 70231 - SolidC2 Von Mises Stress = 16.4293  
 Output Vector 70410 - SolidC3 X Normal Stress = -6.11694  
 Output Vector 70411 - SolidC3 Y Normal Stress = -5.47852  
 Output Vector 70412 - SolidC3 Z Normal Stress = -10.0116  
 Output Vector 70413 - SolidC3 XY Shear Stress = -4.18591  
 Output Vector 70414 - SolidC3 YZ Shear Stress = -7.34132  
 Output Vector 70415 - SolidC3 ZX Shear Stress = 1.90144  
 Output Vector 70416 - SolidC3 Max Prin Stress = 2.34334  
 Output Vector 70417 - SolidC3 Min Prin Stress = -15.5407  
 Output Vector 70418 - SolidC3 Int Prin Stress = -8.40969  
 Output Vector 70428 - SolidC3 Max Shear Stress = 8.94203  
 Output Vector 70429 - SolidC3 Mean Stress = 7.20236  
 Output Vector 70431 - SolidC3 Von Mises Stress = 15.5936  
 Output Vector 70810 - SolidC5 X Normal Stress = -27.5931  
 Output Vector 70811 - SolidC5 Y Normal Stress = -40.578  
 Output Vector 70812 - SolidC5 Z Normal Stress = -26.9702  
 Output Vector 70813 - SolidC5 XY Shear Stress = 7.35025  
 Output Vector 70814 - SolidC5 YZ Shear Stress = -21.7911  
 Output Vector 70815 - SolidC5 ZX Shear Stress = 0.14502  
 Output Vector 70816 - SolidC5 Max Prin Stress = -9.88511  
 Output Vector 70817 - SolidC5 Min Prin Stress = -57.8123  
 Output Vector 70818 - SolidC5 Int Prin Stress = -27.4439  
 Output Vector 70828 - SolidC5 Max Shear Stress = 23.9636  
 Output Vector 70829 - SolidC5 Mean Stress = 31.7138  
 Output Vector 70831 - SolidC5 Von Mises Stress = 41.9974

Uji ke dua dengan beban 100N



Loading Contour/Criteria Data...

Converting Data on Elements to Data on Nodes...

List Output Query

Specified Value 0 is not within Allowable Range ( 1 to 99999999 ).

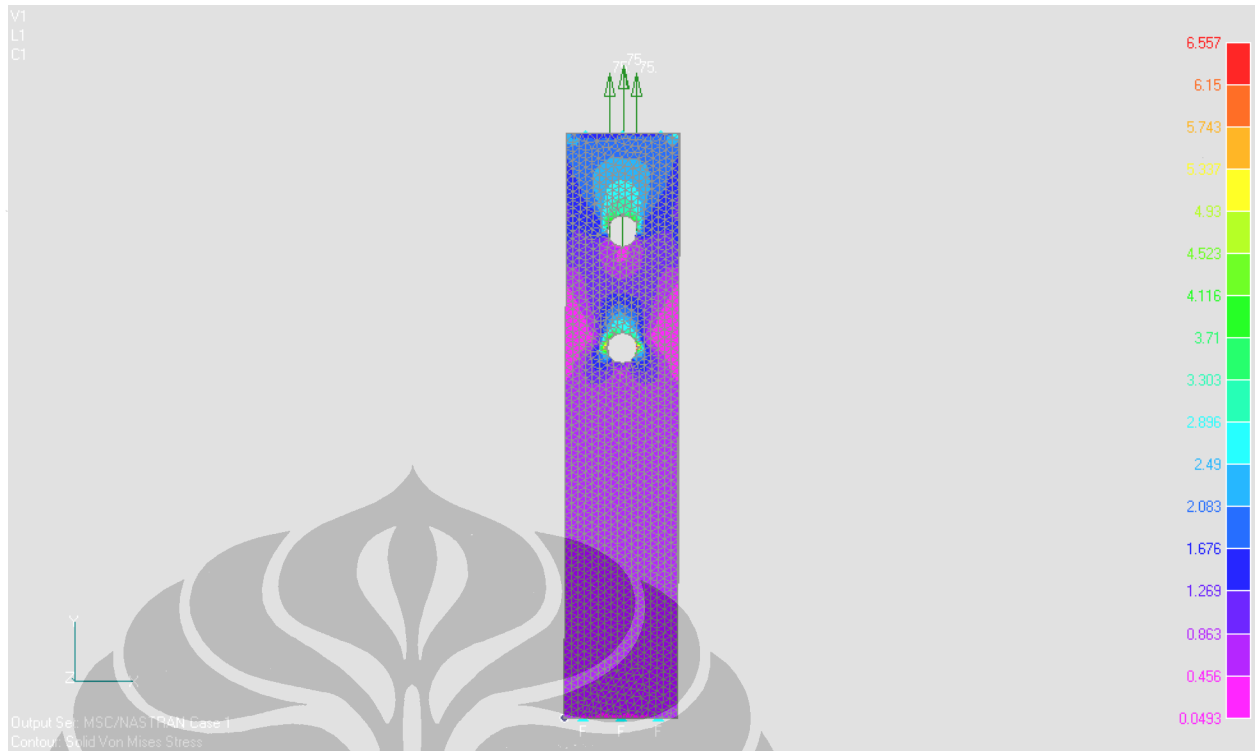
Element 6141

Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1

Output Vector 60010	- Solid X Normal Stress	= -8.33931
Output Vector 60011	- Solid Y Normal Stress	= -12.5125
Output Vector 60012	- Solid Z Normal Stress	= -11.3193
Output Vector 60013	- Solid XY Shear Stress	= 1.16
Output Vector 60014	- Solid YZ Shear Stress	= -10.4475
Output Vector 60015	- Solid ZX Shear Stress	= 1.09187
Output Vector 60016	- Solid Max Prin Stress	= -1.45144
Output Vector 60017	- Solid Min Prin Stress	= -22.5589
Output Vector 60018	- Solid Int Prin Stress	= -8.16084
Output Vector 60028	- Solid Max Shear Stress	= 10.5537
Output Vector 60029	- Solid Mean Stress	= 10.7237
Output Vector 60031	- Solid Von Mises Stress	= 18.6795
Output Vector 70010	- SolidC1 X Normal Stress	= 23.9621
Output Vector 70011	- SolidC1 Y Normal Stress	= 4.69933
Output Vector 70012	- SolidC1 Z Normal Stress	= 20.5765
Output Vector 70013	- SolidC1 XY Shear Stress	= -3.64507
Output Vector 70014	- SolidC1 YZ Shear Stress	= 0.65602
Output Vector 70015	- SolidC1 ZX Shear Stress	= -2.04481
Output Vector 70016	- SolidC1 Max Prin Stress	= 25.5426
Output Vector 70017	- SolidC1 Min Prin Stress	= 4.02794
Output Vector 70018	- SolidC1 Int Prin Stress	= 19.6674

Output Vector 70028 - SolidC1 Max Shear Stress = 10.7573  
 Output Vector 70029 - SolidC1 Mean Stress = -16.4126  
 Output Vector 70031 - SolidC1 Von Mises Stress = 19.2612  
 Output Vector 70210 - SolidC2 X Normal Stress = -6.24037  
 Output Vector 70211 - SolidC2 Y Normal Stress = 15.0375  
 Output Vector 70212 - SolidC2 Z Normal Stress = -9.8173  
 Output Vector 70213 - SolidC2 XY Shear Stress = 3.49032  
 Output Vector 70214 - SolidC2 YZ Shear Stress = 1.69682  
 Output Vector 70215 - SolidC2 ZX Shear Stress = 3.3114  
 Output Vector 70216 - SolidC2 Max Prin Stress = 15.7871  
 Output Vector 70217 - SolidC2 Min Prin Stress = -11.7967  
 Output Vector 70218 - SolidC2 Int Prin Stress = -5.01055  
 Output Vector 70228 - SolidC2 Max Shear Stress = 13.7919  
 Output Vector 70229 - SolidC2 Mean Stress = 0.34007  
 Output Vector 70231 - SolidC2 Von Mises Stress = 24.8944  
 Output Vector 70410 - SolidC3 X Normal Stress = -9.26868  
 Output Vector 70411 - SolidC3 Y Normal Stress = -8.30132  
 Output Vector 70412 - SolidC3 Z Normal Stress = -15.17  
 Output Vector 70413 - SolidC3 XY Shear Stress = -6.34267  
 Output Vector 70414 - SolidC3 YZ Shear Stress = -11.1239  
 Output Vector 70415 - SolidC3 ZX Shear Stress = 2.88115  
 Output Vector 70416 - SolidC3 Max Prin Stress = 3.55072  
 Output Vector 70417 - SolidC3 Min Prin Stress = -23.548  
 Output Vector 70418 - SolidC3 Int Prin Stress = -12.7428  
 Output Vector 70428 - SolidC3 Max Shear Stress = 13.5494  
 Output Vector 70429 - SolidC3 Mean Stress = 10.9133  
 Output Vector 70431 - SolidC3 Von Mises Stress = 23.6281  
 Output Vector 70810 - SolidC5 X Normal Stress = -41.8103  
 Output Vector 70811 - SolidC5 Y Normal Stress = -61.4856  
 Output Vector 70812 - SolidC5 Z Normal Stress = -40.8664  
 Output Vector 70813 - SolidC5 XY Shear Stress = 11.1374  
 Output Vector 70814 - SolidC5 YZ Shear Stress = -33.0188  
 Output Vector 70815 - SolidC5 ZX Shear Stress = 0.21975  
 Output Vector 70816 - SolidC5 Max Prin Stress = -14.9784  
 Output Vector 70817 - SolidC5 Min Prin Stress = -87.5997  
 Output Vector 70818 - SolidC5 Int Prin Stress = -41.5842  
 Output Vector 70828 - SolidC5 Max Shear Stress = 36.3107  
 Output Vector 70829 - SolidC5 Mean Stress = 48.0541  
 Output Vector 70831 - SolidC5 Von Mises Stress = 63.6363

Kasus 3 plat hendel



**Element 11965**

**Output Set 1 - MSC/NASTRAN Case 1**

Output Vector 60010	- Solid X Normal Stress	= 0.87918
Output Vector 60011	- Solid Y Normal Stress	= 3.43723
Output Vector 60012	- Solid Z Normal Stress	= 0.28786
Output Vector 60013	- Solid XY Shear Stress	= -1.79154
Output Vector 60014	- Solid YZ Shear Stress	= 0.068392
Output Vector 60015	- Solid ZX Shear Stress	= 0.025558
Output Vector 60016	- Solid Max Prin Stress	= 4.36005
Output Vector 60017	- Solid Min Prin Stress	= -0.051663
Output Vector 60018	- Solid Int Prin Stress	= 0.29587
Output Vector 60028	- Solid Max Shear Stress	= 2.20586
Output Vector 60029	- Solid Mean Stress	= -1.53475
Output Vector 60031	- Solid Von Mises Stress	= 4.24862
Output Vector 70010	- SolidC1 X Normal Stress	= 0.7227
Output Vector 70011	- SolidC1 Y Normal Stress	= 0.19056
Output Vector 70012	- SolidC1 Z Normal Stress	= -0.066324
Output Vector 70013	- SolidC1 XY Shear Stress	= -0.010417
Output Vector 70014	- SolidC1 YZ Shear Stress	= 0.066724
Output Vector 70015	- SolidC1 ZX Shear Stress	= -0.18444
Output Vector 70016	- SolidC1 Max Prin Stress	= 0.76475
Output Vector 70017	- SolidC1 Min Prin Stress	= -0.12006
Output Vector 70018	- SolidC1 Int Prin Stress	= 0.20225
Output Vector 70028	- SolidC1 Max Shear Stress	= 0.44241
Output Vector 70029	- SolidC1 Mean Stress	= -0.28231
Output Vector 70031	- SolidC1 Von Mises Stress	= 0.77563
Output Vector 70210	- SolidC2 X Normal Stress	= 1.98121
Output Vector 70211	- SolidC2 Y Normal Stress	= 7.73181

Output Vector 70212 - SolidC2 Z Normal Stress = 1.39359  
 Output Vector 70213 - SolidC2 XY Shear Stress = -2.36669  
 Output Vector 70214 - SolidC2 YZ Shear Stress = 0.36944  
 Output Vector 70215 - SolidC2 ZX Shear Stress = 0.019204  
 Output Vector 70216 - SolidC2 Max Prin Stress = 8.59673  
 Output Vector 70217 - SolidC2 Min Prin Stress = 1.06694  
 Output Vector 70218 - SolidC2 Int Prin Stress = 1.44294  
 Output Vector 70228 - SolidC2 Max Shear Stress = 3.7649  
 Output Vector 70229 - SolidC2 Mean Stress = -3.7022  
 Output Vector 70231 - SolidC2 Von Mises Stress = 7.34901  
 Output Vector 70410 - SolidC3 X Normal Stress = -0.30176  
 Output Vector 70411 - SolidC3 Y Normal Stress = -0.74127  
 Output Vector 70412 - SolidC3 Z Normal Stress = -0.87243  
 Output Vector 70413 - SolidC3 XY Shear Stress = -3.27063  
 Output Vector 70414 - SolidC3 YZ Shear Stress = 0.045033  
 Output Vector 70415 - SolidC3 ZX Shear Stress = 0.17866  
 Output Vector 70416 - SolidC3 Max Prin Stress = 2.75923  
 Output Vector 70417 - SolidC3 Min Prin Stress = -3.8077  
 Output Vector 70418 - SolidC3 Int Prin Stress = -0.86699  
 Output Vector 70428 - SolidC3 Max Shear Stress = 3.28347  
 Output Vector 70429 - SolidC3 Mean Stress = 0.63849  
 Output Vector 70431 - SolidC3 Von Mises Stress = 5.69745  
 Output Vector 70810 - SolidC5 X Normal Stress = 1.11455  
 Output Vector 70811 - SolidC5 Y Normal Stress = 6.56782  
 Output Vector 70812 - SolidC5 Z Normal Stress = 0.69658  
 Output Vector 70813 - SolidC5 XY Shear Stress = -1.51842  
 Output Vector 70814 - SolidC5 YZ Shear Stress = -0.20763  
 Output Vector 70815 - SolidC5 ZX Shear Stress = 0.088803  
 Output Vector 70816 - SolidC5 Max Prin Stress = 6.97006  
 Output Vector 70817 - SolidC5 Min Prin Stress = 0.66718  
 Output Vector 70818 - SolidC5 Int Prin Stress = 0.74172  
 Output Vector 70828 - SolidC5 Max Shear Stress = 3.15144  
 Output Vector 70829 - SolidC5 Mean Stress = -2.79299  
 Output Vector 70831 - SolidC5 Von Mises Stress = 6.26594

