



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISIS PENGGUNAAN HEAT PIPE PADA SISTEM PENDINGIN
TERMOELEKTRIK AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS TERHADAP
HASIL VISUALISASI MIGRASI DNA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana teknik**

TASIA LAROSA

07 06 26 73 51

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Tasia Larosa

NPM : 0706267351

Tanda Tangan : 

Tanggal : 12 Juni 2011

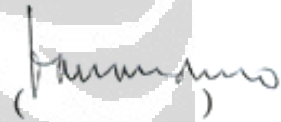
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Tasia Larosa
NPM : 0706267351
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : ANALISIS PENGGUNAAN HEAT PIPE PADA
SISTEM PENDINGIN TERMoeLEKTRIK
AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS
TERHADAP HASIL VISUALISASI MIGRASI
DNA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. R. Danardono A. S., DEA



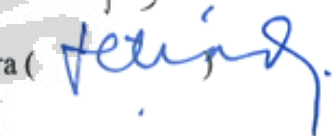
Penguji : Prof. Dr. Raldi A Koestoer, DEA



Penguji : Dr. Agus S. Pamitran, ST, M.Eng.



Penguji : Prof. Dr.-Ing. Ir. Nandy Setiadi Djaya Putra



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa, karena atas berkat dan karunia-Nya lah penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Sarjana Teknik dari Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis sadar bahwa pembuatan skripsi ini akan sulit diselesaikan tanpa adanya dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dalam proses pembuatan skripsi ini hingga selesai. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

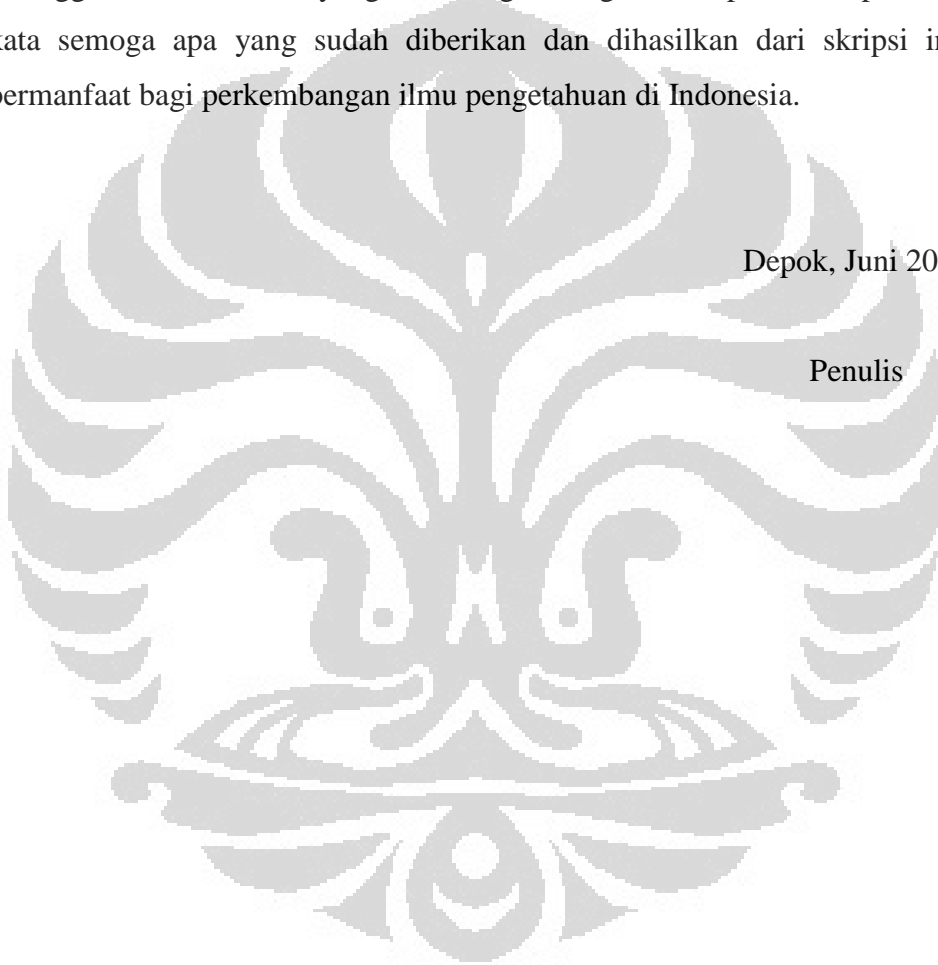
1. Orangtua dan keluarga atas dukungan moriil dan materiil,
2. Dr. Ir. Danardono AS DEA selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan pengarahan serta diskusi hingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Prof.Dr-Ing.Ir. Nandy Putra, selaku dosen pembimbing dan kepala lab *Applied Heat Transfer* Universitas Indonesia yang telah banyak meluangkan waktu & tenaga dalam memberikan saran serta bimbingan.
4. Ardhana Putranto selaku rekan seperjuangan dalam penulisan skripsi ini.
5. Sabdo Waluyo selaku sahabat yang memberi dukungan penuh pada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
6. Rekan-rekan seperjuangan di lab *Applied Heat Transfer* Universitas Indonesia: Gilang AIV, Kapa Cossa Jonathan, Hamdallah Hazhar, M Iqbal Bimo, dan Rian Saputra yang turut membantu dengan saran dan dukungan dalam penulisan skripsi ini.
7. Haolia Rahman, Wayan Nata S, Ridho Irwansyah, Hedriawan Ananda dan mahasiswa lab *Applied Heat Transfer* Universitas Indonesia atas masukan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama penulisan skripsi ini.
8. Dr. Budiman Bela dan Dr. Arum dari Lab IHVCB Salemba untuk tuntunan dan masukan berupa materi mengenai elektroforesis untuk penulis.
9. Mas Maman dan semua peneliti di Lab DNA IHVCB yang telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam melakukan uji DNA.

10. Gita Kurnia dan Neni Sudiar Siregar untuk bantuan dukungan dan semangat yang diberikan kepada penulis selama penulisan skripsi ini
11. Teman-teman teknik Mesin Universitas Indonesia atas dukungan kepada penulis.
12. Semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini bukanlah tulisan masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis. Akhir kata semoga apa yang sudah diberikan dan dihasilkan dari skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Depok, Juni 2011

Penulis



**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tasia Larosa
NPM : 0706267351
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demikian demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**ANALISIS PENGGUNAAN HEAT PIPE PADA SISTEM PENDINGIN
TERMOELEKTRIK AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS TERHADAP
HASIL VISUALISASI MIGRASI DNA**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia /formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 12 Juni 2011

Yang menyatakan



(Tasia Larosa)

ABSTRAK

Nama : Tasia Larosa

Program studi : Teknik Mesin

Judul : ANALISIS HEAT PIPE PADA SISTEM PENDINGIN TERMOELEKTRIK AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS TERHADAP HASIL VISUALISASI MIGRASI DNA

Elektroforesis merupakan peristiwa pergerakan molekul-molekul kecil yang dibawa oleh muatan listrik akibat adanya pengaruh medan listrik. Peristiwa ini diaplikasikan dalam bidang kedokteran untuk mengidentifikasi DNA, dengan alat yang disebut *Agarose Gel Electrophoresis*. Ketika alat ini diberi arus listrik DNA yang bermuatan negatif akan bermigrasi ke kutub positif, dimana fragmen DNA yang lebih kecil akan bermigrasi lebih jauh dibanding fragmen yang lebih besar. Jauh migrasi DNA ini dapat diukur dan dianalisa sehingga didapatkan massa molekul dan jenis DNA. Akan tetapi arus listrik yang digunakan untuk membuat fragmen DNA bermigrasi dapat menimbulkan panas. Panas yang berlebih harus dihindari karena dapat menyebabkan *Agarose Gel electrophoresis* tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya, oleh karena itu pada alat ini digunakan sistem pendingin. Pengujian ini bertujuan untuk melihat pengaruh penggunaan heat pipe terhadap sistem pendingin termoelektrik yang digunakan *Agarose Gel Electrophoresis*. Pengaruh dilihat dari hasil visualisasi migrasi DNA yang dihasilkan oleh alat ini.

Kata kunci :

DNA, Elektroforesis, *Heat pipe*, Termoelektrik.

ABSTRACT

Name : Tasia Larosa

Majority : Teknik Mesin

Title : ANALYSIS OF HEAT PIPE USE AS THE THERMOELECTRIC COOLING SYSTEM ON AGAROSE GEL ELECTROPHORESIS

Electrophoresis is a phenomenon which related to the movement of small particles which is carried by the electrons due to the electric field. This phenomenon is used in medical science as one of the DNA identification methods, with the instrument named Agarose Gel Electrophoresis. When the electric current is passed through the medium containing the DNA, the DNA that carry a negative charge will migrate towards the positive pole. The smaller DNA fragments is migrating further than the bigger ones. Then, distance of the migration can be measured and analyzed to get the DNA's molcul mass and its specification. When electric current is flowing, there comes heat. Overheating should be avoided to make sure the Agarose Gel Electrophoresis operates well. That's why this instrument is equipped with a cooling system. This research was conducted to find the effect of heat pipe using as a thermoelectric cooling system on Agarose Gel Electrophoresis. The effect can be analyzed by seeing the visualisation of DNA migration.

Keyword :

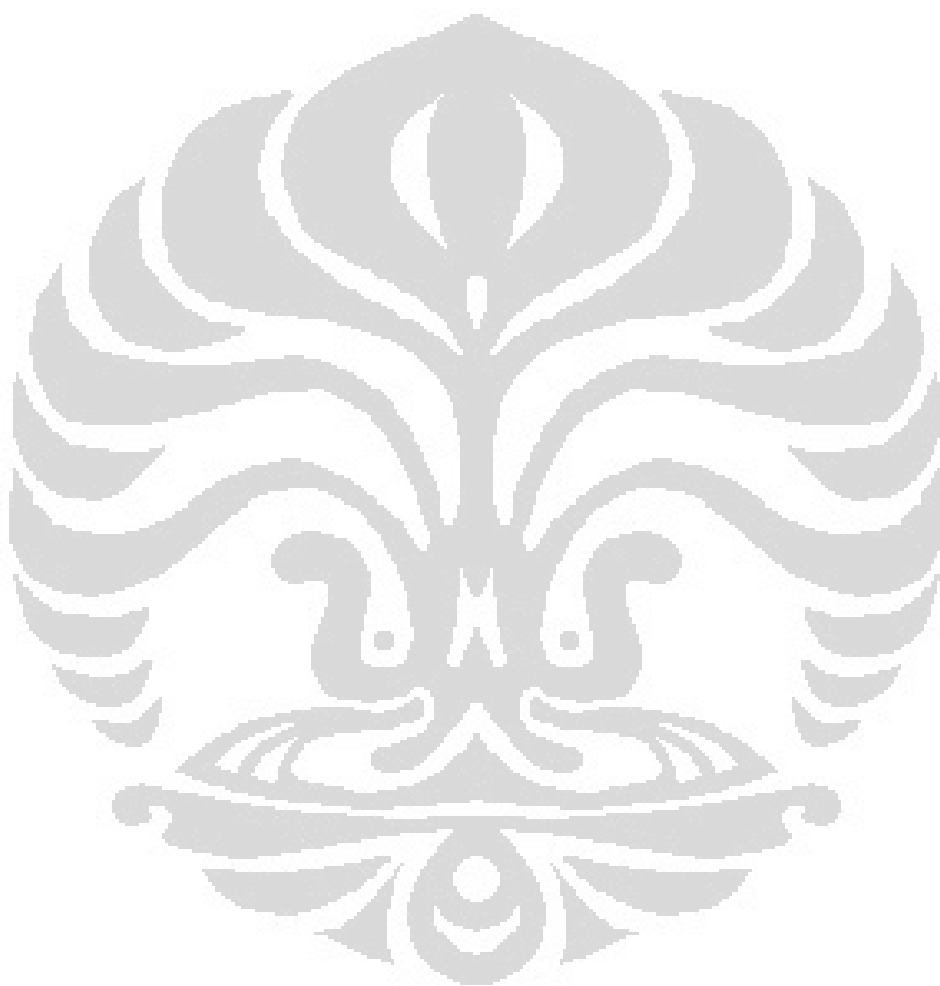
DNA, Elektrophoresis, Heat pipe, Thermoelectric.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Metodologi Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 Kromatografi	5
2.2 Agarose Gel Elektrophoresis.....	6
2.3 DNA	6
2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Laju Migrasi DNA.....	7
2.4 Agarosa Gel.....	9
2.5 Larutan <i>Tris-Acetate-EDTA</i> (TAE).....	10
2.6 Elektroforesis.....	10
2.7 Termoelektrik	11
2.7.1 Perhitungan COP.....	13
2.8 Sistem Pendingin Termoelektrik.....	14
2.8.1 Heatsink fan	14
2.8.2 Heat pipe	15

BAB 3 PERANCANGAN ALAT AGAROSE GEL ELEKTROPHORESIS.....	16
3.1 Konsep Rancangan	16
3.1.1 Bodi AGE.....	16
3.1.2 <i>Heat plate</i>	19
3.1.3 Kawat Penghantar Arus.....	20
3.1.4 Gel Tray dan Casting Comb.....	20
3.2 Komponen Termoelektrik	21
3.2.1 Modul Termoelektrik Bertingkat	21
3.2.2 Sistem Pendingin <i>Heatsink fan</i>	22
3.2.3 Sistem Pendingin <i>Heat pipe</i>	22
3.3 Proses Pembuatan dan Perakitan Alat	23
3.4 Spesifikasi Alat <i>Agarose Gel Electrophoresis</i>	25
BAB 4 PENGUJIAN	26
4.1 Pengujian dengan AGE	26
4.2 Instalasi Pengujian.....	28
4.2.1 Instalasi Pengujian di Lab <i>Applied Heat Transfer</i>	28
4.2.2 Insatalasi Pengujian di Lab IHVCB.....	31
4.3 Komponen Pembantu Pengujian	34
4.3.1 Termokopel	34
4.3.2 Data Aquisition National Instrument	34
4.3.3 Power supply.....	36
4.3.4 Bejana Ukur	36
4.3.5 Mikropipet.....	37
4.3.6 Bio-Rad UV Transilluminator Gel Doc	37
BAB 5 PERHITUNGAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN	38
5.1 Analisa Grafik Hasil Pengujian.....	38
5.1.2 Uji Variasi Daya Modul Termoelektrik	38
5.1.3 Uji Variasi Tegangan Larutan TAE	45
5.1.4 Hasil Visualisasi DNA dengan Variasi Daya TAE.....	49
5.2 Analisa Perhitungan COP.....	50
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	53
6.1 Kesimpulan.....	53

6.2	Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....		55
LAMPIRAN		58
Tabel hasil pengambilan data		
Gambar desain		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Base pada DNA.....	7
Gambar 2. 2 Contoh urutan <i>base pair</i> DNA	7
Gambar 2. 3 Konformasi DNA	8
Gambar 2. 4 Contoh perbedaan hasil pengukuran DNA berdasarkan konformasinya	9
Gambar 2. 5 Susunan modul termoelektrik	12
Gambar 2. 6 Skema pendinginan pada termoelektrik	12
Gambar 2. 7 <i>Heat sink</i>	14
Gambar 2. 8 <i>Heatsink fan</i>	15
Gambar 2. 9 Skema <i>heat pipe</i>	15
Gambar 3. 1 Prototipe I AGE.....	16
Gambar 3. 2 Contoh AGE yang ada di pasaran: Mupid-exU <i>Electrophoresis System</i>	16
Gambar 3. 3 Disain bodi AGE pertama	17
Gambar 3. 4 Disain bodi AGE kedua.....	17
Gambar 3. 5 Disain bodi AGE ketiga	18
Gambar 3. 6 Kondisi waterfin setelah terkena kontak dengan larutan <i>buffer</i>	19
Gambar 3. 7 <i>Heat plate</i> bentuk segi empat.....	19
Gambar 3. 8 Letak <i>Heat plate</i>	20
Gambar 3. 9 letak kawat penghantar arus listrik.....	20
Gambar 3. 10 Profil samping posisi kawat penghantar arus listrik pada AGE.....	20
Gambar 3. 11 <i>Gel tray</i> dan <i>casting comb</i>	21
Gambar 3. 12 <i>Peltier</i> bertingkat 2.....	22
Gambar 3. 13 <i>Heatsink fan</i> digunakan.....	22
Gambar 3. 14 (a) <i>Coolermaster Hyper TX3</i> , (b) gambar profil <i>Coolermaster Hyper TX3</i>	23
Gambar 3. 15 Penahan sistem pendingin termoelektrik	24
Gambar 3. 16 Posisi penahan sistem pendingin.....	24

Gambar 3. 17 menggabungkan 2 <i>peltier</i> menjadi satu dengan cara menyambung kabel secara paralel	24
Gambar 3. 18 Peletakan modul termoelektrik.....	25
Gambar 3. 19 Pemasangan modul termoelektrik	25
Gambar 4. 1 Grafik temperatur larutan <i>buffer</i> (TAE) tanpa sistem pendinginan, dengan tegangan larutan <i>buffer</i> 100 V	26
Gambar 4. 2 Langkah-langkah pengujian	27
Gambar 4. 3 Skema pengambilan data untuk AGE yang menggunakan sistem pendinginan dengan <i>heat pipe</i>	30
Gambar 4. 4 Skema pengambilan data untuk AGE yang menggunakan sistem pendinginan dengan <i>heatsink fan</i> (tanpa <i>heat pipe</i>).....	30
Gambar 4. 5 Proses pencetakan gel agarosa	31
Gambar 4. 6 Proses memasukkan DNA pada gel agarosa dengan mikropipet.....	31
Gambar 4. 7 Memasukkan gel agarosa ke dalam bak berisi EtBr	32
Gambar 4. 8 Contoh gel agarosa yang sudah dilumuri EtBR saat diterangi dengan sinar UV	33
Gambar 4. 9 Instalasi pengujian di Lab DNA IHVCB	33
Gambar 4. 10 Termokopel	34
Gambar 4. 11 Modul <i>National Instrument</i> tipe 9211	35
Gambar 4. 12 <i>Chassis</i> NI cDaq-9172 dengan modulnya.....	35
Gambar 4. 13 Skema channel pada modul NI 9211.....	35
Gambar 4. 14 (a) <i>Power supply</i> untuk sistem pendingin termoelektrik (b) <i>Power supply</i> BK Precision tipe 9123A, (c) Matsuyama Electric Work <i>slide regulator</i>	36
Gambar 4. 15 Bejana ukur pyrex	36
Gambar 4. 16 Bio-Rad <i>Adjustable Micro Pipette</i>	37
Gambar 4. 17 Bio-Rad <i>UV Transilluminator Gel Doc</i>	37
Gambar 5. 1 Grafik perbandingan temperatur sisi dingin modul termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dengan variasi daya modul termoelektrik	39
Gambar 5. 2 Grafik perbandingan temperatur TAE termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dengan variasi daya modul termoelektrik	40
Gambar 5. 3 Grafik perbandingan temperatur sisi panas modul termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dengan variasi daya modul termoelektrik	40

Gambar 5. 4 Grafik perbandingan delta temperatur untuk tiap tegangan masuk modul termoelektrik	41
Gambar 5. 5 Grafik performa modul termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dengan daya optimal modul 14 W	41
Gambar 5. 6 Grafik perbandingan temperatur sisi dingin modul termoelektrik pada <i>heatsink fan</i> dengan variasi daya modul termoelektrik.....	42
Gambar 5. 7 Grafik perbandingan temperatur TAE termoelektrik pada <i>heatsink fan</i> dengan variasi daya modul termoelektrik	43
Gambar 5. 8 Grafik perbandingan temperatur sisi panas modul termoelektrik pada <i>heatsink fan</i> dengan variasi daya modul termoelektrik.....	43
Gambar 5. 9 Grafik perbandingan delta temperatur untuk tiap tegangan masuk modul termoelektrik	44
Gambar 5. 10 Grafik performa modul termoelektrik pada <i>heatsink fan</i> dengan daya optimal modul 4 W	45
Gambar 5. 11 Grafik temperatur TAE modul termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dengan variasi tegangan TAE.....	46
Gambar 5. 12 Grafik sisi dingin modul termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dengan variasi tegangan TAE untuk menit ke-20.....	47
Gambar 5. 13 Grafik temperatur TAE pada <i>heat pipe</i> dengan variasi tegangan TAE untuk menit ke-20.....	47
Gambar 5. 14 Grafik hasil visualisasi migrasi DNA. (a) <i>heat pipe</i> dengan tegangan TAE 80 V (b) <i>heat pipe</i> dengan tegangan TAE 90 V (c) <i>heat pipe</i> dengan tegangan TAE 100V (d) <i>heat pipe</i> dengan tegangan TAE 135V (e) <i>heat pipe</i> dengan tegangan TAE 150V (f) <i>heatsink fan</i> dengan tegangan TAE 100V (g) hasil AGE komersil	49
Gambar 5.15 Grafik nilai COP untuk variasi tegangan TAE.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 konsentrasi gel agarosa dan ukuran molekul DNA.....	8
Tabel 5. 1 Tabel perhitungan daya modul termoelektrik pada <i>heat pipe</i> dan <i>heat sink</i>	39
Tabel 5. 2 Tabel perhitungan daya masuk TAE dan temperatur larutan	48



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Aplikasi teknologi sudah berkembang dalam berbagai bidang, terutama dibidang kedokteran. Hal ini membuat berbagai proses penelitian dibidang kedokteran menjadi semakin mudah dan berkembang, terlihat dengan semakin banyaknya alat berbasis teknologi yang dikembangkan dibidang kedokteran.

Agarosa Gel Elektrophoresis (AGE) adalah salah satu contoh alat kedokteran berbasis teknologi tersebut. AGE merupakan sebuah alat identifikasi fragmen asam nukleat seperti DNA (*Deoxyribonucleic acid*) yang mengaplikasikan proses elektroforesis dalam cara kerjanya [1,2].

Dalam proses elektroforesis arus listrik dialirkan ke dalam larutan *buffer* yaitu *Tris-asetate-EDTA* (TAE). Muatan listrik yang berada pada larutan TAE akan membawa fragmen-fragmen DNA bergerak melalui matriks-matriks pada gel agarosa, dimana DNA dengan fragmen pendek akan bermigrasi lebih jauh dibanding fragmen DNA yang lebih panjang. Dengan begitu fragmen DNA akan terpisah dari molekul lain yang tercampur bersamanya [3].

Selain itu, dengan membandingkan panjang migrasi fragmen sampel DNA ini dengan panjang migrasi DNA *marker* maka DNA tersebut dapat diketahui berat molekulnya [4-7]. Dengan menggunakan AGE, dapat dilakukan identifikasi terhadap fragmen DNA yang ingin diteliti seperti untuk mengetahui adanya kontaminasi atau kerusakan pada bahan [6-8].

Arus listrik yang digunakan untuk membuat fragmen DNA bermigrasi dapat menimbulkan panas, yang kemudian akan diterima gel agarosa. Panas ini bertambah ketika pengukuran dipercepat karena tegangan listrik yang dialirkan ke larutan *buffer* diperbesar. Panas berlebih ini harus dihindari karena dapat menyebabkan AGE tidak dapat beroperasi sebagaimana mestinya [9-15].

Oleh karena itu, pada alat ini ditambahkan modul termoelektrik (*peltier*) dan sistem pendingin termoelektrik. Kegunaan dari pendinginan ini adalah membuang kalor berlebih yang dihasilkan oleh arus listrik dan diterima gel

agarosa, sehingga temperatur di gel agarosa dapat dijaga pada suhu ruangan, dibawah 30°C [10, 13-14].

1.2 Perumusan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada analisa penggunaan *heat pipe* pada sistem pendingin termoelektrik AGE dalam meneliti DNA, serta spesifikasi terbaik dari alat AGE itu sendiri. Sistem pendinginan yang digunakan terbagi menjadi dua: sistem pendingin dengan *heat pipe*, dan sistem pendingin tanpa *heat pipe* yaitu *heatsink fan*. Pengambilan data dilakukan dengan variasi tegangan *peltier* dari 1-8 V, dengan tegangan yang dialirkan ke larutan *buffer* bervariasi antara 80 V, 90 V, 100 V, 135 V, dan 150 V.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. merancang dan membuat suatu sistem perpindahan kalor pada alat AGE dimana target temperatur yang diinginkan pada larutan TAE dapat tercapai, sehingga AGE dapat dipergunakan dengan sebagaimana mestinya.
2. melihat pengaruh penggunaan *heat pipe* pada sistem pendinginan AGE.
3. Menentukan spesifikasi terbaik AGE untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
Merupakan proses pengumpulan data mengenai materi bahasan yang berasal dari buku-buku, jurnal, situs internet, serta narasumber ahli.
2. Perancangan alat
Tahap ini dilakukan dengan melakukan modifikasi berdasarkan rancangan alat sudah ada sebelumnya, baik prototipe AGE I yang sudah ada sebelumnya buatan mahasiswa Universitas Indonesia,

Haolia Rahman, maupun yang sudah ada di pasaran. Perancangan alat mempertimbangkan sifat material, keefisienan alat saat digunakan, serta sisi ergonomis rancangan. Setelah itu rancangan alat dibuat dengan menggunakan *software* gambar yaitu *Solidwork*.

3. Pembuatan alat

Pada proses ini alat yang akan dibuat diwujudkan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan.

4. Pengujian alat

Proses ini bertujuan untuk menguji efektifitas sistem pemindah kalor pada alat, serta kelayakan pengoperasian AGE untuk mengidentifikasi DNA untuk beberapa variabel volatase larutan *buffer*, yang bisa dilihat dari hasil visualisasi migrasi DNA.

5. Pengolahan data

Setelah melakukan pengujian data yang telah diperoleh diolah dalam bentuk grafik dan dianalisa untuk mengetahui pengaruh sistem pendingin terhadap performa AGE dan AGE seperti apa yang paling baik untuk digunakan mengidentifikasi DNA.

6. Analisa dan kesimpulan

Dari analisa pengolahan data dapat ditarik kesimpulan mengenai performa sistem pemindah kalor dan kelayakannya untuk digunakan mengidentifikasi DNA.

1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan hasil penelitian ini dibagi dalam beberapa bab yang saling berhubungan. Adapun urutan dalam penulisan laporan ini terlihat pada uraian dibawah ini :

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan penelitian.

BAB 2 : DASAR TEORI

Bab ini berisi studi literatur yang berkaitan dengan pengujian AGE yang dilakukan.

BAB 3 : PERANCANGAN ALAT AGE

Bab ini berisi penjelasan tentang bentuk, manufaktur, dan konstruksi AGE yang digunakan.

BAB 4 : PENGUJIAN

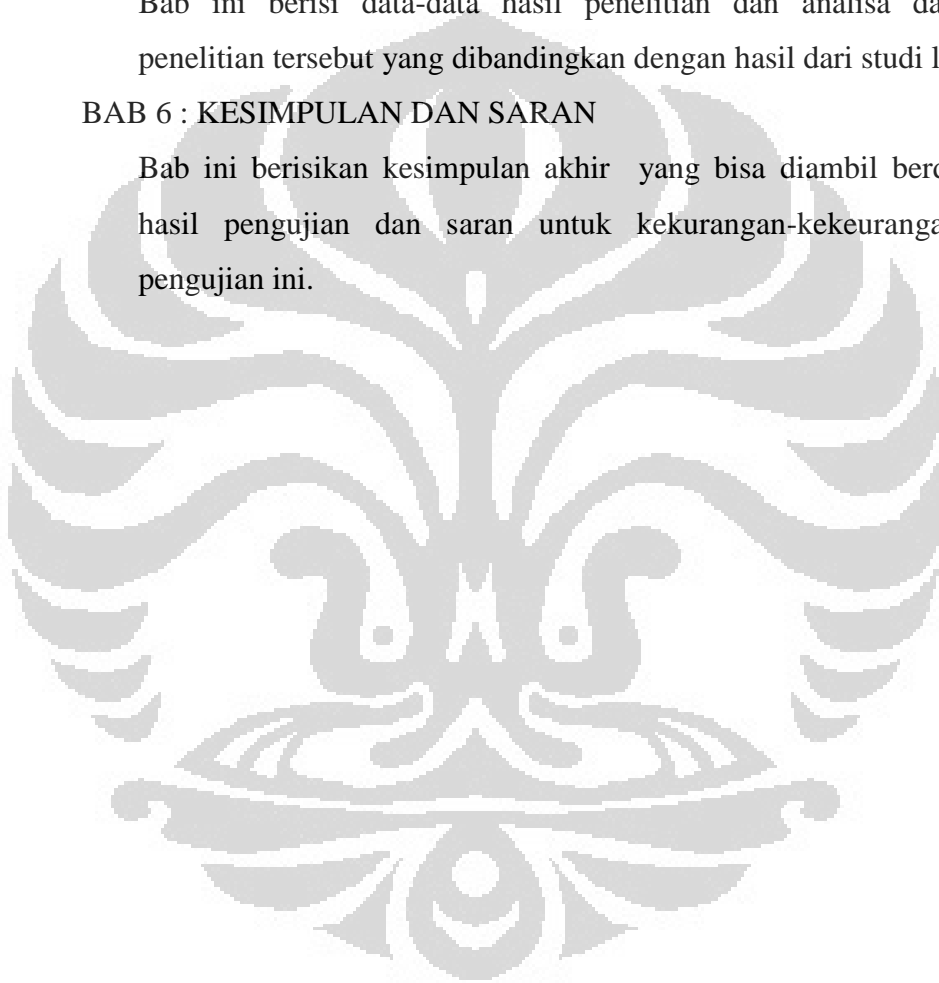
Bab ini berisi prosedur pengujian AGE serta penjelasan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian.

BAB 5 :HASIL DAN ANALISA

Bab ini berisi data-data hasil penelitian dan analisa dari hasil penelitian tersebut yang dibandingkan dengan hasil dari studi literatur

BAB 6 : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan akhir yang bisa diambil berdasarkan hasil pengujian dan saran untuk kekurangan-kekeurangan pada pengujian ini.



BAB 2

DASAR TEORI

2.1 Kromatografi

Dalam dunia mikrobiologi dan kedokteran asam nukleat seperti DNA (*Deoxyribonucleic acid*) yang digunakan dalam penelitian harus diidentifikasi terlebih dahulu. Untuk melakukan identifikasi ini proses yang paling sering digunakan adalah kromatografi, yaitu proses pemisahan suatu campuran senyawa. Terdapat berbagai jenis kromatografi, salah satu diantaranya adalah elektroforesis [1-2, 11].

Pada proses elektroforesis terjadi pemisahan komponen-komponen dengan pengaruh arus listrik sehingga terjadi laju migrasi [2]. Elektroforesis untuk pemisahan dan identifikasi DNA dapat terbagi menjadi dua kategori berdasarkan medium yang digunakan, yaitu *Polyacrilamid Gel Elektrophoresis* dan *Agarose Gel Elektrophoresis* [11]. Perbandingan dari kedua metode tersebut adalah sebagai berikut:

1. Elektroforesi dengan *polyacrylamid gel*
 - Daya yang digunakan ekstrim tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan agarosa
 - Pembuatan gelnya lebih sulit dibanding gel agarosa, karena biasanya digunakan poliakrilamid dengan resolusi yang tinggi.
 - Medan gerak vertikal.
2. Elektroforesis dengan *agarose gel*
 - Daya yang digunakan lebih rendah.
 - Mempunyai laju pemisahan lebih cepat.
 - Medan gerak horizontal.

Untuk memilih metode yang dapat dipakai ditentukan dari ukuran molekul DNA yang ingin diidentifikasi. *Polyacrylamid gel* umumnya dipakai untuk ukuran molekul DNA sangat kecil (dibawah 0,5 kb), sedangkan gel agarosa paling umum digunakan dalam penelitian mikrobiologis yang melibatkan molekul DNA dengan ukuran menengah ke atas (0,5 – 50 kb) [16].

2.2 Agarose Gel Elektrophoresis

AGE adalah sebuah alat kedokteran yang berfungsi sebagai pengidentifikasi fragmen DNA yang bekerja dengan proses elektroforesis dan dengan menggunakan gel agarosa [8-11].

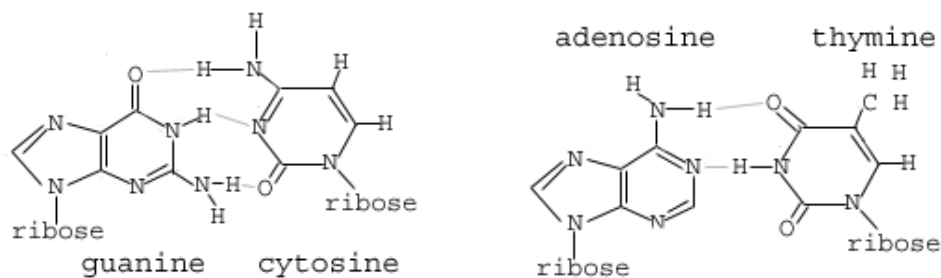
Cara kerja singkat dari alat ini adalah, DNA yang akan diteliti dituangkan pada gel agarosa yang sudah diberi lubang. Gel ini diletakkan pada wadah AGE berisi larutan *buffer* yang fungsinya meneruskan aliran listrik. Larutan *buffer* yang digunakan pada AGE adalah larutan Tris-Acetate-EDTA (TAE) [11]. Saat larutan TAE dialiri listrik gel agarosa akan meneruskan aliran listrik itu sehingga DNA yang diletakkan di atasnya akan terpisah dari molekul-molekul bukan DNA lainnya yang tercampur dalam sampel. Fragmen DNA akan bergerak sesuai dengan ukurannya melewati matriks gel. Proses ini terjadi karena asam nukleat seperti DNA memiliki muatan negatif yang konstan sehingga ia akan bermigrasi ke anoda (kutub positif). Pergerakan DNA dalam gel tersebut dapat dilihat dengan menggunakan pewarna *fluorescent* seperti *Ethidium Bromida* (EtBr) [6]. Migrasi dari DNA kemudian dapat menjadi dasar identifikasi dari DNA tersebut dengan cara membandingkannya dengan DNA *marker* yang sudah ada [8-9].

AGE dapat diaplikasikan untuk hal-hal berikut ini:

1. Memisahkan fragmen DNA dari molekul lain yang mengkontaminasi sampel
2. Mengetahui berat molekul suatu bahan
3. Mengetahui adanya kerusakan atau kontaminasi bahan
4. Mengetahui adanya antibodi terhadap virus tertentu

2.3 DNA

DNA (*Deoxyribonucleic acid*) adalah asam nukleat yang mengandung instruksi genetik yang menentukan sifat gen dari suatu makhluk hidup. Terdapat empat macam *base* pada DNA yaitu *adenine* (abbreviated A), *thymine* (T), *cytosine* (C), *guanine* (G). DNA dibentuk dari pasangan-pasangan *base* (*base pair*) yang dibentuk dari 2 jenis *base* yang berikatan dengan ikatan hidrogen, contohnya *base* A membentuk *base pair* dengan T, *base* C membentuk *base pair* dengan G [18] seperti pada gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2. 1 Base pada DNA

ATCGATTGAGCTCTAGCG
TAGCTAACTCGAGATCGC

Gambar 2. 2 Contoh urutan *base pair* DNA

Dalam menentukan panjang dari fragmen DNA biasanya digunakan satuan kb (*kilobase pair*) dimana 1 kb sama dengan 1000 bp (*base pair*). Setelah AGE dijalankan, molekul-molekul DNA mengalami separasi dan berjalan seiring dengan arus listrik. Jarak perpindahan DNA diukur dengan satuan kb dan dibandingkan dengan DNA *marker* [19-22].

Temperatur penyimpanan DNA yang dianjurkan adalah pada -20°C hingga -4°C [18-21]. DNA (tanpa tambahan) dapat mengalami kerusakan struktur jika berada pada temperatur yang tinggi [22]. Hal itu dikarenakan DNA terdiri dari dua jalinan yang dihubungkan dengan ikatan hidrogen, dan ikatan itu sangat rentan untuk rusak pada suhu tinggi. Nilai temperatur maksimal yang dapat diterima DNA ini berbeda-beda tergantung pada jenis dari DNA nya, namun semuanya cenderung stabil pada temperatur ruangan [10, 20-21]. Oleh karena itu pembuatan AGE harus mempertimbangkan cara menjaga temperatur DNA agar strukturnya tidak mengalami kerusakan. Selibhnya untuk kepentingan penelitian AGE dioperasikan pada temperatur ruangan untuk menjaga kestabilan struktur DNA.

2.3.1 Faktor yang Mempengaruhi Laju Migrasi DNA

1. Ukuran molekul DNA

Molekul yang berukuran lebih kecil akan lebih mudah melalui pori-pori (matriks) gel sehingga laju migrasinya lebih cepat [19, 23].

2. Konsentrasi gel agarosa

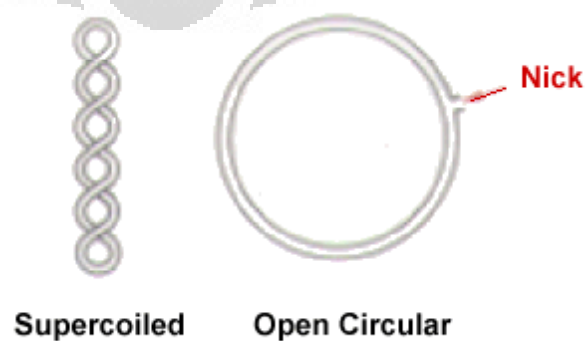
Konsentrasi agarosa yang digunakan akan menentukan besarnya pori-pori gel yang akan memisah-misahkan DNA. Semakin rendah konsentrasi agarosa maka matriks gel akan semakin kecil dan fragmen DNA dapat dipisah semakin jauh berdasarkan ukurannya. Yang biasa digunakan adalah konsentrasi 1% [6].

No	Konsentrasi Gel Agarosa (%)	Effisiensi range pemisahan pada DNA linier (kb)
1	0.3	60 - 5
2	0.6	20 - 1
3	0.7	10 - 0.8
4	0.9	7 - 0.5
5	1.2	6 - 0.4
6	1.5	4 - 0.2
7	2.0	3 - 0.1

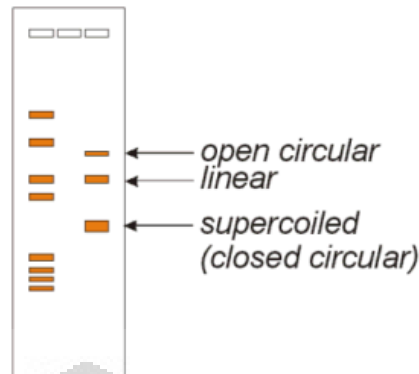
Tabel 2. 1 konsentrasi gel agarosa dan ukuran molekul DNA

3. Konformasi DNA

Laju migrasi juga tergantung pada bentuk/konformasi DNA. Ada 3 macam bentuk DNA yaitu supercoiled, circular-opened, dan linier. Urutan konformasi DNA mulai dari yang paling cepat adalah supercoiled, circular-opened dan linear [18-19, 23] seperti pada gambar 2.3. Sedangkan perbedaan hasil pengukuran DNA untuk ukuran yang berbeda-beda terlihat seperti pada gambar 2.4 [6].



Gambar 2. 3 Konformasi DNA [6]



Gambar 2. 4 Contoh perbedaan hasil pengukuran DNA berdasarkan konformasinya [6]

4. Tegangan digunakan
Penambahan tegangan yang dialirkan ke larutan *buffer* berarti arus yang diberikan juga semakin besar, sehingga kecepatan migrasi DNA bertambah. Namun bila terlalu besar akan menimbulkan panas yang jika terlalu besar dapat menyebabkan panas berlebih yang menyebabkan gel meleleh [6].
5. Keberadaan pewarna DNA
Intercalating agent ethidium bromide (EtBr) adalah pewarna fluoresen untuk deteksi asam nukleat, EtBr ini akan mengikat pada sela-sela pasangan basa DNA. EtBr dapat mengurangi mobilitas DNA linier sampai 15% [6]. EtBr digunakan untuk mendeteksi asam nukleat seperti DNA.
6. Komposisi *buffer* elektroforesis
Buffer elektroforesis yang digunakan harus sesuai dengan pelarut yang digunakan untuk pembuatan gel agarosa [6].

2.4 Agarosa Gel

Agarosa merupakan polisakarida yang diekstrak dari rumput laut dan mengandung sulfat, dan dalam bentuk gel sangat sesuai untuk keperluan penelitian bioteknologi. Gel agarosa dapat dicetak dengan memanaskan agarosa dalam larutan bufer sampai didapatkan larutan jernih. Larutan yang masih cair (dengan temperatur sekitar 60°C) dituangkan ke dalam pencetak gel. Segera setelah itu, sisir ditempatkan di dekat tepian gel dan gel dibiarkan mengeras.

Kepadatan gel bergantung pada presentase agarosa di dalam larutan tadi. Apabila gel telah mengeras, sisir dicabut sehingga akan terbentuk sumur-sumur yang digunakan untuk menempatkan larutan DNA. Jika gel ditempatkan ke dalam tangki elektroforesis yang mengandung larutan *buffer* dan tangki tersebut dialiri listrik, molekul DNA yang bermuatan negatif pada pH netral akan bergerak (migrasi) ke arah positif (anoda) [11].

Temperatur pada AGE harus dijaga dengan baik agar tidak sampai ke titik leleh gel, yaitu pada kisaran 60°C. Titik leleh gel agarosa dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi agarosa pada pelarut (air) [24].

Pada gel agarosa yang digunakan sebagai medium DNA, temperatur yang dianjurkan hanya adalah pada temperatur 10 hingga 25°C, karena diluar temperatur itu struktur gel akan berkurang kestabilannya dan mempengaruhi hasil pengambilan data [9,10].

2.5 Larutan *Tris-Acetate-EDTA* (TAE)

Tris-Acetate-EDTA atau TAE adalah larutan *buffer* yang biasa digunakan untuk elektroforesis dengan gel agarosa (AGE) [25]. Larutan ini berfungsi untuk meneruskan arus listrik sehingga diterima oleh fragmen DNA yang berada pada gel agarosa yang terendam pada larutan tersebut. Yang terpenting adalah menjaga suhu larutan TAE agar berada pada temperatur dibawah 40°C dimana larutan ini bekerja paling baik sebagai larutan *buffer* pada temperatur 4-25°C [25, 26].

2.6 Elektroforesis

Elektroforesis adalah pergerakan molekul-molekul kecil yang dibawa oleh muatan listrik akibat adanya pengaruh medan listrik [4]. Pergerakan ini dapat dijelaskan dengan gaya Lorentz.

$$F_e = qE \quad (2.1)$$

F : gaya Lorentz

q : muatan yang dibawa objek

E : muatan listrik

Pergerakan muatan listrik pada larutan *buffer* (TAE) menyebabkan timbulnya kalor. Besarnya kalor sebanding dengan daya digunakan pada proses elektroforesis dalam satuan Watt.

$$P = I^2R \quad (2.2)$$

P : daya digunakan selama elektroforesis

I : arus yang mengalir pada larutan *buffer*

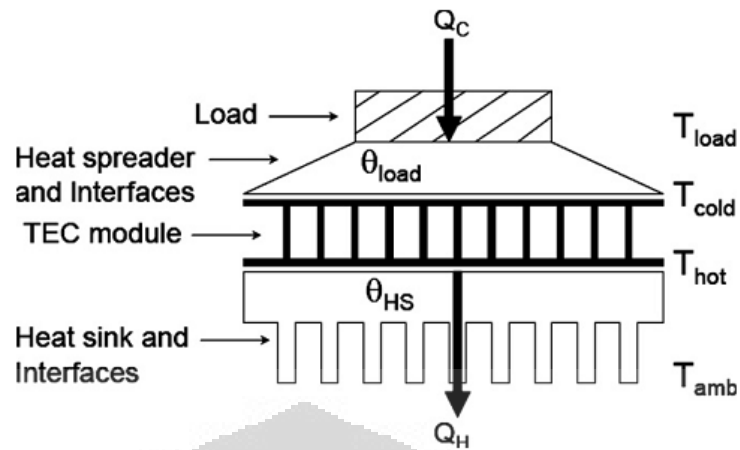
R : hambatan pada larutan *buffer*

2.7 Termoelektrik

Modul termoelektrik atau yang biasa disebut *peltier* merupakan alat pemompa kalor yang bekerja dengan mengubah beda potensial listrik menjadi perbedaan temperatur, yang bisa dilihat pada gambar 2.5. Efek *peltier* bekerja ketika suatu modul yang tersusun dari material semikonduktor tipe-n dan tipe-p dilewatkan arus searah seperti pada gambar 2.6 [27].

Selain ukuran yang relatif kecil, modul termoelektrik memiliki keunggulan lain, yaitu :

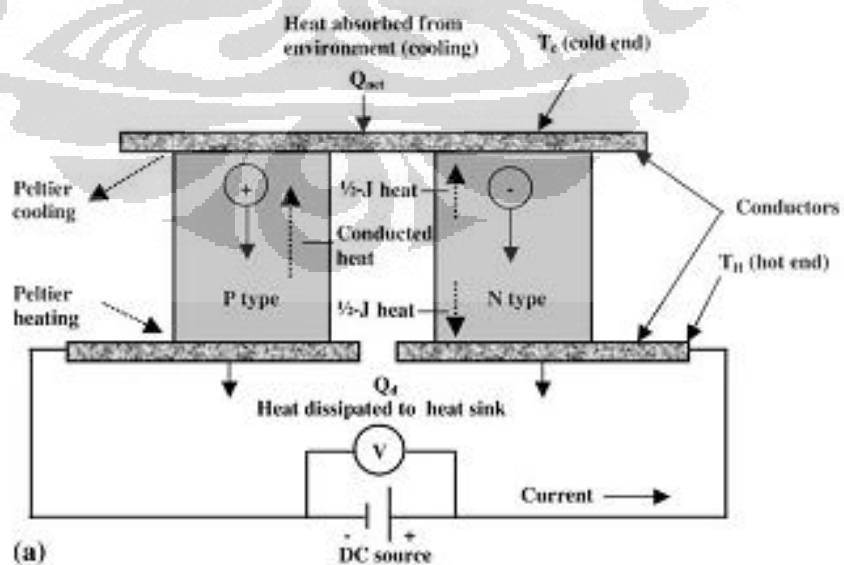
- Modul termoelektrik tidak memiliki bagian yang bergerak, sehingga untuk perawatan lebih mudah.
- Pengujian usia pakai telah membuktikan bahwa modul termoelektrik bias digunakan selama 100.000 jam.
- Modul termoelektrik tidak memiliki kandungan *chloroflourocarbons* (CFC) atau material lainnya yang membutuhkan penambahan berkala.
- Modul termoelektrik bisa dioperasikan pada lingkungan yang terlalu kecil bagi sistem pendingin konvensional.



Gambar 2. 5 Susunan modul termoelektrik [27]

Parameter pemilihan modul termoelektrik adalah sebagai berikut:

- Jumlah kalor yang akan diserap oleh sisi dingin modul
- Perbedaan temperatur antara sisi panas dan sisi dingin modul ketika beroperasi.
- Arus listrik yang digunakan oleh modul.
- Tegangan listrik yang digunakan oleh modul.
- Temperatur tertinggi dan terendah lingkungan dimana modul beroperasi [27, 28].



Gambar 2. 6 Skema pendinginan pada termoelektrik [27]

2.7.1 Perhitungan COP

Nilai COP adalah suatu nilai yang menunjukkan jumlah kalor yang dipindahkan dari sistem ke lingkungan dibagi dengan jumlah energi yang digunakan. Perhitungan nilai COP secara garis besar mengikuti persamaan berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{P} \quad (2.3)$$

Q_c : Beban pendinginan

P : Daya yang digunakan

Nilai COP untuk sistem pendingin absorpsi mengikuti persamaan berikut

[31]:

$$COP = \frac{\text{desired output}}{\text{required input}} = \frac{Q_L}{Q_{gen}} \quad (2.4)$$

$$COP_{Optimum} = \left(1 - \frac{T_a}{T_s}\right) \left(\frac{TL}{T_a - TL}\right) = \frac{TL(T_s - T_a)}{T_s(T_a - TL)} \quad (2.5)$$

T_a : Temperatur lingkungan

TL : Temperatur kabin

T_s : Temperatur generator

Terdapat dua persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai COP untuk sistem pendingin termoelektrik [32]:

$$COP(opt) = \left(\frac{T_c}{T_h - T_c}\right) \left[\frac{\sqrt{1 + Z \cdot T_m} - \frac{T_h}{T_c}}{\sqrt{1 + Z \cdot T_m} + 1}\right] \quad (2.6)$$

$$Q_c = 2N \left[(\alpha \cdot I \cdot T_c) - \left(\frac{I^2 \rho}{2G}\right) - (K \cdot \Delta T \cdot G) \right] \quad (2.7)$$

Dimana:

T_m : $\frac{1}{2}(T_h + T_c)$ (Kelvin)

ΔT : $T_h - T_c$ (Kelvin)

T_h : Temperatur sisi panas termoelektrik (Kelvin)

T_c : Temperatur sisi dingin termoelektrik (Kelvin)

Z : Figure of merit (Kelvin⁻¹)

G : Area / Length dari termoelektrik (cm)

N : Jumlah termokopel

α : koefisien seebeck (Volt/Kelvin)

ρ : Resistivity (ohm cm)

k : Konduktivitas termal

2.8 Sistem Pendingin Termoelektrik

Untuk mendapatkan temperatur sisi dingin yang lebih rendah, digunakan sistem pendingin yang dapat membantu mengalirkan kalor dari sisi panas modul. Sistem pendingin ini terdiri dari beberapa bagian yaitu, *heatsink fan*, *heat plate*, dan *heat pipe*.

2.8.1 Heatsink fan

Heat sink terdiri dari plat-plat aluminium yang berfungsi untuk mengalirkan panas yang tidak diinginkan dan mencegah terjadinya *overheat*, seperti pada gambar 2.7. Keberadaan plat-plat ini memungkinkan panas menyebar ke luasan permukaan yang lebih besar. Penggunaan *heat sink* membantu meningkatkan luasan dari permukaan untuk mempercepat proses perpindahan panas [29].



Gambar 2.7 *Heat sink*

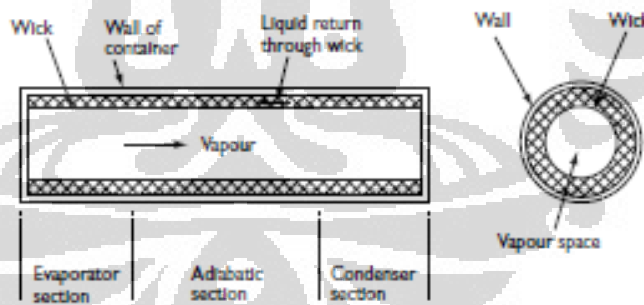
Pembuangan panas dari *heat sink* biasanya dibantu oleh kipas yang dipasang pada *heat sink* untuk mempercepat laju perpindahan kalor. *Heat sink* dengan *fan* ini disebut dengan *Heatsink fan* (HSF) seperti pada gambar 2.8. Alat ini sering digunakan untuk mendinginkan CPU.



Gambar 2. 8 Heatsink fan

2.8.2 Heat pipe

Biasanya *heat pipe* terdiri atas pipa vakum yang tertutup (*closed evacuated envelope*), *wick* dan fluida kerja. Fluida kerja yang bersifat mudah menguap akan menyerap kalor dari sumber panas pada bagian evaporator, perubahan temperature yang dialami oleh fluida kerja mengakibatkan terjadinya peningkatan tekanan pada fluida kerja sehingga terjadi perubahan fase dari wujud cair menjadi uap. Uap yang terbentuk akan bergerak ke kondenser dan terjadi pelepasan kalor sehingga fluida kerja kembali ke wujud cair [30]. Skema dasar *heat pipe* dapat dilihat pada gambar 2.9 di bawah ini.



Gambar 2. 9 Skema *heat pipe* [30]

BAB 3

PERANCANGAN ALAT AGAROSE GEL ELEKTROPHORESIS

3.1 Konsep Rancangan

Dalam merancang alat yang digunakan, peneliti membandingkan dengan Agarose Gel Elektrophoresis (AGE) yang sudah ada, yaitu prototipe I yang sudah dibuat sebelumnya oleh Haolia Rahman seperti pada gambar 3.1, maupun AGE yang ada di pasaran seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3. 1 Prototipe I AGE

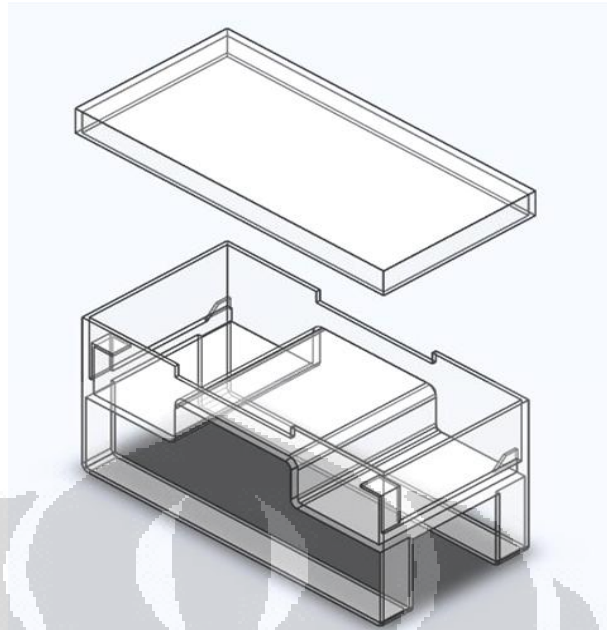


Gambar 3. 2 Contoh AGE yang ada di pasaran: Mupid-exU *Electrophoresis System* [33]

3.1.1 Bodi AGE

Gambar disain bodi AGE dibuat dengan *software* gambar *Solidwork*. Dalam perkembangannya, disain AGE oleh peneliti mengalami beberapa perubahan. Berikut adalah gambar isometriknya sedangkan gambar kerja terlampir.

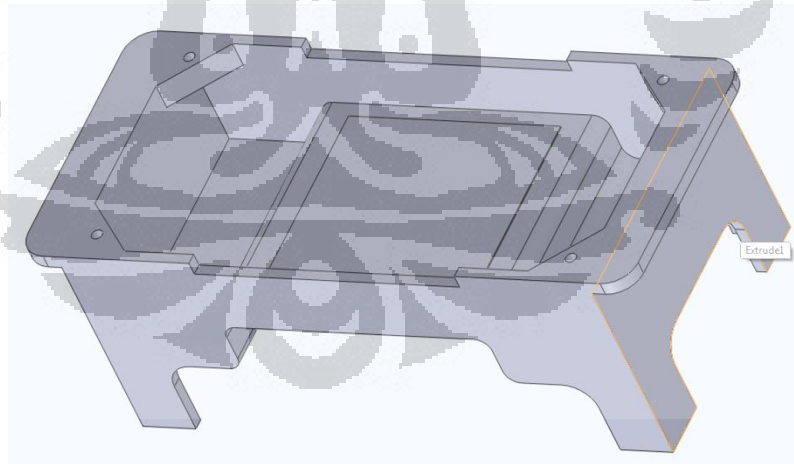
- Disain 1



Gambar 3. 3 Disain bodi AGE pertama

Pada disain awal ini masih terdapat beberapa kekurangan antara lain bagian kaki yang kurang kokoh untuk menopang bodi AGE dan sistem pendingin yang akan dipasang di bawahnya, sehingga disain ini diganti.

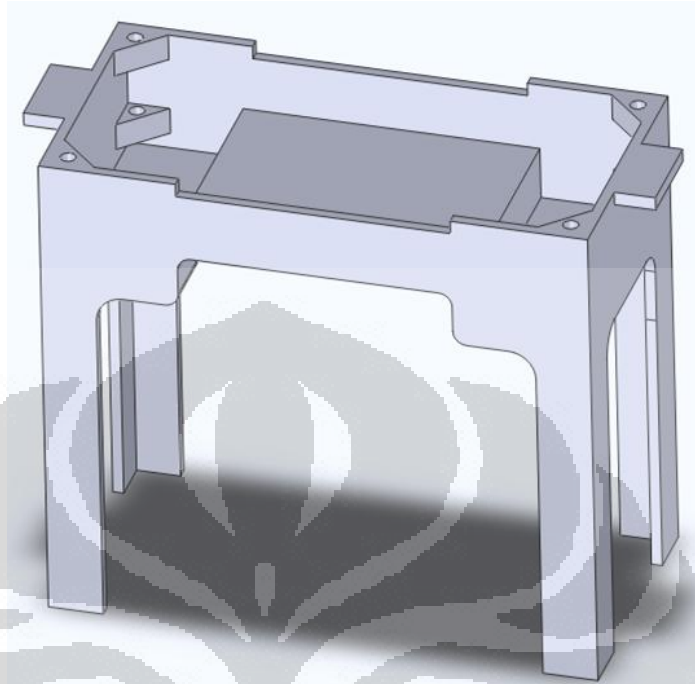
- Disain 2



Gambar 3. 4 Disain bodi AGE kedua

Disain ini ternyata juga memiliki kekurangan yaitu pada tinggi kaki AGE. Hal itu karena sebelum pengambilan data terjadi pergantian sistem pendingin termoelektrik dari 1 *heat pipe* menjadi 3 *heat pipe* yang memiliki ukuran lebih besar, sehingga kaki AGE perlu ditinggikan.

- Disain 3



Gambar 3. 5 Disain bodi AGE ketiga

Disain ini adalah rancangan terakhir yang kemudian dibuat benda jadi nya di tempat pembentukan *acrylic* sebagai prototipe II.

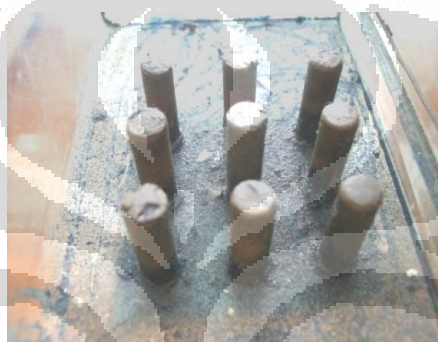
Untuk rancangan bodi AGE, peneliti menggunakan material *acrylic*. Bahan ini dipilih karena tembus pandang seperti kaca sehingga proses elektroforesis dapat lebih mudah diamati, namun memiliki kelebihan dibanding kaca antara lain:

- *Acrylic* memiliki sifat ulet sehingga mudah dibentuk dan ditekuk serta 17 kali lebih kuat dari kaca.
- *Acrylic* memiliki sifat insulator lebih baik 20% dari kaca, sehingga lebih tahan panas.
- *Acrylic* lebih ringan hingga 50% dibanding gelas untuk massa yang sama [34, 35].

Ketebalan *acrylic* yang digunakan adalah 5mm, sehingga bodi relatif kuat untuk menopang sistem pendingin dibawahnya serta untuk menampung larutan *buffer*.

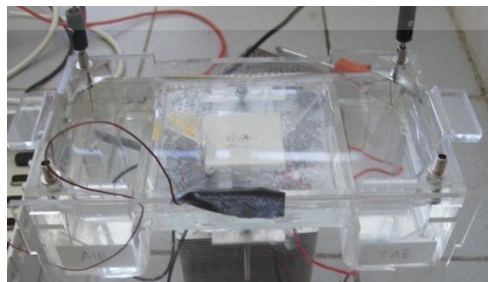
3.1.2 *Heat plate*

Pada prototipe I yang sudah ada sebelumnya terdapat *waterfin* yang terbuat dari tembaga untuk menyerap panas dari larutan *buffer*. Tembaga memiliki konduktivitas panas yang tinggi yaitu 401 W/m.K [24] sehingga tepat digunakan sebagai media penghantar panas, namun ternyata material bereaksi dengan larutan TAE saat dialiri arus listrik sehingga terjadi korosi seperti pada gambar 3.6. Sebagai gantinya, peneliti memakai *heat plate* yang dipasang di tengah prototipe, tepat di bawah gel tray yang berisi gel agarosa dan di atas sistem pendingin termoelektrik, seperti pada gambar 3.7 dan 3.8.

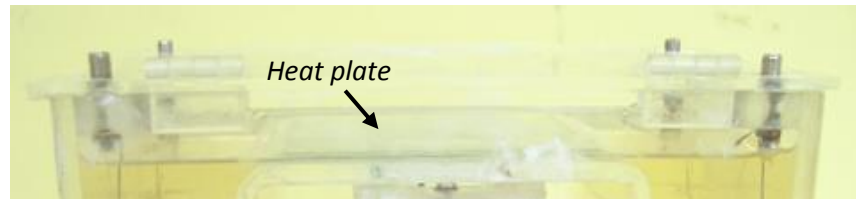


Gambar 3. 6 Kondisi waterfin setelah terkena kontak dengan larutan *buffer*

Heat plate berfungsi untuk membantu persebaran panas agar lebih merata pada agarosa. Untuk alat ini dibutuhkan bahan dengan nilai resistansi elektrik yang kecil untuk menghindari terjadinya arus pendek (*short*), namun memiliki nilai konduktivitas thermal yang besar. Karena itu digunakan kaca (nilai *electric resistivity* 10^{-14} S/m) dengan nilai konduktivitas thermal yang tidak terlalu buruk diantara bahan non-logam lainnya yaitu 1,05 W/mK [36]. *Heat plate* yang digunakan berbentuk segi empat dengan ukuran 80 x 80 mm dengan ketebalan 2 mm.



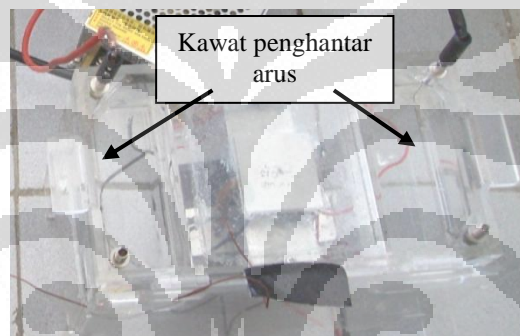
Gambar 3. 7 *Heat plate* bentuk segi empat



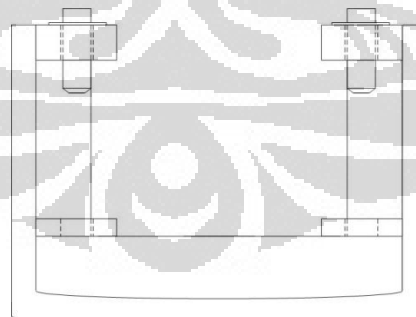
Gambar 3. 8 Letak *Heat plate*

3.1.3 Kawat Penghantar Arus

Untuk menghantarkan arus listrik dari power supply ke larutan *buffer*, digunakan kawat logam yang berada di sisi kiri dan kanan AGE. Pada prototipe II digunakan kawat stainless steel yang tahan karat sehingga tidak bereaksi dengan larutan *buffer* dan mengotori *chamber*. Kawat dipasang seperti pada gambar 3.9 dan 3.10.



Gambar 3. 9 letak kawat penghantar arus listrik



Gambar 3. 10 Profil samping posisi kawat penghantar arus listrik pada AGE

3.1.4 Gel Tray dan Casting Comb

Gel tray berfungsi sebagai tempat pencetakan gel agarosa untuk digunakan dalam pengujian, sedangkan *casting comb* adalah sisir yang berfungsi untuk membuat lubang *well* pada agarosa sehingga sampel DNA dapat dimasukkan ke

dalam gel. Kedua komponen ini juga dibuat di tempat pembentukan *acrylic*. *Gel tray* memiliki tempat penempatan *casting comb* agar sisir tidak bergerak-gerak saat gel mengeras dan well terbentuk sempurna pada gel. *Casting comb* memiliki ketebalan 2 mm dengan jarak standar antar sisir yaitu 1 mm, dan menghasilkan *well* dengan panjang 4 mm.



Gambar 3. 11 *Gel tray dan casting comb*

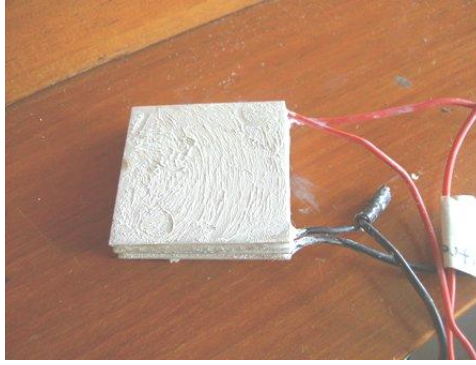
3.2 Komponen Termoelektrik

Komponen ini terdiri dari modul termoelektrik, serta sistem pendingin termoelektrik yaitu *heat pipe* dan *heatsink fan*.

3.2.1 Modul Termoelektrik Bertingkat

Untuk mendapatkan delta temperatur yang lebih besar hal termudah yang dapat dilakukan adalah dengan menempelkan sisi panas modul termoelektrik ke sisi dingin modul termoelektrik lainnya, sehingga didapatkan modul termoelektrik bertingkat. Dalam sistem pendinginan AGE digunakan modul termoelektrik bertingkat 2, seperti pada gambar 3.12. Penggunaan termoelektrik bertingkat ini bertujuan untuk mendapatkan temperatur sisi dingin modul yang lebih rendah. Modul termoelektrik yang digunakan adalah tipe TEC1-12706 dengan spesifikasi sebagai berikut [37].

- Temperatur operasi yang disarankan : 90°C
- Q maksimum : 76 W
- Delta temperatur maksimum : 68°C
- Tegangan maksimum : 15,4 V
- Arus maksimum : 8,5 A
- Diameter kabel *peltier* : 0,5 mm



Gambar 3. 12 *Peltier* bertingkat 2

3.2.2 Sistem Pendingin *Heatsink fan*

Heatsink fan yang digunakan:



Gambar 3. 13 *Heatsink fan* digunakan

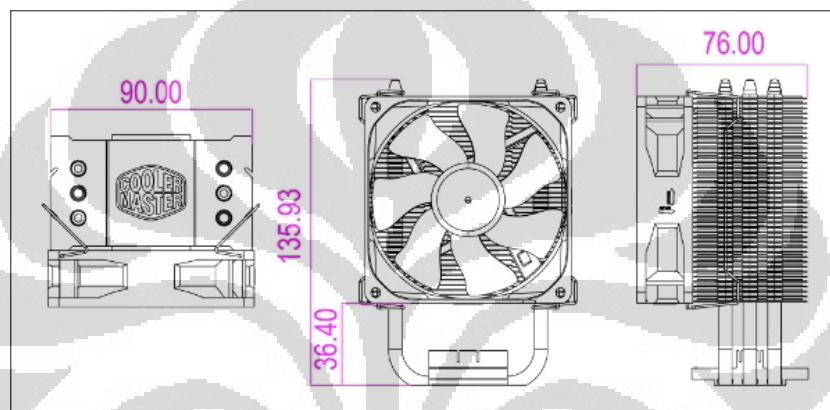
3.2.3 Sistem Pendingin *Heat pipe*

Heat pipe yang digunakan adalah *Coolermaster Hyper TX3* seperti pada gambar 3.14 (a) dan 3.14 (b) berikut. Spesifikasi dari alat ini:

- Dimensi : 90 x 51 x 139 mm
- Berat : 470 gram
- Material : Alumunium fin
- Jumlah *heat pipe* : 3 pcs
- Dimensi kipas : 92 x 92 x 25 mm
- Kecepatan kipas : 800 - 2800 rpm



(a)



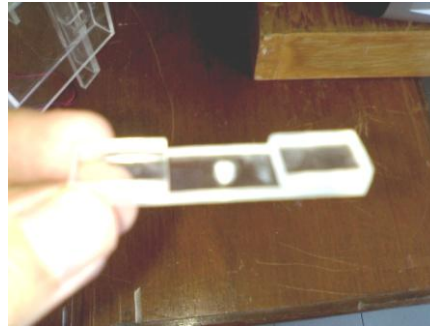
(b)

Gambar 3. 14 (a) *Coolermaster Hyper TX3*, (b) gambar profil *Coolermaster Hyper TX3* [38]

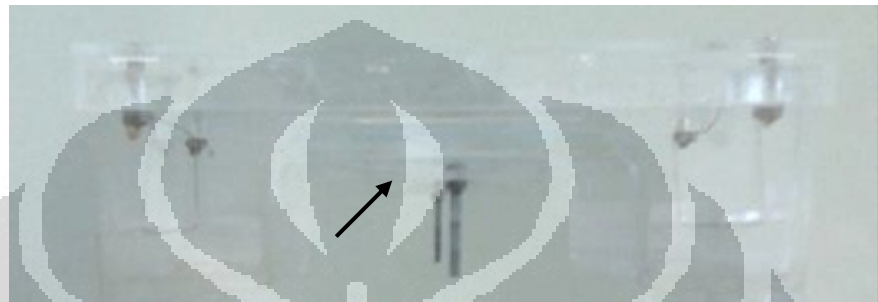
3.3 Proses Pembuatan dan Perakitan Alat

Berikut adalah langkah-langkah pembuatan dan perakitan alat hingga menjadi AGE yang dapat dipakai untuk melakukan pengujian:

1. Pembuatan bodi AGE dilakukan di tempat pembentukan *acrylic* dengan proses *laser cut* sesuai dengan rancangan akhir yang telah disetujui.
2. Pembuatan penahan sistem pendingin termoelektrik dari *acrylic* seperti pada gambar 3.15. Pembuatan dilakukan dengan gergaji kawat yang ada di Ruang Robot FTUI. Setelah selesai, baut dimasukkan ke dalam lubang yang ada pada penahan, kemudian penahan direkatkan dengan bodi AGE dengan lem *acrylic* khusus seperti pada gambar 3.16.



Gambar 3. 15 Penahan sistem pendingin termoelektrik



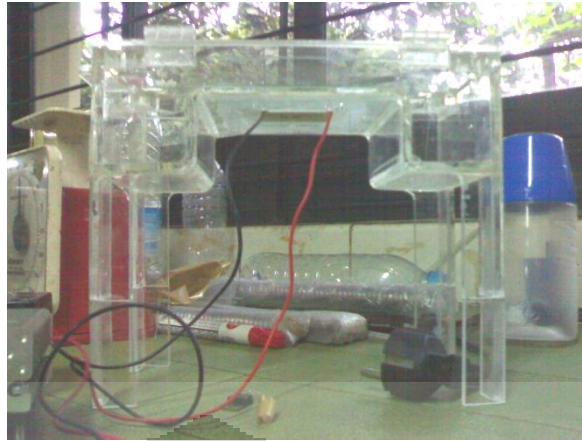
Gambar 3. 16 Posisi penahan sistem pendingin

3. Pemasangan *heat plate* yang terbuat dari kaca pada bagian tengah AGE. *Heat plate* direkatkan pada *acrylic* agar permukaan kaca menempel sempurna dengan *acrylic* dan menghindari terjadinya kebocoran.
4. Perakitan modul termoelektrik bertingkat dua seperti pada gambar 3.17.



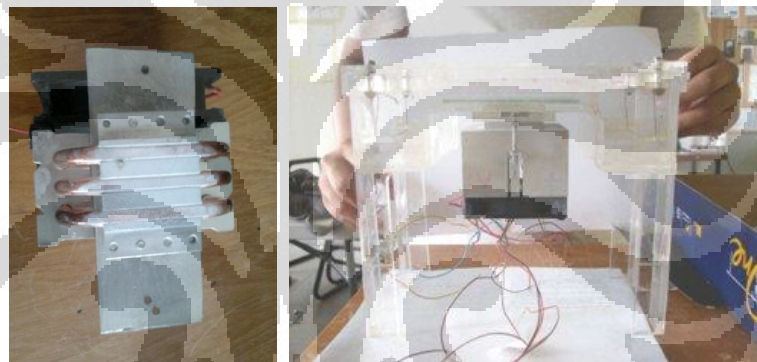
Gambar 3. 17 menggabungkan 2 *peltier* menjadi satu dengan cara menyambung kabel secara paralel

5. Pemasangan modul termoelektrik di bawah *heat plate* seperti pada gambar 3.18.



Gambar 3. 18 Peletakan modul termoelektrik

6. Pemasangan sistem pendingin termoelektrik di bawah modul termoelektrik menggunakan plat aluminium yang telah di-drill dengan diameter 10 mm.



Gambar 3. 19 Pemasangan modul termoelektrik

7. Meletakkan *gel tray* dan *casting comb* pada AGE.

3.4 Spesifikasi Alat *Agarose Gel Electrophoresis*

Dimensi : 190 x 107 x 177 mm

Material : *acrylic* dan kaca

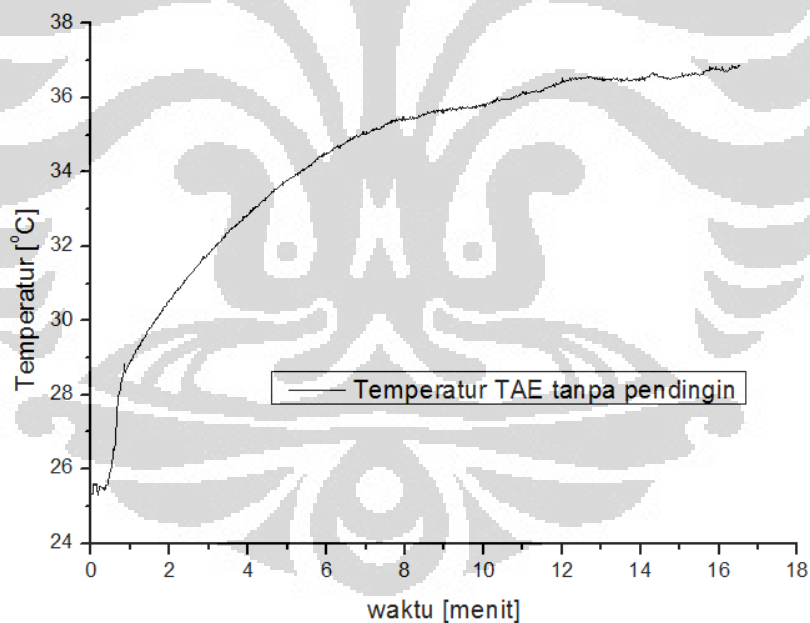
Tegangan maksimum : 5 A, 12 V

Elemen pendingin : modul termoelektrik TEC1-12706 2 tingkat

BAB 4 PENGUJIAN

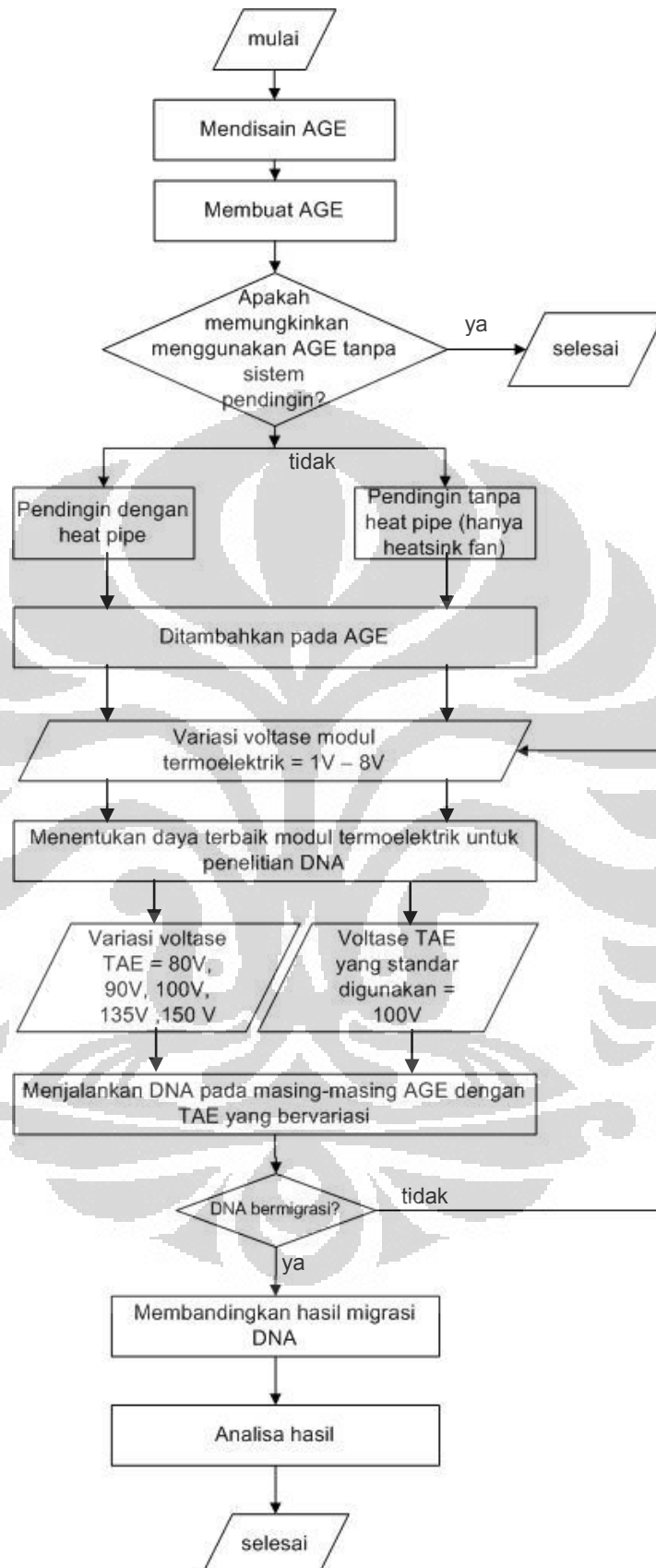
4.1 Pengujian dengan AGE

Panas berlebih yang dihasilkan oleh listrik pada saat AGE dijalankan akan membuat temperatur larutan *buffer* yang berada di dalam AGE meningkat. Temperatur larutan *Tris-Acetate-EDTA* yang diizinkan sebagai *buffer* adalah pada kisaran 4-25°C, jika berada di luar kisaran tersebut akan terjadi ketidakstabilan pada larutan yang akan mempengaruhi hasil pengujian DNA [25,26]. Panas yang melewati larutan *buffer* juga dapat menyebabkan struktur gel agarosa rusak, oleh karena itu temperatur gel harus dijaga diantara 10°C - 25°C untuk hasil pengujian DNA terbaik dan tidak boleh mendekati titik leleh agarosa yaitu 60°C. Gambar 4.1 adalah hasil yang didapat dengan AGE yang dibuat oleh peneliti tanpa tambahan sistem pendinginan.



Gambar 4. 1 Grafik temperatur larutan *buffer* (TAE) tanpa sistem pendinginan, dengan tegangan larutan *buffer* 100 V

Dari grafik terlihat bahwa temperatur TAE pada 15 menit pertama telah mencapai angka 37°C dan tentu saja tidak memadai untuk digunakan menguji DNA. Oleh karena itu, pada AGE perlu ditambahkan sistem pendinginan.



Gambar 4. 2 Langkah-langkah pengujian

Dalam penelitian ini terdapat dua jenis sistem pendinginan yang dibandingkan: sistem pendinginan dengan dan tanpa *heat pipe*, untuk menguji seberapa besar pengaruh adanya *heat pipe* pada sistem pendingin. Kedua sistem pendinginan ini diuji dengan variasi daya modul termoelektrik dan juga variasi tegangan larutan *buffer*. Dengan melihat hasil pada gel agarose yang sudah dimasukkan DNA sampel, dapat dilihat perbedaan antara penggunaan *heat pipe* dan *heatsink fan* sebagai sistem pendingin pada AGE. Untuk lebih jelasnya, skema proses pengujian dapat dilihat pada gambar 4.2.

4.2 Instalasi Pengujian

Terdapat dua pengujian yang dilakukan untuk penelitian ini, yang pertama dilakukan di Lab *Applied Heat Transfer* di gedung *Engineering Centre*, dan yang kedua di Lab DNA *Institute of Human Virology and Cancer Biology of The University of Indonesia* (IHVCB-UI) di Salemba. Hal ini dilakukan karena dibutuhkan pengujian dengan gel agarosa dan sampel DNA yang tidak bisa dilakukan di luar lab DNA IHVCB.

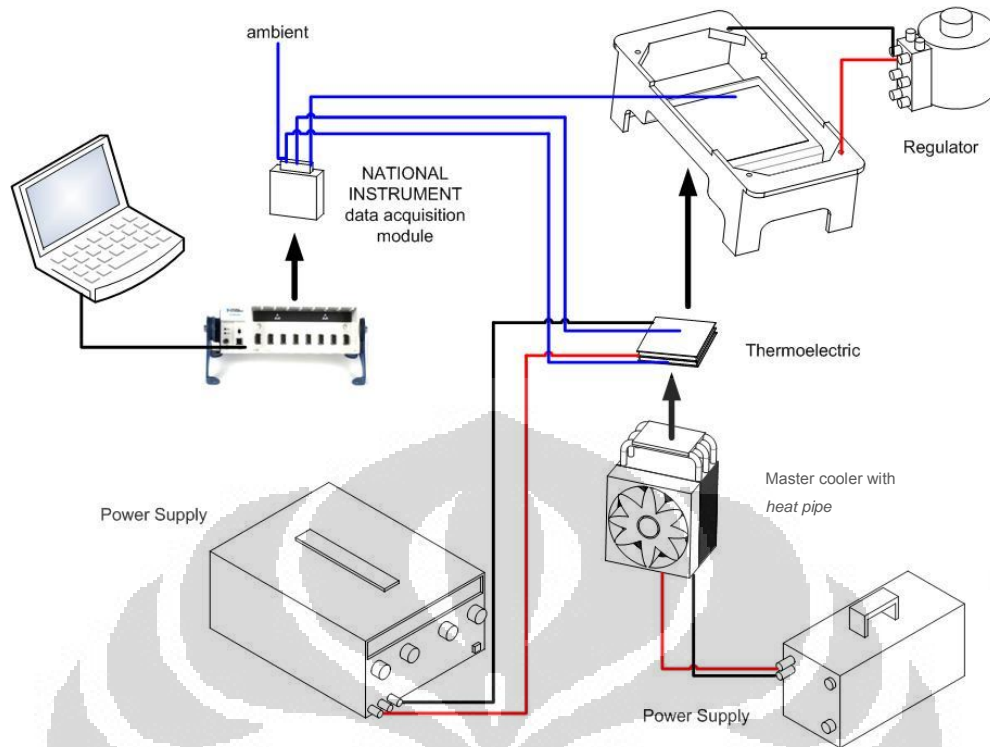
4.2.1 Instalasi Pengujian di Lab *Applied Heat Transfer*

Urutan instalasi pengujian adalah sebagai berikut:

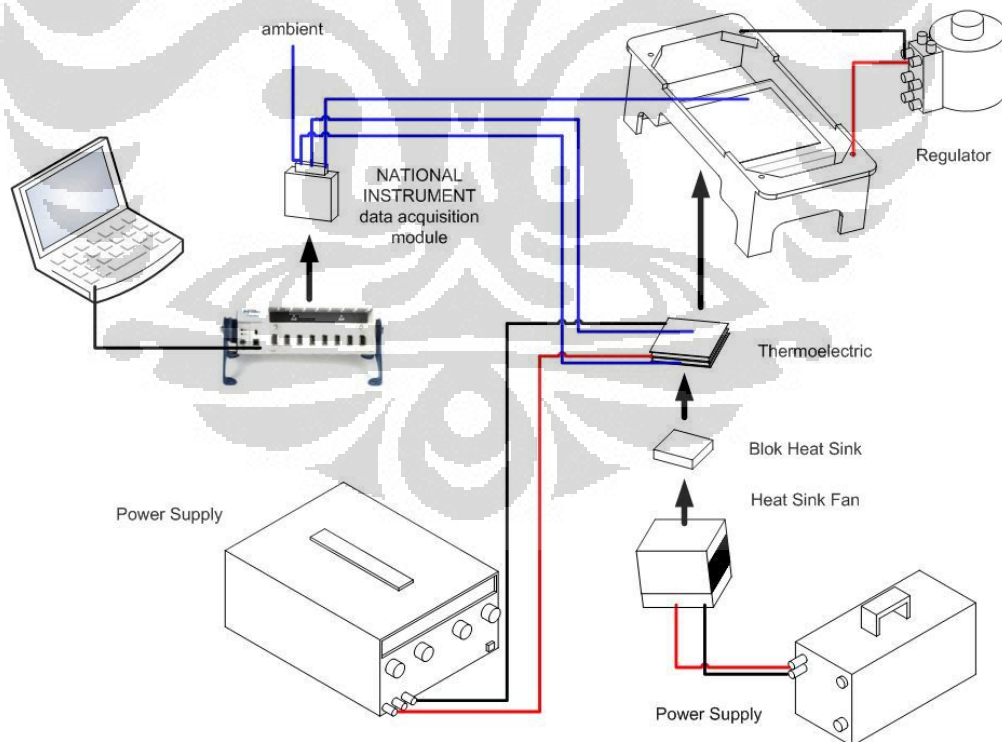
1. Penempatan termokopel pada titik-titik pengukuran:
 - a. Satu untuk sisi dingin modul termoelektrik
 - b. Satu untuk sisi panas modul termoelektrik
 - c. Satu untuk larutan TAE yang berada di atas *heat plate*
 - d. Satu untuk mengukur temperatur ambient
2. Pemasangan sistem pendingin termoelektrik (*heat pipe* / *heatsink fan*) pada alat AGE
3. Mengisi AGE dengan larutan *buffer* TAE
4. Menghubungkan termokopel dengan data akuisisi National Instruments NI 9211
5. Menghubungkan modul akuisisi dengan komputer dan menyalakannya

6. Memastikan keempat titik temperatur yang terukur dengan termokopel masih berada pada kisaran yang tidak jauh berbeda dengan temperatur ruangan
7. Menghubungkan *heat pipe/heatsink fan* dengan *power supply*
8. Menghubungkan modul termoelektrik dengan *power supply*
9. Men-set tegangan modul termoelektrik yang diinginkan
10. Menghubungkan kabel dari regulator ke larutan TAE
11. Men-set tegangan TAE yang diinginkan yaitu 100 V
12. Menghidupkan semua *power supply* dan regulator secara bersamaan
13. Pengambilan data dilakukan selama 20 menit
14. Pengujian dilakukan untuk tiap variasi tegangan modul termoelektrik yaitu 1 V – 8 V
15. Analisa daya modul termoelektrik yang menghasilkan performa modul termoelektrik terbaik
16. Menggunakan daya modul termoelektrik terbaik untuk pengujian yang sama dengan variasi tegangan larutan TAE yaitu 80 V, 90 V, 100 V, 135 V, 150 V
17. Pengambilan data dilakukan selama 20 menit
18. Melakukan langkah 1-16 untuk sistem pendingin yang berbeda. Untuk sistem pendingin *heatsink fan* digunakan tegangan TAE standar yaitu 100 V

Skema pengambilan data dapat dilihat pada gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4. 3 Skema pengambilan data untuk AGE yang menggunakan sistem pendinginan dengan *heat pipe*

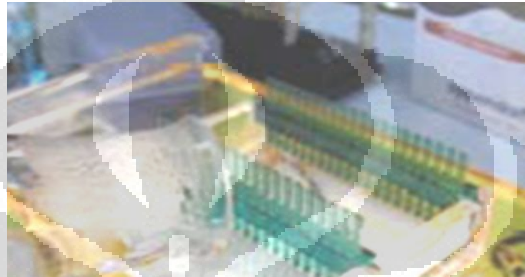


Gambar 4. 4 Skema pengambilan data untuk AGE yang menggunakan sistem pendinginan dengan *heatsink fan* (tanpa *heat pipe*)

4.2.2 Instalasi Pengujian di Lab IHVCB

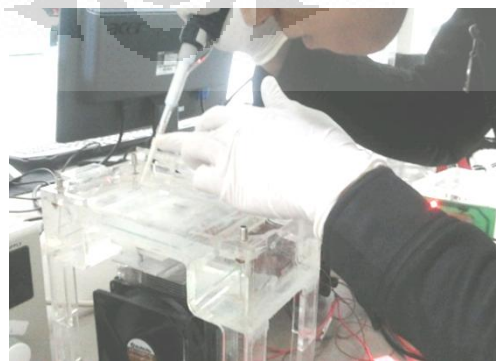
Urutan instalasi pengujian adalah sebagai berikut:

1. Menuangkan agarosa cair pada *gel tray* AGE
2. Meletakkan *casting comb* untuk membuat lubang-lubang *well* pada agarosa yang berfungsi sebagai penempatan DNA seperti pada gambar 4.5.
3. Didiamkan selama 30 menit agar agarosa tercetak dan mengeras menjadi bentuk gel



Gambar 4. 5 Proses pencetakan gel agarosa

4. Agarosa yang sudah terbentuk diletakkan di atas *heat plate* pada AGE
5. Penempatan termokopel pada titik-titik pengukuran:
 - a. Satu pada gel agarosa yang berada di atas *heat plate*
 - b. Satu untuk mengukur temperatur ambient
6. Pemasangan sistem pendingin termoelektrik (*heat pipe / heatsink fan*) pada alat AGE
7. Mengisi AGE dengan larutan *buffer* TAE
8. Memasukkan sampel DNA yang sudah dicampur dengan 6x loading *buffer* ke dalam *well* dengan menggunakan mikropipet seperti pada gambar 4.6



Gambar 4. 6 Proses memasukkan DNA pada gel agarosa dengan mikropipet

9. Memasukkan DNA marker yang merupakan campuran *generuler* dengan 6x loading *buffer* di *well* sebelahnya dengan menggunakan mikropipet.
10. Menghubungkan termokopel dengan data akuisisi National Instruments NI 9211
11. Menghubungkan modul akuisisi dengan komputer dan menyalakannya
12. Memastikan keempat titik temperatur yang terukur dengan termokopel masih berada pada kisaran yang tidak jauh berbeda dengan temperatur ruangan
13. Menghubungkan *heat pipe/heatsink fan* dengan *power supply*
14. Menghubungkan modul termoelektrik dengan *power supply*
15. Men-set tegangan modul termoelektrik sesuai dengan daya modul termoelektrik terbaik yang digunakan untuk tiap sistem pendingin di pengujian sebelumnya di Lab *Applied Heat Transfer*
16. Menghubungkan kabel dari regulator ke larutan TAE
17. Men-set tegangan TAE yang diinginkan
18. Menghidupkan semua *power supply* dan regulator secara bersamaan
19. Pengambilan data dilakukan selama 20 menit
20. Semua *power supply* dan regulator dimatikan, gel agarosa yang berisi DNA sampel dan DNA marker diangkat dari *gel tray*
21. Memasukkan agarosa ke dalam bak berisi *ethidium bromide* (EtBr) untuk memudahkan pengamatan DNA seperti pada gambar 4.7. Jika gel sudah terlumuri EtBr seluruhnya hasilnya akan terlihat seperti pada gambar 4.8



Gambar 4. 7 Memasukkan gel agarosa ke dalam bak berisi EtBr

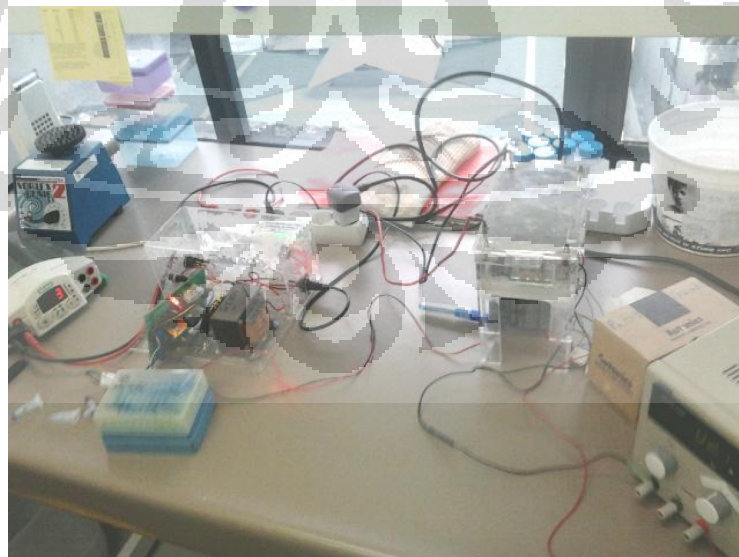
22. Meletakkan agarosa yang sudah dilumuri EtBr pada Bio-Rad *UV Transilluminator Gel Doc*



Gambar 4. 8 Contoh gel agarosa yang sudah dilumuri EtBR saat diterangi dengan sinar UV

23. Analisa gel yang digunakan dan migrasi DNA

24. Melakukan langkah 1-13 untuk sistem pendingin yang berbeda. Untuk sistem pendingin *heat pipe* digunakan variasi tegangan TAE 80 V, 90 V, 100 V, 135 V, 150 V, sedangkan untuk sistem pendingin *heatsink fan* digunakan tegangan TAE standar yaitu 100 V



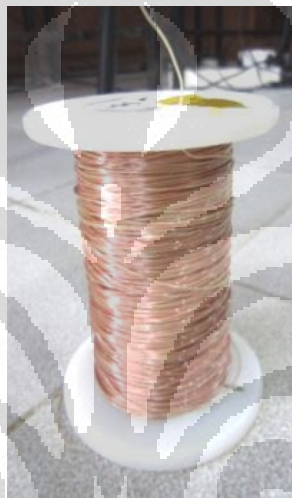
Gambar 4. 9 Instalasi pengujian di Lab DNA IHVCB

4.3 Komponen Pembantu Pengujian

Dalam proses pengujian dan pengambilan data dibutuhkan beberapa komponen pendukung, seperti peralatan kelistrikan, atau peralatan yang berhubungan dengan sensor temperatur.

4.3.1 Termokopel

Termokopel berfungsi sebagai sensor yang dapat mengukur temperatur pada titik-titik pengujian. Yang digunakan dalam pengujian ini adalah termokopel tipe K yang mudah didapat dan harganya relatif murah, seperti pada gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Termokopel

Termokopel harus diletakkan pada posisi yang tepat untuk menghindari ketidakakuratan pengukuran temperatur. Karena output dari termokopel berupa tegangan (mV), maka untuk membaca data masukan digunakan data akuisisi.

4.3.2 Data Aquisition National Instrument

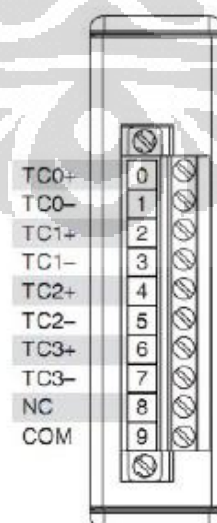
Data akuisisi digunakan untuk membaca temperatur yang diukur oleh termokopel. Modul *National Instrument* yang digunakan adalah modul NI tipe 9211 dengan *chassis* NI cDaq-9172 seperti pada gambar 4.11 dan 4.12. Skema channel pada modul NI yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.13. Data akuisisi menggunakan *software Lab View* untuk pengambilan data temperatur dan pembacaan di komputer.



Gambar 4. 11 Modul *National Instrument* tipe 9211



Gambar 4. 12 *Chassis* NI cDaq-9172 dengan modulnya

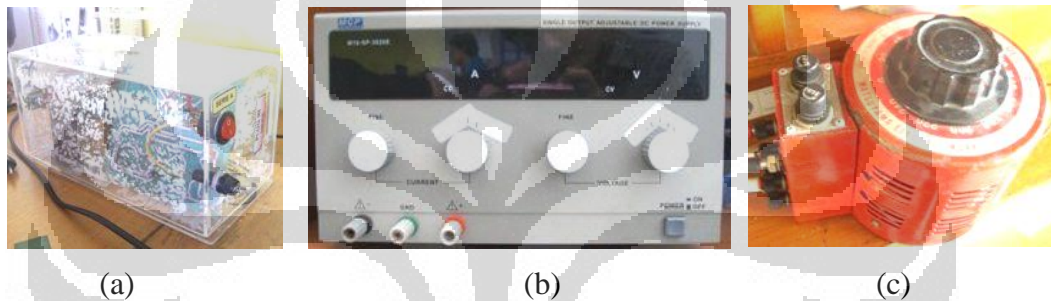


Gambar 4. 13 Skema channel pada modul NI 9211[39]

4.3.3 Power supply

Terdapat tiga jenis *power supply* yang digunakan dalam pengujian ini dengan kegunaan yang berbeda, yaitu:

1. *Power supply* seperti pada gambar 4.14(a) untuk menghidupkan sistem pendingin termoelektrik
2. *Power supply* BK Precision tipe 9123A seperti pada gambar 4.14(b), untuk memberikan variasi tegangan pada modul termoelektrik.
3. Matsuyama Electric Work *slide regulator* seperti pada gambar 4.14(c), untuk memberikan variasi tegangan pada larutan *buffer*.



Gambar 4. 14 (a) *Power supply* untuk sistem pendingin termoelektrik (b) *Power supply* BK Precision tipe 9123A, (c) Matsuyama Electric Work *slide regulator*

4.3.4 Bejana Ukur

Bejana ukur digunakan untuk menampung dan membuat campuran larutan TAE sehingga didapatkan larutan TAE dengan komposisi yang tepat untuk mengisi AGE sebanyak 450 ml. Bejana yang digunakan adalah bejana ukur pyrex seperti pada gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Bejana ukur pyrex

4.3.5 Mikropipet

Mikropipet adalah alat untuk memindahkan cairan yang bervolume cukup kecil, biasanya kurang dari 1000 μl [40]. Alat ini digunakan untuk membantu memasukkan sampel DNA ke dalam lubang well pada gel agarosa. Yang digunakan dalam pengujian ini adalah Bio-Rad *Adjustable Micro Pipette* seperti pada gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Bio-Rad *Adjustable Micro Pipette* [40]

4.3.6 Bio-Rad UV Transilluminator Gel Doc

Alat ini digunakan untuk visualisasi migrasi DNA pada gel agarosa, seperti pada gambar 4.17. Cara kerjanya adalah agarosa yang sudah diberi EtBr diletakkan pada *tray* khusus di dalam Bio-Rad *UV Transilluminator Gel Doc*. Gel agarosa kemudian disinari dengan sinar UV yang membuat migrasi DNA dapat terlihat jelas. Hasil pengamatan dapat disimpan ke komputer yang dihubungkan dengan *Gel Doc* dengan menggunakan *software* khusus yaitu *Quantity One*.



Gambar 4. 17 Bio-Rad *UV Transilluminator Gel Doc*

BAB 5

PERHITUNGAN DAN ANALISA HASIL PENGUJIAN

5.1 Analisa Grafik Hasil Pengujian

Pengujian yang dilakukan peneliti terdiri dari beberapa langkah yang saling berhubungan satu sama lain. Pengujian pertama adalah uji variasi voltase modul termoelektrik untuk mendapatkan daya *peltier* terbaik untuk tiap sistem pendinginan, pengujian kedua adalah uji variasi voltase larutan TAE dengan daya modul termoelektrik terbaik untuk melihat yang mana yang menghasilkan visualisasi migasi DNA terbaik.

5.1.2 Uji Variasi Daya Modul Termoelektrik

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan daya modul termoelektrik optimal dimana temperatur sisi dingin modul termoelektrik dapat mencapai temperatur terdingin untuk tiap sistem pendinginnya. Daya optimal inilah yang kemudian akan digunakan dalam pengujian selanjutnya.

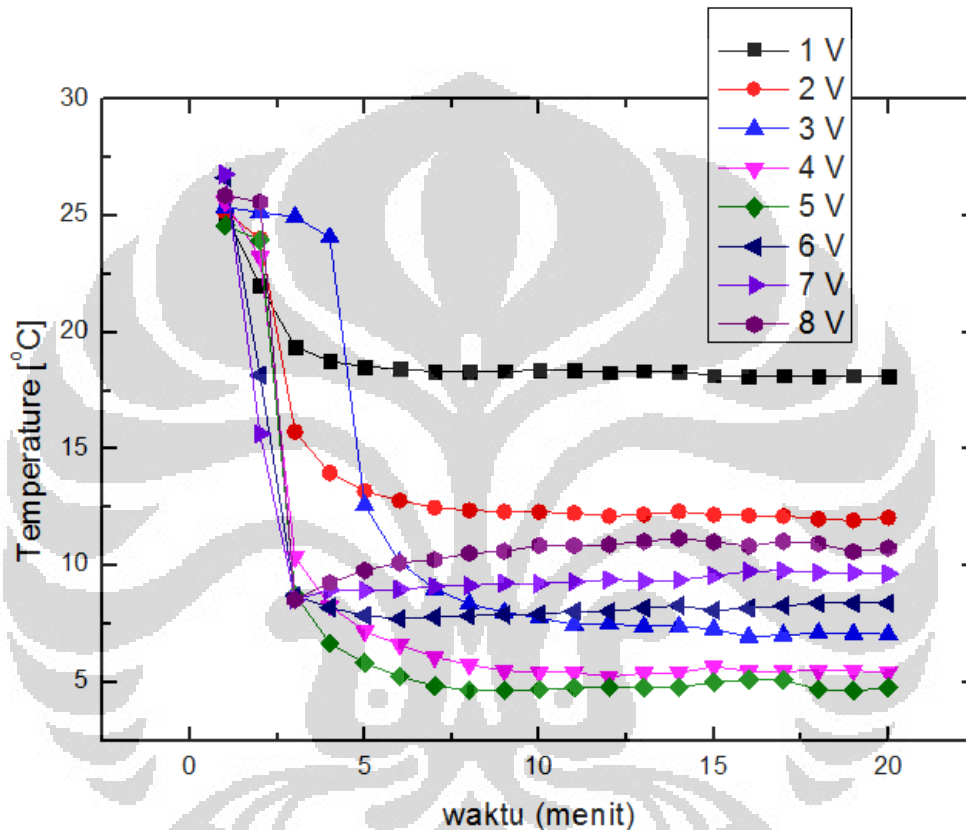
Dalam pengujian ini yang divariasikan adalah tegangan masuk modul termoelektrik yaitu dari 1 V hingga 8 V. Angka ini dipilih karena pada voltase 8 V, sisi panas termoelektrik sudah mencapai temperatur 95°C sehingga dikhawatirkan saat modul termoelektrik dijalankan dengan tegangan yang lebih tinggi dari 8 V, sisi panas termoelektrik mencapai 100°C dan mengalami kerusakan. Nilai variasi daya modul termoelektrik didapatkan dengan mengalikan nilai tegangan dengan arus yang digunakan seperti pada gambar 5.1. Variabel yang tetap dalam pengujian ini adalah jumlah tegangan yang dialirkan pada larutan TAE sebesar 100 V, dan lama pengujian selama 20 menit.

V	I (A)	P (W)
1	0,6	0,6
2	1,1	2,2
3	1,7	5,1
4	2,3	9,2
5	2,9	14,5

6	3,3	19,8
7	3,8	26,6
8	4,2	33,6

Tabel 5. 1 Tabel perhitungan daya modul termoelektrik pada *heat pipe* dan *heat sink*

5.1.2.1 Pengujian pada Heat pipe

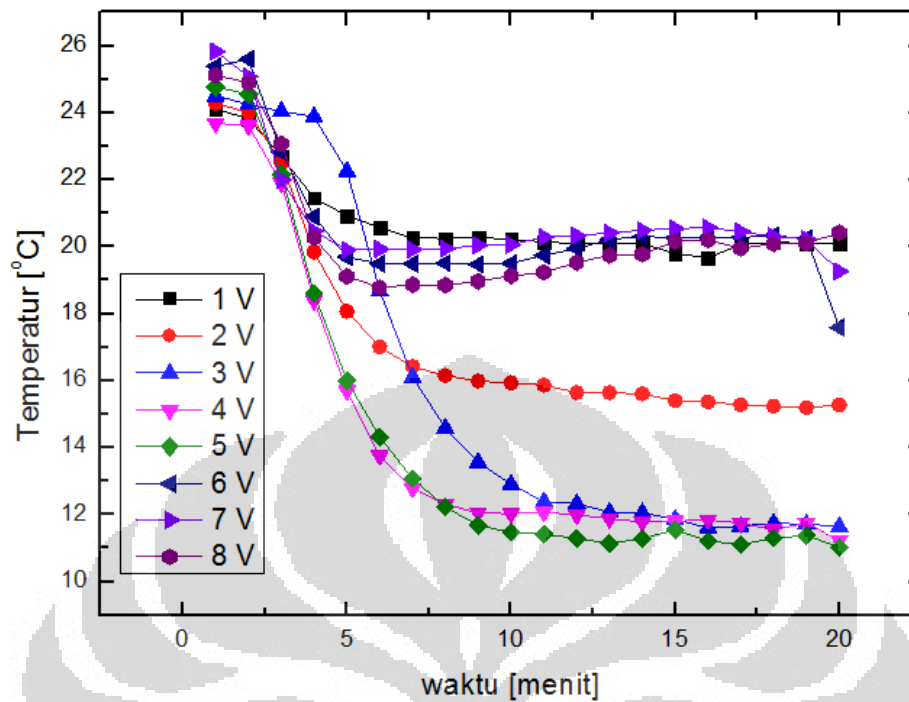


Gambar 5. 1 Grafik perbandingan temperatur sisi dingin modul termoelektrik pada *heat pipe* dengan variasi daya modul termoelektrik

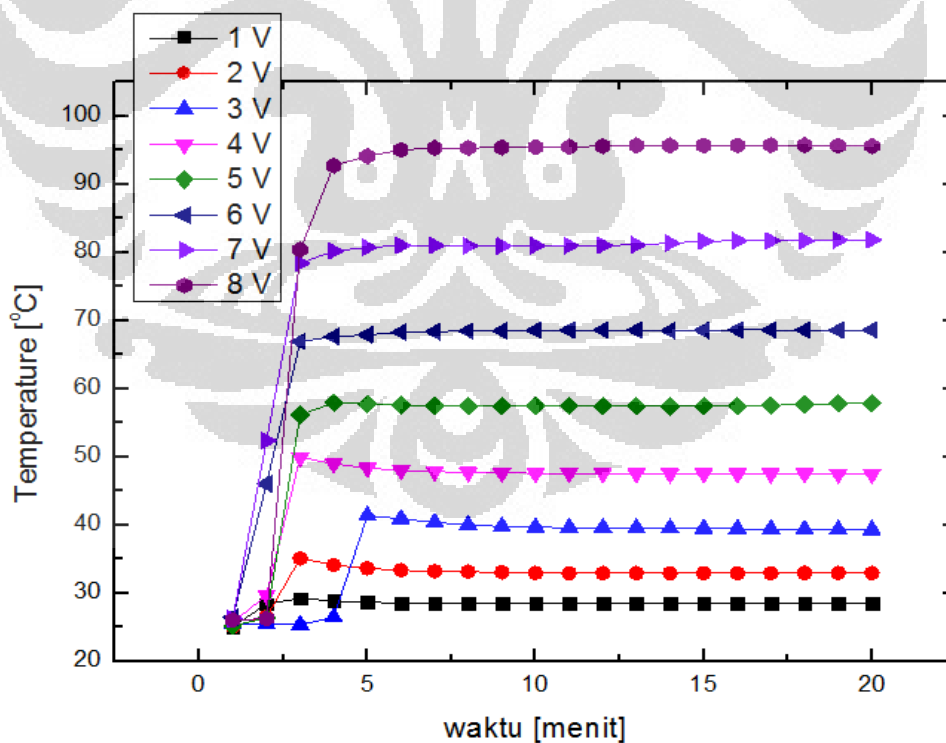
Dari grafik pada gambar 5.1 dapat dilihat bahwa temperatur sisi dingin mencapai angka terendah ketika tegangan masuk ke modul termoelektrik sebesar 5 V. Kenyataan ini sejalan dengan hasil yang terlihat pada grafik di gambar 5.2, dimana tegangan modul termoelektrik 5 V menghasilkan temperatur TAE terdingin. Maka dapat dinyatakan daya otimum yang diberikan ke modul termoelektrik saat menggunakan pendingin *heat pipe* adalah sebesar 14 W.

Dengan melihat grafik di gambar 5.1 dan 5.3 dapat diketahui delta temperatur antara sisi dingin dan sisi panas modul termoelektrik ketika pengujian

mencapai waktu 20 menit. Pada saat daya yang diberikan 14 W, delta temperatur

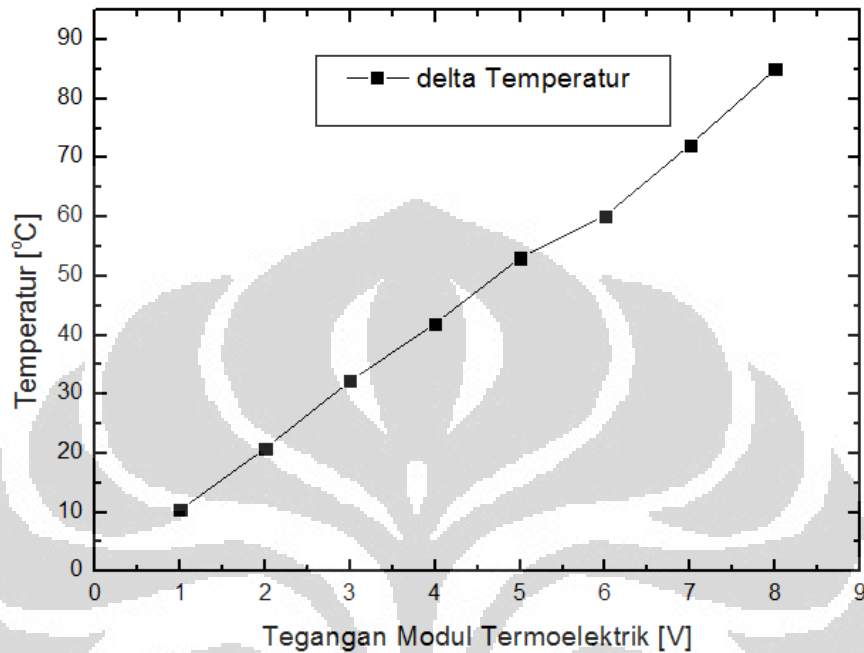


Gambar 5. 2 Grafik perbandingan temperatur TAE termoelektrik pada *heat pipe* dengan variasi daya modul termoelektrik

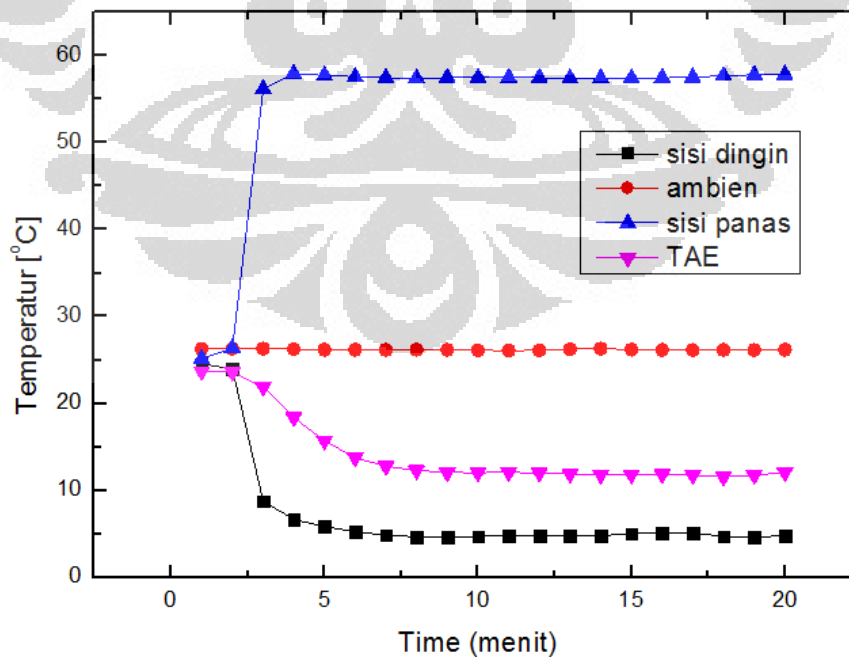


Gambar 5. 3 Grafik perbandingan temperatur sisi panas modul termoelektrik pada *heat pipe* dengan variasi daya modul termoelektrik

antara sisi dingin dan panas mencapai 53°C , seperti yang terlihat pada gambar 5.4. Grafik performa modul termoelektrik pada daya optimumnya dapat dilihat selengkapnya pada gambar 5.5.

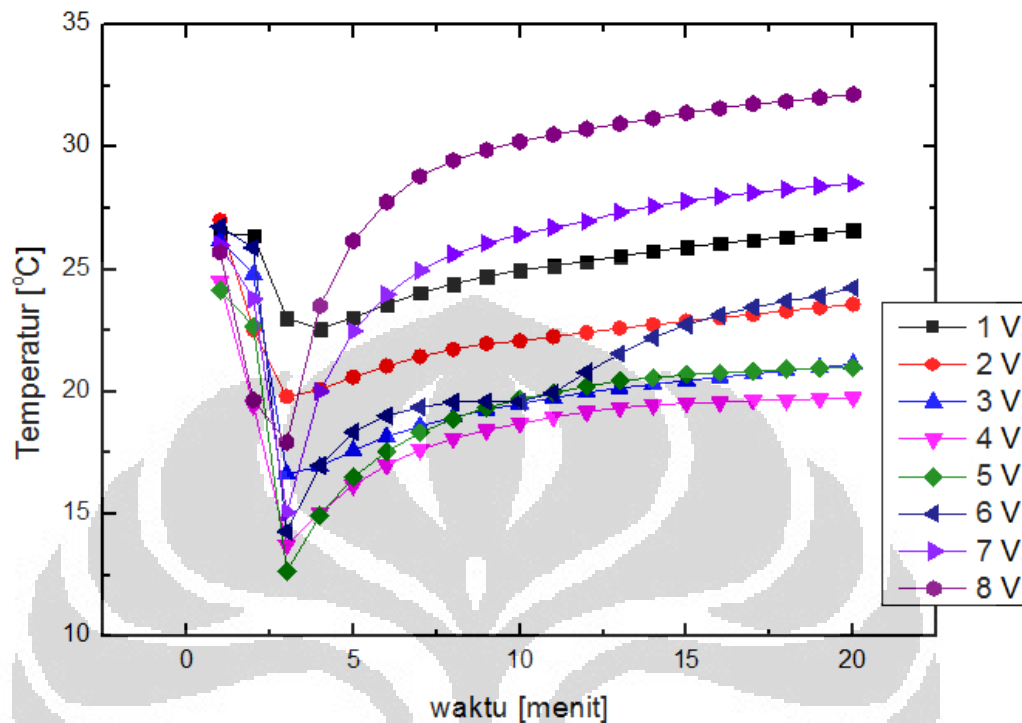


Gambar 5.4 Grafik perbandingan delta temperatur untuk tiap tegangan masuk modul termoelektrik



Gambar 5.5 Grafik performa modul termoelektrik pada *heat pipe* dengan daya optimal modul 14 W

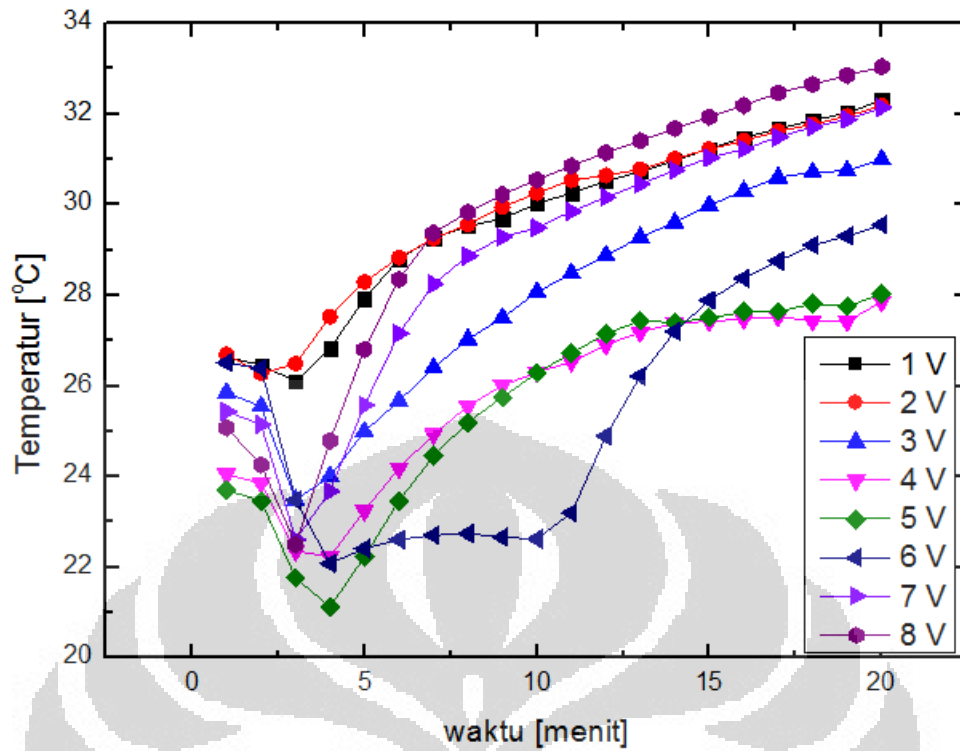
5.1.2.2 Pengujian pada Heatsink fan



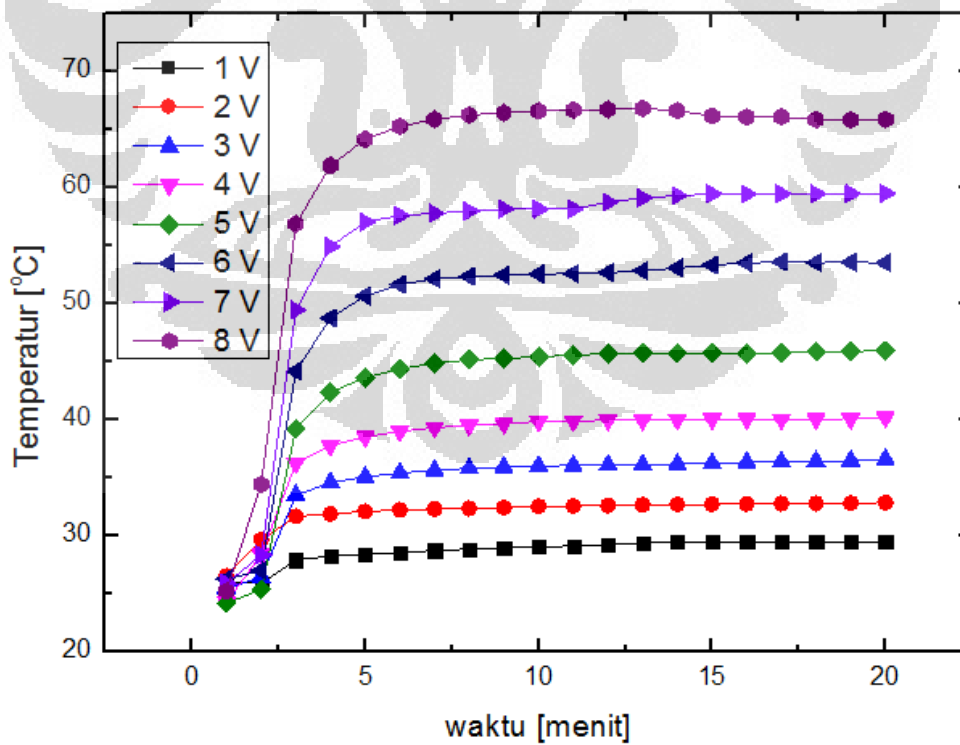
Gambar 5. 6 Grafik perbandingan temperatur sisi dingin modul termoelektrik pada *heatsink fan* dengan variasi daya modul termoelektrik

Dari grafik pada gambar 5.6 dapat dilihat bahwa temperatur sisi dingin mencapai angka terendah ketika tegangan masuk ke modul termoelektrik sebesar 4 V. Kenyataan ini sejalan dengan hasil yang terlihat pada grafik di gambar 5.7, dimana tegangan modul termoelektrik 4 V menghasilkan temperatur TAE terdingin. Maka dapat dinyatakan daya otimum yang diberikan ke modul termoelektrik saat menggunakan *heat sink fan* sebagai pendingin adalah sebesar 9,2 W.

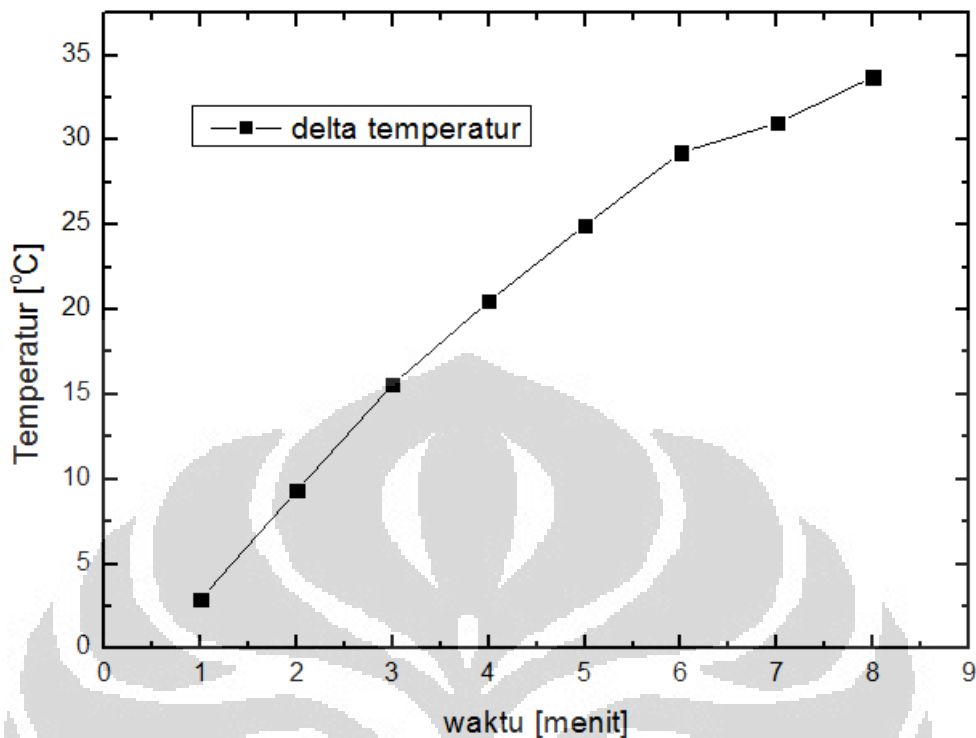
Dengan melihat grafik di gambar 5.6 dan 5.8 dapat diketahui delta temperatur antara sisi dingin dan sisi panas modul termoelektrik ketika pengujian mencapai waktu 20 menit. Pada saat daya yang diberikan 9,2 W, delta temperatur antara sisi dingin dan panas mencapai 53°C , seperti yang terlihat pada gambar 5.9. Grafik performa modul termoelektrik pada daya optimumnya dapat dilihat selengkapnya pada gambar 5.10.



Gambar 5. 7 Grafik perbandingan temperatur TAE termoelektrik pada *heatsink fan* dengan variasi daya modul termoelektrik

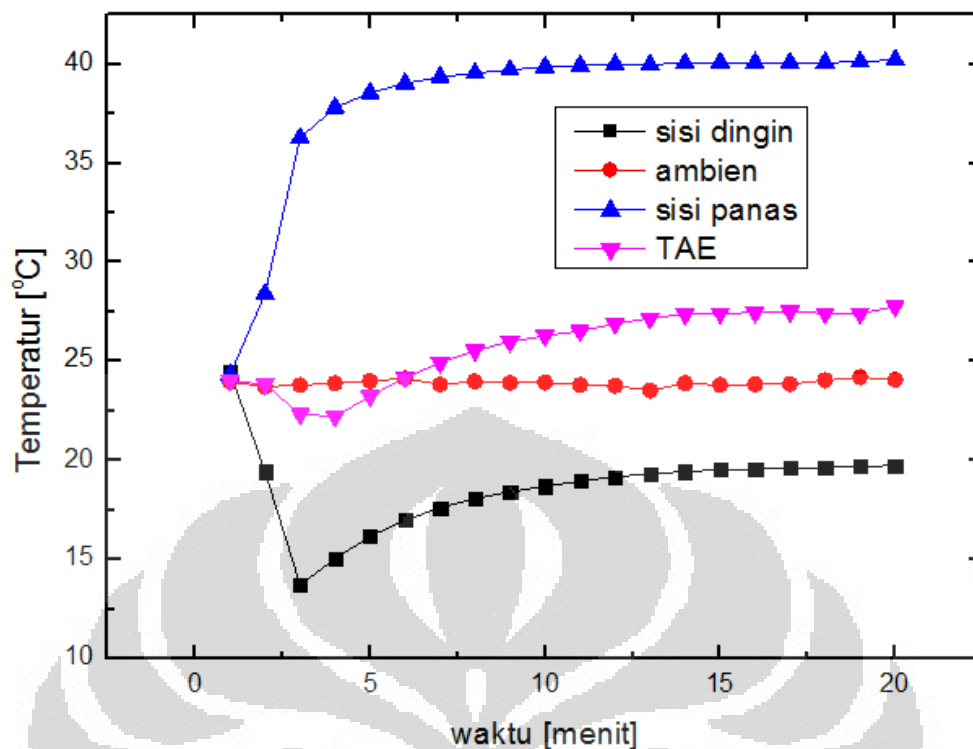


Gambar 5. 8 Grafik perbandingan temperatur sisi panas modul termoelektrik pada *heatsink fan* dengan variasi daya modul termoelektrik



Gambar 5. 9 Grafik perbandingan delta temperatur untuk tiap tegangan masuk modul termoelektrik

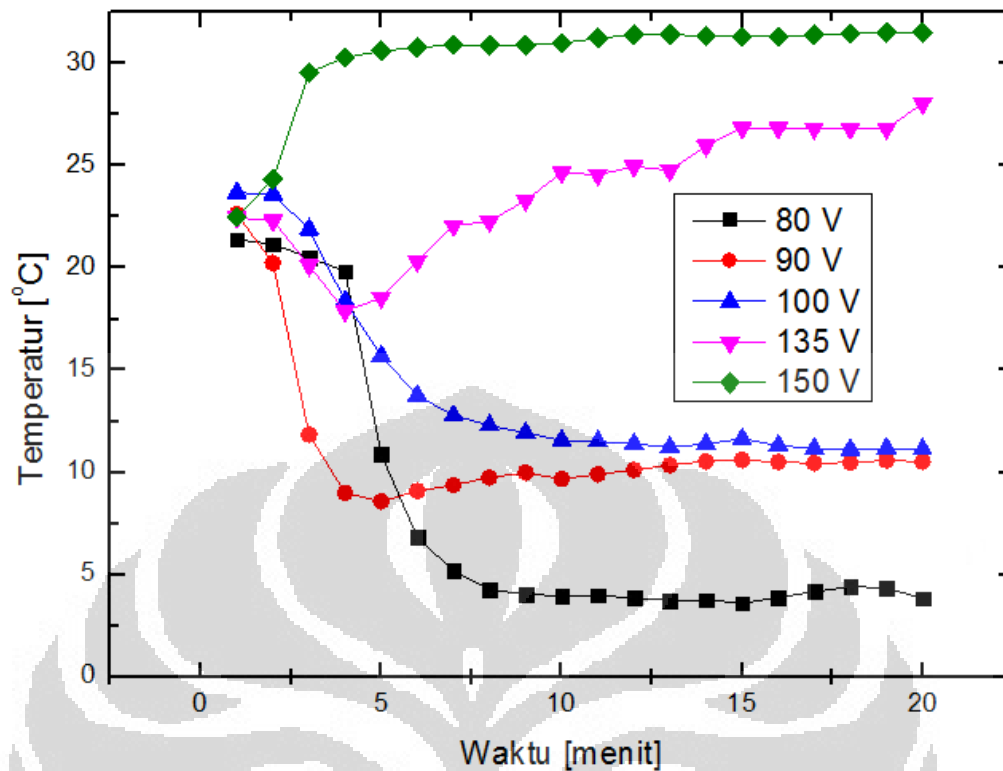
Jika dibandingkan dengan hasil yang didapat dengan *heat pipe*, terlihat jelas bahwa keberadaan *heat pipe* sangat mempengaruhi performa alat AGE. Pada AGE dengan sistem pendingin *heat pipe*, saat tegangan masukan 8 V delta temperatur antara sisi panas dan dingin dapat mencapai 84,9 °C, AGE dengan *heatsink fan* hanya mampu mencapai delta temperatur 33,7 °C pada tegangan masukan yang sama. Temperatur TAE terbaik yang dicapai sistem pendingin *heatsink fan* pada daya optimumnya mencapai 20,49°C. Jika dibandingkan dengan temperatur TAE saat AGE menggunakan *heat pipe* dengan daya modul optimum yang mencapai 11,02 °C, *heatsink fan* tidak mampu mendinginkan sebaik *heat pipe*. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa sistem pendingin yang menggunakan *heat pipe* lebih baik dari *heatsink fan*.



Gambar 5.10 Grafik performa modul termoelektrik pada *heatsink fan* dengan daya optimal modul 4 W

5.1.3 Uji Variasi Tegangan Larutan TAE

Setelah mengetahui daya optimum modul termoelektrik yang dapat digunakan, dilakukan pengambilan data dengan variasi tegangan masuk larutan *buffer*, sehingga didapatkan tegangan TAE optimum untuk uji migrasi DNA. Dari pengujian 5.1.2 didapat tegangan masuk modul termoelektrik terbaik adalah 5 V untuk pengujian dengan *heat pipe*, yang berarti daya modul termoelektrik sebesar 14,5 W seperti pada tabel 1. Sedangkan untuk *heatsink fan* tegangan optimum sebesar 4 V, yang berarti daya optimal modul termoelektrik sebesar 9,2 W. Tegangan divariasikan untuk sistem pendingin terbaik yaitu *heat pipe* pada 80 V, 90 V, 100 V, 135 V, 150 V. Hasil pengukuran terhadap temperatur TAE pada *heat pipe* dapat dilihat pada gambar 5.11.



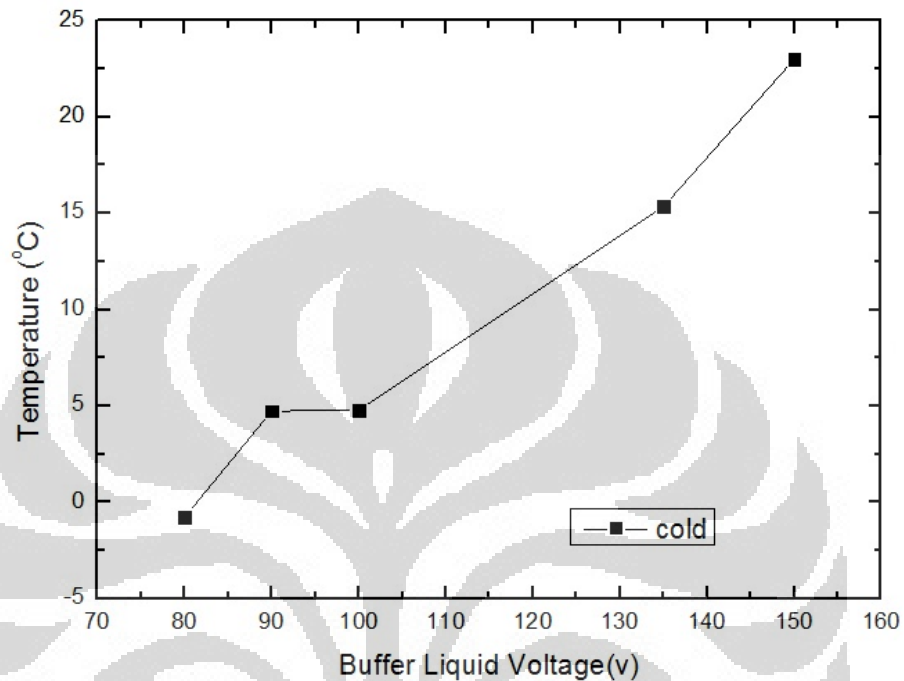
Gambar 5.11 Grafik temperatur TAE modul termoelektrik pada *heat pipe* dengan variasi tegangan TAE

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada tegangan masuk TAE sebesar 80 V hingga 100 V, temperatur TAE mengalami penurunan sebelum menit ke-5. Sedangkan pada tegangan 135 V dan 150 V temperatur TAE justru mengalami kenaikan. Hal itu disebabkan ketika TAE diberikan beban tegangan 135 V ke atas, panas yang dihasilkan dari pergerakan muatan listrik lebih besar dari yang mampu dibuang oleh pendingin termoelektrik sehingga temperatur TAE tinggi.

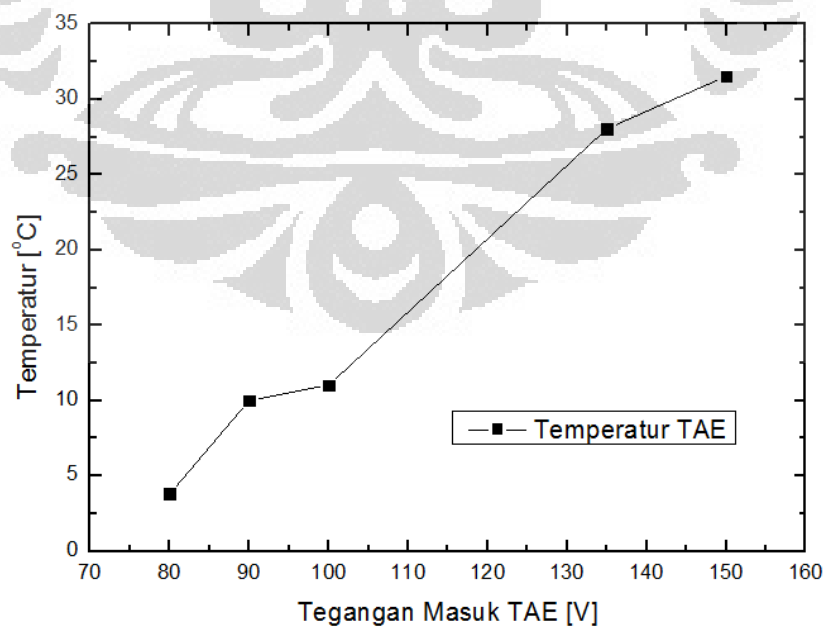
Tabel 5.2 menjelaskan bagaimana saat tegangan yang diberikan pada larutan TAE ditambah, load yang dihasilkan juga bertambah, yang berarti panas yang diberikan juga mengalami kenaikan seiring bertambahnya tegangan. Hal ini dapat dilihat pada grafik, ketika tegangan 135 V temperature sempat turun, namun kemudian naik setelah menit ke-4. Hal itu disebabkan panas yang dihasilkan pada menit ke-4 sudah melebihi kemampuan buang sistem pendingin sehingga panas yang seharusnya terbang justru terkumpul dan kembali ke larutan TAE, sehingga larutan mengalami kenaikan temperatur. Hal ini juga menjelaskan fenomena pada

larutan 150 V, hanya saja pada tegangan ini panas sudah melebihi kemampuan buang system pendingin pada menit pertama.

Untuk grafik temperatur pada menit ke-20 dapat dilihat pada gambar 5.12 dan 5.13.



Gambar 5. 12 Grafik sisi dingin modul termoelektrik pada *heat pipe* dengan variasi tegangan TAE untuk menit ke-20



Gambar 5. 13 Grafik temperatur TAE pada *heat pipe* dengan variasi tegangan TAE untuk menit ke-20

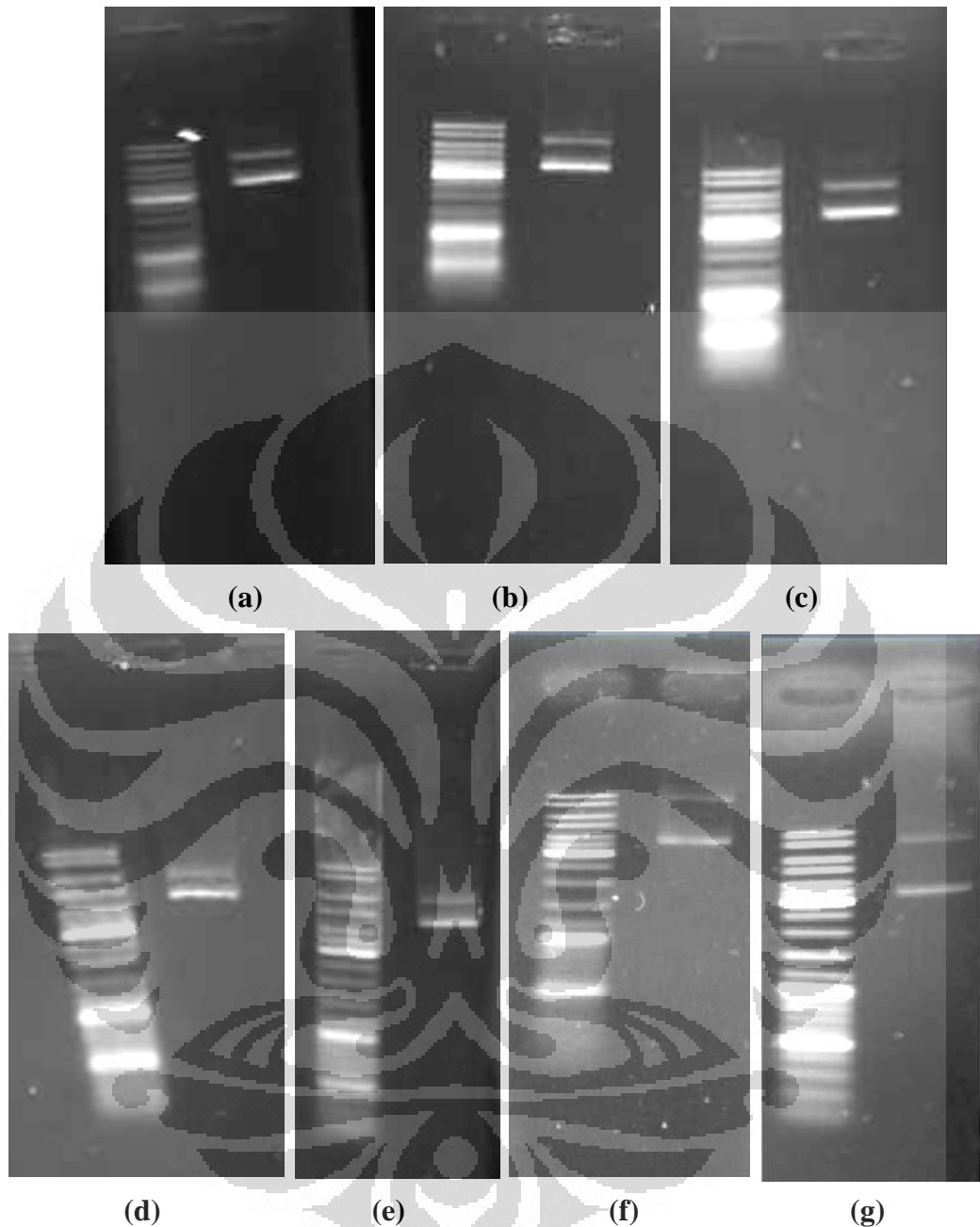
Dari gambar 5.12 dapat dilihat bahwa sisi dingin modul termoelektrik mengalami kenaikan seiring dengan naiknya tegangan masuk ke larutan TAE. Kenaikan juga terjadi untuk temperatur larutan TAE saat tegangan ke larutan TAE dinaikkan, seperti pada grafik 5.13. Hal ini sesuai dengan teori awal mengenai elektroforesis bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada larutan buffer, maka semakin tinggi panas yang dihasilkan dari pergerakan muatan listrik. Hal sebaliknya terjadi pada selisih temperatur sisi dingin dan panas termoelektrik yang mengalami penurunan seiring dengan kenaikan tegangan masuk ke TAE. Hal itu dapat disebabkan semakin tinggi tegangan yang diberikan kepada larutan buffer, maka semakin tinggi panas yang dihasilkan dari pergerakan muatan listrik.

Dari grafik di gambar 5.12 dapat terlihat bahwa pada tegangan masuk TAE 80 V sisi dingin termoelektrik mencapai temperatur sangat dingin yaitu $-0,7^{\circ}\text{C}$. Hal tersebut diikuti oleh temperatur TAE yang rendah yaitu $3,8^{\circ}\text{C}$ dan merupakan temperatur TAE terendah yang dapat dicapai pada grafik 5.13. Sedangkan temperatur TAE tertinggi dicapai saat tegangan yang digunakan 150 V, yaitu sebesar $31,5^{\circ}\text{C}$. Namun temperatur terbaik untuk TAE tercapai ketika tegangan larutan sebesar 100 V, karena pada tegangan ini temperatur TAE berada pada kisaran $10 - 15^{\circ}\text{C}$. Hal ini disebabkan gel agarosa memiliki struktur yang stabil sebagai media uji DNA pada kisaran temperatur larutan TAE $10 - 25^{\circ}\text{C}$.

Pendingin digunakan	V	I (mA)	P (W)	Temperatur TAE pada menit ke-20
<i>Heat pipe</i>	80	35	2,8	3,81
	90	39	3,51	10,02
	100	49	4,9	11,03
	135	63	8,505	28,05
	150	71	10,65	31,53
<i>Heatsink fan</i>	100	96	9,6	27,86

Tabel 5. 2 Tabel perhitungan daya masuk TAE dan temperatur larutan pada menit ke-20

5.1.4 Hasil Visualisasi DNA dengan Variasi Daya TAE



Gambar 5. 14 Grafik hasil visualisasi migrasi DNA. (a) *heat pipe* dengan tegangan TAE 80 V (b) *heat pipe* dengan tegangan TAE 90 V (c) *heat pipe* dengan tegangan TAE 100V (d) *heat pipe* dengan tegangan TAE 135V (e) *heat pipe* dengan tegangan TAE 150V (f) *heatsink fan* dengan tegangan TAE 100V (g) hasil AGE komersil

Untuk menguji hasil analisa dari uji performa *heat pipe* dan uji tegangan larutan yang telah didapat sebelumnya dilakukan uji migrasi DNA. Dari hasil yang dapat dilihat dengan bantuan zat pewarna EtBr dan *UV transilluminator*, migrasi DNA dapat divisualisasikan seperti pada 5.14. Dari gambar diatas dapat

diketahui bahwa AGE dengan *heat pipe* pada tegangan TAE 100 V menghasilkan visualisasi DNA yang paling jelas dibanding saat menggunakan tegangan yang lain.

Tegangan TAE 80 V menghasilkan gambar yang paling kabur, yang disebabkan tegangan TAE tidak mencukupi untuk menghasilkan pergerakan DNA yang baik pada gel agarosa. Tegangan TAE 150 V menghasilkan migrasi DNA tercepat, hal ini sesuai dengan dasar teori bahwa semakin besar tegangan yang diberikan pada larutan *buffer*, semakin cepat pergerakan DNA. Namun jika diteliti, pada tegangan TAE 150 V migrasi DNA marker jauh meninggalkan DNA sampel yang dapat menyebabkan ketidakakuratan pengukuran panjang DNA. Hal ini disebabkan ketika diberikan tegangan 150 V, gel agarosa berada diluar temperatur ruangan yaitu pada temperatur diatas 30°C yang menurut penulis dapat mempengaruhi struktur matriks gel sehingga tidak sestabil saat gel berada di bawah temperatur ruangan .

Hasil visualisasi DNA dengan *heat pipe* dapat lebih jelas terlihat dibanding dengan *heatsink fan*, walau memakai tegangan TAE yang sama yaitu 100 V. Hal itu memperjelas kesimpulan bahwa keberadaan *heat pipe* mempengaruhi performa AGE. Hasil yang didapat dengan prototipe AGE buatan penulis ternyata tidak jauh berbeda dengan hasil dari AGE komersil yang ada di lab IHVCB Salemba, yaitu *Mupid-exU*.

5.2 Analisa Perhitungan COP

Untuk menghitung nilai COP termoelektrik dibutuhkan perhitungan nilai beban pendinginan. Berikut adalah contoh COP untuk sistem pendingin *heat pipe* dengan tegangan masuk ke larutan TAE sebesar 80 V. Dalam perhitungan ini performa termoelektrik difokuskan untuk mencapai temperatur TAE terbaik.

Beban pendinginan

- TAE
 - $T_{awal} = 24^{\circ}\text{C} = 297 \text{ K}$
 - $T_{akhir} = 3,8^{\circ}\text{C} = 276,8$
 - $m_{TAE} \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,076 \text{ kg} \times 3930 \text{ J/kg} \times (276,8 - 297) \text{ K} = 6033,33 \text{ Joule}$
- Kaca

$$T_{\text{awal}} = 24^{\circ}\text{C} = 297 \text{ K}$$

$$T_{\text{akhir}} = 3,8^{\circ}\text{C} = 276,8 \text{ K}$$

$$m_{\text{kaca}} \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,044 \text{ kg} \times 840 \text{ J/kg} \times (276,8 - 297) \text{ K} = 746,6 \text{ Joule}$$

- Beban panas dari regulator ke TAE

$$T_{\text{awal}} = 24^{\circ}\text{C} = 297 \text{ K}$$

$$T_{\text{akhir}} = 34^{\circ}\text{C} = 331 \text{ K}$$

$$m_{\text{TAE}} \cdot C_p \cdot \Delta T = 0,076 \text{ kg} \times 4180 \text{ J/kg} \times (331 - 297) \text{ K} = 2979 \text{ Joule}$$

Maka beban pendinginan total adalah $6033,33 \text{ J} + 746,6 \text{ J} + 2979 \text{ J} = 9759,13 \text{ J}$

$$q = \frac{\text{beban pendinginan}}{\text{lama pengujian}} = \frac{9769,13 \text{ J}}{1200 \text{ s}} = 8,13 \text{ W}$$

Daya masuk

Tegangan modul termoelektrik optimum = 5 V

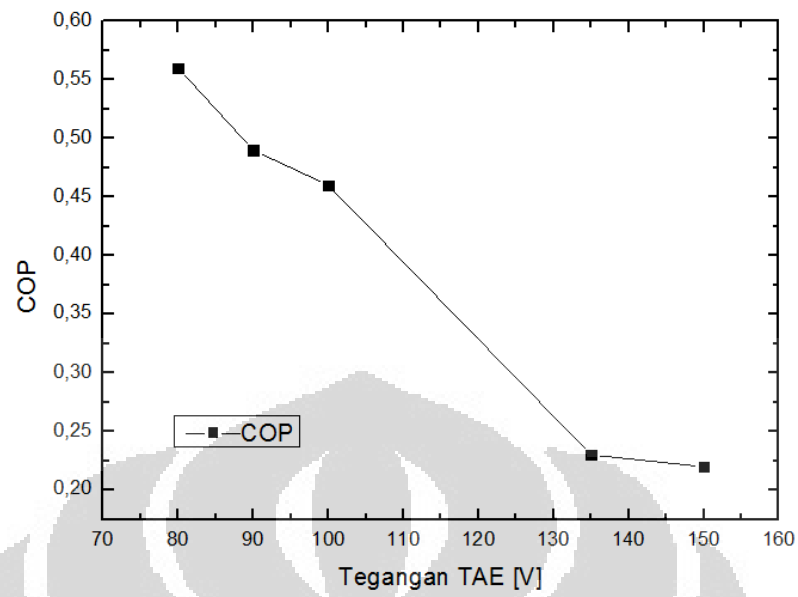
Arus (I) = 2,9 A

Daya digunakan (P) = 14,5 W

Maka nilai COP termoelektrik dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{COP} = \frac{Q_c}{P} = \frac{8,13 \text{ W}}{14,5 \text{ W}} = 0,56$$

Dengan cara yang sama didapatkan nilai COP untuk tiap variasi tegangan masuk larutan TAE seperti pada gambar 5.15 berikut. Nilai COP menurun saat beban tegangan ke larutan TAE diperbesar. Hal ini sesuai dengan analisa pada pengujian sebelumnya, dimana penambahan tegangan memperbesar kenaikan temperatur, sementara termoelektrik memiliki batas seberapa besar panas yang mampu dipindahkan. Dengan kata lain pendinginan yang dilakukan termoelektrik berkurang seiring dengan penambahan tegangan masuk ke larutan.



Gambar 5.16 Grafik nilai COP untuk variasi tegangan TAE

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari serangkaian pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Keberadaan *heat pipe* pada sistem pendingin membuat performa AGE lebih baik dibanding jika menggunakan *heatsink fan*. Pada AGE dengan sistem pendingin *heat pipe*, saat tegangan masukan 8 V delta temperatur antara sisi panas dan dingin dapat mencapai 84,9 °C, AGE dengan *heatsink fan* hanya mampu mencapai delta temperatur 33,7 °C pada tegangan masukan yang sama. Temperatur TAE terbaik yang dicapai sistem pendingin *heatsink fan* pada daya optimumnya mencapai 20,49°C. Jika dibandingkan dengan temperatur TAE saat AGE menggunakan *heat pipe* dengan daya modul optimum yang mencapai 11,02 °C, *heatsink fan* tidak mampu mendinginkan sebaik *heat pipe*. Hasil ini diperkuat oleh hasil visualisasi migrasi DNA, dimana hasil dengan *heat pipe* memiliki visualisasi yang lebih jelas dibanding *heatsink fan*.
2. Prototipe AGE dengan *heat pipe* buatan penulis mampu mengimbangi performa AGE komersil yaitu *Mupid-exU*. Bahkan, pada hasil pengujian AGE dengan *heat pipe* dan daya modul termoelektrik 5 V, hasil visualisasi DNA dari prototipe buatan penulis memiliki kejelasan yang mampu menandingi hasil dari AGE komersil, dengan tegangan larutan TAE yang sama yaitu 100 V.

6.2 Saran

Untuk pengujian berikutnya, disarankan untuk benar-benar memperhatikan peletakan termokopel pada titik-titik yang akan diukur. Hal itu dikarenakan ujung lilitan termokopel sangat sensitif, kesalahan peletakan termokopel dapat menyebabkan ketidakakuratan data yang diambil.

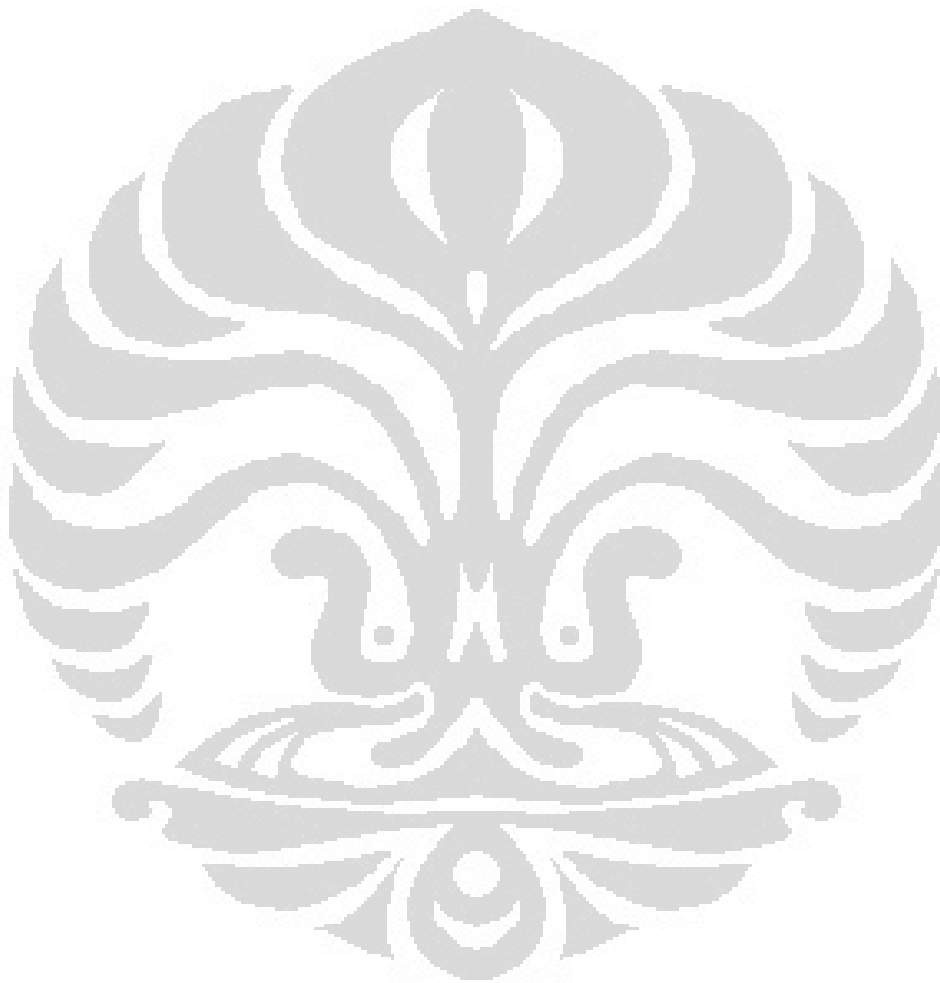
DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.briithub.com/science/medical/articles/6604.aspx/20/04/2011>.
2. Haleem J. Issaqa, Hongyu Xu, King C. Chana, Michael C. Dean, *Effect of temperature on the separation of DNA fragments by highperformance liquid chromatography and capillary electrophoresis: a comparative study*, Journal of Chromatography B, 738 (2000) 243–248.
3. Gritter, dkk., 1991, *Pengantar Kromatografi*, Hal.34-35,186, ITB Press, Bandung.
4. Boffey, S. 1986. *Molecular Biology Techniques*. P153-196 dalam Wilson, K. Dan Goulding, K.H. (eds). *A Biologist's Guide to Principles and Techniques of Practical Biochemistry*, 3th ed. Richard Clay Ltd. Britain.
5. Rachel R. Ogorzalek Loo, Charles Mitchell, Tracy I. Stevenson, Joseph A. Loo, Philip C. Andrews, *Diffusive transfer to membranes as an effective interface between gel electrophoresis and mass spectrometr*, International Journal of Mass Spectrometry and Ion Processes 169/170 (1997) 273-290
6. Fatchiyah, Ph. D., 2008, *Gel Elektroforesis*, Lab. Sentral Biologi Molekuler dan Seluler Departemen Biologi Universitas Brawijaya.
7. <http://www.sparknotes.com/biology/molecular/structureofnucleicacids/section2.rhtml/01/05/2011>
8. Gary W Slater, Martin Kenward, Laurette C McCormick, Michael G Gauthier, *The theory of DNA separataion by capillary electrophoresis*, Current Opinion in Biotechnology ,2003, 14:58-64.
9. Melinda Szoke, Maria Sasvari-Szekely, Andras Guttman, *Ultra-thin-layer agarose gel electrophoresis I. Effect of the gel concentration and temperature on the separation of DNA fragment*, Journal of Chromatography A, 830 (1999) 465–471.
10. Jiang Jiang, Noh Jin Park, Shen Hu, David T. Wong, *A universal pre-analytic solution for concurrent stabilization of salivary proteins, RNA and DNA at ambient temperature*, archives of oral biology 54 (2009) 268-273.
11. B.D.M. Theophlus and R. Rapley, *Methods in Molecular Biology, vol 187 : PCR Mutation Detection Protocols*, Humana Press Inc, Totowa, NJ.

12. A. Cifuentes, M.A. Rodriguez, F.J. Garcia-Montelongo, *Separation of basic proteins in free solution capillary electrophoresis: effect of additive, temperature and voltage*, Journal of Chromatography A, 742 (1996) 257-266.
13. Jetse C. Reijenga, Leonardo G. Gagliardi, Ernst Kenndler, *Temperature dependence of acidity constants, a tool to affect separation selectivity in capillary electrophoresis*, Journal of Chromatography A, 1155 (2007) 142–145.
14. Kausiki Datta, Andy J. Wowor, Allison J. Richard, and Vince J. LiCata, *Temperature Dependence and Thermodynamics of Klenow Polymerase Binding to Primed-Template DNA*, Biophysical Journal Volume 90 (2006) 1739–1751.
15. Satoshi Ohtake, Russell Martin, Atul Saxena, Binh Pham, Gary Chiueh, Manuel Osorio, Dennis Kopecko, DeQi Xu, David Lechuga-Ballesteros, Vu Truong-Le, *Room temperature stabilization of oral, live attenuated Salmonella enteric serovar Typhi-vectored vaccines*, Vaccine 29 (2011) 2761–2771.
16. <http://www.vivo.colostate.edu/hbooks/genetics/biotech/gels/principles.html/01/05/2011>.
17. Hirabayashi, Ken-ichi Kasai, *Effects of DNA topology, temperature and solvent viscosity on DNA retardation in slalom chromatography*, Journal of Chromatography A, 893 (2000) 115–122.
18. Y. Z. Chen and E. W. Prohofsky, *Sequence and temperature effect on hydrogen bond disruption in DNA determined by a statistical analysis*. European Biophysics Journal Volume 25, Number 1, 9-18
19. D. Poland and H.A. Scheraga, 1970, *Theory of Helix-Coil Transitions in Biopolymers*, Academic Press, New York.
20. http://www.diffen.com/difference/Special:Compare/DNA_RNA/28/04/2011.
21. Mariella Ivanova, Elena Tzvetanova, Veska Jetcheva, Ferenc Kila'r, *Abnormal Protein patterns in blood serum and cerebrospinal fluid detected by capillary electrophoresis*, J. Biochem. Biophys. Methods 53 (2002) 141–150

22. Andras Guttman, *Effect of temperature on separation efficiency in capillary gel electrophoresis*, trends in analytical chemistry, vol. 15, no. 5, 1996
23. http://biochemistry.yonsei.ac.kr/biochem_molecular/gene_cloning_20.php/01/05/2011
24. Haolia Rahman, *Penggunaan modul termoelektrik untuk optimasi alat agarose gel elektroforesis*, skripsi, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, 2007.
25. Ogden, R. C., and Adams, D. A., *Electrophoresis in agarose and acrylamide gels*. Methods Enzymo 152 (1987) 61-87.
26. Tomas Masek, Vaclav Vopalensky, Petra Suchomelova, Martin Pospisek, *Denaturing RNA electrophoresis in TAE agarose gels*, Analytical Biochemistry 336 (2005) 46–50.
27. S.B. Riffa, Xiaoli Ma, *Thermoelectrics: a review of present and potential applications*, Applied Thermal Engineering 23 (2003) 913–935.
28. F.L Tan, S.C. Fok, *Methodology on Sizing and Selecting Thermoelectric Cooler from Different TEC Manufacturers in Colling System Design*.
29. <http://www.techterms.com/definition/heatsink/03/05/2011>.
30. David reay and Peter Kew, *Heat Pipes: Theory, Design, and Applications*, Fifth edition, Butterworth-Heinemann, 2006.
31. ASHRAE handbooks 2005
32. Thermoelectric Handbook, Production Assembly Information Performance and Properties, Melcor
33. Mupid exU Spesification for Submarine Electrophoresis System for Molecular Biology
34. O. E. Ol'khovik, A. A. Kaminskii, L. G. Gelimson, I. B. Karintsev, V. V. Postnikov and V. V. Okhrimenko, *Study of the strength of acrylic plastic under a complex stress state*, Translated from Problemy Prochnosti, No. 8, pp. 77–79, August, 1983.
35. R. Kayne, L.S. Wayne, *What is the difference between acrylic and glass aquarium*, <http://www.wisegeek.com/28/05/2011>
36. http://www.engineeringtoolbox.com/thermal-conductivity-d_429.html/01/06/2011

37. Thermoelectric Cooler TEC1-12706 Data Sheet Specification, Electronic Component, Hebei Ltd
38. <http://www.coolermaster.com/25/05/2011>
39. Operating Instructions and Specifications NI 9211
40. <http://www.americaninstrument.com/index.asp/28/05/2011>





**TABEL HASIL PENGAMBILAN DATA VARIASI
TEGANGAN MASUK TAE**

80 V				
menit	cold	ambient	TAE	hot
1	22,87552549	24,92307457	22,27305961	25,41074341
2	21,43074977	25,054344	23,69528195	26,62010337
3	14,96719925	25,09942192	21,2535308	56,40614805
4	12,63437548	25,2545634	17,96421042	58,18618933
5	12,01498835	25,16253932	17,79790557	57,993902
6	8,44847035	24,92841017	15,95598025	57,84097312
7	8,60300235	25,26948557	18,79269815	57,72473737
8	8,79150765	24,98285115	16,95721922	57,67201755
9	8,8608764	24,74694895	17,64533228	57,72247288
10	9,139846367	24,80214277	15,94290223	57,73463398
11	9,119355767	24,7578489	16,83573233	57,74206477
12	9,108859217	24,72646548	16,65377613	57,72627017
13	9,238732133	24,7634053	16,65527258	57,67430918
14	8,898289067	24,65081038	16,49703558	57,67926353
15	9,313346167	24,65169543	18,0503596	57,6734538
16	9,066249317	24,59431213	16,7410557	57,70034787
17	8,220136033	24,65572508	13,9891546	57,78293688
18	7,563627883	24,60005385	13,29585135	57,96047127
19	7,4575112	24,67749993	13,38670023	58,06503973
20	7,373650183	24,68439993	13,79883388	58,09497898
90 V				

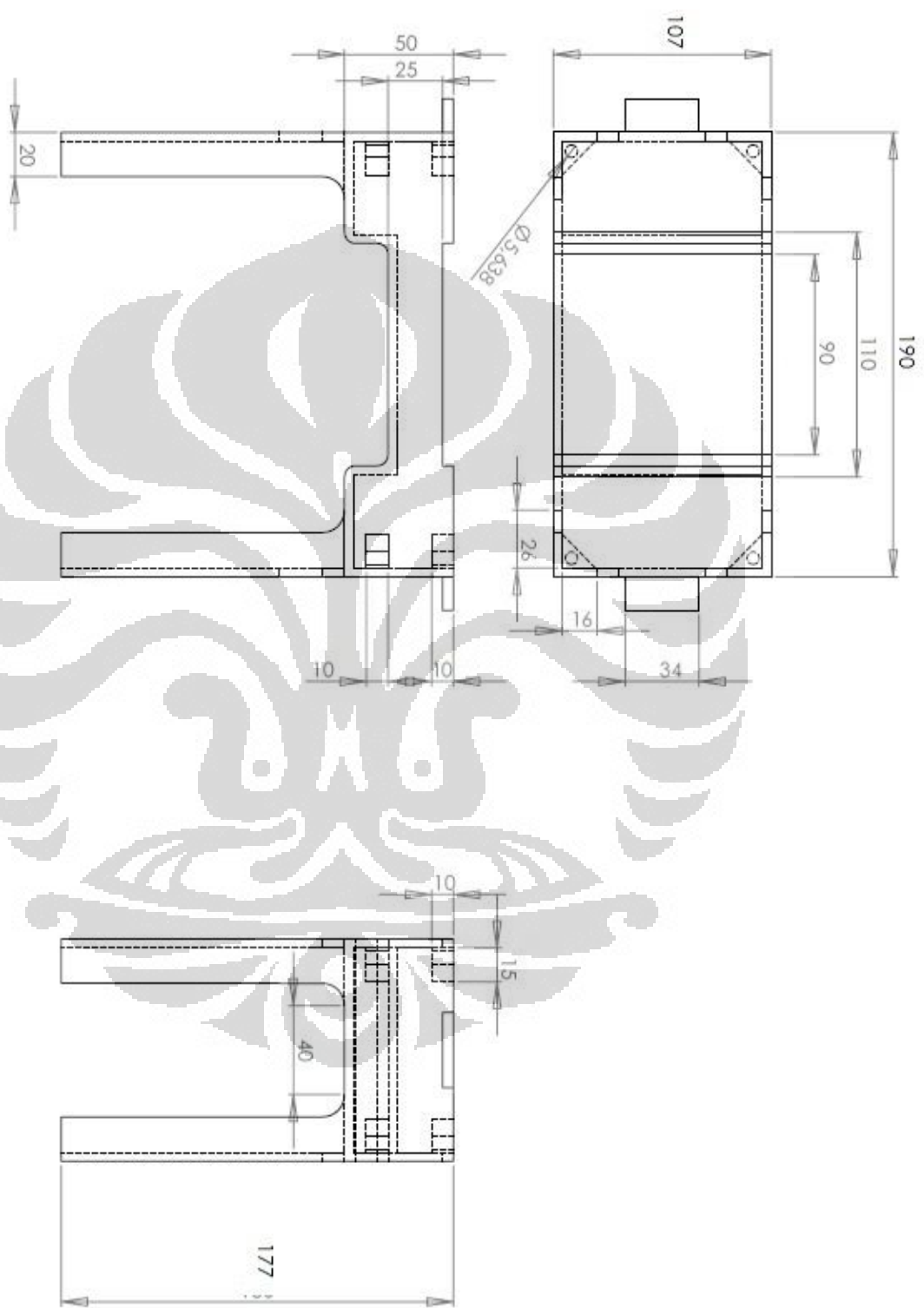
menit	cold	ambient	tae	hot
1	22,56051889	23,90051457	22,62377311	25,27484341
2	16,98844277	24,041784	20,23572693	26,48420337
3	7,986235917	24,08686192	11,84270143	56,27024805
4	5,702048733	24,2420034	8,99213555	58,05028933
5	4,61989165	24,25957932	8,57258695	57,858002
6	4,428191517	23,91585017	9,095996167	57,70507312
7	4,580320183	24,26692557	9,380082183	57,58883737
8	4,77656425	24,06029115	9,7513316	57,53611755
9	4,9337945	23,94438895	9,982700933	57,58657288
10	4,83895735	23,88958277	9,669224883	57,59873398
11	4,957164767	23,8452889	9,9122243	57,60616477
12	5,055553767	23,81390548	10,10899672	57,59037017
13	5,107781183	23,8508453	10,35936713	57,53840918
14	5,1232864	23,73825038	10,5343781	57,54336353
15	5,0228616	23,73913543	10,60628047	57,5375538
16	4,932819567	23,68175213	10,49810063	57,56444787
17	4,9343032	23,74316508	10,45652392	57,64703688
18	4,8857022	23,68749385	10,47742847	57,82457127
19	4,785768	23,76493993	10,58905527	57,92913973
20	4,73802	23,5510821	10,51915527	57,95907898
100 V				
menit	cold	ambient	TAE	hot
1	24,58372741	25,3130977	23,68354038	25,16184341
2	23,96630253	25,33679137	23,60809897	26,37120337
3	8,766732483	25,3639554	21,89398297	56,15724805

4	6,670234017	25,28265668	18,38782623	57,93728933
5	5,82481695	25,3584871	15,70210252	57,745002
6	5,248807317	25,3168794	13,75125862	57,59207312
7	4,844120767	25,09839743	12,78448257	57,47583737
8	4,67021285	25,21913708	12,30370858	57,42311755
9	4,662731617	25,22676162	11,93685638	57,47357288
10	4,695163933	25,18000055	11,57090462	57,48573398
11	4,76948255	25,22300482	11,51526553	57,49316477
12	4,78550605	25,11182138	11,3915391	57,47737017
13	4,771396933	25,17766668	11,23732477	57,42540918
14	4,793173117	25,1611954	11,39261162	57,43036353
15	4,997709417	25,06968997	11,63840838	57,4245538
16	5,11501425	25,2170404	11,30612303	57,45144787
17	5,094280367	25,34293913	11,1648532	57,53403688
18	4,7025732	25,40708567	11,1162397	57,71157127
19	4,627572283	25,3598589	11,1771087	57,81613973
20	4,7727372	25,32684325	11,1264943	57,84607898
135 V				
menit	cold	ambient	tae	hot
1	23,00421536	24,90251457	22,46537834	22,6781523
2	22,83892233	25,043784	22,31714978	29,71033977
3	10,79575977	25,08886192	20,12158383	48,92369527
4	9,358169733	25,2440034	17,88821847	48,9731475
5	9,370863633	25,26157932	18,54719612	48,34124247
6	9,99505185	24,91785017	20,3294087	48,04138595
7	11,10535892	25,26892557	22,07121252	47,82678563

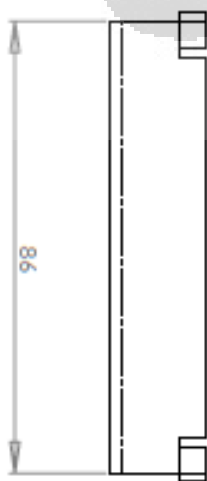
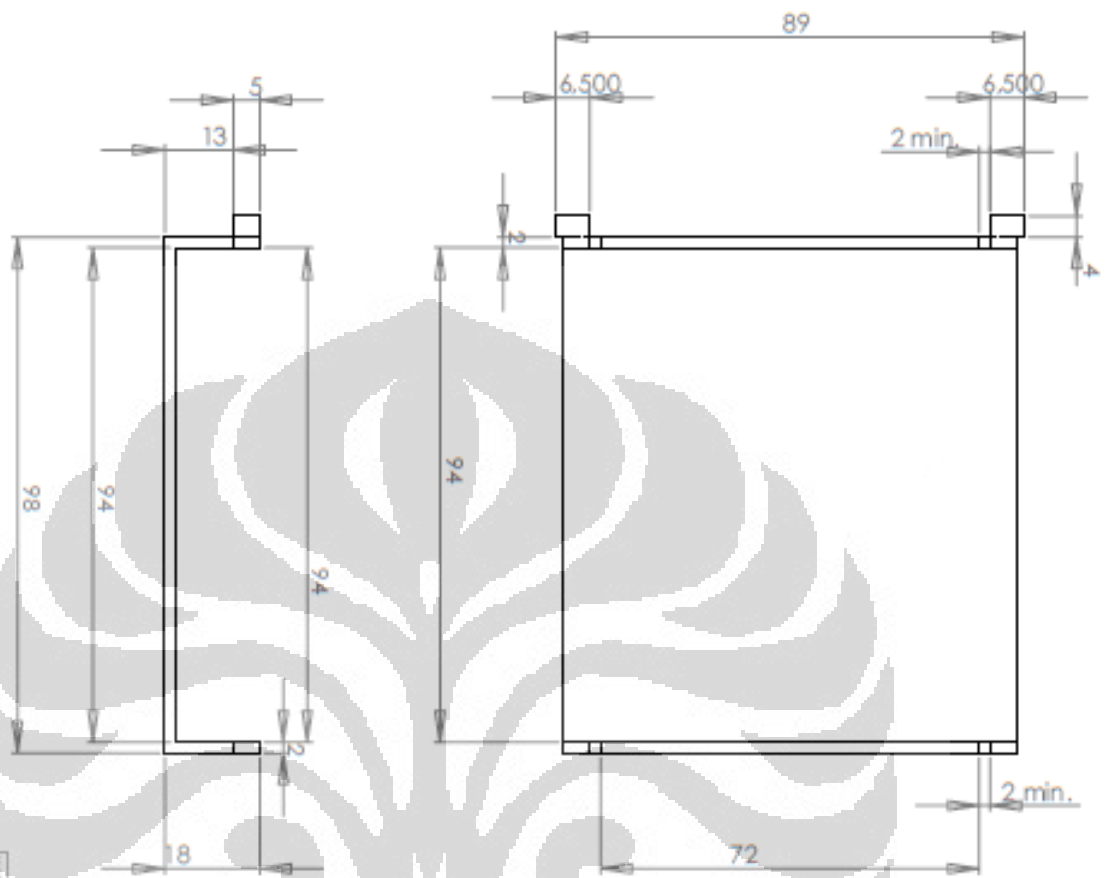
8	12,12527232	25,06229115	22,28126668	47,70073868
9	12,2403383	24,94638895	23,30880248	47,63531962
10	12,66291597	24,89158277	24,66671107	47,5940012
11	13,03828503	24,8472889	24,56052923	47,57832878
12	13,34331335	24,81590548	24,96623987	47,53867747
13	13,46072423	24,8528453	24,76700267	47,5572243
14	13,82415572	24,74025038	25,97482355	47,54238893
15	14,27828417	24,74113543	26,85882753	47,5357928
16	14,64986817	24,68375213	26,84851132	47,51779365
17	14,84330785	24,74516508	26,82485878	47,51697943
18	14,97993902	24,68949385	26,82152195	47,54708065
19	14,94057738	24,76693993	26,82604583	47,4935272
20	15,34506922	24,5530821	28,05304743	47,47418403
150 V				
menit	cold	ambient	tae	hot
1	24,12486792	23,93196457	23,67420933	24,26242293
2	20,96320978	24,073234	23,90387895	26,08280588
3	11,34131193	24,11831192	23,51756355	32,99825115
4	11,62286707	24,2734534	24,22419808	33,48054605
5	12,57241367	24,29102932	25,75619243	33,60297917
6	13,27072967	23,94730017	27,08925395	33,71537158
7	14,05230647	24,29837557	28,04002088	33,89696208
8	14,58360983	24,09174115	28,93725305	34,22524068
9	15,01968427	23,97583895	29,87405293	34,7106106
10	15,632649	23,92103277	30,9061869	34,9594587
11	16,07422793	23,8767389	31,51514823	35,07217433

12	16,51402457	23,84535548	32,42863077	35,01839078
13	16,99183747	23,8822953	33,24577018	35,02530587
14	17,29338107	23,76970038	32,97694297	34,9295118
15	17,36066373	23,77058543	33,65254052	34,84793803
16	17,67850587	23,71320213	34,34255778	34,93608757
17	18,00448247	23,77461508	34,90078198	34,96595392
18	18,29053357	23,71894385	35,31011962	34,93766375
19	18,54268995	23,79638993	35,85450278	34,9707586
20	18,66415153	23,5825321	35,9912897	35,05903583

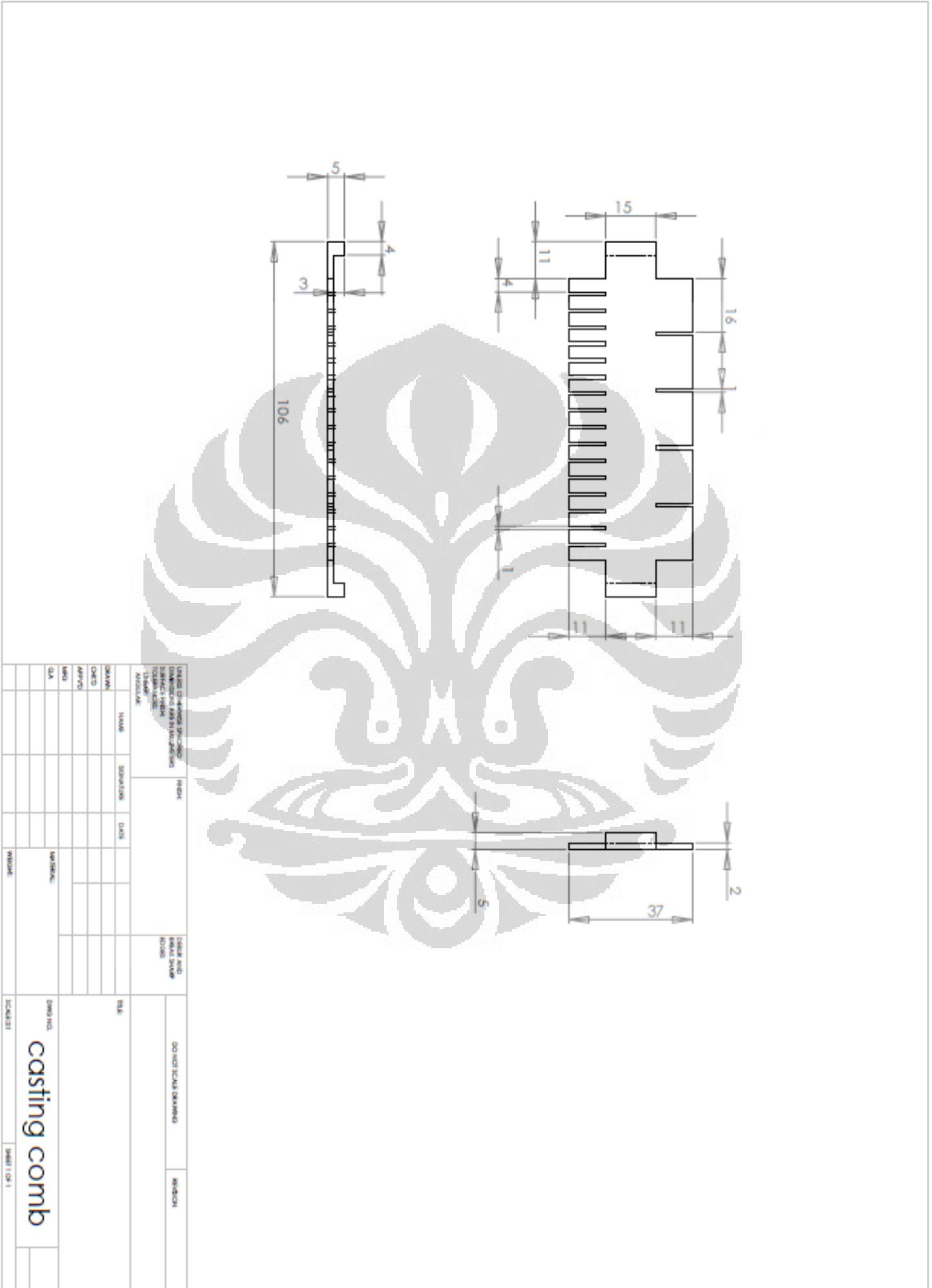




DESIGNER: []		DATE: []		TITLE: []	
DRAWN: []		SIGNATURE: []		DATE: []	
CHECKED: []		SIGNATURE: []		DATE: []	
APPROVED: []		SIGNATURE: []		DATE: []	
MATERIAL: []		SIGNATURE: []		DATE: []	
QA: []		SIGNATURE: []		DATE: []	
REVISION: []		SIGNATURE: []		DATE: []	
SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1		DRAWING NO.: Agorose Gel Electrophoresis	



UNIT OF CHARGE / SPESIFIKASI		MATERIAL		DIMENSI		REMARK	
NO	DESCRIPTION	QTY	UNIT	NO	DESCRIPTION	QTY	UNIT
1	gel tray						



UNIVERSITY OF ANGGRANYA		FACULTY OF ENGINEERING		DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING	
NAME	STUDENT ID	DATE	TITLE	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME					
NO.					
DATE					
DRAWING NO.			drawing comb		
SCALE			1:1		
SHEET NO.			1 of 1		