

## EVALUASI KINERJA *HEATING MANTLE* HASIL PEREKAYASAAN

Mujiono dan Indra Milyardi  
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN

### ABSTRAK

#### EVALUASI KINERJA *HEATING MANTLE* HASIL PEREKAYASAAN.

Fungsi *heating mantle* untuk memanaskan bahan uji yang berbentuk cairan dalam sebuah wadah yang terbuat dari kaca sangatlah penting peranannya. Untuk mengetahui kemampuan kerja dari sebuah *heating mantle* hasil perekayasaan, maka perlu dilakukan pengujian. Dari pengujian dengan suhu permukaan *heating mantle* 300 °C, didapatkan kesimpulan bahwa waktu yang diperlukan untuk pendidihan air dengan volume 0,5, 1,0, 1,5, dan 2,0 liter masing-masing adalah : 662, 1255,4, 1800 dan 2496 detik. Waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air dengan volume 1,0, 1,5 dan 2,0 liter masing-masing adalah : 10888,8, 14748, 20969,6 detik.

**Kata kunci :** Perakayasaan *heating mantle*, air, waktu pendidihan, waktu penguapan.

### ABSTRACT

**EVALUATION OF ENGINEERING HEATING MANTLE PERFORMANCE.** Heating Mantle Function is Heating the liquid test material in glass container for researching. Testing is needed to know performance of engineering heating mantle. Result testing by surface heating mantle temperature 300 C the time is required to boil water each volume : 0,5, 1,0, 1,5 and 2 liter is; 662, 1255,4, 1800 and 2496 second. And also the time is required to boil water by each volume 1,0, 1,5 and 2,0 liter ; 10888,8, 14748 and 20969,6 second.

**Keyword :** Engineering Heating Mantle, water, Boiling time,

## PENDAHULUAN

Ketersediaan peralatan laboratorium di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR) sangatlah penting untuk menunjang kelancaran kegiatan penelitian. Salah satu peralatan laboratorium itu adalah *heating mantle*, yang berfungsi untuk memanaskan cairan.

Pada umumnya *heating mantle* yang ada di lingkungan PATIR-BATAN adalah buatan luar negeri dengan bentuk serta ukuran tertentu. Kondisi alat-alat tersebut hampir 90 % sudah berusia diatas 15 tahun sehingga tidak berfungsi dengan baik. Untuk itu dilakukanlah perakayasaan *heating mantle* dengan kapasitas volume 2 liter.

Untuk mengetahui kinerja *heating mantle* hasil perakayasaan maka perlu dilakukanlah pengujian untuk melihat unjuk kerja peralatan. Dari hasil evaluasi diharapkan mendapatkan data alat yang dapat digunakan oleh para pengguna.

## DASAR TEORI

### *Heating Mantle*

Mantel pemanas (*heating mantle*) adalah peralatan laboratorium yang digunakan untuk memanaskan sampel dalam botol atau wadah. Dengan bentuk tertentu fungsi alat ini berbeda dengan alat pemanas lainnya seperti *waterbath*, *hotplate*, *oven* dan lain-lain, karena wadah atau botol langsung diletakkan ke dalam cekungan yang merupakan sumber energi panas berasal. Sumber energi panas ini berasal dari arus listrik yang mengalir ke dalam topi elemen (berbentuk setengah bola) yang di dalamnya terdapat nikelin yang dililit dan diselubungi oleh selongsong panas. Untuk memanaskan bahan uji tertentu dengan menggunakan *heating mantle*, bahan uji diletakkan ke dalam botol atau wadah yang terbuat dari bahan kaca. *Heating mantle* mempunyai ukuran yang berbeda-beda, karena disesuaikan dengan ukuran wadah (labu ukur). Makin besar ukuran wadah, maka semakin besar pula ukuran *heating mantle*. Gambar 1 menunjukkan contoh *heating mantle* dengan berbagai ukuran.



**Gambar.1** *Heating Mantle* pabrikan dengan berbagai ukuran

### *Suhu*

Suhu kita kenal sebagai ukuran panas atau dinginnya suatu benda. Alat untuk mengukur suhu adalah termometer. Termometer yang digunakan beraneka ragam mulai dari termometer air raksa, termometer alkohol, termometer digital atau bahkan termometer *infrared*.

Bila panas diberikan pada suatu zat pada tekanan konstan maka hasilnya adalah kenaikan suhu zat. Namun, terkadang zat dapat menyerap panas dalam jumlah yang besar tanpa mengalami perubahan apapun pada suhunya. Ini terjadi selama perubahan fasa, artinya ketika kondisi fisis zat itu berubah dari satu bentuk menjadi bentuk lain. Jenis-jenis perubahan fasa adalah pembekuan, penguapan, dan sublimasi. Pembekuan

yaitu perubahan cairan menjadi padatan (seperti pembekuan air menjadi es). Penguapan yaitu perubahan cairan menjadi uap atau gas (seperti pada penguapan air), dan sublimasi yaitu perubahan padatan langsung menjadi gas (seperti pada penguapan bola kamper atau karbon dioksida padat, yang sering kali dinamakan es kering). Pada tahap penguapan, terdapat pula proses pendidihan yang merupakan pembentukan gelembung-gelembung uap di dalam cairan. Untuk membentuk gelembung, uap harus mempunyai tekanan yang cukup untuk mendorong cairan kembali melawan tekanan yang diberikan di bagian atas cairannya (biasanya tekanan atmosfer) ditambah tekanan yang disebabkan cairan di atas gelembung. Jika tekanan yang diberikan bertambah, maka tekanan uap yang dibutuhkan untuk mendidih bertambah.

Kenaikan suhu zat menggambarkan kenaikan energi kinetik gerakan molekul-molekul. Bila suatu zat berubah dari cairan menjadi bentuk gas, molekul-molekulnya yang berdekatan dalam bentuk cairan digerakkan saling menjauh. Hal ini membutuhkan usaha yang dilakukan melawan gaya tarik yang mempertahankan molekul-molekul itu berdekatan, dengan kata lain energi arus diberikan pada molekul untuk memisahkan mereka.

### **Perpindahan Energi Termis**

Energi termis dipindahkan dari satu tempat ke tempat lain lewat tiga proses yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

1. **Konduksi**

Energi termis dipindahkan lewat interaksi antara atom-atom atau molekul walaupun atom-atom dan molekulnya sendiri tidak berpindah.

2. **Konveksi**

Panas dipindahkan langsung lewat perpindahan *massa*.

3. **Radiasi**

Energi dipancarkan dan diserap oleh benda-benda dalam bentuk radiasi elektromagnetik. Radiasi ini bergerak lewat ruang dengan kelajuan cahaya. Semua benda memancarkan dan menyerap radiasi elektromagnetik. Bila benda ada dalam kesetimbangan termis dengan sekitarnya, benda memancarkan dan menyerap energi dengan laju yang sama.

## PENGUJIAN

### Tujuan Pengujian

Pengujian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui waktu pendidihan dan penguapan bahan uji berbentuk cairan dari *heating mantle* volume 2 liter hasil perekayasaan.

### Alat Dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

1. *Heating mantle*
2. Wadah atau labu ukur
3. Air
4. Gelas ukur
5. *Stopwatch*

### Langkah Kerja

Langkah kerja yang dilakukan penulis dalam melakukan pengujian ini terbagi menjadi 2 (dua) yaitu:

#### Proses Pendidihan

1. Menyiapkan air, kemudian mengukur air sesuai dengan volume yang telah ditentukan dengan menggunakan gelas ukur.
2. Memasukkan air yang telah di ukur tersebut ke dalam labu ukur.
3. Meletakkan labu ukur pada *heating mantle*.
4. Menghidupkan saklar hingga lampu penanda menyala.
5. Mengatur *thermostat* ke suhu yang di inginkan (300° C).
6. Mengamati air tersebut, dan mencatat waktu mulainya pemanasan hingga mendidih.

#### Proses Penguapan

1. Mengatur ulang *stopwatch* untuk menghitung waktu menguap (waktu saat mulai mendidih hingga air dalam wadah tersisa sedikit).
2. Mematikan *stopwatch* hingga waktu dirasa cukup dan catat waktu terakhir.
3. Setelah wadah tidak terlalu panas, mengukur air sisa penguapan dan catat hasilnya.

4. Mengulangi langkah-langkah di atas dengan volume air yang berbeda.

### Evaluasi Data

Evaluasi data dilakukan untuk mendapatkan hasil perhitungan yaitu berupa kecepatan pendidihan dan penguapan. Setelah itu, data yang didapat disusun dalam bentuk tabel. Dari data tersebut penulis menyimpulkan bagaimana efisiensi dan efektifitas *heating mantle* dengan membandingkan setiap percobaan yang dilakukan. Pada setiap percobaan, penulis menggunakan suhu yang sama yaitu 300 C.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengujian dilakukan dalam dua kegiatan yaitu melakukan proses pendidihan dan penguapan bahan uji dengan menggunakan *heating mantle* volume 2 liter hasil perekayasaan, dengan menggunakan air sebagai bahan uji yang akan dididihkan dan diuapkan. Gambar 2 menunjukkan *heating mantle* hasil perekayasaan yang digunakan untuk pengujian.



Gambar.2 *Heating Mantle* hasil perekayasaan

## HASIL

### a. Proses Pendidihan

Penulis melakukan uji coba pendidihan air sebanyak 5 kali untuk masing-masing volume yang berbeda. Volume yang akan dididihkan yaitu 0,5 L, 1 L, 1,5 L dan 2 L dengan suhu pada *heating mantle* sebesar 300°C. Tabel 1 menunjukkan waktu untuk mendidihkan bahan uji.

Tabel.1 Waktu yang dibutuhkan *Heating Mantle* untuk mendidihkan bahan uji

No.	Volume air (Liter)	Waktu yang diperlukan pada percobaan ke-					Rerata
		1	2	3	4	5	
1	0,5	662	670	658	660	660	662
2	1,0	1277	1200	1280	1260	1260	1255,4
3	1,5	1740	1740	1860	1860	1800	1800
4	2,0	2460	2480	2500	2520	2520	2496

Pada tabel 1 diketahui bahwa percobaan untuk bahan uji pada volume 0,5 liter, didapatkan waktu pendidihan relatif sama antara percobaan yang pertama hingga ke lima sehingga waktu rata-ratanya adalah 662 detik. Kemudian untuk volume selanjutnya juga didapatkan waktu yang konstan.

### b. Proses Penguapan

Perlakuan terhadap proses penguapan ini hampir sama dengan proses pendidihan, yaitu *heating mantle* di atur pada suhu 300°C. Volume air (bahan uji) yang digunakanpun sama, namun pada proses penguapan ini penulis tidak menguapkan air dengan volume 0,5 L hingga habis dikarenakan kekhawatiran akan pecahnya wadah (labu ukur). Oleh karena itu, penulis hanya menguapkan bahan uji yang bervolume 1,0 L, 1,5 L, dan 2,0 L.

Proses penguapan dilakukan dengan mengambil data volume awal air yang dididihkan dan volume akhirnya. Pada tabel 2 ditunjukkan hasil percobaan volume awal dan volume akhir.

Tabel 2 Data percobaan volume awal dan volume akhir

No.	Volume Awal (ml)	Volume Akhir pada percobaan ke- (ml)				
		1	2	3	4	5
1	1000	770	470	500	790	700
2	1500	1160	1200	1060	1050	1000
3	2000	1440	670	740	1200	1300

Pada Tabel 2 dapat diketahui volume awalnya, yaitu 1000 ml, 1500 ml, dan 2000 ml, sedangkan volume akhir merupakan volume sisa proses penguapan dalam labu ukur. Dari data tersebut diperoleh selisih dari volume awal dan akhir. Selain itu, terdapat pula waktu awal dan waktu akhir, yaitu waktu pada *stopwatch* digital setelah proses

pendidihan dan waktu saat *heating Mantle* dimatikan. Data mengenai waktu awal dan waktu akhir yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 3 berikut ini.

**Tabel 3** Data mengenai waktu awal dan waktu akhir

Per c	Waktu awal dan waktu akhir pada volume (yang ditunjukkan oleh <i>stopwatch</i> dalam detik)								
	1000 ml			1500 ml			2000 ml		
	$t_1$	$t_2$	$\Delta t$	$t_1$	$t_2$	$\Delta t$	$t_1$	$t_2$	$\Delta t$
1	127 7	366 0	238 3	174 0	498 0	324 0	246 0	7592	5132
2	120 0	688 5	568 5	174 0	444 0	270 0	248 0	1520 0	1272 0
3	128 0	654 0	526 0	186 0	678 0	492 0	250 0	1463 2	1213 2
4	126 0	348 0	222 0	186 0	612 0	426 0	252 0	1128 0	8760
5	126 0	450 0	324 0	180 0	690 0	510 0	252 0	1014 0	7620

Pada Tabel 3 diperoleh selisih antara waktu awal dan waktu akhir. Selisih volume dan waktu tersebut digunakan untuk memperoleh waktu penguapan secara total dari masing-masing volume, penulis mencari nilai kecepatan penguapan terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$v = \frac{\Delta V}{\Delta t} \quad (1)$$

Keterangan:

$v$  = kecepatan penguapan (ml/detik)

$\Delta V = V_1 - V_2 =$  selisih volume (ml)

$\Delta t = t_2 - t_1 =$  selisih waktu (detik)

Setelah menghitung dengan menggunakan persamaan (1), hasil kecepatan penguapan disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut :

**Tabel 4** Kecepatan Penguapan

No.	Volume air (ml)	Kecepatan menguap air pada percobaan ke- (ml/detik)				
		1	2	3	4	5
1	1000	0,10	0,09	0,09	0,09	0,09
2	1500	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10
3	2000	0,11	0,10	0,09	0,09	0,09

Nilai kecepatan penguapan yang didapat merupakan hasil pembulatan dari nilai yang sebenarnya. Dari data di atas, kita dapat menentukan waktu yang dibutuhkan *heating mantle* untuk menguapkan seluruh air yang ada dalam labu ukur dengan cara membagi volume dengan nilai kecepatan penguapan.

$$t_{\text{penguapan}} = \frac{V}{v} \quad (2)$$

Keterangan:

$t_{\text{penguapan}}$  = waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air seluruhnya (detik)

$v$  = kecepatan penguapan (ml/detik)

$V$  = volume yang diuapkan (ml)

Hasil yang di dapat penulis setelah menghitungnya dengan menggunakan persamaan (2) dari uji coba ke-1 hingga ke-5 pada tiap-tiap volume dapat dilihat pada Tabel 5 sebagai berikut.

**Tabel 5** Waktu yang dibutuhkan *Heating Mantle* untuk menguapkan sampel

No.	Percobaan ke-	Waktu yang diperlukan untuk menguapkan air sebanyak (detik)		
		1 L	1,5 L	2 L
1	I	10000	15000	18182
2	II	11111	13500	20000
3	III	11111	15240	22222
4	IV	11111	15000	22222
5	V	11111	15000	22222
Rata-rata		10888,8	14748	20969,6

## PEMBAHASAN

Data yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan volume 0,5 Liter air dari percobaan pertama hingga ke-5 adalah berbeda. Perbedaan tersebut dikarenakan adanya penyimpangan atau *error* saat proses pengambilan data. Penyimpangan tersebut berupa kesalahan saat membaca skala air pada gelas ukur dan saat menuangkan air tersebut ke dalam labu ukur. Gelas ukur yang digunakan menggunakan skala ukur yang besar sedangkan penulis membutuhkan skala ukur yang kecil sehingga kemungkinan penulis melakukan kesalahan. Selain itu, tumpahnya air saat dipindahkan ke dalam labu ukur sehingga beberapa milliliter air pun hilang yang menyebabkan air dalam labu ukur tidak sesuai dengan volume yang kita tentukan.

Penyimpangan lain yang terjadi dalam menentukan bahwa air tersebut sudah mendidih. Walaupun secara teori dapat dijelaskan tanda-tanda air mendidih dengan terdapatnya gelembung-gelembung udara, namun tetap saja tidak ada ketentuan yang menjelaskan secara detail bahwa mendidih ditandai dengan gelembung udara yang banyak atau sedikit ataupun yang lainnya. Kesalahan yang menyebabkan penyimpangan atau *error* tersebut kemungkinan terjadi juga saat pengambilan data pendidihan air dengan volume 1,0 L; 1,5 L dan 2,0 L. Akan tetapi kesalahan yang menyebabkan perbedaan angka tidak mempunyai perbedaan atau selisih yang terlalu jauh, sehingga masih dapat dilakukan pengambilan rata-ratanya.

Dari data yang didapat, penulis membuat waktu pendidihan rata-rata untuk masing-masing volume. Penulis dapat membandingkan waktu pendidihan rata-rata antar volume. Untuk volume 0,5 L, waktu pendidihan rata-ratanya adalah 662 detik, sedangkan untuk volume 1,0 L adalah 1255,4 detik. Hal ini menunjukkan bahwa, waktu pendidihan rata-rata tiap volume tersebut linier. Volume 1,0 L adalah dua kali dari volume 0,5 L, sehingga waktu pendidihan rata-rata yang dibutuhkan volume 1,0 L pun dua kali dari waktu pendidihan rata-rata volume 0,5 L. Demikian pula untuk volume 1,5 L dan 2,0 L yaitu waktu pendidihan rata-rata volume 1,5 L pun tiga kali dari waktu pendidihan rata-rata volume 0,5 L dan empat kalinya untuk volume 2,0 L.

Proses penguapan merupakan tahap setelah proses pendidihan. Waktu yang dibutuhkan *heating mantle* untuk menguapkan air dengan volume yang berbeda adalah berbanding lurus. Pada tabel 2 didapatkan volume akhir pada masing-masing percobaan untuk bahan uji 1, 1,5, dan 2 liter. Percobaan yang dilakukan berulang sebanyak 5 kali sehingga di dapatkan data yang relatif akurat. Volume akhir pada percobaan ke 1 sampai ke 5 berbeda-beda dikarenakan penulis tidak menentukan lamanya waktu penguapan. Kemudian pada tabel 3 di peroleh data selisih waktu awal dan akhir penguapan. Waktu pendidihan tidak di tentukan, tetapi dicatat waktu awal mula dan akhir untuk didapatkan perhitungan kecepatan penguapan yang di tunjukkan pada tabel 4. Nilai kecepatan penguapan yang didapatkan relatif konstan antara bahan uji volume 1, 1,5 dan 2 liter. Setelah semua data yang di ambil dari tabel 2 sampai 4, maka untuk tabel 5 adalah waktu yang dibutuhkan oleh *heating mantle* untuk menguapkan caitan dengan volume 1, 1,5 dan 2 L yaitu rata-rata masing-masing adalah 10888,8, 14748, 20969,6 detik.

## KESIMPULAN

Dari uraian yang telah disampaikan sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengujian dengan suhu permukaan *heating mantle* 300 °C, menunjukkan waktu yang diperlukan untuk pendidihan air dengan volume 0,5, 1,0, 1,5, dan 2,0 liter masing-masing adalah : 662, 1255,4, 1800 dan 2496 detik.
2. Waktu yang dibutuhkan untuk menguapkan air dengan volume 1,0, 1,5 dan 2,0 liter masing-masing adalah : 10888,8; 14748; 20969,6 detik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Tipler, Paul A. 1998. Fisika untuk Sains dan Teknik jilid 1. Erlangga: Jakarta.
2. Cengel, Yunus A. dan Michael A Boles. *Thermodynamics an Engineerring Aproach fourth edition*. Mc Graw Hill Companies inc. New York
3. Kreith, Frank dan Arko priyono. *prinsip-prinsip perpindahan panas*. Edisi ketiga. Erlangga: Jakarta. 1997.
4. Holman, J.P., dan jasjfi. *Perpindahan Kalor*. Edisi keenam. Erlangga: Jakarta. 1997

## DISKUSI

BONANG ST

1. Apakah sama besar suhu panas cairan yang mendidih untuk power daya 100 watt dengan 300 watt?
2. Bila berbeda, bagaimana menghitung perbedaan kenaikan derajat suhunya untuk setiap kenaikan power daya 100watt?

MUJIONO

Suhunya sudah pasti sama, namun yang membedakan adalah waktu pendidihannya untuk daya yang lebih besar waktu yang dibutuhkan untuk mendidihkan cairan tentu lebih pendek.

SRI WIDARTI

Bagaimana dengan suhunya diatas atau dibawah 300 derajat?

MUJIONO

1. Untuk suhu dibawah 300 C, kami belum mencoba karena memang target\tujuan pengujian ini adalah kemampuan maksimum pemanasan. Namun jika dibutuhkan pemanasan untuk sampel dibawah 300 suhu pemanasan dapat ditur.
2. Untuk suhu diatas 300 C, tidak kami lakukan, karena kemampuan tersebut hanya mampu 300 C.

TAVIP SS AMD

Dalam Evaluasi Kinerja Heating Mantle, saudara men didihkan air dengan volume berbeda-beda, sehingga air menguap pada suhu 300 C selama sekian detik, kemudian bagaimana menurut saudara dengan Ketahanan Elemen Pemanas, kira-kira umurnya berapa lama?

MUJIONO

Air mulai menguap (timbulnya gelombang) itu mulai dari 85 C, bukan ada suhu 300 C, karena suhu air mendidih hanya berkisar 100 C. ketahanan elemen yang digunakan tergantung dari si pengguna, bila tat cara penggunaannya sesuai dengan SOP, maka elemen dapat bertahan lama.

## EVALUASI KINERJA *HEATING MANTLE* HASIL PEREKAYASAAN

Mujiono, Indra Milyardi

---

### BAYU AZMI

1. Dalam percobaan ini kategori air mendidih itu yang bagaimana?  
Sudah ada gelembung udara kecil-kecil atau sampai timbul gelembung air yang besar?
2. Apakah suhu awal air diukur untuk tiap pengukuran?
3. Apakah suhu lingkungan dipertimbangkan untuk tiap pengukuran?

### MUJIONO

1. Pada pengujian ini kami ambil data pada saat mulai timbul gelembung-gelembung udara dari dasar wadah ke permukaan cairan.
2. Suhu sampel awal untuk tiap pengukuran diambil yaitu 28 C.
3. Untuk pengujian ini belum dipertimbangkan karena tidak mempengaruhi terlalu pada hasil pengukuran