

PENGUKURAN PANAS JENIS, KONDUKTIVITAS PANAS BUAH BENGGUANG (*Pachyrhizus aereus*.)

DALAM RANGKA PENENTUAN NILAI DIFUSIVITAS PANAS



Oleh

AGUS SUPRIYONO

F. 24. 1259



1 9 9 3

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

B O G O R



Agus Supriyono F 24.1259. Pengukuran Panas Jenis, Konduktivitas Panas Buah Bengkuang (*Pachyrhizus aereus*) Dalam Rangka Penentuan Nilai Difusivitas Panas. Dibawah Bimbingan Dr. H. Kamaruddin Abdullah, MSA.

RINGKASAN

Salah satu aspek yang dapat meningkatkan peranan tanaman hortikultura adalah dengan meningkatkan produksi buah-buahan. Pada umumnya buah-buahan sifatnya mudah rusak. Untuk mengawetkan produksi buah-buahan tersebut dapat dilakukan dengan pendinginan. Dengan pendinginan kesegaran, aroma, tekstur dan nilai gizi dari komoditi masih dapat dipertahankan (Jordan, R.C. dan G.B. Priester, 1965). Pendinginan selalu berkaitan dengan masalah pindah panas, sehingga untuk mengetahui masalah-masalah pindah panas tersebut, perlu penelitian mengenai sifat *thermal* bahan yang didinginkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah : (1) Menentukan nilai panas jenis (C_p) buah Bengkuang dengan kalorimeter yang dibuat sendiri. (2) Menentukan nilai konduktivitas panas (K) dan difusivitas panas (α) buah Bengkuang.

Metode yang digunakan untuk menentukan panas jenis Bengkuang dan Beras dalam penelitian ini adalah metode campuran (*method of mixtures*), yaitu digunakan persamaan keseimbangan panas antara bahan dan sistem kalorimeter, dimana panas yang diberikan oleh bahan sama dengan panas yang diterima oleh sistem kalorimeter.

Untuk menentukan konduktivitas panas digunakan alat *Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3)* yang menggunakan metode *Probe*, yaitu menggunakan prinsip dasar teknik pengukuran pengembangan dari metode kawat pemanas (*heater*) yang disisipkan lurus di dalam pusat bahan yang diukur, dimana bahan tersebut berbentuk silinder atau balok simetris.

Nilai difusivitas panas dicari dengan menggunakan Persamaan Mohsenin (1980), yaitu rumus untuk mencari difusivitas panas, setelah diketahui terlebih dahulu nilai-nilai panas jenis, konduktivitas panas dan massa jenisnya.

Hasil penelitian panas jenis Bengkuang menunjukkan bahwa makin tinggi kadar air, nilai panas jenis makin tinggi pula. Hubungan antara kadar air Bengkuang dengan panas jenisnya merupakan hubungan yang linear (untuk kadar air antara 86.03 % - 90.14 % wb), yang ditunjukkan dengan persamaan garis linearnya : $C_p = - 6.65467 + 0.119239 m$, $r = 0.920489$. Nilai panas jenis Bengkuang untuk selang kadar air 86.03 - 90.14 % bervariasi antara 3.57715 - 4.1107 J/g °C (rata-rata 3.87176 J/g °C).

Untuk menguji benar tidaknya hasil pengukuran panas jenis dari kalorimeter yang dibuat, maka diuji untuk mengukur panas jenis beras *Super Slyp* yang sudah diketahui nilai panas jenisnya. Kemudian nilai panas jenis beras hasil penelitian tersebut dibandingkan dengan nilai panas jenis beras hasil penelitian Oshita (1991).



Dari hasil penelitian diperoleh nilai panas jenis beras (untuk kadar air 12.4 % - 18.9 %) bervariasi antara 1.5754 J/g °C sampai 2.1003 J/g °C, dengan rata-rata 1.87636 J/g °C.

Hasil penelitian Konduktivitas panas Bengkuang nilainya bervariasi antara 0.5996 - 0.6420 W/m °C (rata-rata 0.62519 W/m °C). Hubungan antara kadar air Bengkuang dengan konduktivitas panasnya merupakan hubungan yang linear dengan persamaan sebagai berikut: $K = - 0.00466 + 0.007134 m$, $r = 0.814857$.

Untuk selang kadar air yang sama didapat massa jenis Bengkuang bervariasi antara 1.02573×10^3 - 1.10276×10^3 Kg/m³ (rata-rata 1.06018×10^3 Kg/m³). Hubungan antara kadar air dengan massa jenis Bengkuang merupakan hubungan yang linear dengan persamaan garis linearnya adalah : $M = -0.45513 + 0.0017163 m$, $r = 0.870523$.

Nilai difusivitas panas Bengkuang untuk kadar air yang sama didapat bervariasi antara 1.4087×10^{-7} - 1.6465×10^{-7} m²/dt (rata-rata 1.5234×10^{-7} m²/dt).

**PENGUKURAN PANAS JENIS, KONDUKTIVITAS PANAS
BUAH BENGGUANG (*Pachyrhizus aereus*.)**

DALAM RANGKA PENENTUAN NILAI DIFUSIVITAS PANAS

Oleh

Agus Supriyono

F 24.1259

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada **JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN**

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

1993

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

PENGUKURAN PANAS JENIS, KONDUKTIVITAS PANAS
BUAH BENGKUANG (*Pachyrhizus aereus*)
DALAM RANGKA PENENTUAN NILAI DIFUSIVITAS PANAS

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan **MEKANISASI PERTANIAN**,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

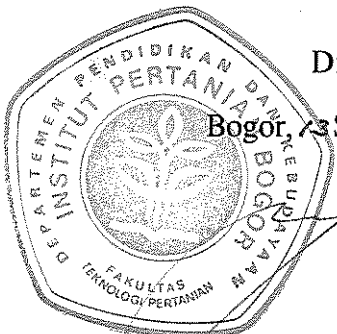
Oleh :

AGUS SUPRIYONO

F 24.1259

Tanggal lulus : 13 Juli 1993

87.



Disetujui,

Bogor, 23 September 1993

Dr. H. Kamaruddin Abdullah, MSA
Dosen Pembimbing

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan Taufik dan Hidayah Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar. Dan Sholawat dan salam senantiasa tercurah kepada nabi Muhammad saw.

Pada kesempatan ini, penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. H. Kamaruddin Abdullah, MSA. selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Aris Purwanto selaku dosen penguji.
3. Ibu Ir. Putiati Mahdar, M.App.Sc. selaku dosen penguji.
4. Bapak dan Ibu, kakakku mas Har, serta adik-adikku Tri, Sri dan Adi yang tercinta, yang telah memberikan semangat dan doa.
5. Mas Farhat, mas Husein, mas Ismail, mas Gatot, Beny, Korim, Nuim, Wahyu, Samsul, Wahid, Jati, Sam'un, Bowo, Giri, Irwan, Rokiban, Mimid, Anang, Muarif, dan saudara saudara seperjuanganku, yang telah banyak membantu dalam suka maupun duka.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu saran dan kritik dari pembaca sangat penulis harapkan.

Bogor, Agustus 1993

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
DAFTAR NOTASI	vii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. KEGUNAAN NILAI KONDUKTIVITAS PANAS DAN PANAS JENIS	3
B. PANAS JENIS DAN PENELITIAN SEBELUMNYA	4
C. DIFUSIVITAS PANAS DAN PENELITIAN SEBELUMNYA	10
D. PENENTUAN KONDUKTIVITAS DAN PENELITIAN SEBELUMNYA	12
III. PERCOBAAN	18
A. BAHAN DAN ALAT	18
B. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	22
C. DESAIN ALAT PENGUKUR PANAS JENIS	22
D. METODE PENGUKURAN	23
1. Panas Jenis (C_p)	23
2. Konduktivitas Panas	26
3. Difusivitas Panas	26



E.	PROSEDUR PENELITIAN	27
1.	Penentuan Massa Jenis	27
2.	Penentuan Panas Jenis	27
3.	Penentuan Konduktivitas Panas	28
4.	Penentuan Difusivitas Panas	30
5.	Penentuan Kadar Air	30
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
A.	PANAS JENIS	32
1.	Panas Jenis Bengkuang	32
2.	Panas Jenis Beras	35
3.	Perhitungan Panas Jenis Tanpa Tr (Suhu Koreksi)	38
B.	KONDUKTIVITAS PANAS	39
C.	MASSA JENIS	43
D.	DIFUSIVITAS PANAS	45
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	47
A.	KESIMPULAN	47
B.	SARAN	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	51

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Panas Jenis Buah Bengkuang Hasil Penelitian	33
2.	Panas Jenis Beras <i>Super Slyp</i>	36
3.	Panas Jenis Bengkuang dan Beras Super Slyp Tanpa Memperhitungkan Suhu Koreksi (Tr) ..	38
4.	Konduktivitas Panas Bengkuang	40
5.	Massa Jenis Bengkuang	43
6.	Difusivitas Panas Bengkuang	46

1. Diambil dari sumber: ...
 2. Diambil dari sumber: ...
 3. Diambil dari sumber: ...
 4. Diambil dari sumber: ...
 5. Diambil dari sumber: ...
 6. Diambil dari sumber: ...



DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Kalorimeter Chowdary (1988)	7
2.	Kalorimeter OSHITA (1991)	8
3.	Kalorimeter Teddy (1992)	9
4.	Alat Pengukur Konduktivitas Panas Moritha dan Singh (1979)	13
5.	Alat Pengukur Konduktivitas Panas Type Probe	14
6.	Alat Pengukur Konduktivitas Panas Charles	15
7.	Alat Pengukur Panas Jenis Hasil Rancangan	19
8.	Pen Recorder	20
9.	Thermal Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3)	20
10.	Timbangan Type EK1200A	21
11.	Digital Moisture Meter	21
12.	Hubungan Antara Kadar Air Dengan Panas Jenis Bengkuang	34
13.	Hubungan Antara Kadar Air Dengan Panas Jenis Beras Super Slyph	37
14.	Hubungan Antara Kadar Air Dengan Konduktivitas Panas Bengkuang	41
13.	Hubungan Antara Kadar Air Dengan Massa Jenis Bengkuang	44
14.	Hubungan Antara Massa Jenis Dengan Konduktivitas Panas Bengkuang	45

This book is licensed under a Creative Commons
 Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0
 International License
 A detailed description of the license is available at
 http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/
 2023/09/05 10:00:00 AM WIB
 2023/09/05 10:00:00 AM WIB

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Teks	Halaman
1.	Gambar Detail Alat Pengukur Panas Jenis	52
2.	Grafik Untuk Menentukan Ukuran Dimensi Minimum Contoh Bengkuang	54
3.	Data Hasil Pengukuran Massa Jenis	55
4.	Data Hasil Pengukuran Kadar Air Bengkuang ..	56
5.	Grafik Perkembangan Suhu Air Contoh Bengkuang	57
6.	Grafik Perkembangan Suhu Air Contoh Beras ..	67
7.	Perhitungan <i>Water Equivalent</i> Kalorimeter ...	72

Grafik cipta milik IPB University

DAFTAR NOTASI

- q_x = laju aliran panas yang mengalir arah sumbu X (Watt)
- K = konduktivitas panas (Watt/cm°C)
- A = luas penampang aliran panas (cm²)
- dT/dx = gradien pada arah sumbu X (°C/cm)
- C_p = panas jenis (J/g°C)
- ρ = massa jenis (g/cm³)
- t = waktu (detik)
- α = difusivitas panas (Cm²/detik)
- m = massa (g)
- C_s = panas jenis sampel (J/g°C)
- C_l = panas jenis air (J/g°C)
- W_l = berat air (g)
- T_e = suhu kesetimbangan (°C)
- T_o = suhu awal air (°C)
- H_c = *heat capacity* kalorimeter (J/°C)
- W_s = berat sampel (g)
- T_a = suhu bahan dalam ruangan (°C)
- W_h = berat air panas (g)
- W_c = berat air dingin (g)
- I = arus listrik (A)
- R = tahanan kawat (Ohm/cm)
- $t_{1.2}$ = waktu pengukuran pertama dan kedua (detik)
- $T_{1.2}$ = suhu pengukuran pertama dan kedua (°C)
- T_r = suhu koreksi kalori meter (°C)
- T_x = suhu akhir periode keseimbangan (°C)



ΔT = kenaikan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

X = interval waktu (-)

ΔT_f = suhu rata-rata dua interval pada periode akhir ($^{\circ}\text{C}$)

ΔT_i = suhu rata-rata dua interval pada periode awal ($^{\circ}\text{C}$)

T_f = suhu rata-rata pada periode akhir ($^{\circ}\text{C}$)

T_i = suhu rata-rata pada periode awal ($^{\circ}\text{C}$)

ΣT = jumlah suhu pada beberapa interval pada periode keseimbangan (-)

V1.2 = tegangan pada pengukuran pertama dan kedua (Volt)



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dewasa ini pemerintah Indonesia lebih menggalakan dan meningkatkan peranan tanaman hortikultura. Salah satu aspek dalam meningkatkan peranan tanaman hortikultura adalah dengan meningkatkan produksi buah-buahan, baik kuantitas maupun kualitasnya. Peningkatan hasil produksi yang tinggi tersebut akan lebih baik apabila diimbangi dengan penanganan pasca panen yang baik, khususnya dalam masalah penyimpanan.

Pendinginan merupakan salah satu teknik penyimpanan yang dapat digunakan untuk mengawetkan berbagai komoditi pertanian sehingga kualitasnya dapat dipertahankan. Dengan pendinginan buah-buahan akan mengalami penurunan aktifitas enzim, sehingga kerusakan jaringan dapat ditunda, dengan demikian umur segar buah-buahan akan lebih lama dipertahankan. Selain itu Jordan, R.C. dan G. B. Preister (1965) menyatakan bahwa dengan pendinginan kesegaran, aroma, tekstur dan nilai gizi dari suatu komoditi masih dapat dipertahankan.

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, maka diperlukan data dasar berupa sifat-sifat thermal dari komoditi yang akan didinginkan sebagai parameter disain untuk sistem pendinginan.

Sifat thermal bahan tersebut diperlukan untuk menganalisa masalah pindah panas selama proses pengolahan.

Diantara sifat thermal bahan yang penting adalah panas jenis (C_p), konduktivitas panas (K) dan difusivitas panas (α). Nilai difusivitas panas (α) ini dapat digunakan untuk memperkirakan laju penurunan temperatur yang terjadi dalam bahan selama proses pendinginan dan dapat digunakan untuk menduga waktu yang diperlukan untuk suatu proses perlakuan panas (Setiawan, 1980).

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menentukan nilai panas jenis (C_p) buah Bengkuang dengan alat kalorimeter yang dibuat sendiri.
2. Menentukan nilai konduktivitas panas (K) dan difusivitas panas (α) buah Bengkuang .

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. KEGUNAAN NILAI KONDUKTIVITAS PANAS DAN PANAS JENIS

Pindah panas merupakan prinsip dasar bagi pengolahan hasil pertanian seperti proses pasteurisasi, sterilisasi, pendinginan, pengeringan, penyimpanan dan pengangkutan (Henderson dan Perry, 1976).

Menurut Wallapapan dan Sweat (1982) sifat-sifat panas bahan seperti halnya panas jenis, konduktivitas panas dan difusivitas panas diperlukan untuk menganalisa masalah pindah panas selama proses pengolahan.

Baghe-Khandan et al. (1982) menyatakan bahwa pengetahuan mengenai konduktivitas panas bahan diperlukan dalam rancang suatu proses pemanasan, sehingga tidak terjadi *under heating* maupun *over heating* yang akan menyebabkan pemborosan energi.

Panas jenis merupakan satu-satunya sifat panas bahan yang digunakan didalam menduga jumlah energi yang diperlukan untuk menaikkan suhu bahan pada proses pemanasan (Wallapapan dan Sweat, 1982).

Dengan mengetahui nilai konduktivitas panas dan panas jenis maka akan didapatkan nilai difusivitas panas bahan yang diperlukan untuk menghitung laju panas yang didifusikan keluar dari bahan dan merupakan sifat panas bahan yang digunakan untuk menduga waktu yang diperlukan untuk suatu proses perlakuan panas.

Menurut Mohsenin (1980), sifat-sifat thermal bahan tergantung dari struktur fisik, komposisi kimia dan suhu. Pada bahan hasil pertanian pengaruh dari struktur fisik dan kadar air lebih besar dari pada pengaruh yang ditimbulkan oleh suhu.

Menurut Wallapapan dan Sweat (1982), nilai konduktivitas panas tepung kedelai bertambah jika terjadi kenaikan massa jenis dan kadar airnya.

Dari hasil penelitian Charles (1985) untuk menentukan nilai konduktivitas panas dari adonan jagung, didapatkan bahwa perubahan kadar air berpengaruh sangat nyata terhadap nilai konduktivitas panasnya untuk suhu 60°C.

Teddy (1992), menyatakan bahwa nilai konduktivitas panas Apel Malang berbanding lurus dengan kadar airnya, semakin besar kadar airnya maka akan semakin besar pula nilai konduktivitas panasnya. Tetapi nilai konduktivitas panas Apel Malang tidak tergantung besarnya massa jenis.

B. PANAS JENIS DAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Perbandingan antara banyaknya panas yang diberikan Q , dengan kenaikan suhu ΔT disebut kapasitas panas benda tersebut (Sears, 1950). Atau dengan rumus :

$$\text{Kapasitas Panas} = \frac{Q}{\Delta T} \quad (1)$$

Panas Jenis (*Specific Heat Capacity*) suatu benda didefinisikan sebagai kapasitas panas per satuan massa bahan benda tersebut, yang diberi simbol C_p .

$$C_p = \frac{\text{Kapasitas Panas}}{\text{Massa}} = \frac{Q/\Delta T}{m} = \frac{Q}{m \Delta T} \quad (2)$$

Panas jenis suatu bahan juga didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas panas jenis bahan itu dengan kapasitas panas jenis air. Karena besarnya kapasitas panas jenis air adalah $4.177 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$, maka harga numerik panas jenis suatu bahan sama dengan kapasitas panas jenisnya. Akan tetapi karena didefinisikan sebagai perbandingan, maka hanyalah berupa bilangan tanpa satuan, sehingga harga numeriknya sama dalam semua sistem satuan. Berdasarkan definisi tersebut, maka kapasitas panas suatu benda sama dengan hasil kali massa benda itu dengan kapasitas panas jenisnya (Sears, 1950).

Ada dua macam panas jenis (C_p) dari suatu bahan, yaitu panas jenis pada tekanan tetap dan volume tetap. Umumnya perubahan tekanan yang terjadi di dalam pindah panas hasil pertanian adalah kecil, maka yang biasa digunakan dalam perhitungan pindah panas adalah panas jenis pada tekanan tetap. Untuk benda padat dan cairan, pengaruh tekanan pada perubahan panas jenisnya sangat kecil dan dapat diabaikan (Mohsenin, 1980).

Panas Jenis (*Specific Heat Capacity*) suatu benda didefinisikan sebagai kapasitas panas per satuan massa bahan benda tersebut, yang diberi simbol C_p .

$$C_p = \frac{\text{Kapasitas Panas}}{\text{Massa}} = \frac{Q/\Delta T}{m} = \frac{Q}{m \Delta T} \quad (2)$$

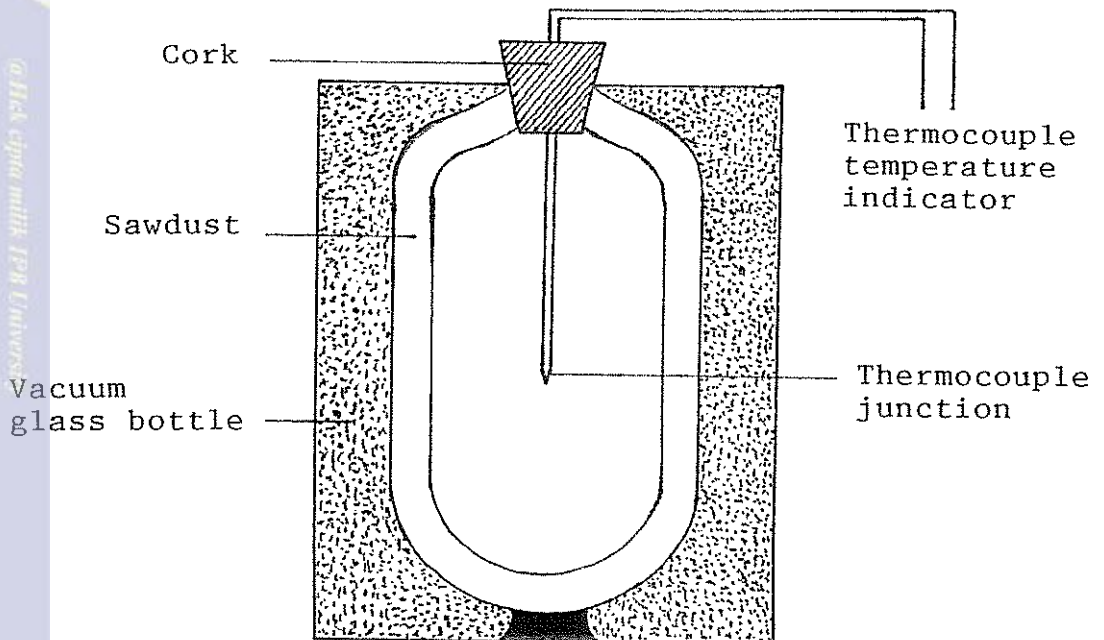
Panas jenis suatu bahan juga didefinisikan sebagai perbandingan antara kapasitas panas jenis bahan itu dengan kapasitas panas jenis air. Karena besarnya kapasitas panas jenis air adalah $4.177 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$, maka harga numerik panas jenis suatu bahan sama dengan kapasitas panas jenisnya. Akan tetapi karena didefinisikan sebagai perbandingan, maka hanyalah berupa bilangan tanpa satuan, sehingga harga numeriknya sama dalam semua sistem satuan. Berdasarkan definisi tersebut, maka kapasitas panas suatu benda sama dengan hasil kali massa benda itu dengan kapasitas panas jenisnya (Sears, 1950).

Ada dua macam panas jenis (C_p) dari suatu bahan, yaitu panas jenis pada tekanan tetap dan volume tetap. Umumnya perubahan tekanan yang terjadi di dalam pindah panas hasil pertanian adalah kecil, maka yang biasa digunakan dalam perhitungan pindah panas adalah panas jenis pada tekanan tetap. Untuk benda padat dan cairan, pengaruh tekanan pada perubahan panas jenisnya sangat kecil dan dapat diabaikan (Mohsenin, 1980).

Metode untuk menentukan nilai panas jenis bahan yang sering digunakan adalah metode campuran (*method of mixtures*). Metode ini menggunakan prinsip keseimbangan panas, yaitu panas yang diberikan bahan sama dengan panas yang diterima oleh sistem kalorimeter. Metode ini paling sering digunakan mengingat metode ini sederhana dan mudah dilaksanakan. Metode ini bisa digunakan untuk mengukur panas jenis buah-buahan ataupun biji-bijian.

Untuk buah-buahan, Frechette dan Zahradnik (1968) telah memakai metode ini untuk mengukur panas jenis buah Apel Mc Intosh. Dari penelitiannya didapatkan bahwa nilai pengukuran panas jenis dengan metode campuran, ternyata mendekati nilai panas jenis sesuai dengan pustaka.

Chowdary (1988) juga telah mengukur panas jenis mangga dengan menggunakan metode campuran. Kalorimeter yang digunakan oleh Chowdary tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. Bagian utama dari kalorimeter tersebut adalah sebuah thermos vacum. Untuk mengurangi kehilangan panas, disekelilingnya ditaburi serbuk gergaji. Tutup thermos terbuat dari gabus karet yang diberi dua lubang untuk penempatan termokopel, untuk mengukur suhu air di dalam thermos tersebut.



Gambar 1. Kalorimeter Chowdary (1988)

Air yang telah diketahui massanya, dimasukkan ke dalam thermos dan suhunya dicatat sampai mencapai suhu keseimbangan, kurang lebih setelah 20 menit. Kemudian contoh mangga yang akan diukur panas jenisnya, dengan massa yang sudah diketahui, dicampurkan ke dalam thermos tersebut, diaduk sebentar, dan suhunya diukur sampai tercapai suhu keseimbangan.

Untuk menghitung nilai panas jenisnya digunakan persamaan sebagai berikut :

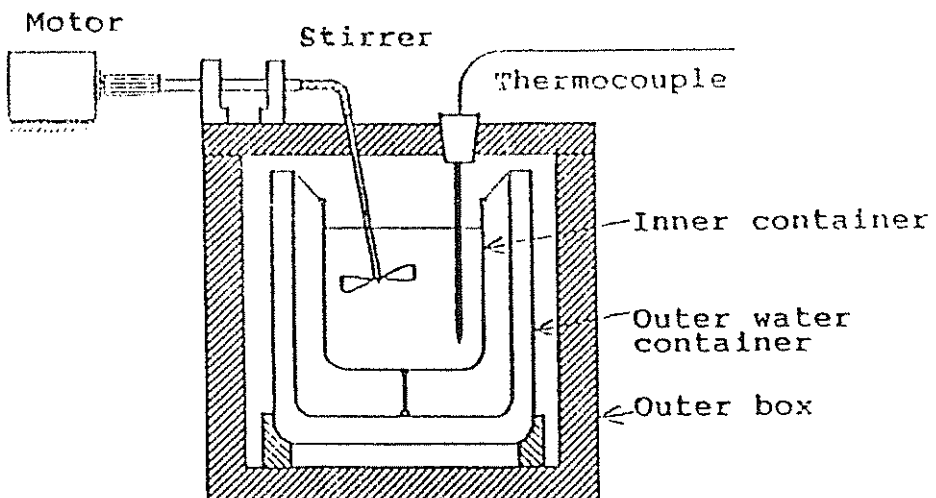
$$C_s = \frac{C_l W_l (T_e - T_o) + H_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad (3)$$

dimana :

$$H_c = \frac{C_l W_h (T_a - T_e) - C_l W_c (T_e - T_o)}{(T_e - T_o)} \quad (4)$$

Untuk mengukur panas jenis biji-bijian, metode campuran juga telah banyak digunakan. Pfalzner (1951) telah mengukur panas jenis gandum, Wratten et al (1969) serta Kazarian dan Hall (1965) mengukur panas jenis beras, gandum dan jagung. Sedangkan Morita dan Singh (1979) mengukur panas jenis gabah.

Selain itu Oshita (1991) telah mengukur panas jenis beras dengan menggunakan kalorimeter seperti Gambar 2. Prosedurnya adalah air massa yang sudah diketahui dimasukkan ke dalam kalorimeter sambil diaduk. Kemudian contoh beras yang sudah diketahui massanya dicampur ke dalam air tersebut sambil terus diaduk sampai tercapai suhu kesetimbangan.

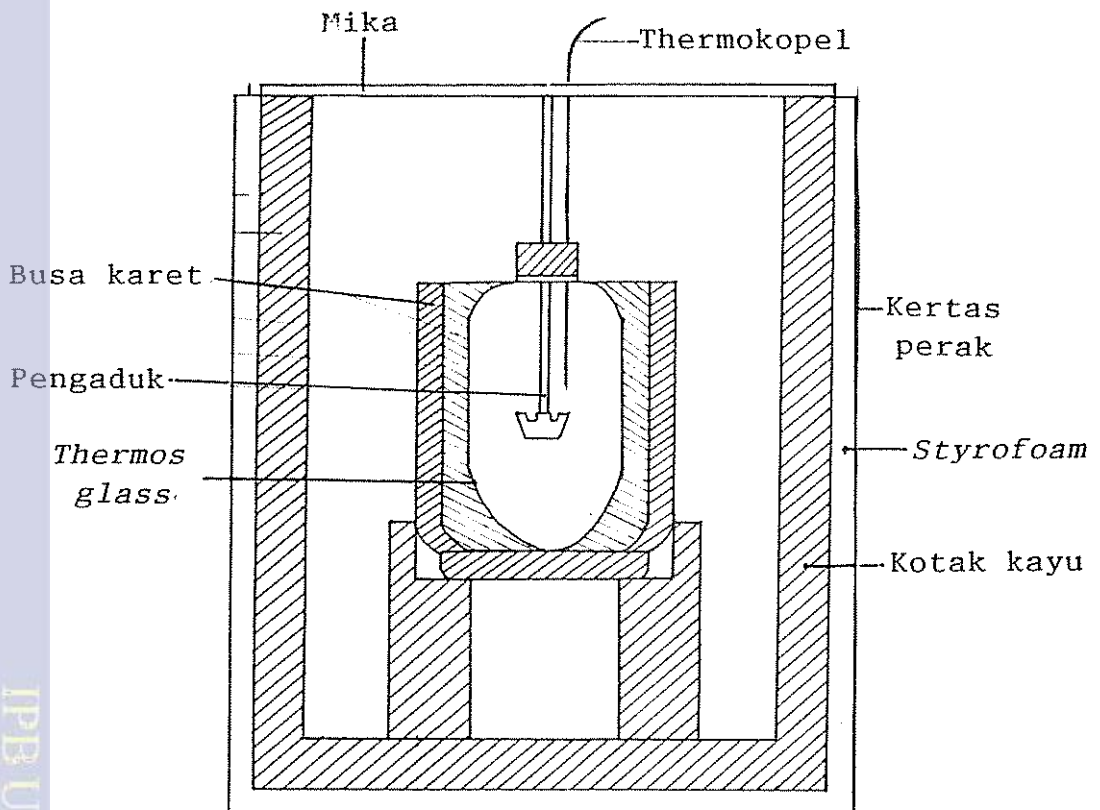


Gambar 2. Kalorimeter OSHITA (1991)

Nilai panas jenis beras dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$C_s = \frac{H_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad (5)$$

Teddy (1992) juga telah mengukur panas jenis Apel Malang dengan menggunakan Kalorimeter seperti terlihat pada gambar 3. Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah metode campuran (*method of mixtures*).



Gambar 3. Kalorimeter Teddy (1992)

Thermos kalorimeter diisi dengan air sebanyak 180 gram, lalu pengaduk dijalankan dan perkembangan suhunya dicatat dengan menggunakan data logger setiap selang 10 detik. Setelah kurang lebih 250 detik, bahan (Apel Malang) yang telah ditimbang massanya pada suhu kamar dimasukkan ke dalam thermos, sementara itu pengaduk dan pencatatan perkembangan suhu terus dilakukan sampai waktu mencapai kurang lebih 600 detik. Nilai panas jenisnya dihitung dengan persamaan :

$$C_s = \frac{C_1 W_1 (T_e - T_o - T_r) + H_c (T_e - T_o - T_r)}{W_s (T_a - T_e + T_r)} \quad (6)$$

C. DIFUSIVITAS PANAS DAN PENELITIAN SEBELUMNYA

Difusivitas panas didefinisikan sebagai laju perambatan panas secara difusi dalam suatu bahan (Mohsenin, 1980). Dalam hubungannya dengan sifat panas yang lain, difusivitas panas merupakan perbandingan dari konduktivitas panas (K) dengan kapasitas panas volumetrik (C_w), dimana kapasitas panas volumetrik merupakan hasil kali antara massa jenis (ρ) dengan panas jenis (C_p). Sehingga difusivitas (α) panas dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\alpha = \frac{K}{\rho C_p} \quad (7)$$

Dengan diketahuinya nilai difusivitas panas bahan, maka akan diketahui laju panas yang didifusikan keluar dari bahan, sehingga akan dapat diduga waktu yang diperlukan untuk suatu proses perlakuan panas.

Untuk menghitung nilai difusivitas panas beras, Morita dan Singh (1979) menggunakan persamaan (7), dimana nilai-nilai konduktivitas panas, massa jenis dan panas jenisnya didapat dari hasil penelitian.

Frechette dan Zahradnik (1968) telah meneliti difusivitas panas untuk satu buah Apel Mc Intosh. Dalam penelitiannya digunakan media pendingin aliran air dingin yang temperaturnya konstan 0.56 °C, dengan kecepatan 2.5 meter/detik. Metode yang dilakukan oleh Frechette dan Zahradnik tersebut sukar untuk diterapkan disini, mengingat peralatan yang terbatas.

Setiawan (1980) mencoba mengatasi kesulitan di atas dengan menerapkan metode yang lebih sederhana, yaitu metode Numerik, yang digunakan untuk menghitung α dari buah-buahan berbentuk bulat (Jambu Biji, Sawo, Apel Malang dan Alpukat).

Gde Handi (1982) mencoba membandingkan antara metode Numerik yang dipakai Setiawan (1980), dengan metode Analitik, dalam menentukan nilai α buah Jeruk Siyem (*C. nobilis* Lour). Dari hasil penelitiannya didapat sedikit perbedaan antara nilai hasil metode Numerik dengan metode Analitik.

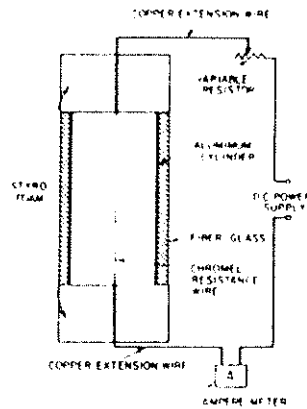
Harsitorukmi (1987) dan Sonting Umar (1987), juga telah menggunakan metode Numerik dan Analitik dalam penelitian difusivitas panas. Harsitorukmi (1987) meneliti buah Semangka (*Citrullus vulgaris* Schrad), sedangkan Sonting Umar meneliti buah Melon (*Cucumis melo* L.).

Berdasarkan hasil penelitiannya, Gde Handi, Harsitorukmi dan Sonting Umar menyimpulkan bahwa metode Numerik lebih baik digunakan daripada metode Analitik, dalam menentukan nilai difusivitas panas buah-buahan yang ditelitinya, karena dapat menghasilkan penyimpangan rata-rata suhu perhitungan terhadap suhu pengukuran yang lebih kecil.

D. KONDUKTIVITAS PANAS DAN PENELITIAN SEBELUMNYA.

Konduktivitas panas didefinisikan sebagai jumlah panas yang mengalir secara konduksi dari suatu unit waktu melalui luas penampang tertentu yang diakibatkan karena adanya perbedaan suhu.

Morita dan Singh (1979) telah menentukan nilai konduktivitas panas beras dengan metode *line heat source*. Alat yang digunakannya dapat dilihat pada Gambar 5.



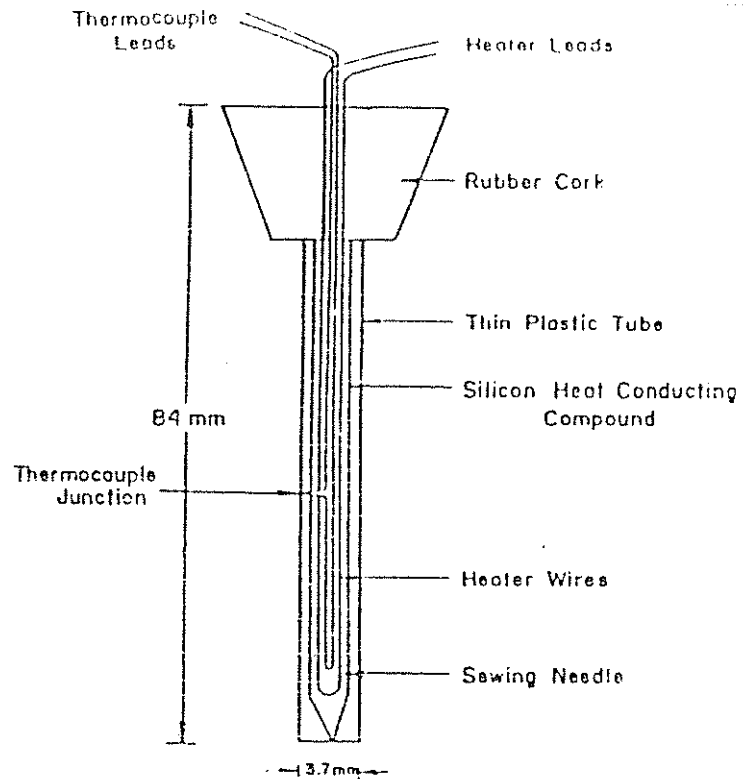
Gambar 5. Alat Pengukur Konduktivitas Panas Morita dan Singh (1979)

Untuk mengukur konduktivitas panas, silinder diisi beras dengan cara mengetuknya terus menerus hingga pengisian menghasilkan massa jenis yang seragam. Potensiometer record digunakan untuk mengukur suhu awal di pusat contoh beras. Ketika suhu ini telah stabil, arus listrik dihidupkan dan dikontrol oleh ampere meter. Suhu selama percobaan diukur secara terus menerus oleh potensiometer dan dihentikan setelah kurang lebih 5 menit.

Data suhu diplotkan kedalam kertas semi loga ritma, hingga didapatkan garis lurus. Nilai yang dihasilkan dari garis lurus tersebut digunakan untuk menghitung nilai konduktivitas panas beras tersebut, yaitu sebagai berikut :

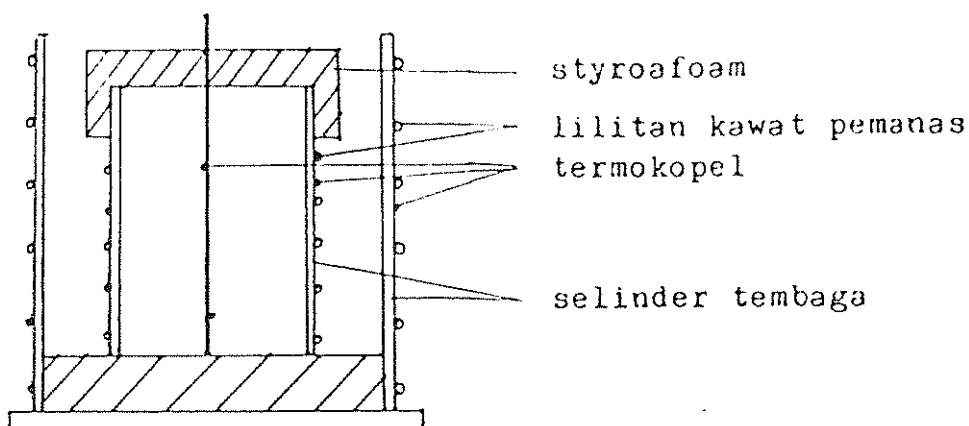
$$K = \frac{3.413 I^2 R}{4\pi} \frac{\ln (t_2/t_1)}{T_2 - T_1} \quad (8)$$

Chowdary (1988) mencoba mengukur konduktivitas panas mangga dengan menggunakan metode *Probe*, sama seperti yang dilakukan oleh Sweat dan Haugh (1974), yang diperbaiki oleh Baghe Khandan et al (1981). Alat pengukur konduktivitas metode *Probe* tersebut dapat dilihat pada Gambar 6. Untuk menghitung nilai konduktivitas panasnya digunakan persamaan sama dengan persamaan yang dilakukan oleh Morita dan Singh, yaitu persamaan (8).



Gambar 6. Alat Pengukur Konduktivitas Panas Tipe Probe

Charles (1985) melakukan penelitian mengenai hubungan nilai konduktivitas panas adonan jagung terhadap kadar air dan masa jenisnya. Untuk menentukan konduktivitas panas, Charles menggunakan alat seperti yang terlihat pada gambar 7. Bagian utama dari alat tersebut adalah dua buah silinder yang terbuat dari tembaga, sumber panas dengan menggunakan kawat nicrom, termocople dan styrofoam sebagai isolasi pada arah aksial.



Gambar 7. Pengukur Nilai Konduktivitas Panas (Charles, 1985)

Adonan jagung yang akan diukur konduktivitas panasnya diletakkan pada bagian tengah silinder bagian dalam. Adonan jagung kemudian dipanaskan melalui permukaan silinder dengan menggunakan lilitan kawat nicrom sebagai elemen pemanas. Pemanasan silinder bagian dalam dibarengi dengan pemanasan silinder luar, sehingga panas yang berasal dari silinder dalam tidak

hilang ke permukaan karena suhu kedua silinder relatif sama. Pengukuran suhu adonan dilakukan pada bagian tengah silinder dengan menggunakan termokopel. Nilai konduktivitas panas dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$K = 0.5 \frac{r}{(T_s - T_c)} \left(q - \frac{\theta \delta T}{\delta t} \right)$$

dimana : K = konduktivitas panas, $w/m^{\circ}C$

r = jari-jari silinder dalam, m

T_s = suhu permukaan silinder, $^{\circ}C$

T_c = suhu pusat bahan, $^{\circ}C$

θ = kapasitas panas per unit luasan dinding silinder, w/m^2

q = laju aliran panas per luasan kawat, w/m^2

Tahun 1987, KYOTO ELECTRONICS MANUFACTURING CO.,LTD membuat alat pengukur konduktivitas yang dinamakan Thermal Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3).

Prinsip dasar teknik pengukuran adalah sebagai pengembangan dari metode kawat pemanas (heater) yang disisipkan lurus di dalam pusat bahan yang akan diukur, dimana bahan berbentuk silinder atau balok simetris, pengembangan metode tersebut disebut metode "Probe" dimana sebagian dari bahan digantikan oleh suatu material yang diketahui harga konstantanya.

Maka konduktivitas termal ditentukan dengan menggunakan rumus :

$$K = H \frac{I^2 \ln (t_2/t_1)}{V_2 - V_1} - H \quad (10)$$

dimana :

K = konduktivitas termal, $w/m/^{\circ}K$

H = konstanta dari probe yang digunakan.

t_1, t_2 = waktu sampling, detik.

V_1, V_2 = output termokople, mV.

III. PERCOBAAN

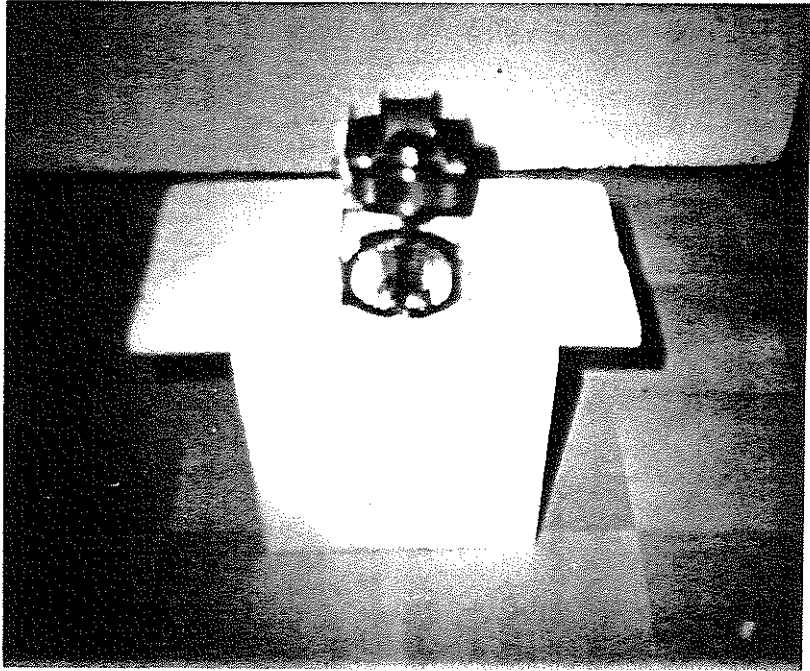
A. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah bengkuang, beras *Super Slymp*.

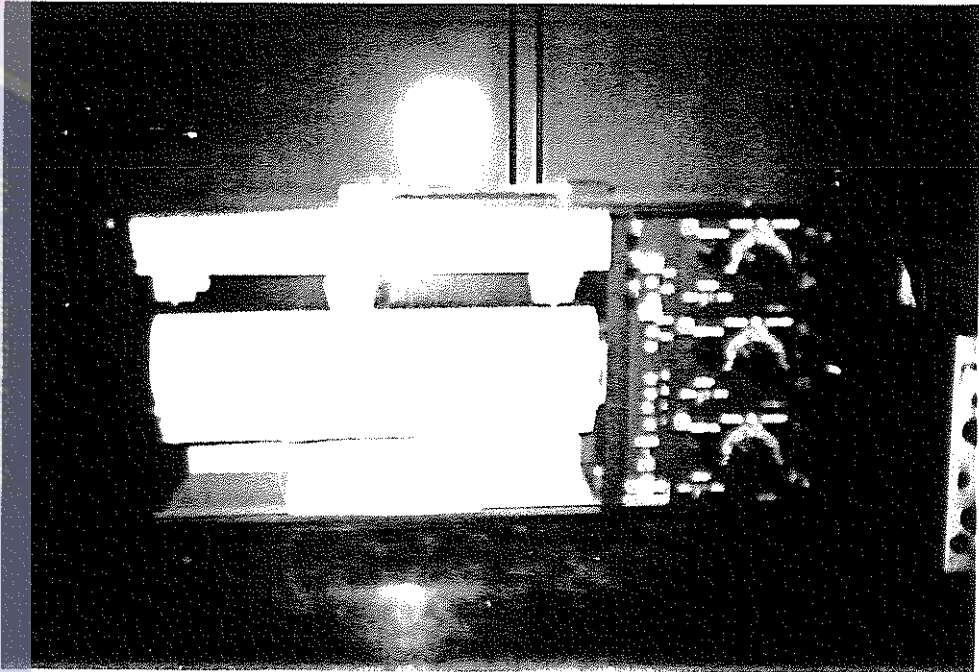
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Kalorimeter hasil rancangan.
2. Lemari pendingin EBARA, kapasitas 1.0 kVA, tegangan IP 220 V 50 Hz, kompresor 300 W, model 3848.
3. Pen Recorder
4. *Thermal Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3)*, buatan *Kyoto Electronics Manufacturing Co., LTD*.
5. *Thermokopel type Copper-Constanta (CC)*, diameter 0.3 mm.
6. Oven type *SS-105D*
7. Timbangan *Exact* dan timbangan type *EK-1200A*
8. *Digital moisture meter*, Model TD-1, buatan *Oga Electric Co., LTD*, range 10 % - 30 %, accuracy 0.5 % (10 % - 20 %).
9. Gelas ukur, jangka sorong, penggaris dan peralatan pembantu lain.

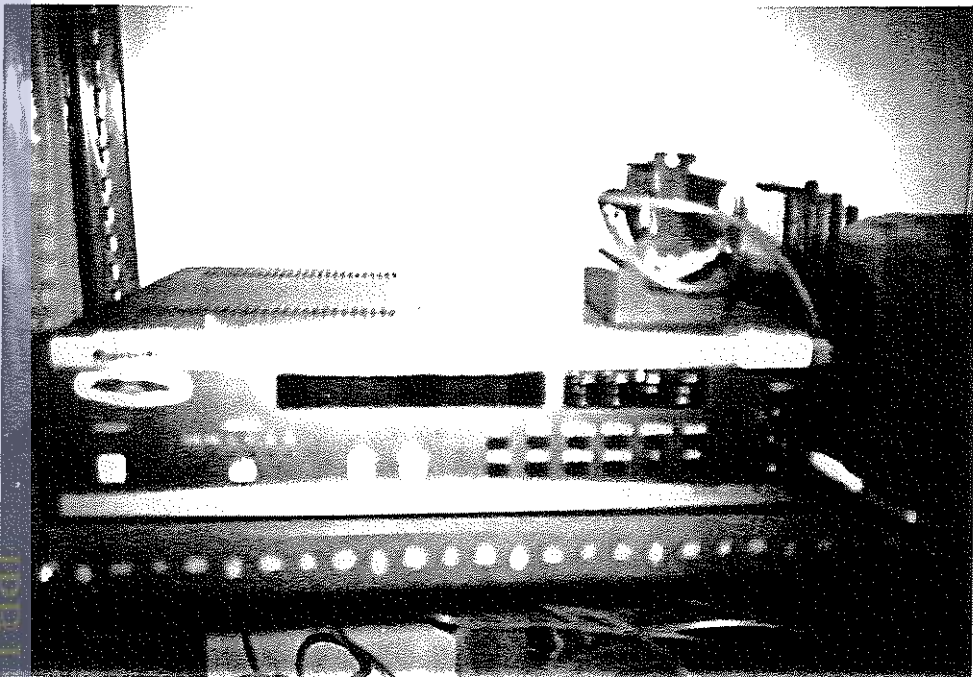
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada gambar-gambar di bawah ini :



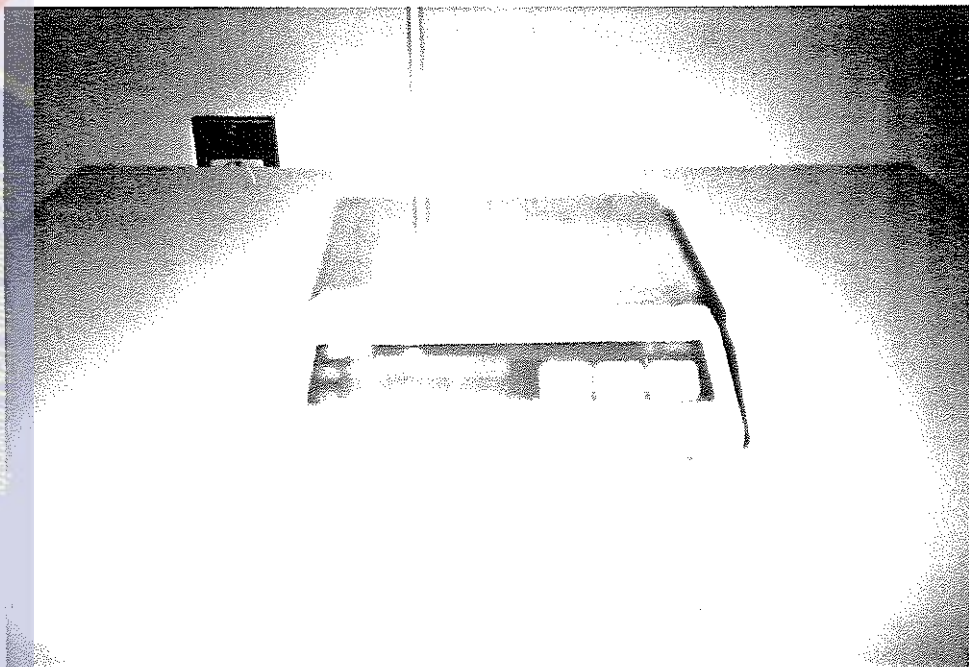
Gambar 9. Alat Pengukur Panas Jenis Hasil Rancangan



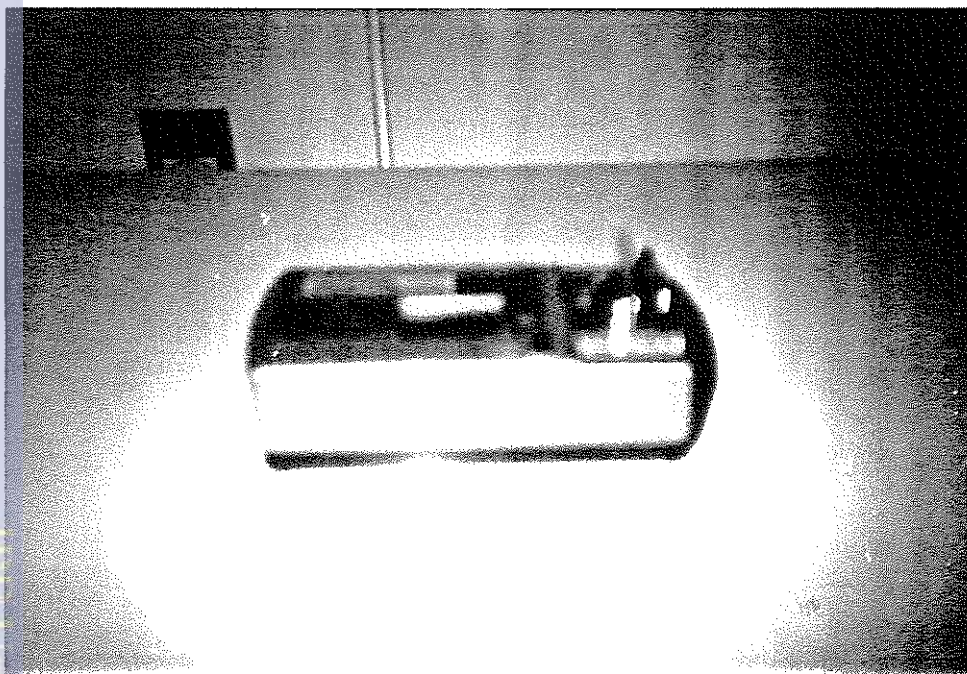
Gambar 10. Pen Recorder



Gambar 11. Thermal Conductivity Meter
(Kemtherm QTM-D3)



Gambar 12. Timbangan Tipe EK1200A



Gambar 13. Digital Moisture Meter

B. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

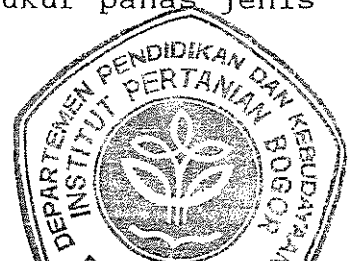
Penelitian ini akan dilaksanakan dari bulan Juli sampai dengan bulan Agustus 1992. Tempat penelitian adalah di Laboratorium Energi dan Elektrifikasi Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian dan di Laboratorium Kimia Pangan, Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi, untuk pengambilan data-data. Sedangkan untuk pembuatan alat pengukur panas jenis (kalorimeter) dilakukan di Bengkel Mekanisasi Pertanian.

C. DESAIN ALAT PENGUKUR PANAS JENIS

Dalam membuat alat pengukur panas jenis yang dipakai untuk penelitian, desainnya mencontoh alat pengukur panas jenis yang dibuat oleh Oshita (1991) dan menyempurnakan alat yang dibuat oleh Teddy (1992).

Alat pengukur panas jenis yang didesain ini bagian utamanya adalah sebuah thermos berbentuk silinder dengan diameter 6 cm, tinggi 12 cm. Untuk mengurangi kehilangan panas karena konduksi, disekeliling thermos tersebut diisolasi dengan busa karet dan kertas perak. Selain itu dibuat juga kotak kayu setebal 2 cm, yang sekelilingnya diisolasi juga dengan *styrofoam* dan kertas perak.

Bagian-bagian lain dari alat pengukur panas jenis ini adalah sebagai berikut :



1. **Termokopel**, berfungsi untuk mengukur suhu air dan suhu bahan selama penelitian. Termokopel yang dipakai adalah termokopel type *Copper-Constanta* (CC).
2. **Pengaduk**, berfungsi untuk mengaduk air dan bahan di dalam silinder, agar suhunya merata, sampai tercapai suhu keseimbangan. Pengaduk ini dibuat dari logam alumunium dengan batang terbuat dari besi.
3. **Motor AC** , berfungsi untuk menggerakkan pengaduk. Sebagai sumber arus digunakan listrik dengan tegangan 110 volt .
4. **Speed regulator**, berfungsi untuk mengatur kecepatan rotor.

Gambar detail alat pengukur panas jenis tersebut dapat dilihat pada Lampiran 1.

D. METODE PENGUKURAN

1. Panas Jenis (Cp)

Metode yang digunakan untuk menentukan panas jenis bengkuang dan beras dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*method of mixtures*), karena metode ini sederhana dan umum digunakan untuk pengukuran panas jenis hasil pertanian.

Pada metode ini digunakan persamaan keseimbangan panas antara bahan dan sistem kalorimeter, dimana panas yang diberikan oleh bahan sama dengan panas yang diterima oleh sistem kalorimeter, yang ditunjukkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$C_s W_s (T_a - T_e) = C_l W_l (T_e - T_o) + C_c W_c (T_e - T_o) \quad (11)$$

atau

$$C_s = \frac{C_l W_l (T_e - T_o) + C_c W_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad (12)$$

dimana harga $C_c W_c$ dianggap konstan = H_c . Harga tersebut dinyatakan sebagai *heat capacity* dari kalorimeter, sehingga persamaan (12) tersebut menjadi sebagai berikut :

$$C_s = \frac{C_l W_l (T_e - T_o) + H_c (T_e - T_o)}{W_s (T_a - T_e)} \quad (13)$$

Untuk menentukan *heat capacity* dari kalorimeter dilakukan pengujian dengan menggunakan bahan yang telah diketahui nilai panas jenisnya. Untuk pengujian ini digunakan air murni yang mempunyai panas jenis sebesar $4.177 \text{ KJ/Kg}^\circ\text{C}$ (pada suhu sekitar 28°C)

Dalam penelitian ini kemungkinan akan terjadi penambahan panas pada suhu kesetimbangan akibat

adanya kebocoran panas dari lingkungan dan karena adanya pengadukan.

Untuk menghilangkan penambahan panas pada suhu keseimbangan tersebut, maka digunakan cara seperti yang dilakukan oleh Pfazner (Mohsenin, 1980), yaitu mengurangi suhu keseimbangan yang didapatkan dengan suhu koreksi terhadap pindah panas (T_r), sehingga akan didapatkan suhu keseimbangan yang sebenarnya. Bila tidak dilakukan pengurangan suhu koreksi terhadap suhu keseimbangan, maka akan didapatkan nilai pengukuran panas jenis yang lebih besar dari pada nilai panas jenis sebenarnya.

Koreksi terhadap pindah panas (T_r) yang diberikan oleh Pfazner (Mohsenin, 1980) tersebut, adalah sebagai berikut :

$$T_r = T_x - T_o - \Delta T + X \Delta T_i + \frac{\Delta T_f - \Delta T_i}{T_f - T_i} \left| \Sigma T + \frac{T_o + T_x}{2} - X T_i \right|$$

Persamaan (T_r) dapat ditentukan dari grafik kenaikan suhu air dalam kalorimeter terhadap waktu. Dengan memasukkan harga (T_r) ke dalam persamaan (14), maka akan didapat persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{C_l W_l (T_e - T_o - T_r) + H_c (T_e - T_o - T_r)}{W_s (T_a - T_e + T_r)} \quad (15)$$

Untuk mengukur perkembangan suhu di dalam kalori meter selama penelitian, digunakan termokopel *Copper-Constanta* (CC), yang dimasukkan ke dalam kalorimeter melalui karet yang dilubangi.

2. Konduktivitas Panas (K)

Untuk menentukan konduktivitas panas Bengkuang dalam penelitian ini menggunakan alat Thermal Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3). Prinsip dasar teknik pengukurannya merupakan pengembangan dari metode kawat pemanas (*heater*) yang disisipkan lurus di dalam pusat bahan yang diukur, dimana bahan tersebut berbentuk silinder atau balok simetris, yang disebut metode *Probe*, dimana sebagian dari bahan digantikan oleh suatu material yang diketahui harga konstantanya. Sedangkan nilai konduktivitas panas (K) Bengkuang ditentukan berdasarkan persamaan (10).

3. Difusivitas Panas (α)

Untuk menentukan nilai difusivitas panas Bengkuang dalam penelitian ini digunakan persamaan (7), setelah diketahui nilai konduktivitas panas (K), nilai massa jenis (ρ) dan nilai panas jenisnya (C_p).

E. PROSEDUR PERCOBAAN

1. Penentuan Massa Jenis

Untuk mencari massa jenis buah bengkuang, prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. Bengkuang dipotong berbentuk balok dengan ukuran panjang, lebar dan tebal tertentu, kemudian ditimbang beratnya dengan timbangan type EK1200A.
- b. Dicari volume bengkuang dengan dua metode, yang pertama Bengkuang yang telah dipotong berbentuk balok tersebut, kemudian dihitung volumenya (panjang X lebar X tebal). Yang kedua adalah Bengkuang yang telah dipotong tersebut dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah diisi air dengan volume tertentu, kemudian dihitung pertambahan volumenya. Kedua hasil pengukuran tersebut kemudian dirata-rata.
- c. Dihitung massa jenisnya (ρ) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\rho = \text{massa} / \text{volume} \quad (17)$$

2. Penentuan Panas Jenis

Untuk menentukan panas jenis buah bengkuang prosedur yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Thermos diisi dengan air dingin sekitar 140 g.

- b. Pengaduk dijalankan untuk mengaduk air tersebut, dan perkembangan suhunya digambar dengan menggunakan Pen Recorder.
- c. Setelah kurang lebih 240 detik, bahan yang sudah diketahui massanya pada suhu kamar, dimasukkan ke dalam thermos yang berisi air tersebut. Sementara itu pengadukan dan pencatatan perkembangan suhu terus dilakukan.
- d. Penelitian dihentikan setelah kurang lebih 600 detik.

Dari data-data yang didapat, dengan menggunakan persamaan (14) akan didapat nilai panas jenis bengkung yang dicari.

Untuk meneliti apakah hasil pengukuran panas jenis bengkung benar atau tidak, maka diukur panas jenis beras *Super Slyp* dengan prosedur seperti menentukan panas jenis bengkung di atas.

3. Penentuan Konduktivitas Panas

Untuk menentukan konduktivitas panas bengkung dipakai alat *Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3)*. Prosedur untuk menentukan konduktivitas panas bengkung tersebut adalah sebagai berikut :

- a. *Sample* yang akan diukur, dipotong dalam bentuk balok dengan ukuran tertentu sesuai dengan persyaratan yang sudah ditentukan, atau sesuai

dengan ukuran dimensi minimum yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Dalam penelitian ini ukuran dimensi dari Bengkuang adalah 20 mm X 45 mm X 90 mm (tebal X lebar X panjang). Permukaan *sample* harus rata, dan bila *sample* mengandung air, maka antara *probe* dan *sample* harus dilapisi dengan bahan isolator.

- b. Persiapan alat, yaitu *probe* dihubungkan pada alat ukur, kabel pada *power-supply* 220 V, dan nyalakan alat selama lebih kurang 30 menit untuk pemanasan.
- c. Sesuaikan harga konstanta K1, H1, K2 dan H2 dengan harga yang tertera pada tabel *probe constants card*.
- d. Letakkan *probe* di atas *sample*.
- e. Sesuaikan harga arus *heater* yang digunakan berdasarkan konduktivitas *sample* yang akan diukur.
- f. Tekan tombol *reset*, dan tulis angka-angka untuk G. No, S. No dan *REPT time*. Tekan tombol *reset*, pilih mode pengukuran, dan tekan tombol *start*. Pengukuran dimulai, dan akan ditampilkan hasilnya setelah 15 menit dari *start*.
- g. Setelah selesai pengukuran, matikan *power-supply*.

4. Penentuan Difusivitas Panas

Setelah nilai-nilai konduktivitas panas (K), massa jenis (ρ) dan panas jenis (C_p) didapatkan dari penelitian di atas, maka nilai difusivitas panas (α) akan dapat diketahui. Untuk mendapatkan nilai difusivitas panas (α) tersebut, digunakan persamaan (7).

5. Penentuan Kadar Air

Untuk mengetahui hubungan antara kadar air bahan yang diteliti, dengan panas jenis, konduktivitas panas dan difusivitas panas, maka perlu diketahui kadar air bahan tersebut sebelum diteliti. Untuk menentukan kadar air bengkung digunakan oven, sedangkan untuk menentukan kadar air beras digunakan *digital moisture meter*. Prosedur untuk menentukan kadar air bengkung dengan oven adalah sebagai berikut :

- a. Cawan kosong dan tutupnya dikeringkan dalam oven selama 15 menit dan didinginkan dalam *desikator*, kemudian ditimbang.
- b. Timbang dengan cepat kurang lebih 5 gram *sample* yang sudah dihomogenkan dalam cawan.
- c. Angkat tutup cawan dan tempatkan cawan beserta isi dan tutupnya di dalam oven selama kurang

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PANAS JENIS

1. Panas Jenis Bengkuang

Grafik perkembangan suhu air untuk menentukan panas jenis Bengkuang dapat dilihat pada Lampiran 5. Sedangkan grafik perkembangan suhu air untuk menentukan panas jenis Beras dapat dilihat pada Lampiran 6. Untuk hasil pengukuran kadar air Bengkuang dapat dilihat pada Lampiran 4.

Dari data-data hasil pengukuran dan grafik perkembangan suhu air tersebut dapat dihitung nilai panas jenis Bengkuang. Nilai panas jenis Bengkuang ini merupakan nilai panas jenis untuk tiap buah.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa nilai panas jenis Bengkuang (untuk kadar air 86.03% sampai 90.14 %) bervariasi antara $3.57715 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$ sampai $4.11070 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$, dengan rata-rata $3.87176 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$. Hasil perhitungan nilai panas jenis Bengkuang selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 1.

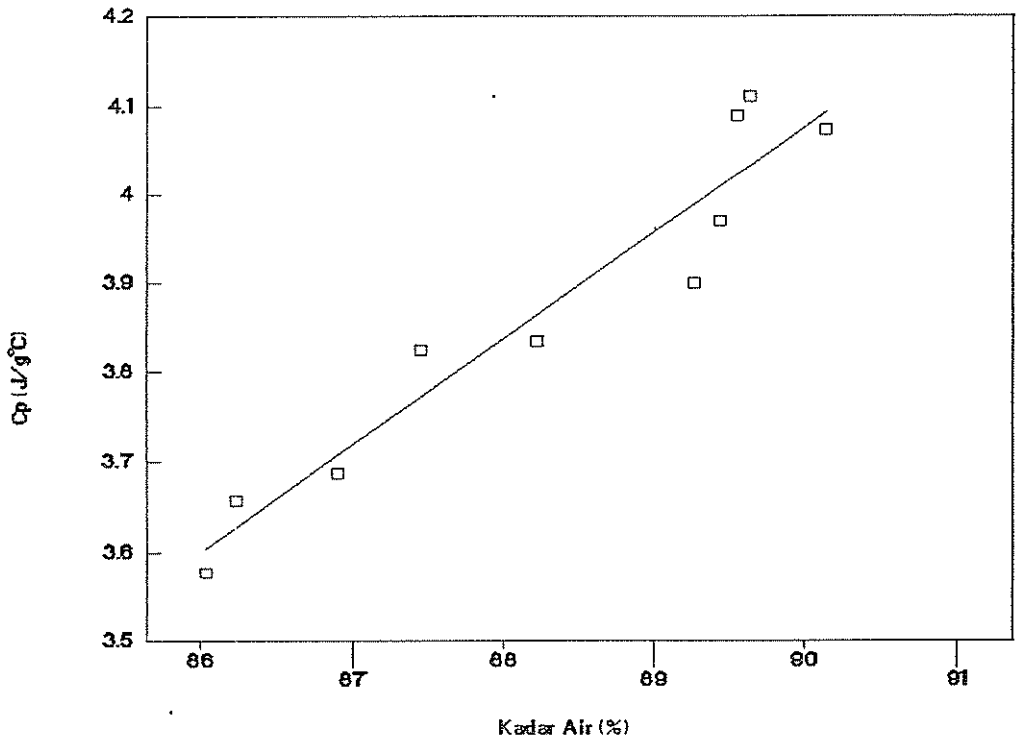
Dari Tabel 1. dapat dilihat bahwa dengan naiknya kadar air, maka ada kecenderungan bahwa nilai panas jenisnya akan naik pula. Hal ini karena air mempunyai panas jenis ($4.177 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$) yang lebih tinggi daripada panas jenis Bengkuang ($3.87176 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$).

Tabel 1. Panas Jenis Bengkuang Hasil Penelitian

K A (wb) (%)	Panas Jenis (J/g °C)		
	ulangan 1	ulangan 2	Rata-rata
86.03	3.58750	3.56680	3.57715
86.23	3.65470	3.65940	3.65705
86.90	3.69770	3.67760	3.68765
87.45	3.83490	3.81540	3.82515
88.22	3.83260	3.83750	3.83505
89.27	3.90280	3.89750	3.90015
89.44	3.97830	3.96170	3.97000
89.55	4.07280	4.08940	4.08110
89.64	4.11050	4.11090	4.11070
90.14	4.07710	4.07010	4.07360

Untuk melihat hubungan antara kadar air Bengkuang dengan panas jenisnya, dapat dilihat pada Gambar 6. Dari Gambar 6. tersebut ternyata hubungan antara kadar air Bengkuang dengan panas jenisnya merupakan hubungan yang linear. Hubungan tersebut (untuk Bengkuang dengan kadar air 86.03 % sampai 90.14 %) dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_p = - 6.65467 + 0.119239 \text{ , } r = 0.920489$$



Gambar 6. Hubungan antara Kadar Air dengan Panas Jenis Bengkuang

Pada penelitian ini tiap sampel Bengkuang dilakukan dua kali ulangan dengan suhu awal air yang berbeda (ulangan 1 dengan suhu awal air $4^{\circ} - 5^{\circ}\text{C}$ dan ulangan 2 dengan suhu awal air $7 - 9^{\circ}\text{C}$).

Dari tabel 1. dapat dilihat bahwa nilai panas jenis Bengkuang untuk ulangan 1 dan ulangan 2 perbedaannya sangat kecil. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan suhu air yang digunakan tidak berpengaruh terhadap besarnya nilai panas jenis Bengkuang. Atau dengan kata lain, besarnya nilai panas jenis Bengkuang tidak tergantung pada suhu air yang digunakan.

2. Panas Jenis Beras

Untuk menguji benar tidaknya hasil pengukuran panas jenis dari alat yang dibuat, maka dicoba untuk mengukur panas jenis beras *Super Slyp* yang sudah diketahui nilai panas jenisnya. Hasil pengukuran panas jenis beras tersebut dapat dilihat pada tabel 2. yang dibandingkan dengan hasil penelitian OSHITA (1991), untuk kadar air 10 - 18 % wb, hasil penelitian panas jenis beras oleh Teddy (1992), dan hasil penelitian panas jenis gabah yang dilakukan oleh Morita dan Singh (1979).

Panas jenis yang diperoleh dari penelitian ini merupakan panas jenis tumpukan beras. Dari hasil penelitian diperoleh nilai panas jenis beras (kadar air 12.4 % - 18.9 %) bervariasi antara 1.5754 J/g °C sampai 2.1003 J/g °C, dengan rata-rata 1.87636 J/g °C.

Dari Tabel 2. dapat dilihat bahwa semakin tinggi kadar airnya, semakin besar nilai panas jenisnya. Hal ini disebabkan karena nilai panas jenis air (4.177 J/g°C) jauh lebih besar daripada nilai panas jenis beras *Super Slyp* (1.87636 J/g°C).

Tabel 2. Panas Jenis Beras Super Slyph

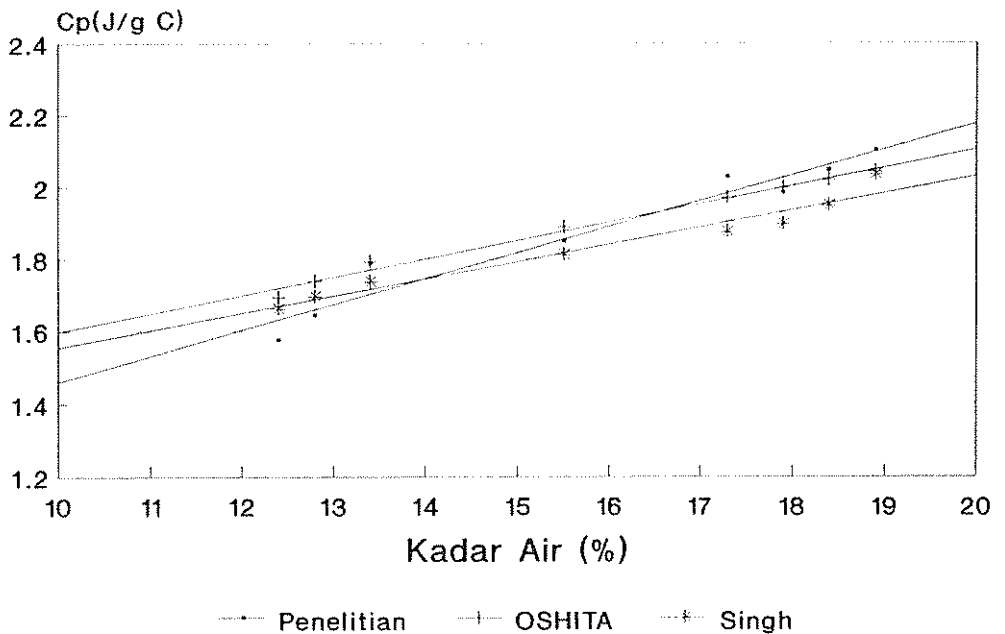
K A (wb) (%)	Panas Jenis (J/g °C)			
	Penelitian	OSHITA	Morita&Singh	Teddy
12.4	1.5754	1.6940	1.6604	1.6329
12.8	1.6438	1.7390	1.6953	1.6769
13.4	1.7870	1.7930	1.7371	1.7479
15.5	1.8480	1.8875	1.8104	1.9739
17.3	2.0268	1.9685	1.8732	2.1719
17.9	1.9831	1.9955	1.8941	2.2379
18.4	2.0465	2.0180	1.9464	2.2929
18.9	2.1003	2.0405	2.0336	2.3479
Rata2	1.8764	1.8920	1.8251	2.0103

Dari Tabel 2. diperoleh perbedaan nilai panas jenis beras hasil penelitian dengan hasil penelitian OSHITA (1991) adalah sebesar 0.82% dan perbedaan dengan panas jenis gabah hasil penelitian Morita & Singh (1979) adalah sebesar 2.81%, sedangkan jika dibandingkan dengan hasil penelitian Teddy (1992) terdapat perbedaan sebesar 6.66%. Dan berdasarkan uji nilai tengah (Lampiran. 8) didapatkan bahwa antara nilai panas jenis beras hasil penelitian dengan OSHITA tidak berbeda nyata, hal ini ditunjukkan dengan nilai Peluangnya (0.8550) lebih besar α (0.05), demikian juga hasil uji nilai tengah dengan Moritha & Singh menunjukkan bahwa nilai panas jenis beras antara hasil penelitian dengan Moritha & Singh tidak berbeda nyata, dengan nilai Peluangnya 0.5947.

Jadi pengukuran panas jenis beras dengan menggunakan kalorimeter hasil rancangan dalam penelitian ini, hasilnya tidak berbeda nyata dengan hasil pengukuran panas jenis yang dilakukan oleh OSHITA dan hasil pengukuran panas jenis gabah yang dilakukan oleh Morita & Singh.

Hubungan antara kadar air dengan panas jenis beras dapat dilihat pada Gambar 7. Dari Gambar 7. tersebut terlihat bahwa hubungan antara kadar air dengan panas jenis beras merupakan hubungan yang linear. Yang dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

$$C_p = 0.746249 + 0.071413 m, \quad r = 0.945745$$



Gambar7. Hubungan antara Kadar Air dan Panas Jenis Beras Super Slayp.

3. Perhitungan Panas Jenis Tanpa TR (Suhu Koreksi)

Untuk nilai panas jenis Bengkuang dan Beras *Super Slyp* tanpa memperhitungkan nilai Tr (suhu koreksi kalorimeter) dapat dilihat pada Tabel 3. Ternyata nilai panas jenis Bengkuang dan Beras yang dicari tanpa memperhitungkan nilai Tr, hasilnya lebih besar dibandingkan nilai-nilai panas jenis yang dicari dengan memperhitungkan nilai Tr.

Tabel 3. Panas Jenis Bengkuang dan Beras *Super Slyp* Tanpa Memperhitungkan Suhu Koreksi (Tr)

BENGKUANG			BERAS		
KA(wb) (%)	Cp (J/g °C) ulangan1	ulangan2	Rata ²	KA(wb) (%)	Cp (J/g °C)
86.03	3.6515	3.6196	3.6355	12.4	1.6109
86.23	3.7356	3.7286	3.7321	12.8	1.6932
86.90	3.7909	3.7638	3.7774	13.4	1.8364
87.45	3.9275	3.9057	3.9166	15.5	1.8879
88.22	3.9049	3.9192	3.9121	17.3	2.0889
89.27	3.9946	3.9767	3.9856	17.9	2.0226
89.44	4.0523	4.0097	4.0310	18.4	2.0870
89.55	4.1479	4.0844	4.1161	18.9	2.1566
89.64	4.1941	4.1987	4.1964		
90.14	4.1629	4.1394	4.1512		

Dari Tabel 3. diatas, didapat nilai rata-rata panas jenis Bengkuang sebesar $3.9454 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$, sedangkan nilai rata-rata panas jenis Beras *Super Slyp* sebesar $1.9229 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$. Bila dibandingkan dengan nilai panas jenis Bengkuang dan Beras *Super Slyp* pada Tabel 1 dan Tabel 2. terdapat perbedaan sebesar 1.88% untuk Bengkuang dan sebesar 2.42% untuk Beras *Super Slyp*. Semakin besar nilai suhu koreksi (T_r), maka semakin besar perbedaannya.

Nilai perbedaan ini lebih kecil dibandingkan nilai perbedaan dengan menggunakan kalorimeter yang dibuat oleh Teddy (1992), yaitu sebesar 4.68% untuk Apel Malang dan 4.66% untuk Beras *Super Slyp*. Hal ini menunjukkan bahwa kalorimeter yang dipakai dalam penelitian ini penambahan panas akibat kebocoran panas maupun pengadukkan lebih kecil dibandingkan kalorimeter yang dipakai dalam penelitian Teddy.

B. KONDUKTIVITAS PANAS

Dalam penelitian ini alat yang digunakan untuk menentukan nilai konduktivitas panas Bengkuang adalah Thermal Conductivity Meter (kemtherm QTM-D3). Data hasil pengukuran konduktivitas panas Bengkuang dapat dilihat pada Tabel 4.

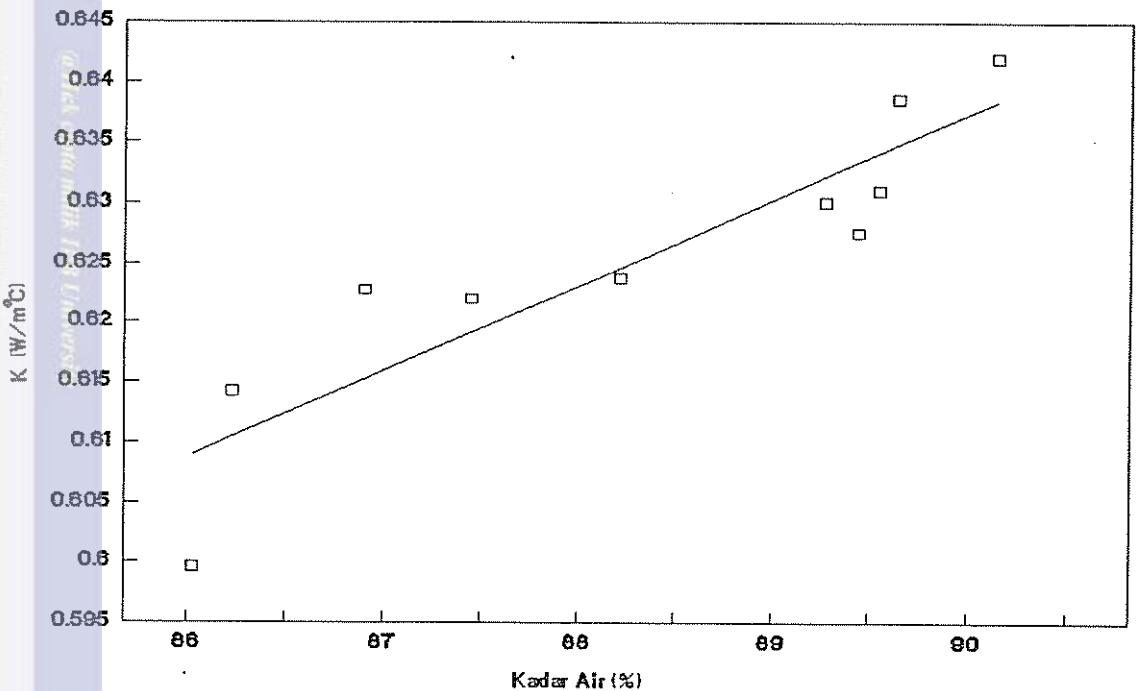
Tabel 4. Konduktivitas Panas Bengkuang

K A (wb) (%)	Konduktivitas Panas (W/ m °C)				
	ulangan1	ulangan2	ulangan3	rata2	Sx
86.03	0.6167	0.5833	0.5989	0.5996	0.0167
86.23	0.6129	0.6192	0.6108	0.6143	0.0044
86.90	0.6229	0.6251	0.6203	0.6228	0.0024
87.45	0.6212	0.6262	0.6186	0.6220	0.0039
88.22	0.6279	0.6210	0.6225	0.6238	0.0036
89.27	0.6254	0.6393	0.6257	0.6301	0.0079
89.44	0.6328	0.6226	0.6274	0.6276	0.0051
89.55	0.6308	0.6296	0.6328	0.6311	0.0016
89.64	0.6326	0.6395	0.6436	0.6386	0.0055
90.14	0.6400	0.6473	0.6388	0.6420	0.0046

Dari Tabel 4. tersebut, dapat dilihat bahwa dengan naiknya kadar air, ada kecenderungan bahwa nilai konduktivitas panasnya akan naik pula. Untuk melihat hubungan antara kadar air dengan konduktivitas panas Bengkuang, dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari Gambar 8. menunjukkan bahwa hubungan antara kadar air dengan konduktivitas panas Bengkuang merupakan hubungan yang linear. Hal ini dapat terlihat dari persamaan garisnya, untuk kadar air 86.03 % 90.14 % wb, yaitu sebagai berikut :

$$K = -0.00466 + 0.007134 m \quad , \quad r = 0.814857$$



Gambar 8. Hubungan antara Kadar Air dengan Konduktivitas Panas Bengkuang

Dari hasil penelitian ini didapatkan nilai konduktivitas panas Bengkuang (kadar air 86.03 - 90.14%) bervariasi antara 0.5996 sampai 0.6420 W/m °C dengan rata-rata 0.6252 W/m °C. Faktor yang mempengaruhi ketelitian hasil pengukuran konduktivitas dengan menggunakan alat Thermal Conductivity Meter (Kemtherm QTM-D3) adalah ukuran dimensi dari contoh Bengkuang yang akan diukur. Ukuran dimensi minimum contoh Bengkuang harus memenuhi ukuran minimum seperti terlihat pada Lampiran 2. Bila ukuran contoh Bengkuang

yang diukur tidak memenuhi ukuran minimum tersebut (terlalu kecil), maka panas yang dihasilkan oleh kawat pemanas alat akan keluar dari contoh ke udara sekelilingnya. Hal ini akan menyebabkan bertambahnya nilai konduktivitas panas contoh yang diukur, sehingga akan terjadi kesalahan dalam hasil pengukuran.

Karena buah Bengkuang belum diketahui nilai konduktivitas panasnya, maka untuk menentukan ukuran contoh minimum dilakukan pengukuran percobaan untuk mendapatkan nilai konduktivitas panas perkiraan. Dari hasil pengukuran percobaan diperoleh nilai konduktivitas panas Bengkuang sebesar $0.6435 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$ ($0.5534 \text{ kcal/m/h}^{\circ}$), dengan demikian dimensi minimum contoh Bengkuang yang harus dipakai adalah $10 \text{ mm} \times 30 \text{ mm} \times 62 \text{ mm}$ untuk ukuran tebal \times lebar \times panjang. Dalam penelitian ini, ukuran contoh Bengkuang yang dipakai adalah sekitar $20 \text{ mm} \times 45 \text{ mm} \times 90 \text{ mm}$ (tebal \times lebar \times panjang).

Untuk mengetahui ketelitian alat Thermal Conductivity Meter (Kemtherm QTM-3D), telah dilakukan percobaan oleh Teddy (1992). Dari hasil pengukuannya, ternyata alat ini mempunyai ketelitian yang sangat baik yaitu sebesar 99.15 %. Berdasarkan hal ini, maka dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran pada penelitian ini mendekati nilai konduktivitas panas Bengkuang yang sebenarnya.

C. MASSA JENIS

Dalam penelitian ini massa jenis yang digunakan adalah massa jenis apparent, yaitu massa jenis dari tiap-tiap unit bahan dibagi dengan volemennya.

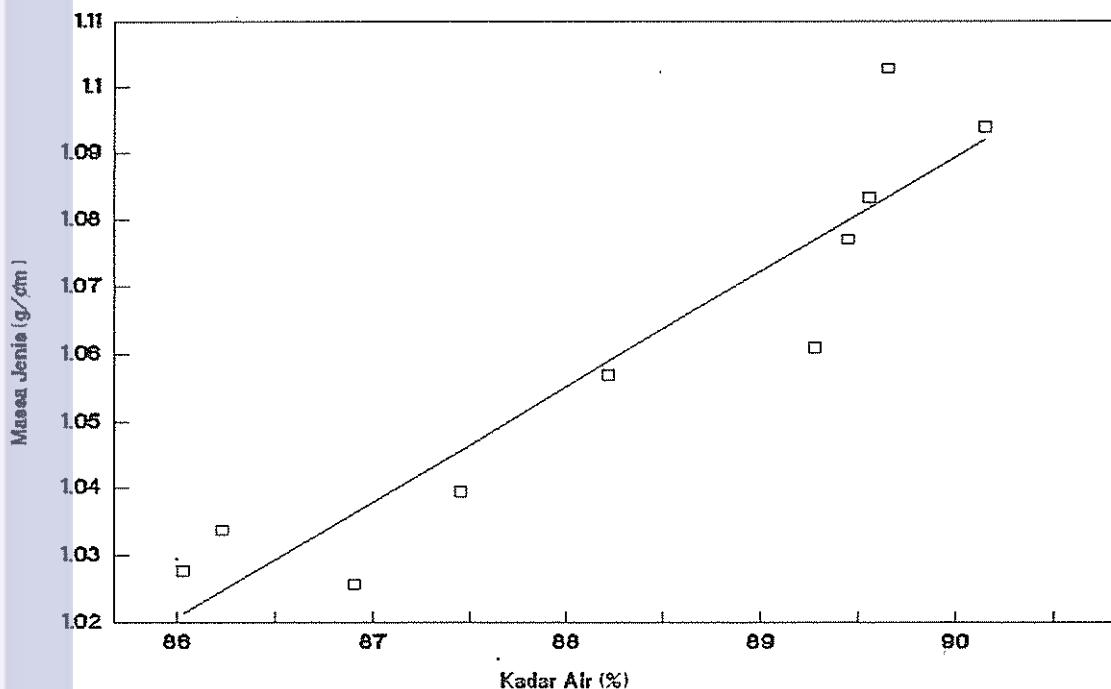
Data dan hasil perhitungan massa jenis Bengkuang dapat dilihat pada Tabel 5. Dari Tabel 5. tersebut terlihat bahwa dengan naiknya kadar air, ada kecenderungan bahwa nilai massa jenisnya akan naik pula. Hal ini karena semakin banyak kadar air yang dikandung, semakin berat massanya. Sedangkan massa jenis suatu bahan berbanding lurus dengan beratnya sesuai dengan persamaan (17).

Tabel 5. Massa jenis Bengkuang

Kadar Air (%)	Massa jenis (Kg/m ³) (X 10 ⁻³)	Konduktivitas panas (W/m °C)
86.03	1.02776	0.5996 ± 0.0167
86.23	1.03384	0.6143 ± 0.0044
86.90	1.02573	0.6228 ± 0.0024
87.45	1.03952	0.6220 ± 0.0039
88.22	1.05688	0.6238 ± 0.0036
89.27	1.06099	0.6301 ± 0.0079
89.44	1.07707	0.6276 ± 0.0051
89.55	1.08333	0.6311 ± 0.0016
89.64	1.10276	0.6386 ± 0.0055
90.14	1.09393	0.6420 ± 0.0046

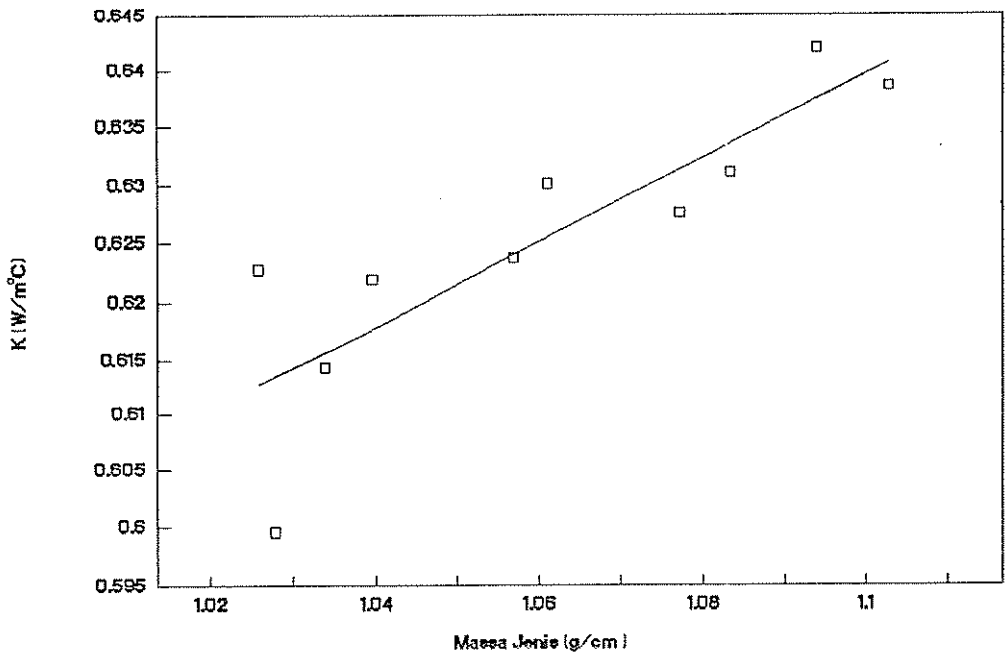
Untuk mengetahui hubungan antara kadar air dengan massa jenis Bengkuang dapat dilihat pada Gambar 9. Dari Gambar 9. tersebut, ternyata hubungan antara kadar air dengan massa jenis Bengkuang merupakan hubungan yang linear. Hal ini dapat terlihat dari persamaan garisnya (untuk kadar air 86.03% - 90.14%), yaitu sebagai berikut :

$$M = - 0.45513 + 0.017163 m \quad r = 0.870523$$



Gambar 9. Hubungan antara Kadar Air dengan Massa Jenis Bengkuang

Sedangkan untuk mengetahui hubungan antara Massa jenis dengan Konduktivitas panas Bengkuang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hubungan antara Massa Jenis dengan Konduktivitas Panas Bengkuang

Dari Gambar 10. diatas, dapat dilihat hubungan antara Massa Jenis dengan Konduktivitas Panas Bengkuang merupakan hubungan yang linear. Persamaan garis linearnya adalah sebagai berikut :

$$K = 0.240923 + 0.362453 (\rho) \quad r = 0.711743$$

D. DIFUSIVITAS PANAS

Dalam penelitian ini persamaan yang dipakai untuk mencari nilai Difusivitas panas Bengkuang adalah persamaan (7).

Data dan hasil perhitungan nilai Difusivitas panas Bengkuang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Difusivitas Panas Bengkuang

K A (%)	Massa jenis (Kg/m ³) (X 10 ³)	Cp (J/g ⁰ C)	K (W/m ⁰ C)	Difusivitas (m ² /dt) (X 10 ⁻⁷)
86.03	1.02776	3.57715	0.5996	1.6309
86.23	1.03384	3.65705	0.6143	1.6248
86.90	1.02573	3.68765	0.6228	1.6465
87.45	1.03952	3.68765	0.6220	1.5643
88.22	1.05688	3.83505	0.6238	1.5391
89.27	1.06099	3.90015	0.6301	1.5227
89.44	1.07707	3.97000	0.6276	1.4677
89.55	1.08333	4.08110	0.6311	1.4274
89.64	1.10276	4.11070	0.6386	1.4087
90.14	1.09393	4.07360	0.6420	1.4407

Nilai Difusivitas panas Bengkuang (untuk kadar air 86.03 % - 90.14 %) yang didapat dari penelitian ini berkisar antara 1.4019×10^{-7} - 1.6465×10^{-7} m²/dt (rata-rata 1.5234×10^{-7} m²/dt).

Dari Tabel 6. terlihat bahwa dengan naiknya kadar air, ada kecenderungan nilai difusivitas panasnya menurun. Hal ini terjadi karena nilai panas jenis dan massa jenis Bengkuang akan naik dengan naiknya kadar air, sedangkan nilai difusivitas panas akan semakin kecil dengan semakin besarnya nilai panas jenis dan massa jenisnya (sesuai dengan persamaan 7)

4. Nilai difusivitas panas Bengkuang (untuk kadar air 86.03 % - 90.14 %) yang didapat bervariasi antara $1.4087 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}$ - $1.6465 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}$ dengan rata-rata $1.5273 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{dt}$.
5. Nilai massa jenis Bengkuang yang digunakan dalam penelitian ini bervariasi antara 1.02573×10^3 - $1.10276 \times 10^3 \text{ Kg/m}^3$. Hubungan antara kadar air dengan massa jenis Bengkuang merupakan hubungan yang linear dengan persamaan garis linear $M = -0.45513 + 0.017163 (\rho)$, $r = 0.870523$.
6. Hubungan antara Massa Jenis dengan Konduktivitas Panas Bengkuang merupakan hubungan yang linear dengan persamaan $K = 0.240923 + 0.362453 (\rho)$, $r = 0.711743$

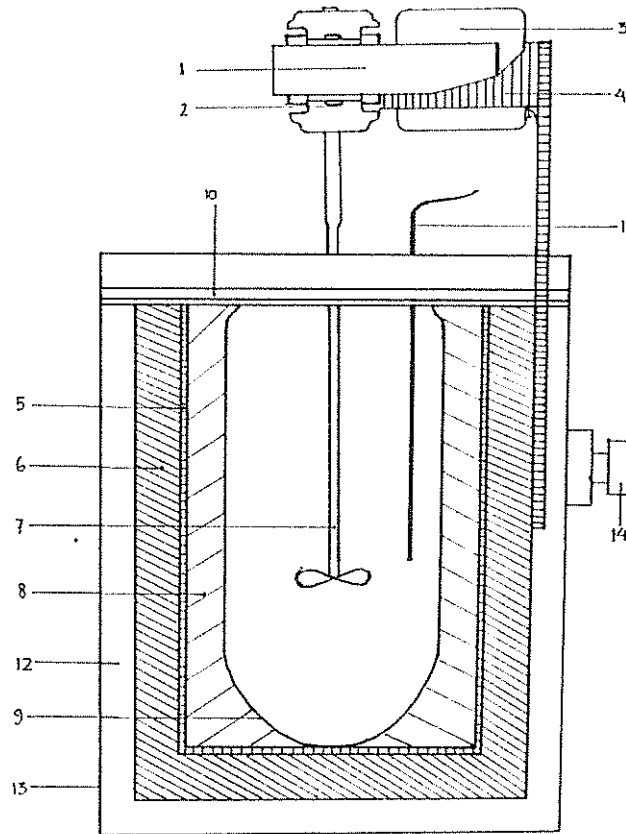
B. SARAN

Kalorimeter yang dibuat pada penelitian ini, dapat digunakan untuk menentukan nilai panas jenis hasil pertanian, baik untuk buah-buahan maupun biji-bijian. Teknik pengukurannya menggunakan metode campuran (*method of mixtures*).

DAFTAR PUSTAKA

- Bennet, A.H. 1964. Precooling Fruits and Vegetables. Transaction of the ASAE, 7(3) : 265-266, 270.
- Bird, R.B., W.E. Steward dan E.N. Lightfoot. 1976. Transport Phenomena. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Carslaw, H.S. dan J.C. Jaeger. 1959. Conduction of Heat in Sol ds. Second Edition.
- Chowdary, T.P. 1988. Thermal Proferties of Mangoes. Asian Institute of Technology Bangkok. Thailand.
- Gde Handi, P.W. 1982. Difusivitas Panas Buah Jeruk Siyem. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Harsitorukmi, M.G. 1987. Difusivitas Panas Buah Semangka. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hwang, M.P. dan Hayakawa, K. 1979. A Specific Heat Calorimeter for Foods. Journal of Food Science. 44 (2) : 436-439, 448.
- Jordan, R.C. dan G.B. Priester. 1965. Refrigeration and Air Conditionong. Charles E. Tuttle Comp., Tokyo.
- Kuswardana, T. 1992. Pengukuran Panas Jenis, Konduktivitas s Panas Buah *Apel Malang (Malus silvestris Mill.)* Dalam Rangka Penentuan Nilai Difusivitas Panas. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mohsenin, N.N. 1980. Thermal Proverties of Food and Agricultural Materials. Gordon and Breach Science Pub. New York.
- Morita, T. dan Singh, R.P. 1979. Physical and Thermal Properties of Short Grain Rough Rice. Transaction of the ASAE. 22(3) : 630-636.
- Oshita, S. 1991. Thermodynamical Estimation of the Specific Heat of Rice. In : Basics of Thermodynamics and Its Application to the Study of Water Retained in Foods. Academic Development of the Graduate Program. The Faculty of Agricultural Engineering and Technology. IPB. Bogor.

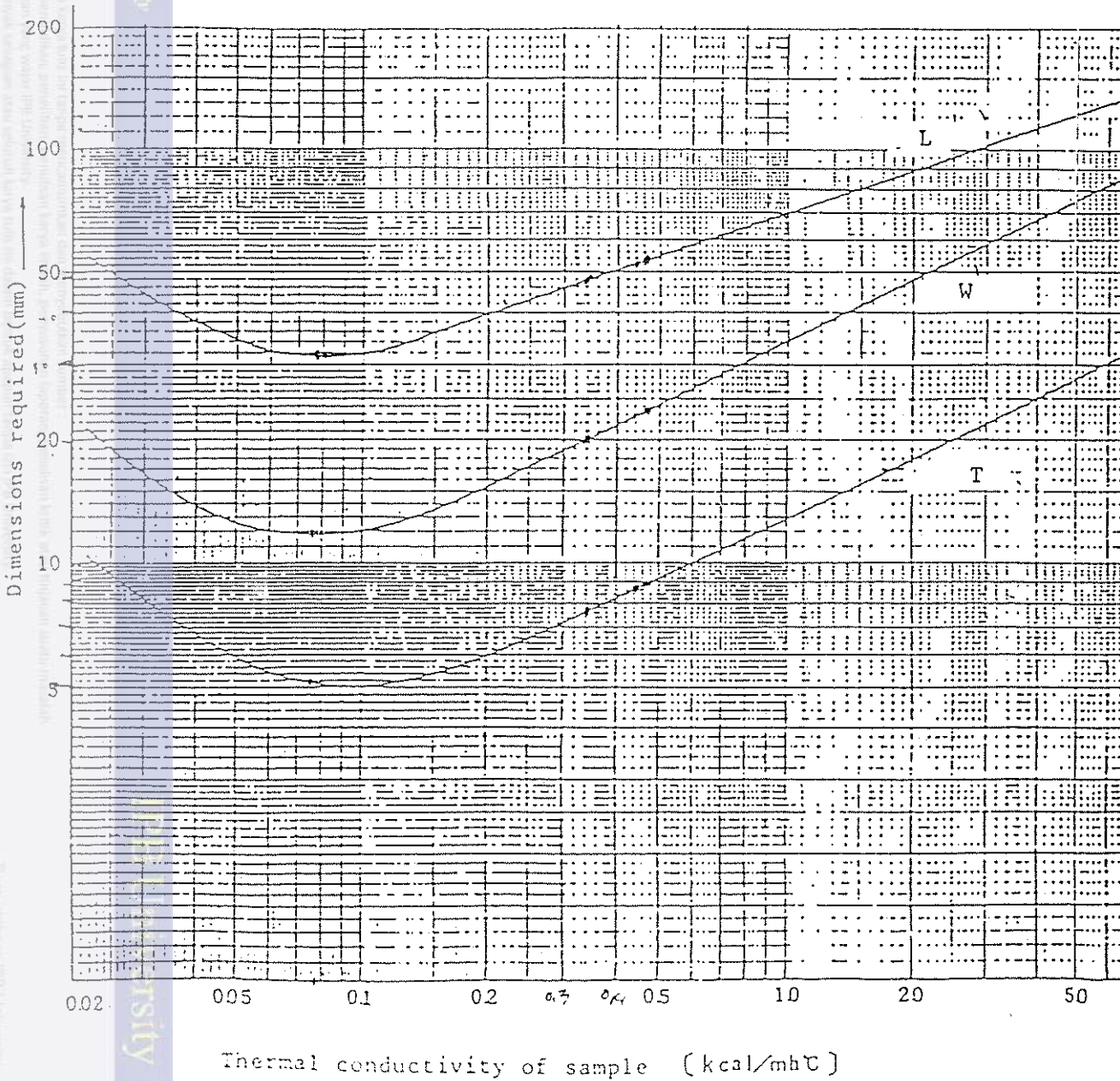
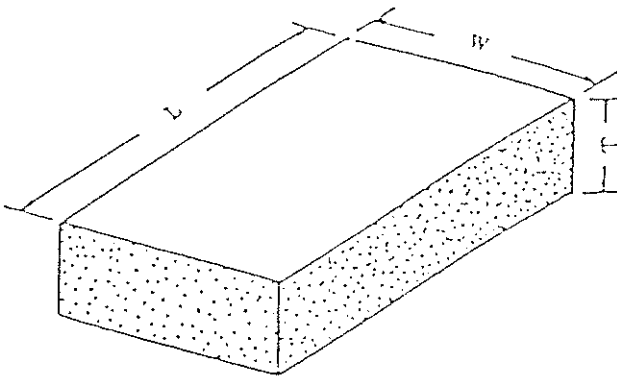
Lampiran 1. Gambar Detail Alat Pengukur Panas Jenis



Keterangan Gambar :

1. Medan Magnet (motor AC)
2. Rotor
3. Kumparan
4. Penyangga motor
5. Kotak kayu tebal 10 mm
6. Isolator (Busa karet)
7. Pengaduk, panjang 16 cm
8. Busa karet, tebal 10 mm
9. *Thermos glass*, tinggi 12 cm, diameter 6 cm
10. Mika, tebal 5 mm
11. Termokopel type *Copper-Constanta*, diameter 0.3 mm
12. *Styrofoam*, tebal 10 mm

Lampiran 2. Grafik Untuk Menentukan Ukuran Dimensi Minimum Contoh Bengkuang.

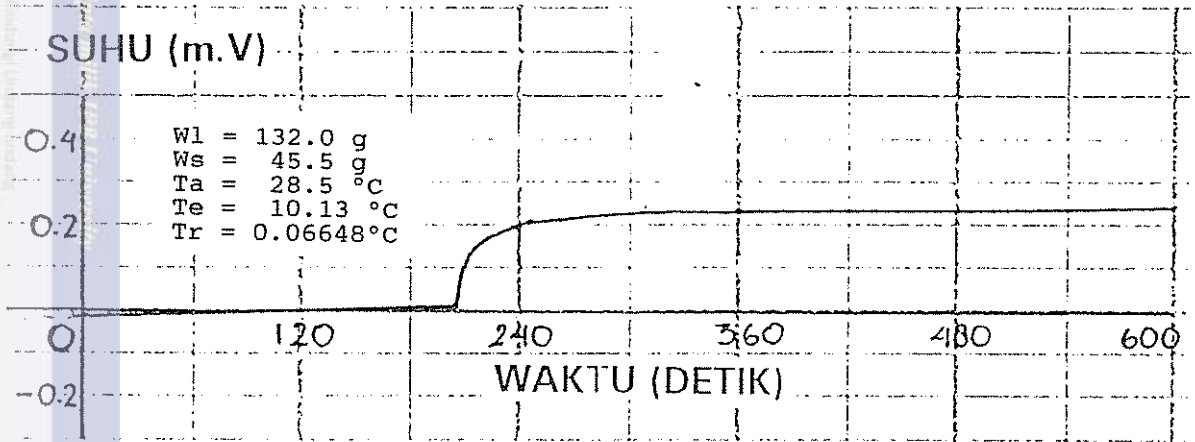


Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Massa Jenis

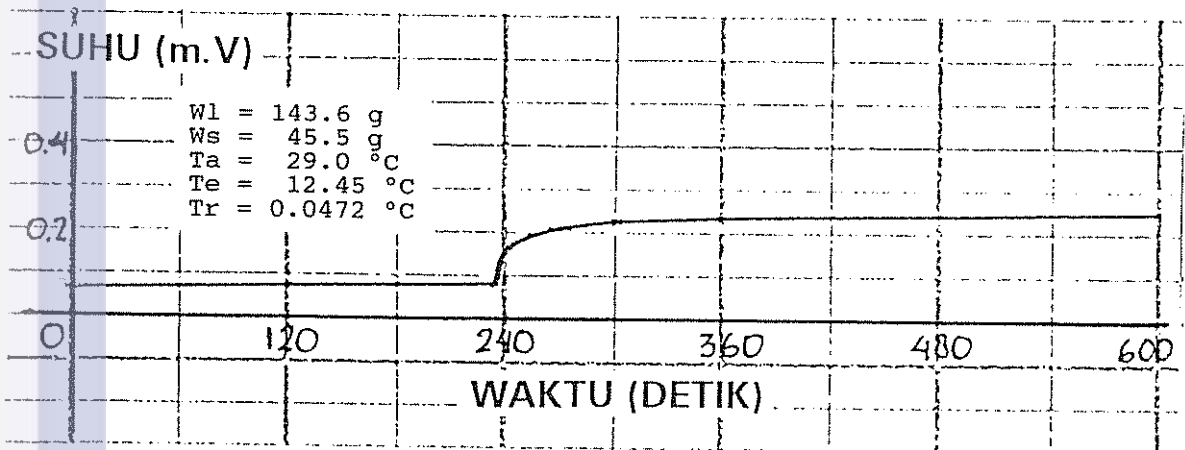
CONTOH APEL	MASSA (g)	VOLUME RATA ² (cm ³)	MASSA JENIS (g/cm ³)
1	90.9	88.45	1.02776
2	83.7	80.96	1.03384
3	85.0	82.87	1.02573
4	96.8	93.12	1.03952
5	79.9	75.6	1.05688
6	97.2	91.61	1.06990
7	94.3	87.55	1.07707
8	98.8	91.20	1.08333
9	84.5	76.63	1.10275
10	95.5	87.30	1.09393
RATA ²	90.66	85.53	1.05999

Lampiran 5. Grafik Perkembangan Suhu Air Contoh Bengkuang

A. CONTOH BENGKUANG 1



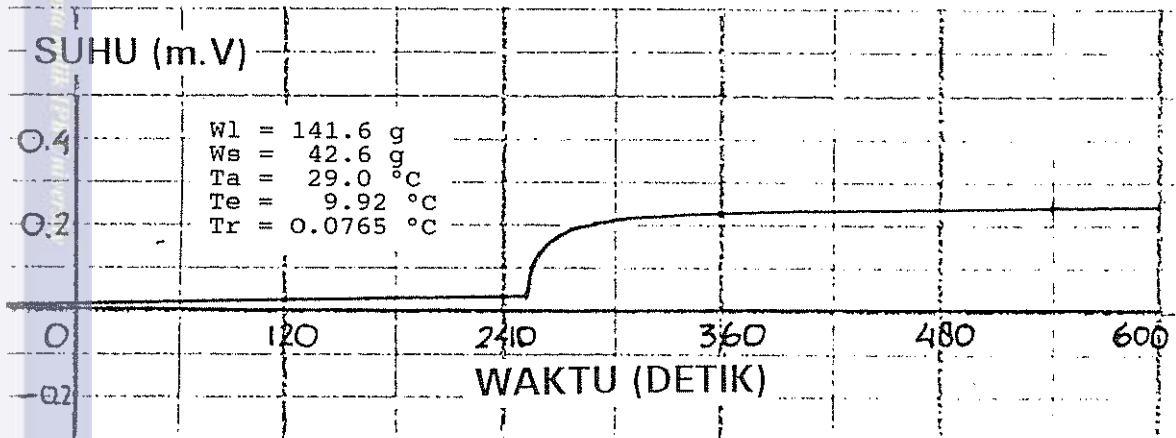
Ulangan 1



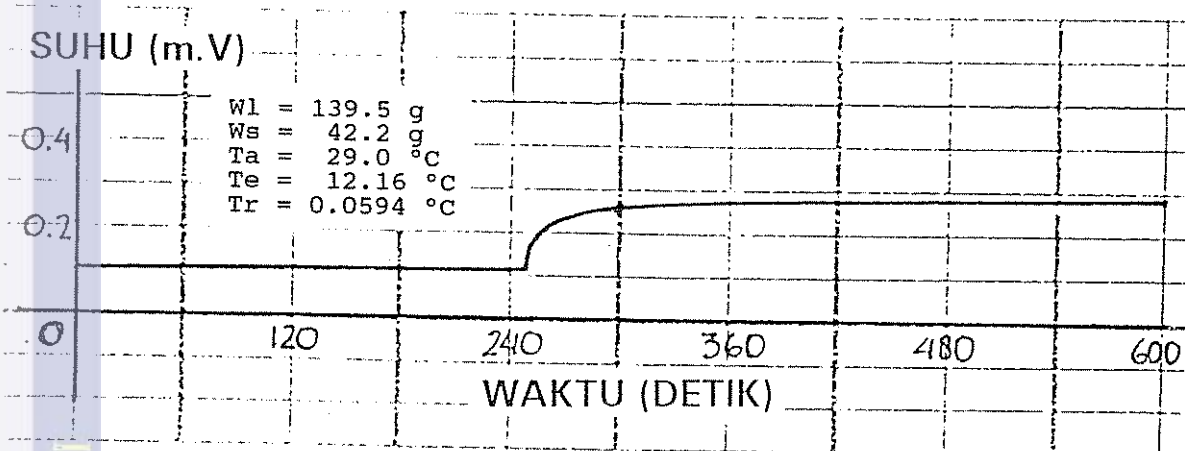
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

B. CONTOH BENGKUANG 2



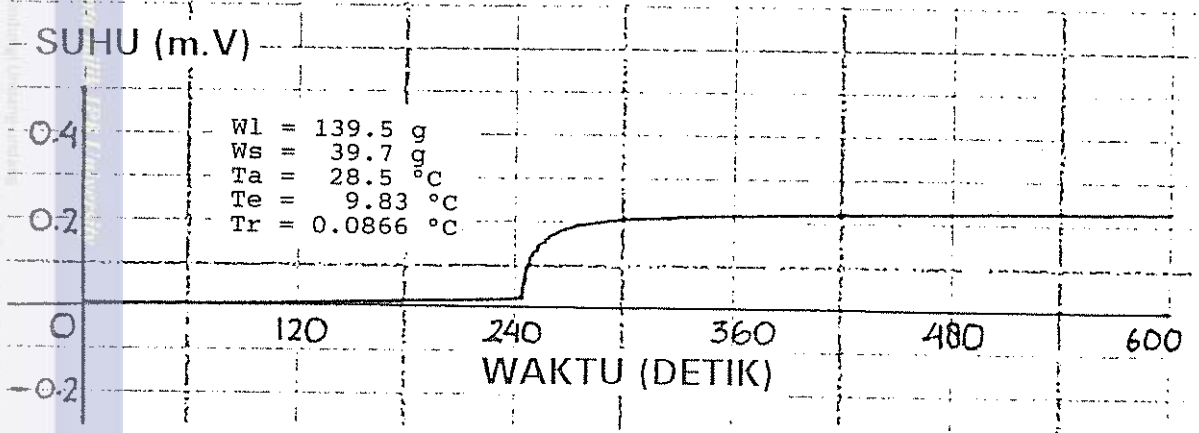
Ulangan 1



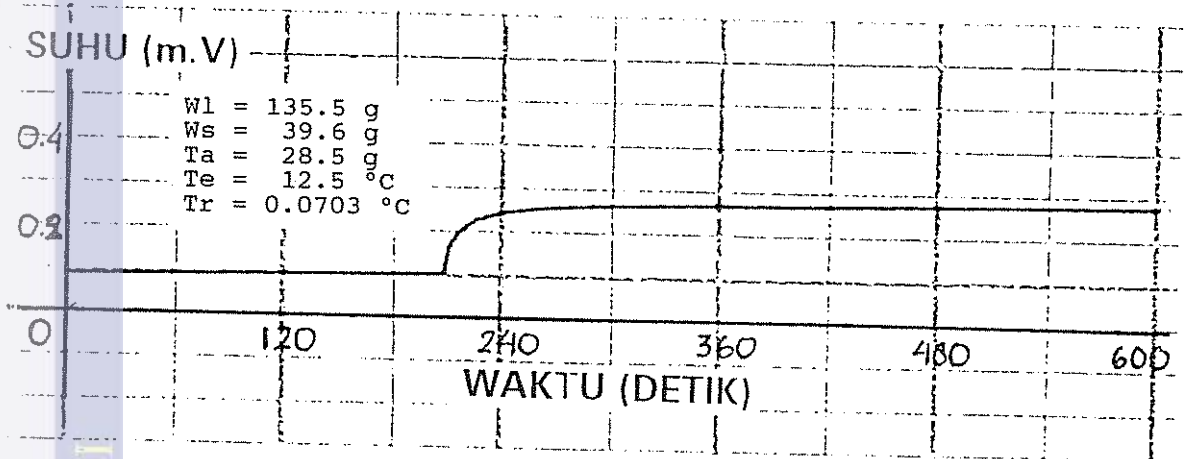
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

C. CONTOH BENGKUANG 3



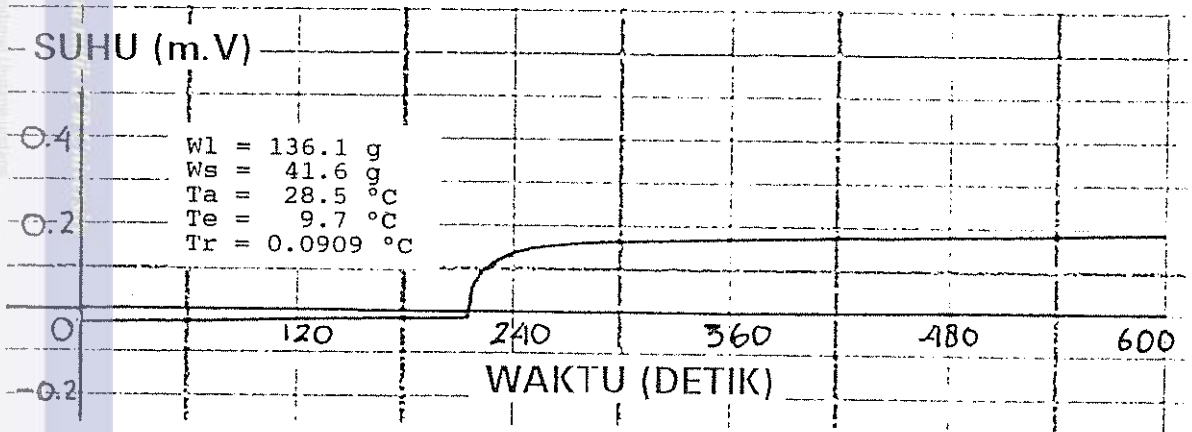
Ulangan 1



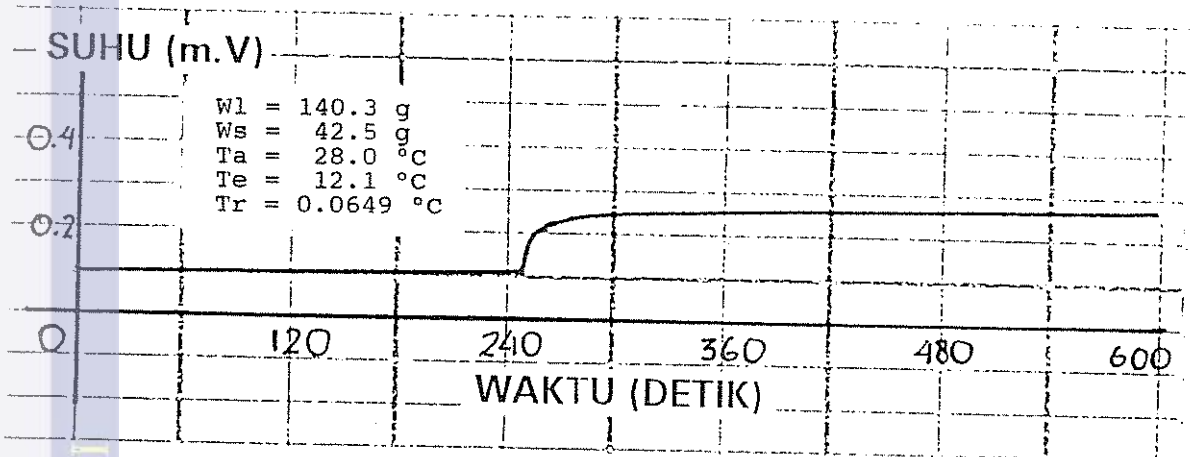
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

D. CONTOH BENGKUANG 4



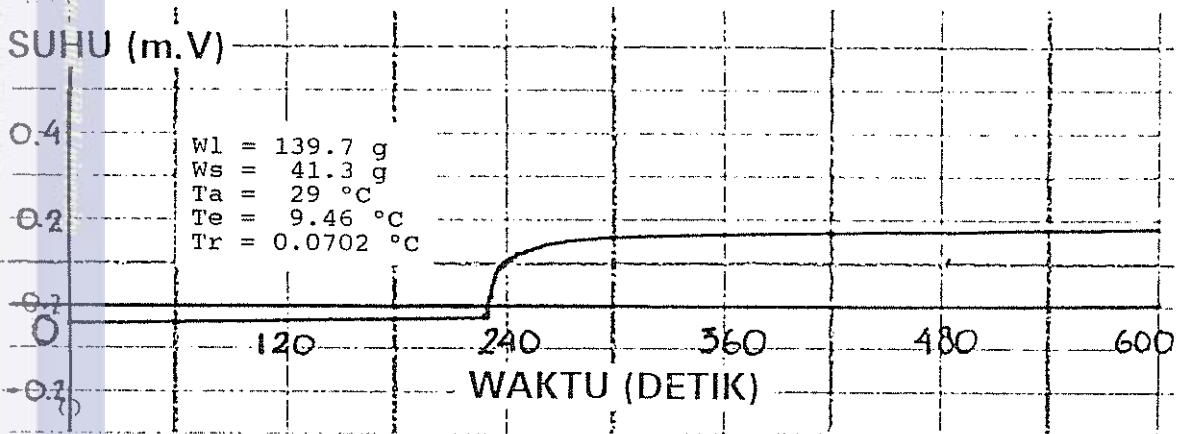
Ulangan 1



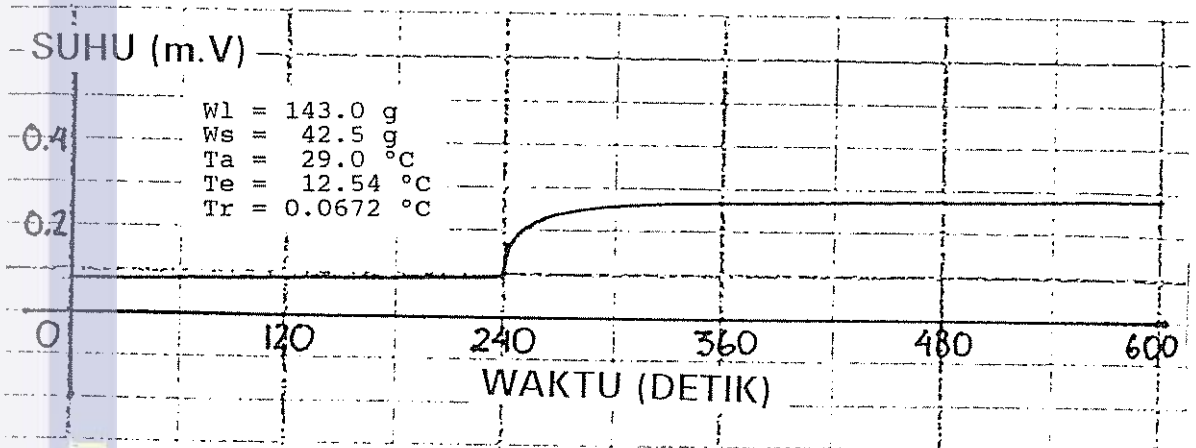
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

E. CONTOH BENGKUANG 5



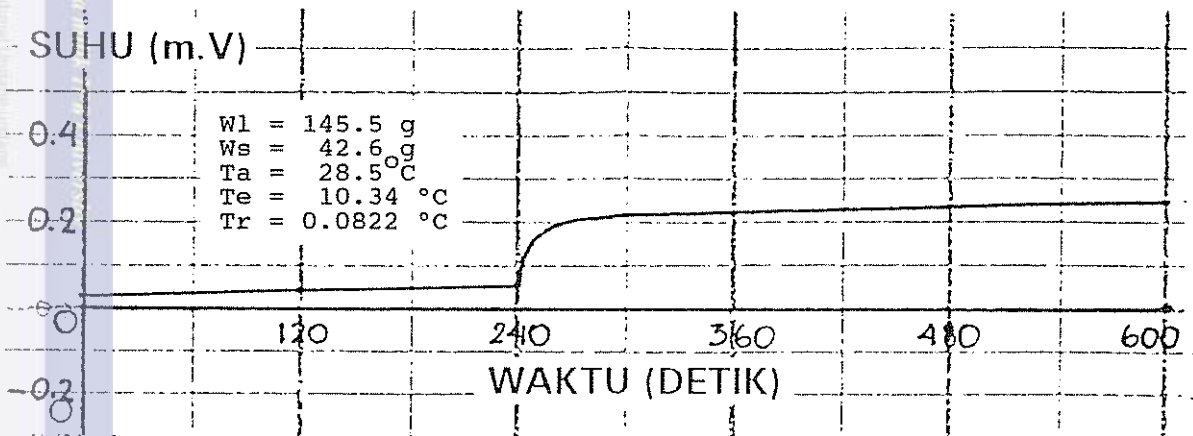
Ulangan 1



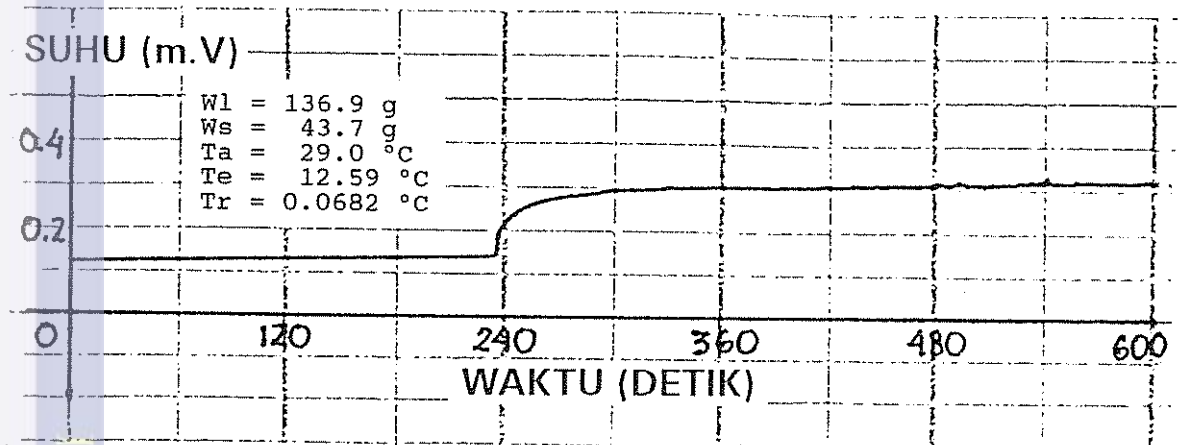
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

F. CONTOH BENGKUANG 6



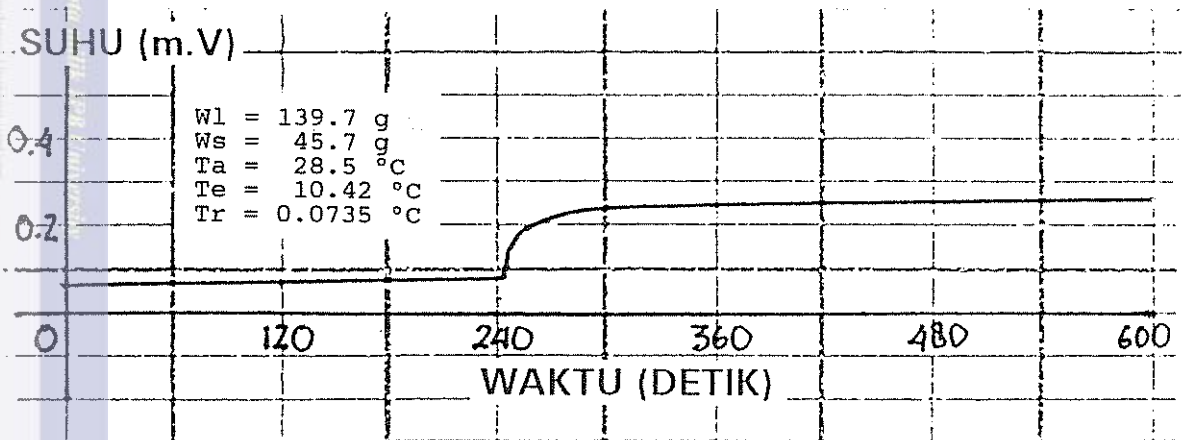
Ulangan 1



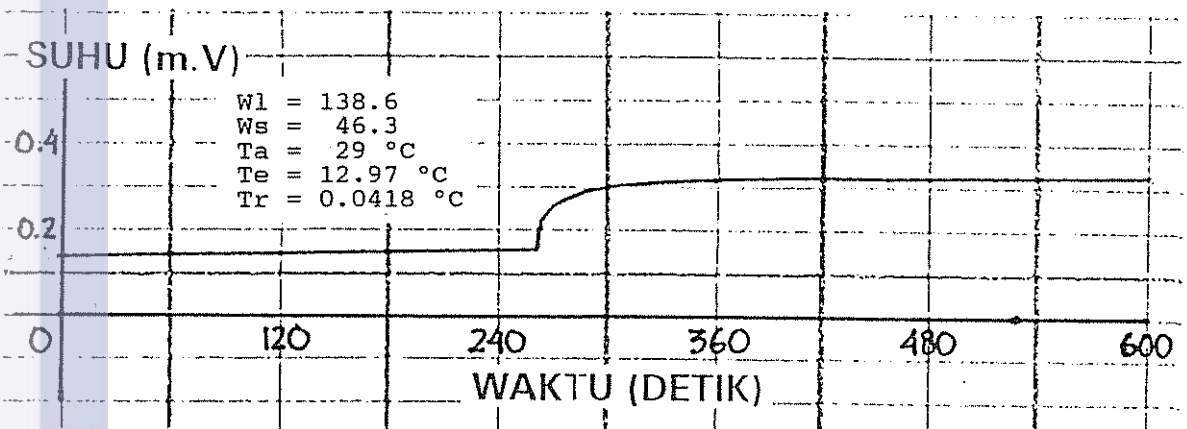
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

G. CONTOH BENGKUANG 7



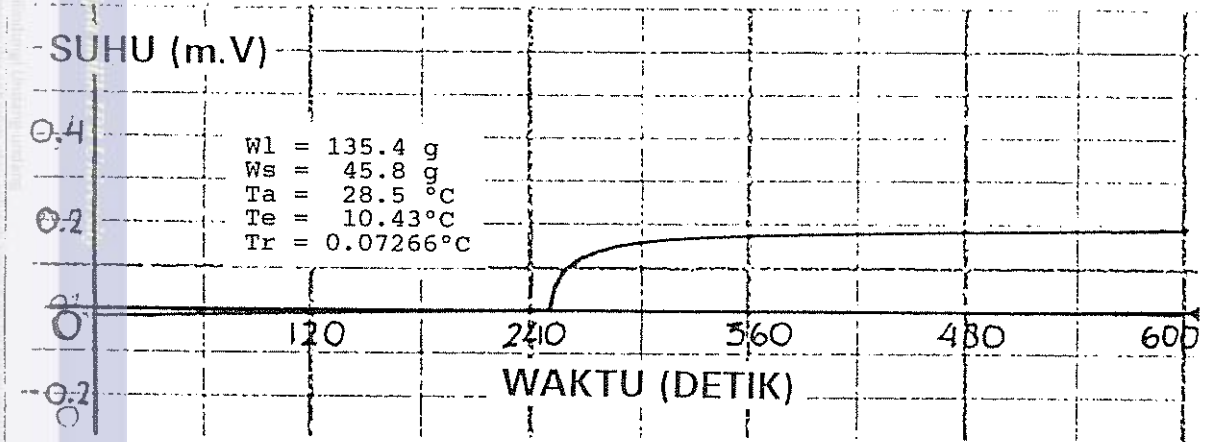
Ulangan 1



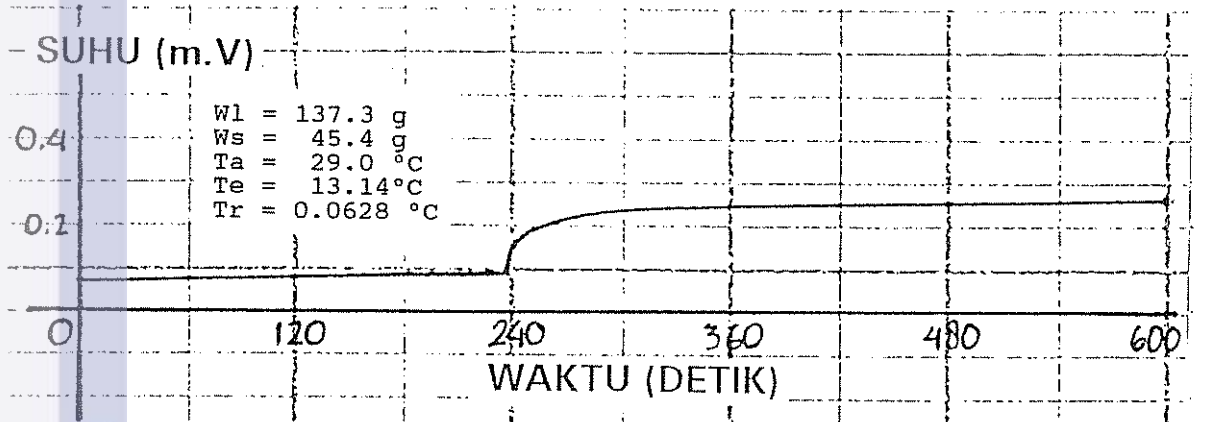
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

H. CONTOH BENGKUANG 8



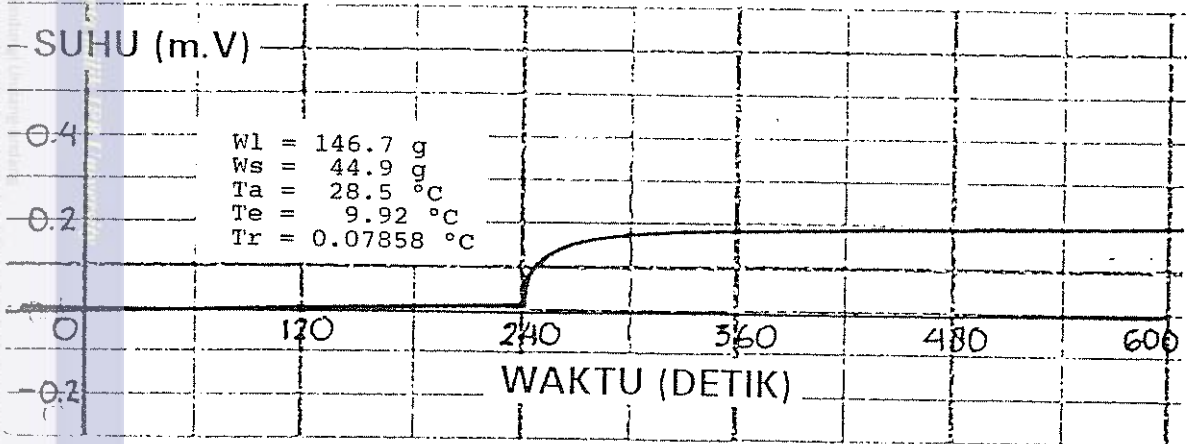
Ulangan 1



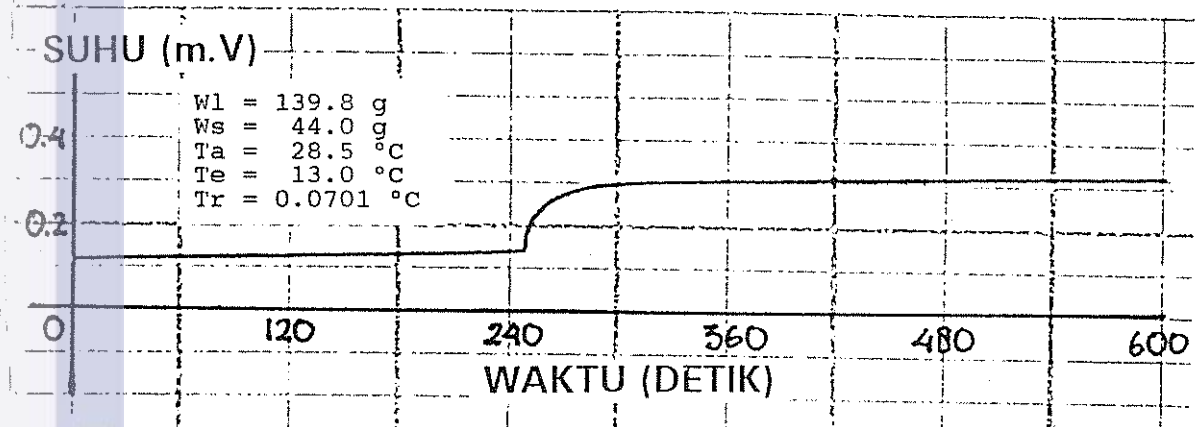
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

I. CONTOH BENGKUANG 9



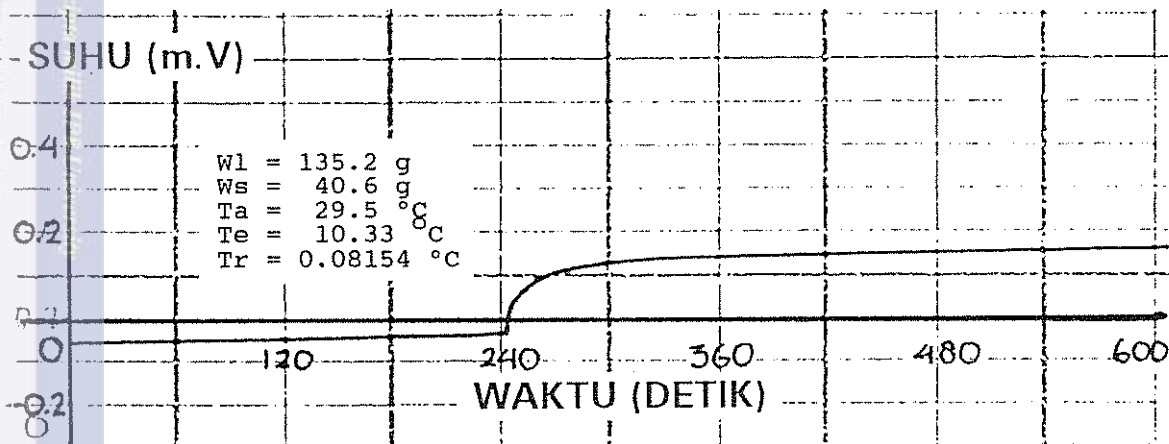
Ulangan 1



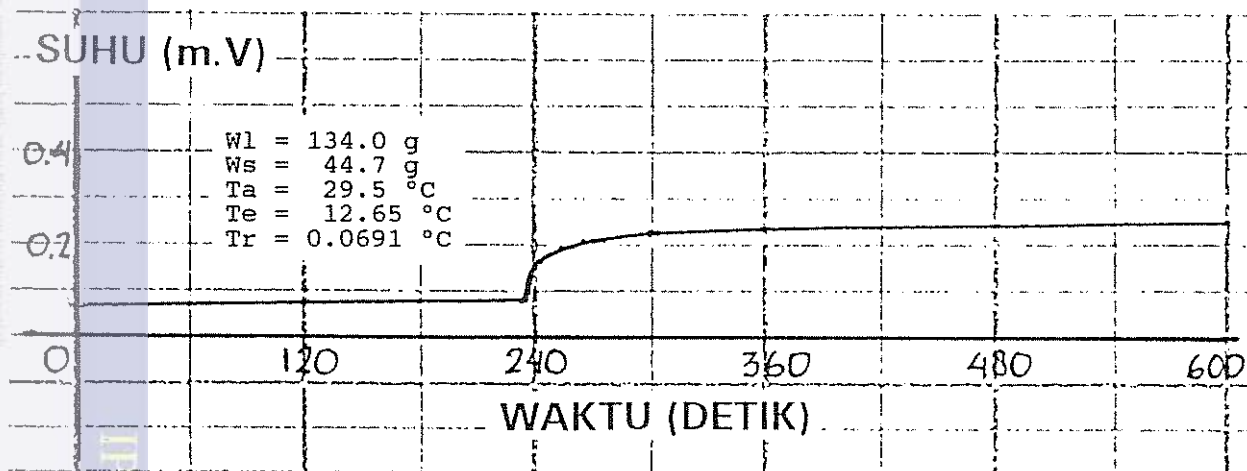
Ulangan 2

Lampiran 5. Lanjutan

J. CONTOH BENGKUANG 10



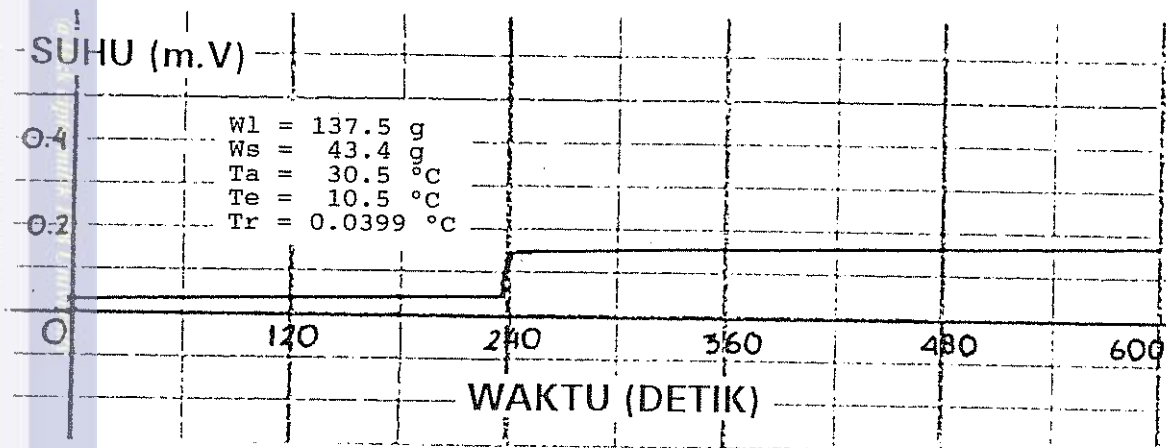
Ulangan 1



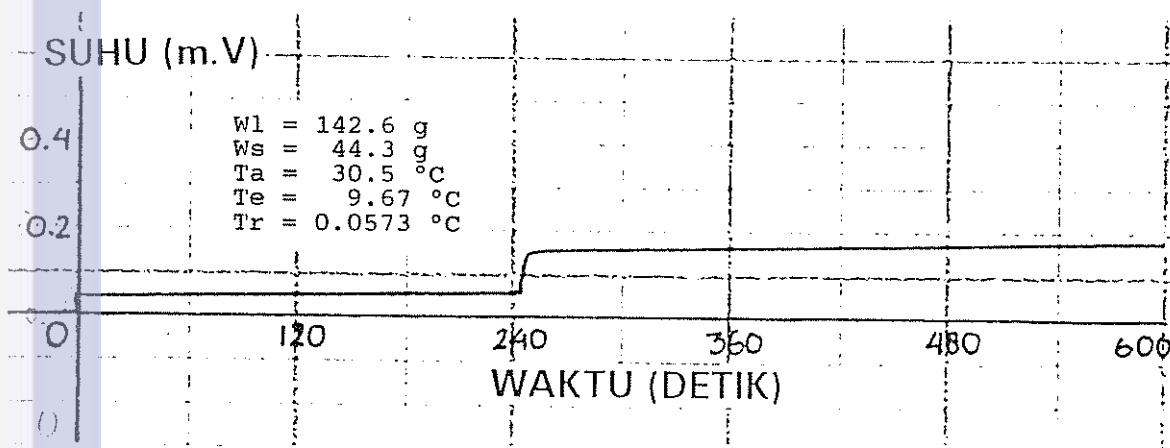
Ulangan 2

Lampiran 6. Grafik Perkembangan Suhu Air Contoh Beras

CONTOH BERAS 1

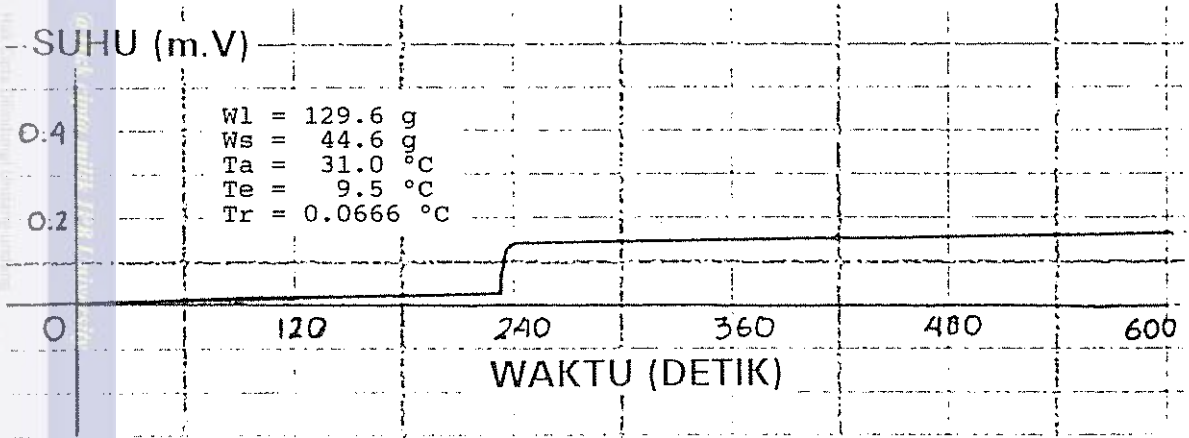


CONTOH BERAS 2

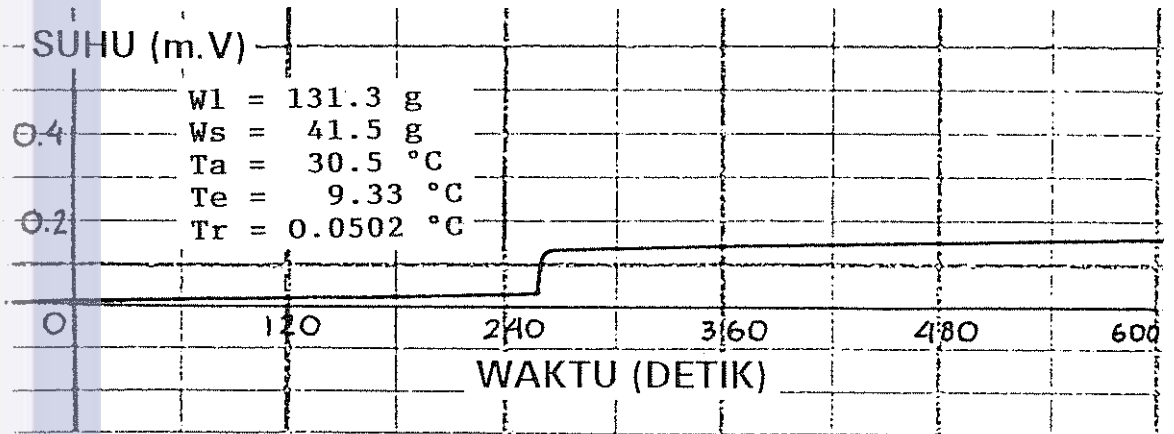


Lampiran 6. Lanjutan

CONTOH BERAS 3



CONTOH BERAS 4

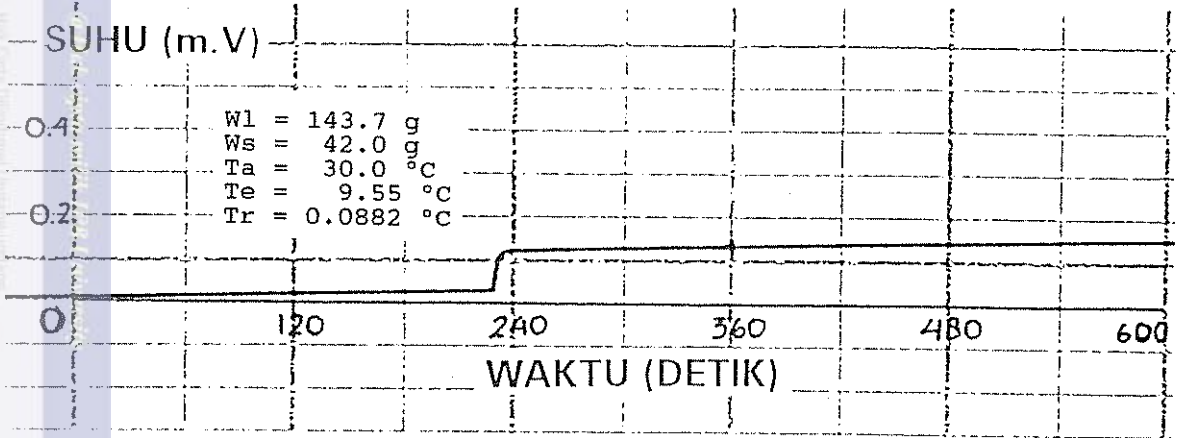


1. Dalam menulis laporan anda, salinlah karya tulis ini ke dalam Microsoft Word dan simpanlah dengan nama file yang sesuai. 2. Dalam menguploadkan dan mengirimkan jawaban anda, salinlah karya tulis ini dalam bentuk gambar dengan menggunakan aplikasi scanner atau aplikasi lain yang dapat menghasilkan gambar. 3. Perhatikan bahwa setiap foto yang anda unggah akan diuploadkan ke sistem penilaian secara otomatis. 4. Perhatikan bahwa setiap foto yang anda unggah akan diuploadkan ke sistem penilaian secara otomatis. 5. Perhatikan bahwa setiap foto yang anda unggah akan diuploadkan ke sistem penilaian secara otomatis.

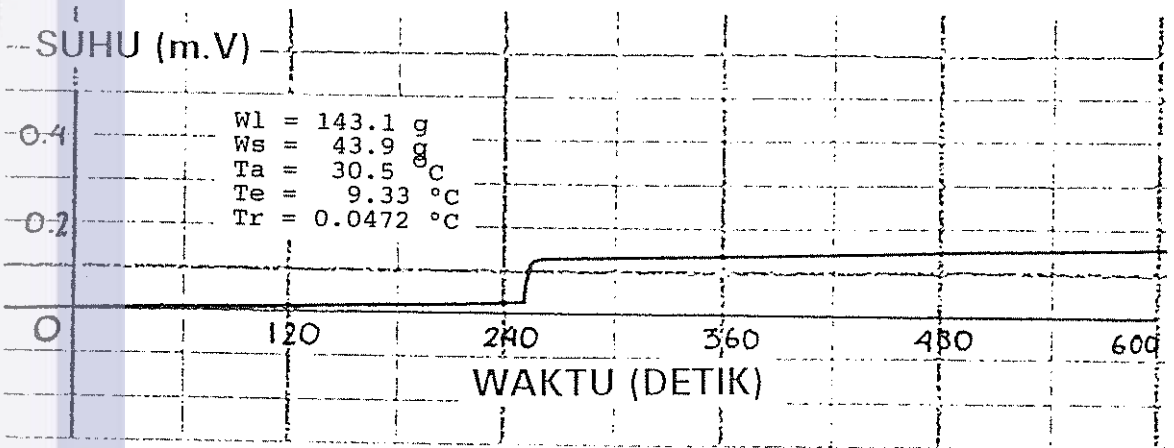


Lampiran 6. Lanjutan

CONTOH BERAS 5

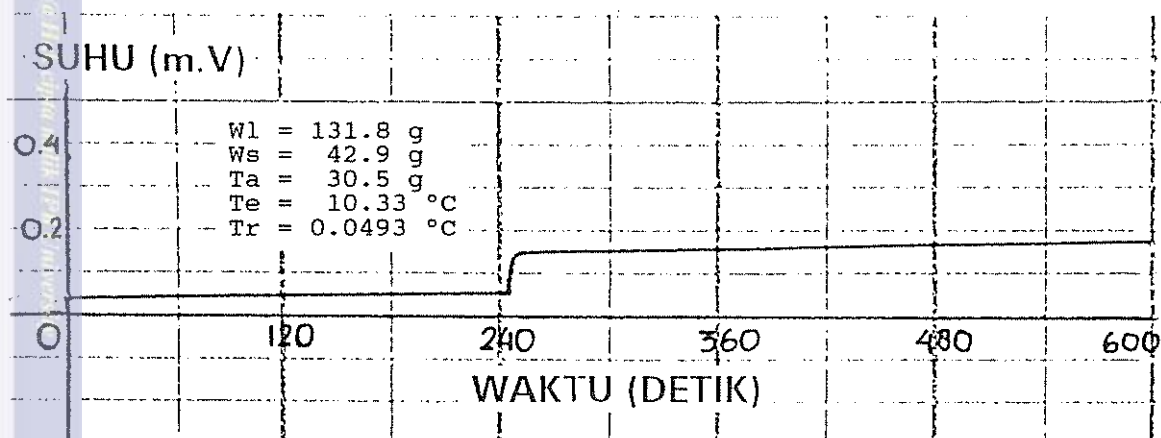


CONTOH BERAS 6

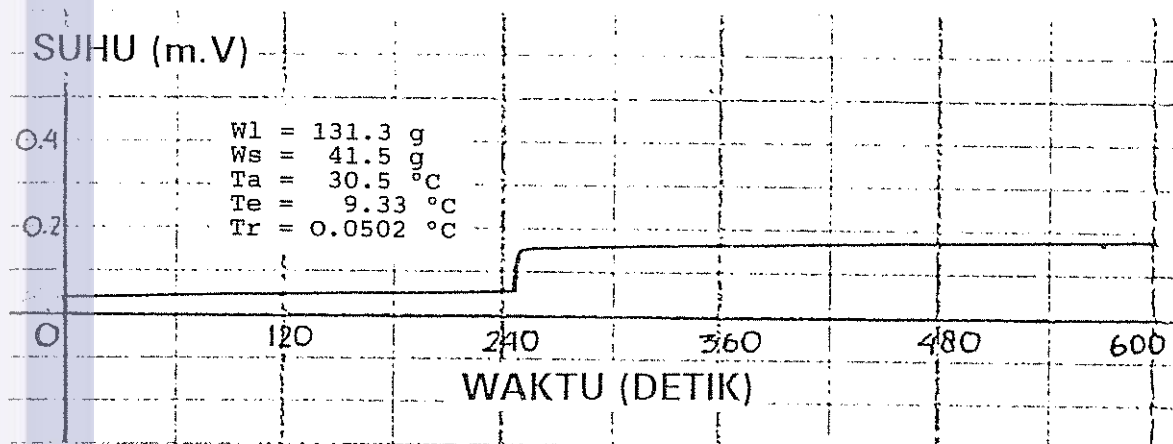


Lampiran 6. Lanjutan

CONTOH BERAS 7

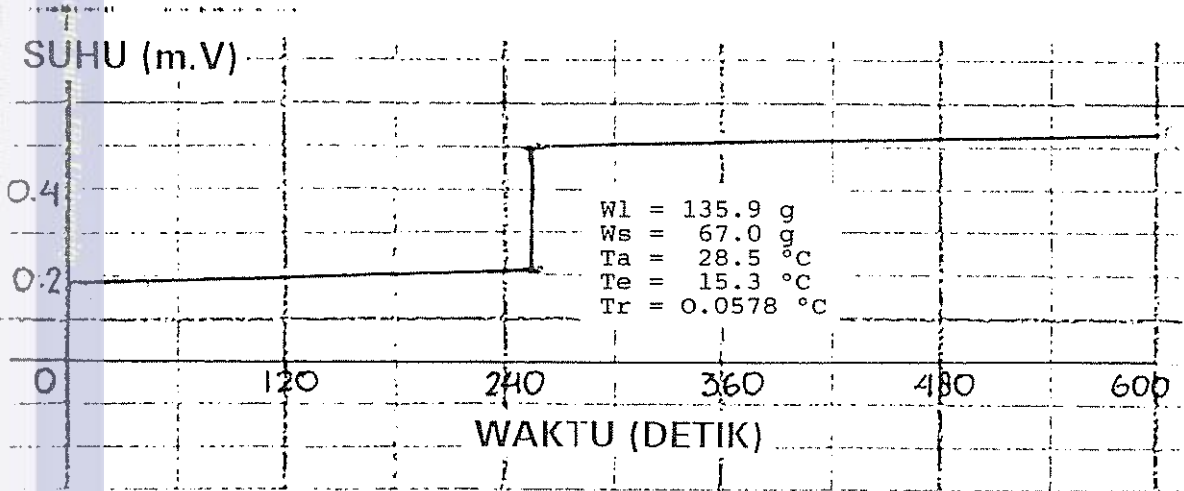


CONTOH BERAS 8

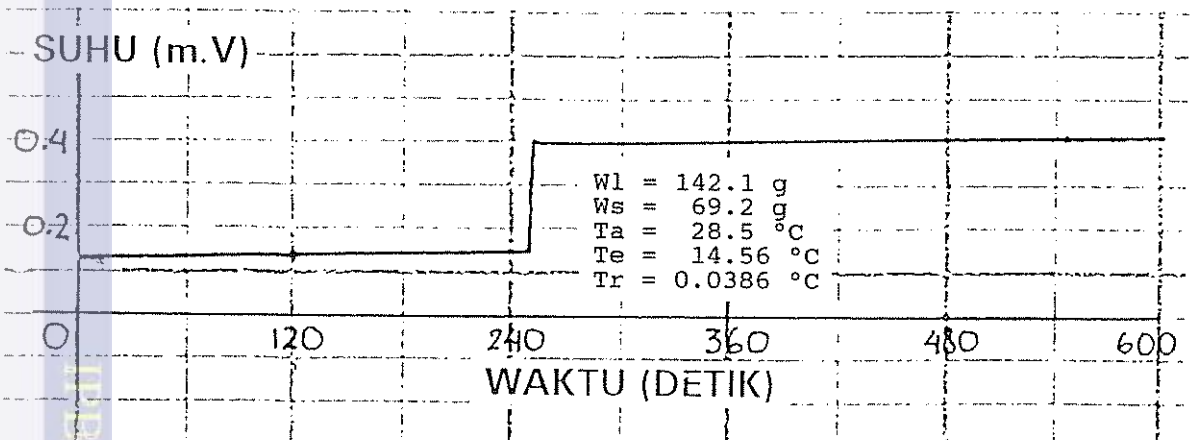


Lampiran 7. Perhitungan *Heat Capacity* KalorimeterA. GRAFIK PERKEMBANGAN SUHU AIR *HEAT CAPACITY*

HEAT CAPACITY 1

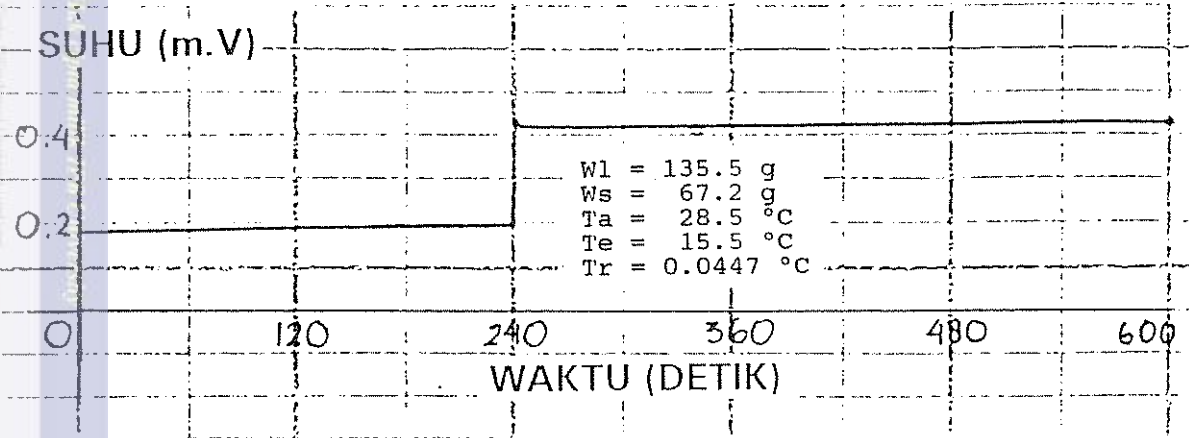


HEAT CAPACITY 2



Lampiran 7. Lanjutan

HEAT CAPACITY 3



B. PENENTUAN HEAT CAPACITY

ULANGAN 1 :

a. Mencari nilai T_e dan T_o

Dari grafik perkembangan suhu air heat capacity (Lampiran 7) di dapat nilai ::

$$T_o = 0.19 \text{ mV}$$

$$T_e = 0.42 \text{ mV}$$

Nilai tersebut kemudian ditambah dengan konstanta dari alat pen recorder sebesar -0.75

$$\text{Jadi nilai } T_o = 0.19 + (-0.75) = -0.56 \text{ mV}$$

$$T_e = 0.42 + (-0.75) = -0.33 \text{ mV}$$

Nilai di atas kemudian dikonversikan ke $^{\circ}\text{F}$ menggunakan tabel konversi (lihat lampiran 7), sehingga didapatkan nilai :

$$T_e = 49.5 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_o = 60 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Selanjutnya nilai tersebut dikonversikan lagi ke $^{\circ}\text{C}$

$$\text{Jadi nilai } T_e = (49.5 - 32) \times 5/9 = 9.75 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_o = (60 - 32) \times 5/9 = 15.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

b. Menentukan nilai T_r

$$W_h = 67.0 \text{ g} \quad W_c = 135.4 \text{ g}$$

$$T_a = 28.5 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (suhu awal air pada suhu ruang)}$$

$$T_o = 9.7 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (suhu awal air)}$$

$$T_x = 15.4 \text{ (suhu akhir pada periode kesetimbangan)}$$

$$T_e = 15.2 \text{ (suhu kesetimbangan)}$$

$$\Delta T = (T_x - T_o) = 15.4 - 9.7 = 5.7 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (kenaikan pengukuran suhu)}$$

$T_i = 9.35 \text{ }^\circ\text{C}$ (suhu rata-rata pada periode awal)

$T_f = 15.7 \text{ }^\circ\text{C}$ (suhu rata-rata pada periode akhir)

$\Delta T_i = (9.7 - 9.0)/(240/10) = 0.029 \text{ }^\circ\text{C}$ (suhu rata-rata dua interval pada periode awal)

$\Delta T_f = (16.0 - 15.4)/(360/10) = 0.016 \text{ }^\circ\text{C}$ (suhu rata-rata dua interval pada periode akhir)

$\Sigma T = 15.2 + 15.4 = 30.6 \text{ }^\circ\text{C}$ (jumlah suhu pada beberapa interval pada periode keseimbangan)

$X = 3$ (jumlah interval waktu)

$$T_r = T_x - T_o - \Delta T + X \Delta T_i + \frac{\Delta T_f - \Delta T_i}{T_f - T_i} \left| \Sigma T + \frac{T_o + T_x}{2} - X T_i \right|$$

$$T_r = 0.0578 \text{ }^\circ\text{C}$$

c. Menentukan nilai heat capacity (H_c)

$$H_c = \frac{C_l W_h (T_a - T_e + T_r) - C_l W_c (T_e - T_o + T_r)}{(T_e - T_o - T_r)}$$

$$= \frac{4.177 \times 67 (28.5 - 15.2 + 0.0578) - 4.177 \times 135.4 (13.2 - 7.1 + 0.0578)}{(15.2 - 9.7 - 0.0578)}$$

$$= 89.9715 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

ULANGAN 2 :

$$W_h = 69.2 \text{ g}$$

$$W_c = 142.1 \text{ g}$$

$$T_a = 28.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_o = 8.66 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_e = 14.56 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_x = 14.7 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 5.04 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_i = 8.33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_f = 14.83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_i = 0.0275 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = 0.00944 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Sigma T = 14.7 + 14.56 = 29.26 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$X = 3$$

$$T_r = 0.0386 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H_c = \frac{C_l W_h (T_a - T_e + T_r) - C_l W_c (T_e - T_o + T_r)}{(T_e - T_o - T_r)}$$

$$H_c = 87.9697 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

ULANGAN 3 :

$$W_h = 67.2 \text{ g}$$

$$W_c = 135.5 \text{ g}$$

$$T_a = 28.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_o = 9.75 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_e = 15.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_x = 15.6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 5.85 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_i = 9.375 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_i = 0.03125 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_f = 0.01111 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Sigma T = 15.5 + 15.6 = 31.1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$X = 3$$

$$T_r = 0.04469 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$H_c = \frac{C_l W_h (T_a - T_e + T_r) - C_l W_c (T_e - T_o + T_r)}{(T_e - T_o - T_r)}$$

$$H_c = 91.5322 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

Maka rata-rata *heat capacity* kalorimeter adalah :

$$\frac{89.9715 + 87.9697 + 91.5322}{3} = 89.8245 \text{ J/}^\circ\text{C}$$

C. PENENTUAN PANAS JENIS

C1. PANAS JENIS BENGKUANG 1

C1.1. Dengan memperhitungkan suhu koreksi (T_r) :

Menentukan nilai T_e dan T_o

Dari grafik perkembangan suhu air heat capacity (Lampiran 5) di dapat nilai :

$$T_o = 0.02 \text{ mV}$$

$$T_e = 0.21 \text{ mV}$$

Nilai tersebut kemudian ditambah dengan konstanta dari alat pen recorder sebesar -0.75

$$\text{Jadi nilai } T_o = 0.02 + (-0.75) = -0.73 \text{ mV}$$

$$T_e = 0.21 + (-0.75) = -0.54 \text{ mV}$$

Nilai di atas kemudian dikonversikan ke $^{\circ}\text{F}$ menggunakan tabel konversi (lihat lampiran 7), sehingga didapatkan nilai :

$$T_e = 41.7 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$T_o = 50.3 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

Selanjutnya nilai tersebut dikonversikan lagi ke $^{\circ}\text{C}$

$$\text{Jadi nilai } T_e = (41.7 - 32) \times 5/9 = 5.37 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_o = (50.3 - 32) \times 5/9 = 10.13 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

C2. PANAS JENIS BERAS 1

D2.1. Dengan memperhitungkan suhu koreksi (Tr) :

$$W_1 = 137.5 \text{ g}$$

$$T_e = 10.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_o = 8.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_r = 0.0399 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$W_s = 43.4 \text{ g}$$

$$T_a = 30.0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Dengan cara seperti di atas didapat $C_s = 1.5754 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$.

D2.2. Tanpa memperhitungkan suhu koreksi (Tr) :

Dengan cara yang sama seperti diatas didapat nilai $C_s =$

$$1.6109 \text{ J/g } ^\circ\text{C}$$

Lampiran 8. Uji Nilai Tengah Populasi Data Hasil Pengamatan dengan Data OSHITA dan Moritha & Singh

TTEST PROCEDURE

HSLOST	N	Mean	Std Dev	Std Error
hasil	8	1.87636250	0.19514571	0.06899443
oshita	8	1.89200000	0.13465671	0.04760834

Variiances	T	DF	Prob> T
Unequal	-0.1865	12.4	0.8550
Equal	-0.1865	14.0	0.8547

For H0: Variiances are equal, $F' = 2.10$
 DF = (7,7) Prob>F' = 0.3487

TTEST PROCEDURE

HLSLSING	N	Mean	Std Dev	Std Error
hasil	8	1.87636250	0.19514571	0.06899443
singh	8	1.83131250	0.12922075	0.04568643

Variiances	T	DF	Prob> T
Unequal	0.5444	12.1	0.5960
Equal	0.5444	14.0	0.5947

For H0: Variiances are equal, $F' = 2.28$
 DF = (7,7) Prob>F' = 0.2990