

PETUNJUK PRAKTIKUM BIOFISIKA

Pendidikan IPA FMIPA UNY

Abstract

Modul praktikum ini berisi petunjuk praktikum biofisika yang terdiri dari sepuluh judul praktikum yang meliputi : tekanan osmotik pada tanaman, kalor jenis bahan tumbuhan, keuntungan mekanik dan kaitannya kerja otot pada struktur rangka manusia, push-up, pengaruh suhu lingkungan terhadap suhu tubuh, resistansi tubuh manusia, perambatan bunyi melalui tulang tengkorak, tekanan darah, aliran fluida dalam transfusi darah atau infus ke dalam pembuluh darah, dan arus dan tegangan listrik pada buah

Tim Penyusun Praktikum Biofisika
Laboratorium IPA FMIPA UNY

PRAKTIKUM 1

TEKANAN OSMOTIK PADA TANAMAN

A. Tujuan

Mengetahui tekanan osmotik pada berbagai sayur dan buah.

B. Dasar Teori

Setiap makhluk hidup disusun dari miliaran sel. Sebagian besar sel makhluk hidup mengandung air yang disimpan dalam plasma sel (sitoplasma). Sel ini dibungkus oleh selaput tipis yang disebut membran plasma. Selaput ini merupakan membran dwi lapis membran yang bertugas mengatur secara selektif, keluar masuknya cairan dari dan ke dalam sel. Pada dasarnya pengangkutan melalui membran sel dapat terjadi secara pasif maupun secara aktif. Proses difusi dan osmosis merupakan contoh proses pengangkutan secara pasif. Osmosis adalah proses perpindahan partikel air dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi melalui membran semipermeabel. Proses osmosis sangat berperan dalam proses penyerapan air dalam tumbuhan.

Suatu keadaan yang menarik adalah terjadinya plasmolisis. Keadaan ini merupakan dampak dari peristiwa osmosis. Jika sel tumbuhan diletakkan di larutan garam terkonsentrasi (hipertonik), sel tumbuhan akan kehilangan air dan juga tekanan turgor, menyebabkan sel tumbuhan lemah. Tumbuhan dengan sel dalam kondisi seperti ini layu. Kehilangan air lebih banyak akan menyebabkan terjadinya plasmolisis: tekanan terus berkurang sampai di suatu titik di mana protoplasma sel terkelupas dari dinding sel, menyebabkan adanya jarak antara dinding sel dan membran. Akhirnya *cytorrhysis* – runtuhnya seluruh dinding sel – dapat terjadi. Tidak ada mekanisme di dalam sel tumbuhan untuk mencegah kehilangan air secara berlebihan, juga mendapatkan air secara berlebihan, tetapi plasmolisis dapat dibalikkan jika sel diletakkan di larutan hipotonik. Proses yang sama terjadi pada sel hewan yang disebut krenasi.

Bila sel tumbuhan dimasukkan kedalam cairan hipotonik, turgor sel akan meningkat. Bila berada dalam keadaan isotonik (larutan yang konsentrasinya sama dengan konsentrasi isi sel, maka sebagian sel yang ada mengalami plasmolisis, sebagian sel tidak. Keadaan ini dapat dipakai untuk menentukan tekanan osmosis sel dengan meletakkan pada larutan yang ditentukan molaritas larutan atau tekanan osmotiknya dan melihat berapa banyak sel yang terplasmolisis.

C. Alat dan bahan

Alat	Jumlah	Bahan	Jumlah
Pisau	1 buah	Apel	1 buah
Gelas Aqua	9 buah	Wortel	1 buah
Timbangan	1 buah	Kentang	4 buah
Sendok	1 buah	Air sumur	Secukupnya
Penggaris	1 buah	Minyak Kelapa	Secukupnya
Tissue	Secukupnya	Aquades	Secukupnya
		Cuka Diksi	Secukupnya
		Larutan Gula	Secukupnya
		Larutan Garam	Secukupnya

D. Prosedur Kerja

Kegiatan 1 (apel)

1. Siapkan buah apel dan pisau.
2. Iris buah apel menjadi kubus berukuran 2x2 cm.
3. Siapkan 2 buah gelas aqua.
4. Masukkan air sumur dan larutan garam ke dalam gelas aqua kira-kira sampai setengah gelas.
5. Masukkan potongan apel tadi masing masing satu ke dalam air sumur dan larutan garam.
6. Rendam potongan apel semalaman kira-kira 12 jam.
7. Setelah itu, amati perubahan warna, bentuk dan ukuran kedua apel yang sudah direndam.
8. Catat hasil pengamatan.

Kegiatan 2 (wortel)

1. Siapkan wortel dan pisau.
2. Iris wortel menjadi 3 potong sama bentuk dan ukurannya.
3. Masukkan masing-masing satu potong wortel ke dalam cuka diksi, air aquades dan minyak kelapa.
4. Rendam potongan wortel semalam kira-kira 12 jam.
5. Setelah itu, amati perubahan warna, bentuk dan ukuran kedua apel yang sudah direndam.
6. Catat hasil pengamatan.

Kegiatan 3 (kentang)

1. Ambil 3 buah kentang.

2. Kupas ke-3 buah kentang tersebut.
3. Timbang massa ke-3 buah kentang tersebut, lalu samakan bentuk dan massanya.
4. Masukkan ke-3 buah kentang tersebut masing-masing satu buah ke dalam larutan gula dan air murni.
5. Rendam ke-3 buah kentang tersebut semalaman kira-kira 12 jam.
6. Setelah itu, amati warna, bentuk dan massa ke-3 buah kentang yang sudah direndam.
7. Catat hasil pengamatan.

E. Hasil Pengamatan

Tabel Data 1

	Hasil Pengamatan		
	Warna	Bentuk	Ukuran
Apel 1 (Air Sumur)			
Apel 2 (Larutan Garam)			

Tabel Data 2

	Hasil Pengamatan		
	Warna	Bentuk	Ukuran
Wortel 1 (Cuka)			
Wortel 2 (Aquades)			
Wortel 3 (Minyak Kelapa)			

Tabel Data 3

	Hasil Pengamatan		
	Warna	Bentuk	Ukuran
Kentang 1 (Larutan Gula)			
Kentang 2 (Larutan Garam)			
Kentang 3 (Aquades)			

F. Tugas

1. Bagaimana kondisi/keadaan Apel yang direndam pada air sumur dan larutan garam? Mengapa demikian?
2. Bagaimana kondisi/keadaan Wortel yang direndam pada air cuka, aquades, dan minyak kelapa? Mengapa demikian?
3. Bagaimana kondisi/keadaan Kentang yang direndam pada larutan gula, larutan garam, dan aquades? Mengapa demikian?

PRAKTIKUM 2

KALOR JENIS BAHAN TUMBUHAN

A. Tujuan percobaan

Mengukur kalor jenis (kalor jenis + kalor pengubah wujud) macam-macam sayuran/buah-buahan.

B. Alat dan bahan

1. Kalorimeter
2. Gelas kimia
3. Pemanas/ heater
4. Termometer
5. Air
6. Sayur/ buah-buahan
7. Neraca lengan

C. Dasar teori

Jumlah kalor digunakan untuk menaikkan atau menurunkan suhu suatu zat dirumuskan

$$Q = mc\Delta t$$

Keterangan:

Q = jumlah kalor (kal. ; J)

m = massa (g ; kg)

c = kalor jenis (kal/g °C ; J/Kg °C)

Δt = perubahan suhu (°C)

Suatu benda / zat dari bahan tumbuhan/ nabati akan berbeda dengan benda padat lainnya seperti logam atau batu, dikarenakan pada benda padat logam atau batu jika dipanaskan tidak terjadi perubahan wujud. Akan lain jika benda dari tumbuhan, jika dicampur dengan air panas selain diperlukan untuk menaikkan suhu juga diperlukan untuk mengubah bentuk dari tumbuhan segar menjadi tumbuhan yang layu. Jika pada es untuk mengubah bentuk dari padat menjadi cair diperlukan kalor sebanyak :

$$Q = mL$$

L = kalor laten benda (kal/g)

Besar kalor es adalah $L = 80$ kal/g, kalor uap air $L = 539$ kal/g

Dari benda semacam tumbuhan/ nabati (sayuran atau buah-buahan), untuk menaikkan suhu diperlukan kalor sebesar.

$$Q = my\Delta t$$

y = (kalor jenis + kalor pengubah bentuk) (kal/g °C)

Menurut **Azas Black**: jumlah kalor yang diterima sama dengan jumlah kalor yang dilepaskan.

$$Q_{\text{terima}} = Q_{\text{lepas}}$$

D. Prosedur kerja

1. Panaskan air secukupnya dalam beker glass dengan heater
2. Ambil sayuran atau buah-buahan secukupnya, kemudian potong kecil-kecil atau dihaluskan. (praktikan membawa buah dan sayur sendiri-sendiri (missal papaya muda, ketimun, labu, ketela, dsb
3. Timbang kalorimeter kosong (m_k), kemudian masukkan sayuran halus kedalam kalorimeter dan ukur suhunya (t_s), serta timbang kembali (m_s).
4. Tuangkan air panas atau mendidih (t_a) kedalam kalorimeter yang berisi sayuran + air, aduk dan catat suhunya (t_c) serta timbang kembali (m_c).
5. Ulangi percobaan untuk sayuran/ buah-buahan yang lain.

E. Data percobaan

Perc.	m_k (g)	m_k (g)	t_s ($^{\circ}\text{C}$)	T_a ($^{\circ}\text{C}$)	t_c ($^{\circ}\text{C}$)
1					
2					
3					
4					
5					

Keterangan:

m_k = massa kalorimeter kosong

m_s = massa sayuran + massa kalorimeter kosong

t_a = suhu air

t_s = suhu sayur awal

t_c = suhu campuran (air dan sayur = suhu akhir)

F. Tugas/pertanyaan

1. Hitung besar (kalor jenis + kalor pengubah wujud) masing-masing jenis sayuran/buah-buahan
2. Buatlah kesimpulan dari hasil percobaan yang Anda peroleh!

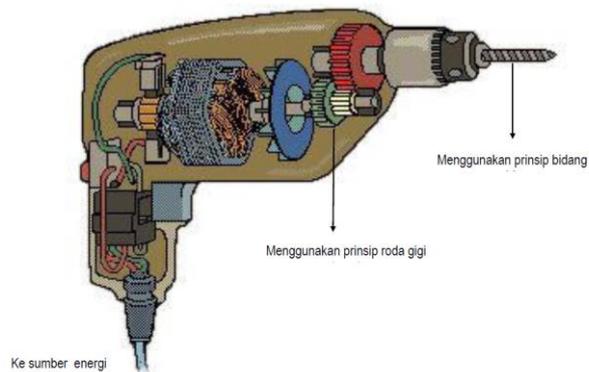
PRAKTIKUM 3 KEUNTUNGAN MEKANIK DAN KAITANNYA KERJA OTOT PADA STRUKTUR RANGKA MANUSIA

A. Tujuan

1. Mempelajari konsep dasar pesawat sederhana dan hubungannya dengan kerja otot pada struktur rangka manusia
2. Menghitung nilai keuntungan mekanik pada tuas

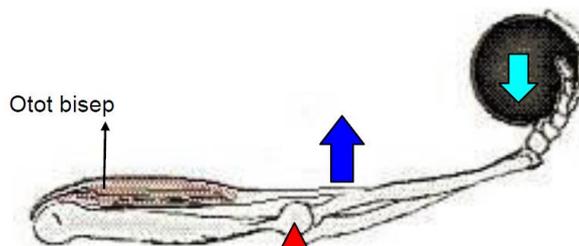
B. Dasar Teori

Peralatan teknologi ada yang sederhana, ada yang modern dan canggih. Pada umumnya peralatan berteknologi modern dan canggih, memiliki konstruksi relatif lebih rumit dan sudah menggunakan energi listrik. Tetapi betapa pun canggihnya mesin berteknologi modern, bagian-bagian dasarnya yang bergerak, tetap menggunakan gabungan dari mesin-mesin sederhana atau pesawat sederhana.



Gambar 1. Aplikasi Pesawat Sederhana pada ALat Modern

Berdasarkan letak titik tumpu, titik beban, dan titik kuasa, maka ada tiga jenis tuas, yaitu : tuas jenis pertama, tuas jenis ke dua, dan tuas jenis ke tiga. Banyak anggota badan manusia yang prinsip kerjanya seperti tuas. Salah satu contohnya adalah lengan manusia, seperti yang nampak pada gambar 3 berikut.



Gambar 2. Tuas pada Lengan Manusia

Beberapa hal yang penting dalam tuas sebagai berikut.

1. Kesetimbangan tuas diperoleh, jika hasil kali gaya beban dan lengan beban sama dengan perkalian gaya kuasa dan lengan kuasa.

$$F_b \times L_b = F_k \times L_k \dots\dots\dots (1)$$

2. Semakin besar lengan kuasa dari lengan beban ($L_k > L_b$), maka gaya kuasa semakin kecil dari gaya beban ($F_k < F_b$). Tetapi perpindahan gaya kuasa semakin besar dibandingkan dengan perpindahan gaya beban ($S_k > S_b$).

Artinya : semakin jauh letak dorongan tangan dari penumpu, maka usaha mengangkat beban akan semakin mudah. Tetapi untuk mendapatkan kenaikan beban yang relatif kecil, diperlukan dorongan tangan yang cukup jauh.

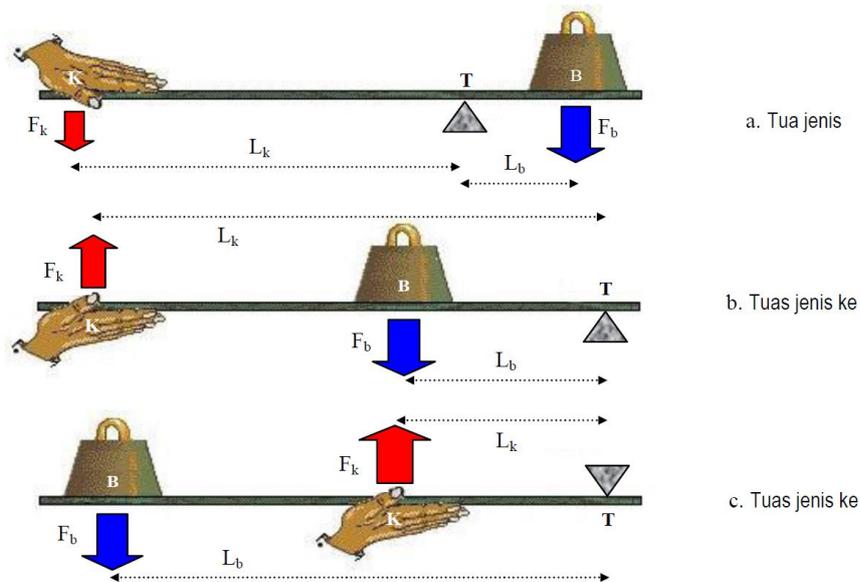
3. Besar usaha yang dilakukan oleh gaya kuasa selalu sama dengan usaha yang dilakukan oleh gaya beban ($W_k = W_b$).

Artinya : tuas tidak dapat memperkecil usaha, tetapi hanya dapat mempermudah usaha (kerja). Hal itu disebabkan karena tuas dapat memperkecil dan membelokkan arah gaya kuasa, sehingga usaha dapat lebih mudah dilakukan.

Sedangkan untuk mengetahui seberapa besar kemudahan yang diperoleh dalam menggunakan pesawat sederhana, maka dipergunakan pengertian “keuntungan mekanik” yang didefinisikan sebagai perbandingan gaya beban dengan gaya kuasa, yaitu :

$$KM = (F_b/F_k) \dots\dots\dots (2)$$

Tuas (pengungkit) merupakan salah satu aplikasi dari prinsip pesawat sederhana. Prinsip tuas terdiri dari sebuah batang yang cukup kuat dan penumpu. Beberapa istilah pada tuas, dan pengelompokan jenis-jenis tuas adalah sebagai berikut.



Gambar 2. Jenis-Jenis Tuas

Keterangan :

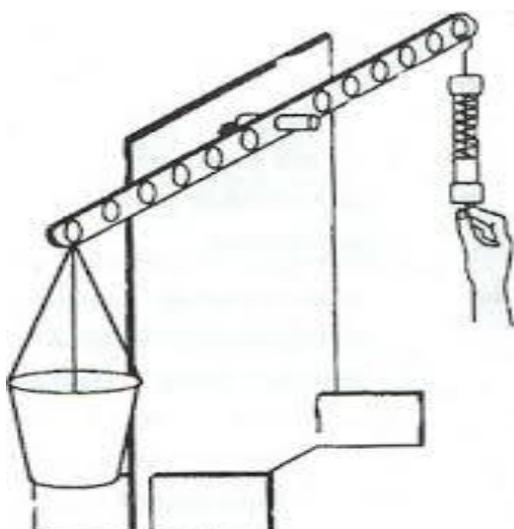
- T = titik tumpu (tempat penumpu)
- B = titik beban (tempat beban yang akan diangkat)
- K = titik kuasa (tempat tangan melakukan gaya)
- L_b = lengan beban (jarak titik beban ke titik tumpu)
- L_k = lengan kuasa (jarak titik kuasa ke titik tumpu)

C. Alat dan Bahan

- 1. Papan berlubang (sebagai tuas)
- 2. Statif dengan as
- 3. Penggaris
- 4. Piring timbangan
- 5. Anak timbangan
- 6. Neraca pegas

D. Prosedur Kerja

- 1. Ambil sejumlah anak timbangan sebagai beban dan timbang dengan neraca pegas beban tersebut
- 2. Letakkan as pada lubang sejauh L_b dari lubang pinggir terdekat (lihat gambar) dan gantung beban tersebut disini (bagian tuas yang panjang di pegang)
- 3. Kaitkan pengait neraca pegas pada lubang ujung bagian tuas yang panjang (jarak antara neraca sampai as adalah L_k)
- 4. Tarik neraca pegas ke bawah sehingga sistem setimbang (tuas horisontal) dan bacalah harga gaya kuasa F_k dari neraca pegas serta ukur harga L_b dan L_k .
- 5. Catat hasil pengukuran dan ulangi percobaan untuk berbagai harga L_b dan berbagai harga W_b .



Gambar 5. Desain Percobaan

E. Analisa Data

1. Hasil Pengamatan

No	L_b (cm)	L_k (cm)	W_b (gcm/s ²)	F_k (gcm/s ²)

Keterangan :

W_b : berat beban (dalam gram meter/ sekon²)

2. Metode Analisis

No	L_b (cm)	L_k (cm)	W_b gcm/s ²	F_k (gcm/s ²)	$W_b L_b$ (gcm/s ²)	$F_k L_k$ (gcm/s ²)	Km_1	Km_2

Keterangan :

$$Km_1 = W_b/F_k$$

$$Km_2 = L_k/L_b$$

F. Evaluasi

1. Apa yang disebut dengan keuntungan mekanik?
2. Apa yang disebut dengan momen gaya?
3. Apa yang disebut dengan sistem dalam keadaan setimbang?
4. Apa persyaratan dari system dalam keadaan setimbang?
5. Apakah persyaratan dari sistem dalam keadaan setimbang pada percobaan berlaku bahwa $F_b L_1 = F_k L_2$?
6. Apakah peralatan percobaan ini termasuk sistem tuas?
7. Apakah mengangkat beban yang berat dengan gaya yang kecil dikatakan keuntungan mekanik?
8. Apakah menggerakkan batu dengan tuas yang diganjal mempunyai konsep yang sama dengan system timbangan seperti percobaan?
9. Apakah keuntungan mekanik berkaitan erat dengan sistem kerja otot pada rangka manusia?
10. Bagaimana sistem kerja otot pada rangka manusia jika semakin besar nilai keuntungan mekanik?

PRAKTIKUM 4

PUSH-UP

A. Tujuan

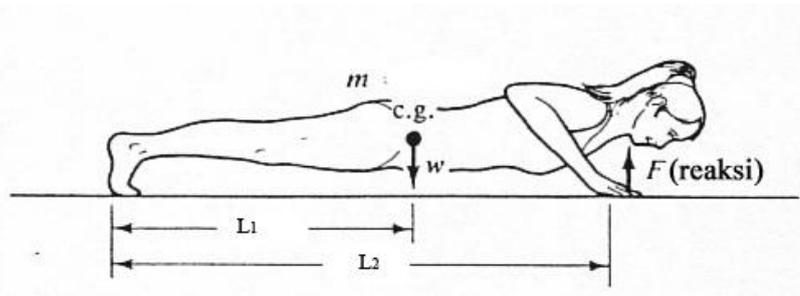
Menghitung gaya reaksi lantai pada telapak tangan ketika seseorang melakukan *push-up*.

B. Bahan dan Alat

Neraca dan meteran (alat pengukur panjang)

C. Dasar Teori

Ketika seseorang melakukan *push-up* pada lantai, seperti dalam Gambar 1, tangan orang itu menekan pada lantai dengan gaya tertentu. Menurut hukum ketiga Newton, lantai memberikan reaksi ke atas dengan gaya yang sama, misalnya F . Gaya reaksi ini bekerja pada orang tersebut.



Gambar 1. Gaya pada saat *push-up*

Dengan menggunakan syarat kesetimbangan torca, kita dapat menghitung gaya reaksi F . Misalkan massa orang itu adalah m , jarak antara telapak kaki sampai pusat berat adalah L_1 , jarak antara telapak kaki sampai telapak tangan adalah L_2 .

D. Prosedur Kerja

1. Timbanglah badan anda, untuk mengetahui massa anda. Gunakan nilai percepatan gravitasi $g = 9,80 \text{ m/s}^2$, kemudian hitunglah berat anda.
2. Misalnya pusat berat anda tepat pada pusar anda.
3. Mintalah tolong kawan lain untuk mengukur jarak antara pusar sampai telapak kaki anda.
4. Mintalah tolong kawan lain untuk mengukur jarak antara telapak tangan penopang sampai telapak kaki Anda.
5. Mulailah dengan *push-up*. Mintalah tolong kawan lain untuk mengukur ketinggian rata-rata tubuh Anda terangkat.
6. Ulangi prosedur 1 s.d. 5 untuk praktikan yang lain.

E. Data Percobaan

Perc.	Praktikan	m_b (kg)	w_b (N)	L_1 (m)	L_2 (m)	h (m)
1						
2						
3						
4						
5						

Keterangan:

m_b = massa benda (kg)

w_b = berat benda (N)

L_1 = jarak antara pusat sampai telapak kaki (m)

L_2 = mengukur jarak antara telapak tangan penopang sampai telapak kaki (m)

h = ketinggian rata-rata terangkatnya tubuh (m)

F. Tugas/ Pertanyaan

1. Hitunglah gaya reaksi F ketika anda melakukan *push-up*!
2. Hitunglah usaha yang dilakukan gaya reaksi untuk setiap kali mengangkat tubuh anda sampai ketinggian pada prosedur butir 5!

PRAKTIKUM 5

PENGARUH SUHU LINGKUNGAN TERHADAP SUHU TUBUH

A. Tujuan

Mahasiswa dapat melakukan pengukuran suhu tubuh homoeterm dan mengamati pengaruh suhu lingkungan terhadap suhu tubuh manusia.

B. Alat dan Bahan

1. Termometer badan
2. Alat kompres air
3. Air es
4. Air panas
5. Pengukur waktu

C. Dasar Teori

Di alam dikenal adanya organisme berdarah dingin (*cold-blood animals*) dan organisme berdarah panas (*warm-blood animals*). Namun, ahli-ahli biologi lebih suka menggunakan istilah ektoterm dan endoterm yang berhubungan dengan sumber panas utama tubuh organisme. Ektoterm adalah organisme yang panas tubuhnya berasal dari lingkungan (menyerap panas lingkungan). Suhu tubuh organisme ektoterm cenderung berfluktuasi, tergantung pada suhu lingkungan. Sedangkan endoterm adalah organisme yang panas tubuhnya berasal dari hasil metabolisme. Suhu tubuh organisme ini lebih konstan.

Dalam pengaturan suhu tubuh, organisme harus mengatur panas yang diterima atau yang hilang ke lingkungan. Campbell, et.al (2004) menyebutkan bahwa mekanisme perubahan panas tubuh organisme dapat terjadi dengan 4 proses, yaitu konduksi, konveksi, radiasi, dan evaporasi. Konduksi adalah perubahan panas tubuh organisme karena kontak dengan suatu benda. Konveksi adalah transfer panas akibat adanya gerakan udara atau cairan melalui permukaan tubuh. Radiasi adalah emisi dari energi elektromagnet. Radiasi dapat mentransfer panas antar obyek yang tidak kontak langsung. Sebagai contoh, radiasi sinar matahari. Evaporasi proses kehilangan panas dari permukaan cairan yang ditransformasikan dalam bentuk gas.

D. Prosedur kerja

1. Buatlah termometer menunjukkan skala terendah sebelum digunakan dengan cara mengibas-kibaskan termometer badan dengan hati-hati.

2. Tempelkan termometer pada ketiak naracoba selama kurang lebih 3 menit, kemudian mengamati skalanya dan mencatat suhunya.
3. Tempelkan kompres air dingin selama 5 menit pada leher (sekitar arteri jugularis) kemudian mengukur suhu tubuh seperti di atas dan mengamati setiap 1 menit.
4. Ulangi prosedur di atas dengan mengganti kompres air hangat.
5. Catatlah apakah ada perbedaan suhu tubuh naracoba sebelum dan setelah perlakuan.

E. Data Percobaan

No	Nama	Suhu Tubuh ($^{\circ}$ C)										
		Normal	Paparan Air Hangat					Paparan Air Es				
			Menit Ke:					Menit Ke:				
			I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
1												
2												
3												
4												
5												

F. Tugas

1. Apakah suhu manusia dipengaruhi suhu lingkungan? Jelaskan alasannya?
2. Bagaimana cara kerja tubuh manusia dalam mengatur suhu nya?

PRAKTIKUM 6

RESISTANSI TUBUH MANUSIA

A. Tujuan

Mengukur nilai resistansi pada tubuh manusia.

B. Alat dan Bahan

1. Multimeter
2. Kabel penghubung

C. Dasar Teori

Resistansi listrik merupakan ukuran seberapa besar suatu objek melawan aliran listrik. Dalam Satuan Internasional (SI) resistansi listrik memiliki satuan ohm (Ω). Tubuh manusia memiliki nilai resistansi tertentu. Nilai resistansi pada tubuh tidaklah tetap. Nilainya bervariasi dari seseorang dengan orang yang lainnya dan dari waktu ke waktu. Sebagai contoh laki-laki cenderung memiliki resistansi yang lebih rendah daripada wanita. Sebagaimana resistor yang digunakan pada peralatan elektronik, resistansi pada lengan manusia bergantung pada panjang dan diameter lengan. Resistansi sebanding dengan panjang dan berbanding terbalik dengan diameter. Karena laki-laki cenderung memiliki lengan yang lebih tebal (lebih berotot) sehingga mereka memiliki resistansi yang lebih rendah. Nilai kasar resistansi internal tubuh manusia adalah 300-1000 ohm. Secara alami, resistansi juga bergantung pada jalur yang dilewati arus pada tubuh manusia, apakah antara tangan ke tangan, tangan ke kaki, kaki ke kaki, tangan ke alis mata, dan sebagainya. Sebagai contoh, jika arus masuk melewati tangan kiri dan keluar pada kaki kanan, maka nilai resistansinya akan jauh lebih tinggi dari pada jika arus masuk dan keluar pada jari-jari yang berdekatan.

Di dalam tubuh, jaringan yang memiliki resistansi terbesar adalah tulang dan lemak, sementara syaraf dan otot memiliki resistansi terkecil. Selain itu dapat dikatakan bahwa mayoritas resistansi tubuh ada pada kulit-sel kulit mati dan kering dari epidermis adalah konduktor yang sangat buruk. Bergantung pada setiap orang, resistansi kulit kering biasanya di antara 1000-100000 ohm. Resistansi kulit menjadi lebih rendah jika kulit pada kondisi yang basah atau terbakar/terpapar panas. Hal ini berarti ketika seseorang tersetrum, resistansi tubuh akan turun karena kulit kita terbakar. Untuk mengukur resistansi total tubuh manusia dapat dilakukan dengan menambahkan resistansi dari setiap bagian tubuh. Karena arus melewati kulit dua kali (saat masuk dan keluar), sehingga resistansi total dapat dirumuskan:

$$R_{total} = R_{kulit (masuk)} + R_{internal} + R_{kulit (keluar)}$$

D. Prosedur Kerja

1. Set lah multimeter pada posisi ohmmeter dan pastikan berfungsi dengan tepat dengan menempelkan kedua probe sehingga jarum skala menunjukkan angka nol.
2. Ukurlah nilai resistensi tubuh (tangan ke tangan) dengan cara memegang/menempelkan probe multimeter pada kedua telapak tangan dan catatlah nilai yang terukur. (**catatan:** tangan pada kondisi kering dan bersih)
3. Ulangi prosedur no. 2 untuk kondisi tangan yang berkeringat atau kotor.
4. Ulangi prosedur no. 2 pada bagian tubuh yang lain (tangan ke kaki, kaki ke kaki, atau tangan ke alis, dsb.).
5. Ulangilah prosedur di atas untuk anggota kelompok/praktikan yang lain.

E. Data Percobaan

Perc.	Posisi penempelan probe		Jarak antara dua elektroda (cm)	R (Ω)
1	Tangan-tangan	Kering dan bersih		
		Berkeringat atau kotor		
	Tangan ke kaki			
	Kaki kek kaki			
Tangan ke alis				
2	Tangan-tangan	Kering dan bersih		
		Berkeringat atau kotor		
	Tangan ke kaki			
	Kaki kek kaki			
Tangan ke alis				
Dst.				

F. Tugas/ Pertanyaan

1. Bagaimanakah nilai resistansi yang Anda ukur? Apakah nilainya sama atau berbeda pada berbagai variasi:
2. Posisi dan jarak penempelan probe pada bagian tubuh?
3. Tangan kering dan berkeringat?
4. Jelaskan bagaimana hal-hal pada nomor 1 dapat terjadi!

PRAKTIKUM 7

PERAMBATAN BUNYI MELALUI TULANG TENGGORAK

A. Tujuan

1. Mahasiswa dapat menerangkan mekanisme perambatan bunyi melalui tulang tengkorak dengan menggunakan garpu tala.
2. Mahasiswa dapat menerangkan faktor-faktor yang mempengaruhi perambatan bunyi melalui tulang tengkorak dengan menggunakan garpu tala.

B. Alat dan Bahan

- | | |
|-----------------------------|---------------|
| 1. Kapas | 4. Mistar |
| 2. Garpu tala 112-870 hz | 5. Stop watch |
| 3. Arloji/jam yang bersuara | |

C. Dasar Teori

Telinga berfungsi untuk mengubah gelombang suara menjadi impuls yang kemudian akan dijalarkan ke pusat pendengaran di otak. Walaupun mekanisme mendengar tidak dapat mencakup seluruh gelombang bunyi, namun keterbatasan ini tidak merupakan hambatan bagi seseorang untuk dapat menanggapi berbagai macam bunyi yang berasal dari lingkungannya. Mendengar adalah aktifitas menangkap gelombang bunyi dari suatu sumber. Organ yang menjadi alat pendengar adalah telinga. Telinga berfungsi mengubah gelombang suara menjadi impuls yang kemudian akan dijalarkan ke pusat pendengaran di otak. Telinga manusia terbagi dalam tiga bagian, yaitu:

1. Telinga luar

Mempunyai bagian-bagian berupa daun telinga dan saluran telinga yang dindingnya dapat menghasilkan minyak *serumen*.

2. Telinga tengah (ruang timpani)

Pada ruang timpani terdapat; selaput pendengaran atau membran timpani, tulang-tulang pendengaran (tulang martil, tulang landasan, buluh *eustachius*), memungkinkan keseimbangan tekanan udara rongga telinga (telinga tengah dengan udara luar)

3. Telinga dalam (labirin)

Labirin terdiri atas dua bagian, yaitu labirin tulang dan labirin selaput

Proses mendengar diawali dengan getaran suatu objek yang akan menggetarkan molekul udara. Bila gelombang suara sampai ke telinga, maka akan masuk melalui telinga luar terus melalui saluran pendengaran dan akhirnya sampai ke membran *timpani*. Hal ini

akan menggetarkan membran *timpani*, terus ke tulang martil, ke landasan dan sanggurdi. Dari sanggurdi, getaran suara dilanjutkan ke *tingkap bundar/bulat*. Getaran ini akan menggetarkan cairan pada rumah siput. Bila cairan pada rumah siput bergetar akan menstimulus ujung saraf. Impuls dari ujung saraf ini diteruskan ke pusat saraf pendengaran di otak. Otak besar akan memproses dan menerjemahkan sehingga timbulah persepsi suara. Karena telinga dalam, *koklea*, tertanam pada kavitas bertulang dalam os temporalis yang disebut *labirin tulang*, getaran pada tulang tengkorak dapat menyebabkan getaran cairan pada koklea. Cambell (2004: 828) bahwa pada kondisi yang memungkinkan, garpu tala atau penggetar elektronik yang diletakan pada setiap protuberansia tulang tengkorak, tetapi terutama pada prosesus mastoideus, akan menyebabkan orang tersebut mendengarkan suara. Dalam sistem pendengaran, organ yang akan menerjemahkan suatu suara adalah otak. Pada dalam otak terdapat *cerebelum*. Guyton dan Hall (1996:221) menyatakan bahwa fungsi primer serebelum adalah mengkoordinasikan pergerakan. Serebelum menerima informasi sensoris mengenai posisi persendian dan panjang otot, juga informasi dari sistem *auditoris* (pendengaran).

1. Hilang pendengaran

Hilang pendegaran atau tuli dapat dibedakan atas dua macam yaitu hilang pendengaran karena konduksi (tui konduksi) dan hilang pendengaran karena syaraf (tuli syaraf atau persepsi). Tuli konduksi terjadi karena vibrasi/getaran suara tidak mencapai telinga bagian tengah. Tuli semacam ini sifatnya hanya sementara oleh karena adanya malam (*wax/serumen*) ataupun cairan di dalam telinga tengah. Apabila tuli konduksi tidak dapat pulih kembali, maka penderita diatasi dengan menggunakan alat bantu pendengaran (*hearing aid*). Tuli syaraf terjadi karena hanya sebagian kecil frekuensi bunyi atau seluruh frekuensi bunyi yang tidak didengar. Tuli syaraf ini sampai sekarang belum bisa diobati sehingga dikategorikan sebagai tuli permanen (Gabriel, 1996: 85).

2. Tes Pendengaran

Untuk mengetahui tuli konduksi atau tuli syaraf, penderita dapat dilakukan tes pendengaran dengan menggunakan: tes berbisik (*noise box*), tes garpu tala, dan audiometer.

a. Tes Suara Berbisik

Telinga normal dapat mendengar suara berbisik dengan ton/dana rendah misalnya suara konsonan, dan palatal: b, p, t, m, n pada jarak 5 sampai 10 meter. Suara berbisik dengan nada tinggi misalnya suara desis/sibiland s, z, ch, shel pada jarak 20 meter.

b. Tes Garpu Tala

Untuk mengetahui secara pasti apakah seseorang penderita tuli konduksi atau tuli syaraf, dapat dites dengan menggunakan garpu tala dengan frekuensi C128, C1024, C2048. Ada tiga jenis tes yang menggunakan garpu tala yaitu : tes Rinne, tes Weber, dan tes Schwabach.

1) Tes Rinne

Tes Rinne ini dilakukan untuk membandingkan konduksi bunyi melalui tulang dengan konveksi bunyi melalui udara. Caranya, yaitu salah satu garpu tala seperti yang disebutkan di atas (misalnya C128) digetarkan kemudian diletakkan pada prosesus mastoideus (di belakang telinga), setelah tidak terdengar getaran lagi, garpu tala dipindahkan ke depan lubang telinga. Tanyakan pada penderita apakah masih terdengar getaran tersebut? Menurut Gabriel (1996: 87) mengatakan bahwa dalam keadaan normal konduksi bunyi/suara melalui udara 85-90 detik dan konduksi melalui udara 45 detik. Tes Rinne positif, (Rinne +) berarti pendengaran penderita baik, pada penderita tuli konduksi maupun tuli syaraf. Sedangkan tes Rinne negatif (Rinne -) berarti pada penderita tuli konduksi selang waktu konduksi tulang mungkin sama atau lebih lama.

2) Tes Weber

Tes ini dilakukan dengan menggetarkan garpu tala, kemudian diletakan pada vertex dahi/puncak kepala. Pada penderita tuli konduksi (penyebab wax atau otitis media) akan terdengar bunyi nyaring/terang pada telinga yang sakit. Misalnya pada telinga kiri terdengar bunyi nyaring (makin keras) maka disebut Weber laterisasi ke kiri. Begitupun jika telinga kanan sakit maka weber laterisasi ke kanan.

3) Tes Schwabach

Pada tes ini dilakukan untuk membandingkan jangka waktu konduksi tulang melalui vertex atau prosesus mastoideus penderita dengan konduksi tulang sipemeriksa. Pada tuli konduksi, jangka/selang waktu konduksi tulang penderita lebih lama/panjang dari pada sipemeriksa. Sedang pada tuli syaraf, jangka waktu konduksi tulang pendrita sangat pendek dari sipemeriksa. Garpu tala dengan kode C2048 biasa dipakai untuk memeriksa ketajaman pendengaran manusia terhadap nada tinggi. Pada usia tua/usia lanjut dan tuli syaraf akan kehilangan pendengaran pada nada tinggi (Gabriel, 1996: 87).

D. Prosedur kerja

1. Prosedur kerja percobaan 1:

- a. Tutuplah telinga kanan narcoaba dengan kapas dan pejamkan kedua matanya.
- b. Pasanglah arloji didekat telinga kiri narcoaba kemudian jauhkan secara perlahan sampai narcoaba tidak mendengar.
- c. Ukur dan catat jarak antara arloji dengan telinga kiri tersebut.
- d. Dekatkan kembali arloji secara perlahan sampai narcoaba mendengar suara lagi kemudian ukur dan catat jarak antara arloji dengan telinga kiri.
- e. Ulangi prosedur yang sama dengan telinga kiri yang ditutup kapas.
- f. Bandingkan hasil percobaan antara telinga kiri dengan telinga kanan.

2. Prosedur kerja percobaan Rinne:

- a. Getarkan garpu tala dan letakkan di puncak kepala naracoba sehingga naracoba akan mendengar suara garpu tala tersebut keras, lemah, kemudian tidak terdengar lagi.
- b. Catat waktu dari mendengar sampai tidak mendengar suara lagi.
- c. Saat suara garpu tala tidak terdengar lagi, penguji memindahkan garpu tala ke dekat telinga kanan sehingga naracoba akan mendengar suara lagi.
- d. Mencatat waktu dari saat naracoba mendengar sampai tidak mendengar lagi.
- e. Mengulangi percobaan lima kali dan mencatat hasilnya pada lembar kerja.
- f. Mengulangi prosedur percobaan di atas untuk telinga kiri dan mencatat hasilnya.
- g. Membandingkan hasil percobaan pada telinga kanan dan telinga kiri.

3. Prosedur kerja percobaan Weber:

- a. Menggetarkan garpu tala dan meletakkannya di puncak kepala naracoba.
- b. Penguji menutup lubang telinga kanan naracoba dan menanyakan pada telinga yang mana suara garpu tala terdengar lebih keras.
- c. Melakukan prosedur percobaan yang sama untuk telinga kiri.
- d. Membandingkan hasil yang diperoleh untuk kedua telinga dan menyimpulkan hasil percobaan apakah naracoba tuli atau tidak.

E. Tugas/ Pertanyaan

1. Apakah artinya jika hasil percobaan Rinne positif? Atau negatif?
2. Apakah artinya jika hasil percobaan Weber terjadi lateralisasi kanan? Atau lateralisasi kiri?

PRAKTIKUM 8

TEKANAN DARAH

A. Tujuan Praktikum

1. Mahasiswa dapat melakukan pengukuran tekanan darah systole dan diastole
2. Mahasiswa dapat menerangkan pengaruh suhu tubuh dan aktivitas terhadap tekanan darah systole dan diastole

B. Alat dan Bahan

1. Tensimeter (*sphygmomanometer*) dengan sabuk tekannya
2. Stetoskop

C. Dasar Teori

Pertumbuhan dan perkembangan tubuh baik hewan maupun manusia tergantung dari sistem transportasi yang dibentuk oleh darah. Sesuai dengan fungsinya, yakni sebagai alat pengangkut sari-sari makanan (Gembong, dkk, 1980: 255) darah memiliki alat pengendali, yakni jantung. Jantung akan mensuplai atau memompa darah sehingga dapat beredar ke seluruh bagian tubuh. Ketika terjadi pemompaan darah oleh jantung, maka darah akan mengalir melalui pembuluh-pembuluh darah. Pembuluh darah yang keluar dari jantung disebut pembuluh nadi (*arteri*). Dinding ototnya tebal dan elastis. Membantu tenaga pemompaan jantung dalam peredaran darah.

Secara umum, proses pemompaan darah dimulai dari jantung menghisap darah dari pembuluh balik masuk ke dalam serambi kiri dan dari vena pulmonalis masuk ke serambi kanan. Jika serambi jantung menguncup maka bilik jantung mengembang, darah akan mengalir dari serambi ke bilik. Waktu itu otot bilik mengendor maksimum dan ruang bilik mengembang maksimum. Peristiwa ini disebut diastolis. Sedangkan setelah darah masuk ke dalam bilik, rangsangan melalui berkas His terputus sebentar, kurang lebih sepersepuluh detik dan digunakan oleh otot jantung untuk beristirahat. Dan setelah itu darah kembali dipompa ke pembuluh nadi paru-paru maupun aorta sama banyaknya, maka peristiwa ini disebut sistolis (Gembong, dkk, 1980: 270).

Tekanan darah dapat diukur dengan dua metode:

1. Metode Langsung (*Direct Method*).

Metode ini menggunakan jarum atau kanula yang dimasukkan ke dalam pembuluh darah dan dihubungkan dengan manometer. Metode ini merupakan cara yang sangat tepat

untuk pengukuran tekanan darah tapi butuh peralatan yang lengkap dan ketrampilan khusus.

2. Metode tidak langsung (*Indirect Method*).

Metode ini menggunakan *sphygmomanometer* (tensimeter). Dalam metode ini, tekanan darah dapat diukur dengan dua cara, yaitu :

a. Cara Palpasi

Cara ini hanya dapat mengukur tekanan systole.

b. Cara Auskultasi

Cara ini dapat diukur tekanan sistolik maupun tekanan diastolic. Cara ini juga memerlukan alat *stethoscope* untuk membantu dalam mendengarkan Bunyi Korotkoff yang menjadi tanda sistole dan diastole jantung. Bunyi korotkoff I menunjukkan besarnya tekanan sistole secara auskultasi, sedangkan bunyi korotkoff IV dan V menunjukkan besarnya tekanan diastole. Berikut penjelasan mengenai Bunyi Korotkoff:

1) Bunyi Korotkoff I

Kontraksi ventrikel mula-mula menyebabkan aliran balik darah secara tiba-tiba mengenai katup A-V (katup mitral dan katup tricuspid). Katup menutup dan membusung ke arah atrium sampai korda tendinea secara tiba-tiba menghentikan pembusungan ini. Elastisitas korda tendinae dan katup yang tegang kemudian akan mendorong darah bergerak kembali ke ventrikel-ventrikel yang bersangkutan. Peristiwa ini menyebabkan darah dan dinding ventrikel serta katup yang tegang bergetar dan menimbulkan turbulensi getaran dalam darah. Getaran kemudian merambat melalui jaringan di dekatnya ke dinding dada sehingga terdengar sebagai bunyi Korotkoff I dengan menggunakan *stethoscope*.

2) Bunyi Korotkoff II

Bunyi ini ditimbulkan oleh penutupan katup semilunaris yang tiba-tiba pada akhir sistole. Ketika katup semilunaris menutup, katup ini menonjol ke arah ventrikel dan regangan elastis katup akan melentingkan darah kembali ke arteri yang menyebabkan pantulan yang membolak-balikkan darah antara dinding arteri dan katup semilunaris, dan juga antara katup dan dinding ventrikel dalam waktu singkat. Getaran yang terjadi di dinding arteri kemudian dihantarkan terutama di sepanjang arteri. Bila getaran dari pembuluh atau ventrikel mengenai dinding suara (misalnya dinding dada), getaran ini menimbulkan suara yang dapat didengar.

3) Bunyi Korotkoff III

Bunyi ini terdengar lemah dan bergemuruh dan terdengar pada awal sepertiga bagian tengah diastole. Hal ini terjadi karena osilasi darah yang bolak-balik antara dinding-

dinding ventrikel yang dicetuskan oleh masuknya darah dari atrium. Bunyi ini baru terdengar saat sepertiga bagian tengah diastole karena pada permulaan diastole, ventrikel belum cukup terisi sehingga belum terdapat tegangan elastis yang cukup dalam ventrikel untuk menimbulkan lentingan. Frekuensi bunyi ini biasanya sangat rendah, sehingga telinga kita tidak dapat mendengarkannya namun bunyi seringkali dapat direkam pada fonokardiogram.

4) Bunyi Korotkoff IV

Bunyi ini timbul saat atrium berkontraksi yang disebabkan oleh meluncurnya darah ke dalam ventrikel sehingga menimbulkan getaran seperti yang terjadi pada bunyi jantung yang ke III.

5) Bunyi Korotkoff V

Digunakan untuk mengukur tekanan diastole.

Tekanan urat nadi berbeda dengan tekanan diastole dan systole. Tekanan urat nadi rata-ratanya adalah 40 mmHg. Tekanan darah rata-rata 100 mmHg. Pada umumnya tekanan systole dan diastole lebih tinggi pada laki-laki muda daripada wanita muda. Tetapi diantara umur 20-74 tahun tekanan sistole meningkat naik lebihkurang 20 mmHg pada laki-laki, dan 43 mmHg pada wanita. Sedangkan tekanan diastole relatif stabil. Dari kira-kira umur 43 tahun ke atas. Rata-rata tekanan darah wanita biasanya meningkat pada umur yang sama pada laki-laki (Nyayu Syamsiar, 1988: 199-200).

D. Prosedur kerja :

1. Lilitkan sabuk tekan yang telah dilegkapi dengan pompa dan tensimeter pada lengan atas.
2. Letakkan kepala stetoskop pada bawah sabuk tekan tepat di atas arteri radialis untuk mendengarkan suara denyut jantung.
3. Pompa sampai sabuk menekan lengan dan suara denyut jantung tidak terdengar lagi.
4. Kendorkan sekrup pompa dengan pelan untuk menggemboskan udara.
5. Pantau suara denyut jantung dengan seksama, suara yang terdengar pertama menunjukkan systole dan ketika suara tak terdengar lagi menunjukkan diastole.
6. Lakukan pengukuran ini beberapa kali pada keadaan biasa dan keadaan setelah melakukan aktivitas (lari dan memasukkan tangan kedalam kulkas).

E. Tugas

1. Jelaskan yang dimaksud tekanan systole dan diastole?
2. Tentukan nilai tekanan darah systole dan diastole dari masing-masing anggota kelompok?
3. Sebut dan jelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi tekanan darah systole dan diastole!

PRAKTIKUM 9

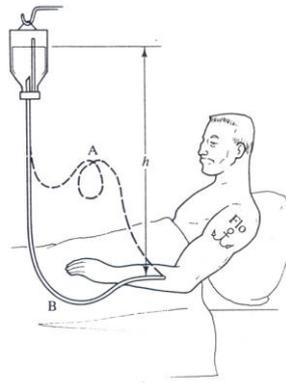
ALIRAN FLUIDA DALAM TRANSFUSI DARAH ATAU INFUS KE DALAM PEMBULUH DARAH

A. Tujuan

Menghitung massa jenis, laju volume, dan koefisien viskositas, fluida dalam transfusi darah atau infus.

B. Kajian Teori

Seorang pasien di rumah sakit kadang-kadang memerlukan tranfusi darah atau infus cairan nutrisi. Fluida (darah atau cairan nutrisi) ituditempatkan dalam kantongatau botol yang digantungkan pada suatu penyangga dan dialirkan melalui selang dan jarum masuk ke pembuluh darah.



Gambar 1. Transfusi darah atau infus nutrisi bagi pasien.

Tekanan yang disebabkan oleh fluida ketika masuk jarum tersebut sebanding dengan ketinggian permukaan fluida di atas jarum. Lintasan selang, A atau B, tidak relevan, karena tekanan itu hanya tergantung pada posisi kantong atau botol fluida dan posisi jarum yang masuk dalam pembuluh darah. Tekanan tersebut akan bertambah jika posisi kantong atau botol fluida tersebut dinaikkan. Jika massa jenis fluida itu adalah ρ , ketinggian permukaan fluida dalam kantong atau botol adalah h di atas posisi jarum, maka tekanan fluida tersebut dapat dituliskan sebagai:

$$p = \rho gh$$

dengan g adalah percepatan gravitasi.

Misalkan jarum tersebut mempunyai panjang L , jari-jari lubang r dan berada dalam posisi horisontal. Jika koefisien viskositas fluida adalah η dan perbedaan tekanan antara ujung-ujung jarum adalah $(p_1 - p_2)$, maka persamaan Poisseuille dapat dituliskan sebagai:

$$Q = \frac{\pi r^4 (p_1 - p_2)}{8\eta L}$$

dengan Q adalah laju volume aliran, yaitu volume fluida yang melewati suatu titik per satuan waktu.

C. Langkah eksperimen

1. Pasanglah jarum-selang pada botol atau kantong fluida.
2. Gantungkan botol atau kantong fluida pada ketinggian tertentu.
3. Timbanglah gelas ukur kosong yang akan digunakan untuk menampung fluida.
4. Ukurlah panjang jarum dan diameter lubangnya. Dalam percobaan ini lubang jarum adalah 0,50 mm.
5. Masukkan jarum dalam gelas ukur kosong.
6. Catatlah ketinggian permukaan fluida dalam botol atau kantong fluida terhadap lubang jarum.
7. Bukalah penjepit-putar perlahan-lahan agar fluida keluar dari lubang jarum tetes demi tetes (15 tetes kira-kira setara dengan 1 ml). Catatlah waktu yang diperlukan untuk memperoleh fluida dengan volume tertentu. Catatlah volume fluida dalam gelas ukur.
8. Timbanglah gelas ukur yang berisi fluida, sehingga massa fluida dapat dihitung.

D. Tugas

1. Susunlah tabel hasil pengamatan dan catatlah hasil pengamatan dan pengukuran Anda.
2. Hitunglah massa jenis fluida.
3. Hitunglah laju volume fluida.
4. Hitunglah koefisien viskositas fluida

PRAKTIKUM 10

ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK PADA BUAH

A. Tujuan percobaan

Mengukur arus listrik dan tegangan listrik pada buah.

B. Alat dan bahan

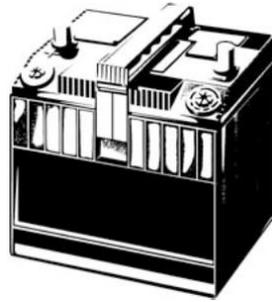
- | | |
|---------------------|---|
| 1. Multimeter | 5. Plat tembaga |
| 2. Kabel penghubung | 6. Sayur/ buah-buahan (kentang, apel, jeruk, bawang, kulit pisang, dll) |
| 3. Plat seng | |
| 4. Penggaris | |

C. Dasar teori

Baterai merupakan alat yang dapat menyimpan energi kimia dan mengubahnya menjadi energi listrik. Energi kimia adalah semacam energi di makanan yang kita makan. Ketika kita ingin menjalankan atau melompat, tubuh kita mengubah makanan (kimia energi) menjadi gerak (energi kinetik). Demikian pula, bahan kimia dalam baterai adalah menyimpan energi yang dapat dilepaskan sebagai aliran elektron (energi listrik).

Baterai terdiri dari satu atau lebih sel volta. Baterai perlu tiga bagian, sebuah katoda (elektroda positif), dan anoda (negatif elektroda), dan elektrolit (bahan untuk mendorong elektron). Baterai tersedia dalam bentuk dan ukuran yang bervariasi dan dapat dipakai untuk menghidupkan berbagai alat elektronik portabel. Ketika membuat baterai buah, sari buah dari buah atau sayuran adalah elektrolit, dan dua logam dimasukkan ke buah adalah elektroda. Di mana katoda dan anodanya tergantung pada sepasang bahan yang Anda gunakan.

Arus listrik adalah aliran (gerakan) muatan listrik dan dapat diukur dengan menggunakan ammeter. Logam konduktif padat mengandung populasi elektron bebas yang sangat banyak, yang terikat dengan kisi logam dan bergerak secara acak karena pengaruh energi panas. Ketika dua terminal dari sumber tegangan (baterai) dihubungkan dengan kawat logam, elektron bebas pada konduktor akan mengalir terhadap terminal positif, menjadikannya pembawa arus listrik di dalam konduktor.



Gambar 1. Skema Baterai

D. Prosedur kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
2. Tancapkan plat seng dan plat tembaga pada buah dengan jarak tertentu dan kedalaman tertentu (jangan sampai saling bersentuhan antara plat seng dan plat tembaga).
3. Ukur jarak antar elektroda dan kedalaman penancapan elektroda.
4. Pasanglah kabel (capit buaya) pada kedua plat elektroda tersebut.
5. Ukurlah besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan dengan menghubungkannya ke multimeter.
6. Ulangi prosedur 2-4 untuk jarak dan kedalaman yang berbeda.
7. Ulangi prosedur 1-5 untuk jenis buah yang lain.

E. Data percobaan

Perc.	Jenis Buah	Jarak antar elektroda (cm)	Kedalaman penancapan elektroda (cm)	Arus keluaran (mA)	Tegangan keluaran (V)
1					
2					
3					
4					
5					

F. Tugas/pertanyaan

1. Apakah faktor-faktor berikut mempengaruhi besar arus dan tegangan keluaran? Jelaskan!
 - a. Jarak antar elektroda
 - b. Kedalaman penancapan elektroda
 - c. Sudut kemiringan penancapan elektroda
 - d. Jenis elektroda
2. Buah manakah yang menghasilkan arus dan tegangan keluaran yang terbesar? Jelaskan!