

# **KETERKAITAN FISIKA DALAM PEMBELAJARAN SISTEM ADAPTASI TUBUH MANUSIA TERHADAP PERUBAHAN SUHU**

## **THE RELATION OF PHYSICS LEARNING IN HUMAN BODY SYSTEM OF ADAPTATION TO CHANGES IN TEMPERATURE**

**Nurhikmah Sasna Junaidi<sup>1)\*</sup>, Ika Daruwati<sup>1)</sup>, Yeza Febriani<sup>1)</sup>, Rindi Genesa Hatika<sup>1)</sup>**

*1) Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan  
(FKIP), Universitas Pasir Pengaraian, Rokan Hulu, Riau, Indonesia, 28457*

*\*(Email: nurhikmahsasnaunaidi@gmail.com)*

### **Abstrak**

Fisika merupakan ilmu alam yang saling berkaitan dengan ilmu lainnya. Salah satu keterkaitannya mempelajari sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu atau dikenal termoregulasi. Termoregulasi merupakan salah satu cara tubuh untuk mengatur keseimbangan panas yang terjadi di dalam tubuh atau mengatur sistem adaptasi tubuh terhadap perubahan suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keterkaitan ilmu fisika dalam mempelajari sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu. Metode penelitian yaitu penelitian deskriptif kualitatif. Data yang digunakan sebagai hasil penelitian berupa data studi literatur. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh bahwa keterkaitan ilmu fisika ketika mempelajari sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu yaitu materi suhu, kalor, dan perubahan kalor.

**Kata kunci :** *fisika, termoregulasi, tubuh manusia, sistem, suhu*

### **Abstract**

*Physics is natural science that interconnected to other sciences. One of interconnected in study the adaptation system of human body for temperature known as thermoregulation. Thermoregulation was one of the body's way to regulate the heat balance that occurs in the body or regulate the body's adaptation system to changes in temperature. The purpose of this research is to find out the relationship physics in studying adaptation system of human body to temperature change. The research method was qualitative descriptive research. The results of research found that the relationship between physics and studying the adaptation system of the human body to temperature changes temperature material, heat, and heat changes.*

**Keywords:** *physics, thermoregulation, human body, system, temperature*

## **Pendahuluan**

Fisika merupakan suatu teori yang menerangkan gejala-gejala alam sederhana dan berusaha menemukan hubungan antara kenyataan [1]. Salah satu gejala alam sederhana yang berhubungan dengan Fisika yaitu perubahan suhu tubuh manusia.

Perubahan suhu tubuh manusia merupakan gejala alam yang juga dipelajari dalam ilmu kedokteran dan kesehatan. Biomedik merupakan cabang ilmu kedokteran yang menggunakan azas dan pengetahuan dasar ilmu pengetahuan alam (biologi, kimia, dan fisika) untuk menjelaskan fenomena hidup pada tingkat molekul, sel, organ, dan organisme utuh, dengan penyakit dan mencari serta mengembangkan bahan yang tepat mencegah, mengobati, dan memulihkan kerusakan akibat penyakit [2]. Salah satu cabang ilmu Fisika yang mempelajari tentang kesehatan yaitu Fisika biomedik.

Fisika biomedik merupakan bidang ilmu yang saling berhubungan satu sama lain pada ilmu kedokteran secara Fisika [2]. Gejala alam bidang kesehatan sangat erat kaitannya dengan tubuh manusia sebagai organisme utuh yaitu perubahan suhu. Perubahan suhu merupakan peristiwa alamiah manusia

dan organisme lainnya dalam mempertahankan suhu tubuh agar tetap normal. Perubahan suhu tubuh manusia sering kali terjadi pada manusia. Tubuh mereka akan terus menerus menghasilkan panas secara internal [3]. Sehingga proses mempertahankan suhu tubuh tetap normal dikenal dengan sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu atau termoregulasi.

Sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu adalah suatu pengaturan fisiologis tubuh manusia mengenai keseimbangan produksi panas dan kehilangan panas sehingga suhu tubuh dapat dipertahankan secara konstan [4].

Thermoregulasi merupakan suatu mekanisme yang terjadi pada makhluk hidup untuk mempertahankan suhu internal agar berada dikisaran yang dapat ditorelir [5]. Sistem termoregulasi dikendalikan oleh hipotalamus di otak, yang berfungsi sebagai termostat tubuh.

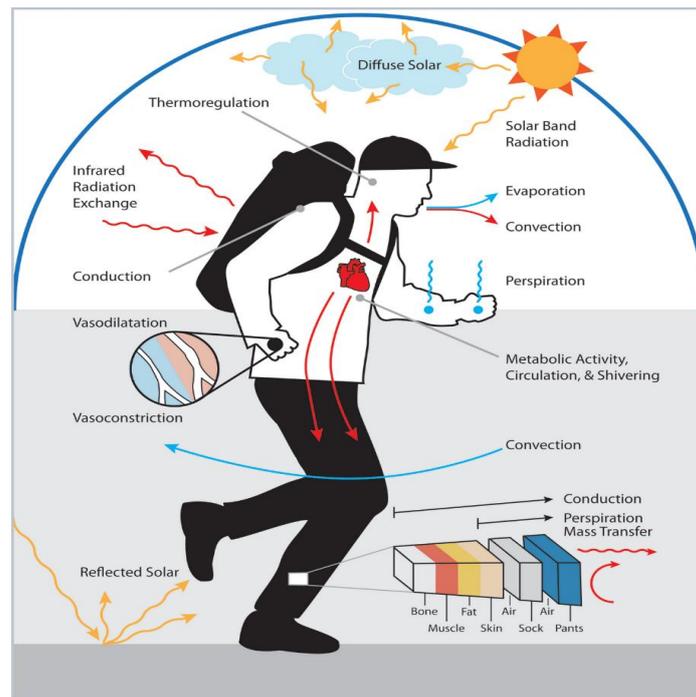
Hipotalamus sebagai pusat integrasi termoregulasi tubuh, menerima informasi mengenai suhu di berbagai bagian tubuh dan memulai penyesuaian-penyesuaian yang sangat rumit dalam mekanisme penambahan atau pengurangan panas sesuai dengan keperluan untuk mengoreksi setiap

penyimpangan suhu inti dari patokan normal [3].

Keseimbangan suhu tubuh diregulasi oleh mekanisme fisiologis dan perilaku. Agar suhu tubuh tetap konstan dan berada dalam batasan normal, hubungan

antara produksi panas dan pengeluaran panas harus dipertahankan [6].

Hubungan regulasi melalui mekanisme neurologis dan kardiovaskular pada sistem adaptasi tubuh terhadap perubahan suhu seperti Gambar 1.



**Gambar 1. Sistem Thermoregulasi Pada Tubuh Manusia**

**Sumber: (Olahraga Blogspot)**

Gambar 1 menjelaskan hipotalamus mengontrol suhu tubuh sebagaimana kerja termos. Hipotalamus mengandung sekelompok sel-sel saraf yang berfungsi sebagai thermostat, merespon suhu tubuh di luar kisaran normal dengan mengaktifasi mekanisme-mekanisme yang mendorong pelepasan atau perolehan

panas.

Suhu tubuh dikisaran normal, thermostat menghambat mekanisme kehilangan panas dan mengaktifasi penghematan panas dengan menyempitkan pembuluh darah, penegakan bulu rambur dan merangsang mekanisme-mekanisme penghasil panas.

Respon terhadap suhu tubuh yang meningkat, thermostat mematickan mekanisme retensi panas dan mendorong pendinginan tubuh melalui vasolidasi, berkeringat atau terengah-engah [6].

Proses kehilangan panas melalui kulit dimungkinkan karena panas diedarkan melalui pembuluh darah dan juga disuplai langsung ke fleksus arteri kecil melalui anastomosis arteriovenosa yang mengandung banyak otot. Kecepatan aliran dalam fleksus arteriovenosa yang cukup tinggi (kadang mencapai 30% total curah jantung) akan menyebabkan konduksi panas dari inti tubuh ke kulit menjadi sangat efisien [7].

Pembelajaran Fisika merupakan suatu proses hubungan timbal balik dalam mempelajari fisika untuk memperoleh pengetahuan yang baru [8]. Proses pembelajaran fisika menekankan pada pemberian pengalaman langsung mengembangkan kompetensi untuk menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah [9].

Pembelajaran sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu memerlukan adanya pengetahuan-pengetahuan dasar dari berbagai bidang

ilmu, salah satunya ilmu fisika untuk memahami materi yang dipelajari.

Struktur tubuh manusia berkembang dari organisasi tingkat terendah (atom dan molekul) sampai tingkat yang lebih tinggi dan lebih kompleks untuk membentuk keseluruhan tubuh (organisme). Struktur tubuh manusia tersusun atas keterpaduan antar struktur yang satu dengan yang lainnya. Tubuh manusia tersusun dari ratusan juta sel yang membentuk organisme dan memiliki fungsi masing-masing untuk mengatur keseimbangan tubuh [7].

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa sangat erat keterkaitan fisika biomedik dalam mempelajari sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu. Sehingga tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui keterkaitan ilmu Fisika dalam kesehatan salah satunya pada sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu. Penelitian menerapkan kajian literatur sebagai data penelitian yang relevan dengan fenomena yang diamati. Fisika dalam mempelajari fisika biomedik baik dalam bidang kedokteran maupun bidang IPA lainnya.

## **Metode**

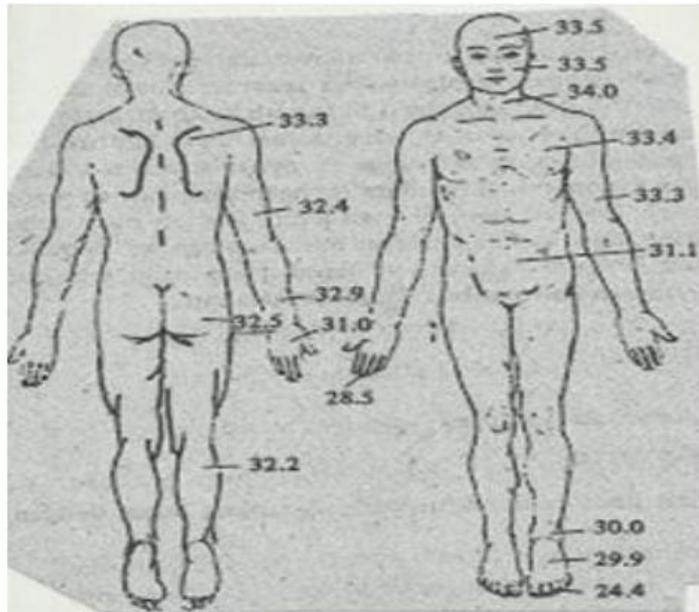
Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode deskriptif kualitatif. Dimana penelitian deskriptif kualitatif. Penelitian kualitatif adalah penelitian yang bermaksud untuk memahami fenomena tentang apa yang dialami oleh subjek penelitian misalnya perilaku, persepsi, motivasi, tindakan, dan lain-lainnya, secara holistic dengan cara deskripsi dalam bentuk kata-kata dan bahasa, pada suatu konteks khusus yang alamiah dan dengan memanfaatkan berbagai metode alamiah [12]. Data yang digunakan sebagai hasil penelitian berupa data studi literatur yaitu data yang tidak dapat diukur dan dinilai dengan angka-angka, berbentuk informasi seperti gambaran umum, deskripsi dan penjabaran dalam bentuk kata-kata serta informasi lain yang digunakan untuk membahas rumusan masalah [13].

## **Hasil**

Keterkaitan Fisika dengan sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu berdasarkan kajian literatur sebagai berikut :

### **1. Suhu**

Suhu tubuh manusia merupakan suatu keadaan sistem organisasi pada kulit untuk merespon perubahan suhu. Besar respon suhu tubuh dalam keadaan panas dan dingin pada beberapa standar penilaian suhu, yaitu: normal, hipertermi, hipotermi, dan febris. Derajat panas suhu tubuh normal yaitu sebesar 36°C (97°F) sampai 37,5°C (99,5°F). Hipotermi merupakan keadaan suhu tubuh di bawah suhu normal yaitu kurang dari 36°C, hipertemi merupakan keadaan suhu tubuh melebihi suhu normal yaitu lebih dari 40°C, dan febris atau pireksia merupakan suhu tubuh antara 37,5 – 40°C[14]. Suhu tubuh yang kurang dari 36° dan lebih dari 40°, maka tubuh sedang mengalami kelainan pada sistem pengaturan keseimbangan atau adaptasi suhu tubuh dengan lingkungan. Sistem pengaturan adaptasi suhu tubuh manusia terhadap perubahan suhu dikenal dengan istilah termoregulasi. Tubuh manusia memiliki suhu tubuh rata- rata agar suhu tetap normal yaitu 35°. Adapun suhu masing-masing bagian tubuh manusia melalui kulit seperti Gambar 2.



**Gambar 2. Suhu rata- rata Bagian Tubuh Manusia melalui Kulit**

**Sumber : ( Guyton and Hall, 2012)**

Suhu rata- rata tubuh manusia dapat diukur dengan mengetahui suhu tiap bagian tubuh melalui kulit dengan menggunakan metode berikut:

$$\begin{aligned} \text{Suhu kulit rata- rata} = & 0,07 T_{\text{kepala}} + \\ & 0,14 T_{\text{lengan}} + 0,05 \\ & T_{\text{tangan}} + 0,07 \\ & T_{\text{kaki}} + 0,13 T_{\text{betis}} + \\ & 0,09 T_{\text{paha}} + 0,35 \\ & T_{\text{batang tubuh}} \end{aligned}$$

Selain menggunakan metode tersebut, pengukuran suhu tubuh manusia ketika demam dengan kalorimetri khusus tubuh panas tubuh yang dilepaskan secara langsung. Pengukuran dilakukan dengan tubuh di masukkan dalam ruangan terisolasi, ruangan menjadi panas akibat panas

tubuh meningkat. Suhu ruangan dipertahankan tetap konstan mendorong udara melalu pipa untuk masuk ke dalam air dingin yang diletakkan di ruangan. Hasil pengukuran diperoleh dari kecepatan perolehan panas yang ditampung oleh penampung air di luar ruangan [6].

## 2. Kalor

Kalor merupakan perpindahan energi kinetik dari suatu zat yang bersuhu tinggi ke zat bersuhu rendah Saat terjadi perpindahan energi, partikel yang bersuhu tinggi bergerak lebih cepat bersuhu rendah dan saling bertumbukan sampai suhu keduanya seimbang. Tubuh manusia memerlukan kalor untuk menaikkan suhu tubuh

ketika berada di daerah dingin. Besar jumlah kalor yang dibutuhkan 1kg berat badan dalam menaikkan suhu 1°C sebesar 0,83 J/kg °C dan besar kalor untuk menaikkan suhu 1°C sebesar 3500 J/°C ketika kedinginan dengan menggunakan persamaan berikut.

$$Q = m c \Delta T \dots\dots\dots(1)$$

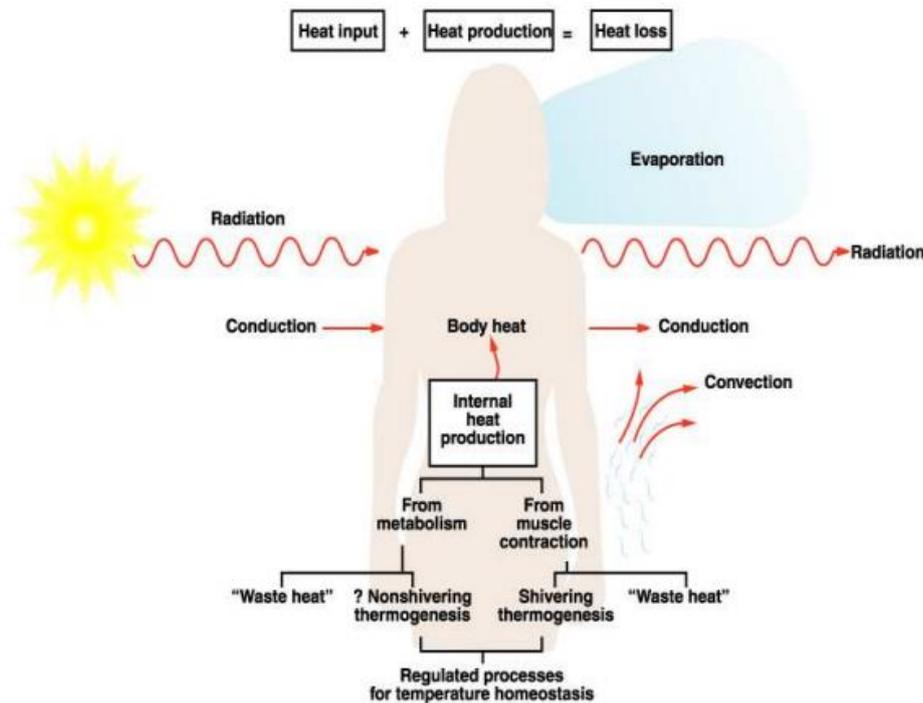
Tubuh manusia mengalami perubahan wujud akibat kalor, tubuh manusia memiliki sistem yang berfungsi sebagai pengatur suhu tubuh. Seperti, saat terjadinya luka, darah yang mengalir lama- kelamaan mengering di kulit. Saat darah mengering maka terjadi perubahan wujud dari cair menjadi padat yang dikenal dengan membeku. Mekanisme pengaturan suhu tubuh juga terjadi perubahan wujud yaitu saat terjadi

penguapan air dari kulit dan paru-paru badan manusia. Ketika berlari dan mengeluarkan keringat, lepasan kalor penguapan tubuh manusia disebut peristiwa penguapan berupa keringat dari kulit manusia dan dapat dihitung dengan persamaan.

$$Q = m x U \dots\dots\dots(2)$$

### 3. Perpindahan Kalor

Semua penambahan atau kehilangan panas antara tubuh dan lingkungan eksternal harus berlangsung seimbang. Hukum-hukum Fisika yang mengatur pemindahan panas atau perpindahan kalor antara benda-benda mati juga mengontrol perpindahan panas antara permukaan tubuh dan lingkungan [3]. Sehingga tubuh mengalami keseimbangan panas dengan melakukan perpindahan panas seperti Gambar 3 [2]:



**Gambar 3. Keseimbangan Panas**

(Sumber: Silverthorn, 2013)

a. Radiasi

Gelombang inframerah dipancarkan dari tubuh memiliki panjang gelombang 5 – 20 mikrometer. Tubuh manusia memancarkan gelombang panas ke seluruh tubuh. Radiasi merupakan mekanisme kehilangan panas paling besar pada kulit sebesar 60% atau 15% seluruh mekanisme kehilangan panas [6]. Radiasi dikatakan sebagai emisi panas dari permukaan benda hangat dalam bentuk gelombang panas yang merambat. Ketika tubuh manusia mengalami perubahan suhu lebih hangat ke dingin. Sehingga tubuh memperoleh panas dari benda yang lebih hangat

daripada permukaan kulit, misalnya matahari, radiator, atau api unggun [3]. Untuk menentukan besar radiasi pada tubuh dapat menggunakan persamaan Stefan- Boltzman.

$$H = e\delta A \Delta T^4 \dots\dots\dots(4.3)$$

Tubuh manusia memiliki emisivitas tubuh sebesar 0,7 dan luas tubuh manusia rata- rata = **1, 5 m<sup>2</sup>**, sehingga dapat ditentukan berapa besar radiasi yang dihasilkan oleh tubuh manusia.

b. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas akibat paparan langsung kulit dengan benda-benda yang ada di sekitar tubuh. Biasanya proses kehilangan panas

dengan mekanisme konduksi sangat kecil [7]. Sentuhan dengan benda umumnya memberi dampak kehilangan suhu yang kecil karena dua mekanisme, yaitu kecenderungan tubuh untuk terpapar langsung dengan benda relatif jauh lebih kecil dari pada paparan dengan udara, dan sifat isolator benda menyebabkan proses perpindahan panas tidak dapat terjadi secara efektif terus menerus. Besar konduktivitas termal pada tubuh manusia yaitu  $0,20 \text{ J/ms}^\circ\text{C}$  [3].

#### c. Evaporasi

Evaporasi (penguapan air dari kulit) dapat memfasilitasi perpindahan panas tubuh. Setiap satu gram air yang mengalami evaporasi akan menyebabkan kehilangan panas tubuh sebesar 0,58 kilokalori. Pada kondisi individu tidak berkeringat, mekanisme evaporasi berlangsung sekitar 450 – 600 ml/hari. Hal ini menyebabkan kehilangan panas terus menerus dengan

kecepatan 12–16 kalori per jam. Evaporasi ini tidak dapat dikendalikan karena evaporasi terjadi akibat difusi molekul air secara terus menerus melalui kulit dan sistem pernafasan.

#### d. Konveksi

Tubuh yang mengalami demam biasanya mengompres kepala dengan kompres air hangat. Hal ini agar, pori-pori yang ada pada kulit terbuka dan panas pada tubuh dapat melakukan metabolisme. Apabila dikompres dengan air dingin, panas tubuh tidak dapat bermetabolisme dengan baik dan menyebabkan suhu sulit kembali ke suhu normal [3].

Fenomena konveksi dapat dirasakan ketika tubuh terkena pendingin dari angin atau lingkungan. Lapisan udara yang berdekatan dengan kulit akan segera digantikan oleh udara baru secara jauh lebih cepat dari keadaan normal, dan kehilangan panas melalui konveksi meningkat [7].

## **Pembahasan**

### 1. Suhu

Suhu mempengaruhi banyak situasi pada tubuh manusia. Tangan manusia memiliki saraf- saraf yang dapat merasakan panas dan dingin saat

menyentuh suatu benda karena adanya aliran listrik saraf tubuh. Sistem saraf manusia tidak dapat dijadikan sebagai patokan pengukur suhu yang baik. Pengukuran yang dilakukan ketika suhu tubuh meningkat atau menurun, terjadi pergerakan partikel dalam sistem organ

tubuh untuk menghasilkan energi kinetik sebanding dengan panas zat kimia dihasilkan tubuh.

Sistem pengaturan adaptasi suhu tubuh manusia terhadap perubahan suhu dikenal dengan istilah termoregulasi. Sistem adaptasi tubuh manusia dapat dihasilkan dari peristiwa berikut [6]:

- a. Laju metabolisme basal keseluruhan tubuh.
- b. Laju cadangan metabolisme yang disebabkan aktivitas otot (seperti sesak nafas setelah berolahraga). Saat berolahraga, otot bekerja di dalam tubuh dengan memanfaatkan cadangan metabolisme pada sel lemak yang dipengaruhi sistem kelistrikan tubuh. Otot-otot pada tubuh menjalankan fungsinya masing-masing dengan baik ketika berolahraga. Ketika jantung memompa darah dengan sangat cepat akibat sentrum, menyebabkan sistem pernafasan tidak bekerja dengan stabil.
- c. Metabolisme tambahan akibat pengaruh epinephrine, norepinephrine, dan rangsangan saraf simpatis pada sel. Ketika metabolisme tambahan dalam tubuh terganggu dengan rangsangan saraf simpatis pada sel, maka tubuh akan

melakukan adaptasi dengan lingkungan memberikan rangsangan terhadap metabolisme tambahan pada tubuh.

- d. Metabolisme tambahan akibat peningkatan aktivitas kimiawi dalam sel itu sendiri, terutama saat suhu tubuh menurun. Ketika suhu tubuh menurun, terjadi penurunan sistem kekebalan tubuh terhadap suhu lingkungan sekitar.

Reseptor-reseptor kulit bekerja menyampaikan ke saraf otak bahwa suhu tubuh dalam keadaan tidak normal. Ketidakstabilan tubuh mempertahankan suhu agar tetap, proses termoregulasi berfungsi. Tubuh manusia memiliki rata-rata suhu tetap normal yaitu 35°C. Perubahan suhu dapat menyebabkan terjadinya perubahan bentuk atau dikenal pemuaiian.

Pemuaiian merupakan peristiwa perubahan bentuk suatu benda karena diberi panas atau saat dingin karena peningkatan suhu benda. Perubahan bentuk karena perubahan suhu terjadi pada sistem tubuh manusia. Tubuh mengalami perubahan suhu salah satunya disebabkan faktor hormon yang bekerja pada sistem organ tubuh yaitu kegemukan.

Kegemukan didefinisikan sebagai kandungan lemak berlebihan di simpanan jaringan adiposa. Batas kegemukan umumnya 20% melebihi standar normal. Kegemukan terjadi selama periode waktu tertentu, kilokalori yang masuk melalui makanan lebih banyak daripada digunakan untuk menunjang kebutuhan energi tubuh, kelebihan energi disimpan sebagai trigliserida di jaringan lemak menyebabkan terjadinya kegemukan.

Kegemukan dipengaruhi oleh kecepatan metabolisme yaitu pergerakan otot selama atau tepat sebelum pengukuran, setelah makan, suhu lingkungan, tinggi badan, berat badan dan luas permukaan badan, jenis kelamin, umur, pertumbuhan, reproduksi, laktasi, keadaan emosi, suhu badan, kadar hormone tiroid, kadar epinefrin dan norepinefrin. Luas permukaan tubuh mempengaruhi besar perpindahan kalor pada tubuh.

Peristiwa pemuaihan juga terjadi pada tubuh manusia. Ketika pergi ke dokter gigi saat sakit gigi karena gigi berlubang dan disarankan dokter untuk segera di tambal setelah sakit giginya hilang. Besar koefisien muai gigi manusia yaitu Besar koefisien gigi manusia  $(10 - 15) \times 10^{-6} / ^\circ C$ .

## 2. Kalor

Otak mengontrol semua aktivitas yang dilakukan organ dalam tubuh melaksanakan fungsi dengan baik. Kenaikan suhu tubuh dipengaruhi oleh aktivitas dari reaksi kimia berupa metabolisme sistem organ dalam tubuh.

Sistem organ tubuh manusia terdiri dari jaringan dan organ yang tersusun dari sel penyusun masing- masing untuk melakukan metabolisme dalam tubuh dengan baik. Jika metabolisme dalam tubuh tidak baik, mengakibatkan tubuh tidak dapat bertahan, seperti demam dan kedinginan.

Suhu tubuh panas merespon tubuh untuk melakukan metabolisme agar dapat mempertahankan derajat keseimbangan suhu (homeostasis). Metabolisme terjadi pada semua sistem organ tubuh manusia dan dikeluarkan melalui kulit, paru- paru, saluran kencing, dan saluran pencernaan pada manusia agar suhu tubuh yang panas turun ke titik normal. Penurunan suhu tubuh melalui kulit yaitu dengan pemuaihan pembuluh darah dan keringat. Melalui saluran ekresi dan pencernaan. Hal inilah yang menyebabkan tubuh kita dapat mempertahankan derajat keseimbangan suhu tubuh.

Tubuh manusia umumnya menurunkan suhu tubuh melalui kulit. Proses penurunan atau kehilangan panas dari kulit melalui proses pemuai pembuluh darah di lapisan lemak jaringan ikat kulit agar mendorong darah untuk meningkatkan suhu tubuh. agar berpindah dari bagian tubuh yang panas ke bagian tubuh yang lebih dingin. Kemudian, suhu berpindah ke udara untuk menyelimuti tubuh. Saat suhu di lingkungan lebih panas dari suhu tubuh, maka mendorong sistem eksresi pada kulit untuk mengeluarkan keringat.

Tubuh mengeluarkan keringat dengan bantuan udara luar, tubuh membutuhkan suhu lingkungan untuk melakukan penguapan. Keringat pada tubuh manusia dihasilkan saat suhu tubuh  $33^{\circ}\text{C}$  atau disaat tubuh sedang melakukan aktivitas untuk mengembalikan suhu keadaan normal  $37^{\circ}\text{C}$ , sehingga dibutuhkan penguapan dari dalam tubuh.

### 3. Perpindahan Kalor

#### a. Radiasi

Panas adalah energi kinetik pada gerakan molekul. Sebagian besar energi pada gerakan ini dapat di pindahkan ke udara bila suhu udara lebih dingin dari kulit. Sekali suhu udara bersentuhan

dengan kulit, suhu udara menjadi sama dan tidak terjadi lagi pertukaran panas, yang terjadi hanya proses pergerakan udara sehingga udara baru yang suhunya lebih dingin dari suhu tubuh.

#### b. Konduksi

Energi yang di transfer dari molekul atau elektron yang memiliki energi kinetik lebih tinggi ke yang mempunyai energi kinetik lebih rendah ketika bertumbukan. Misalnya ketika menyetrika pakaian kita merasa panas dan berkeringat. Hal ini karena transfer energi dari setrika ke tubuh bersentuhan langsung dengan lingkungan tempat menyetrika.

Tubuh manusia mengalami konduksi. Sentuhan dengan benda umumnya memberi dampak kehilangan suhu yang kecil karena dua mekanisme, yaitu kecenderungan tubuh untuk terpapar langsung dengan benda relatif jauh lebih kecil dari pada dengan udara, dan sifat isolator benda menyebabkan proses perpindahan panas tidak dapat terjadi secara efektif terus menerus.

#### c. Konveksi

Perpindahan kalor secara konveksi dapat terjadi jika mengalami pemanasan. Pemanasan menyebabkan perbedaan massa jenis antara bagian zat yang dipanaskan secara langsung dan

bagian zat yang lebih dingin.

Pada tubuh manusia juga terjadi perpindahan kalor secara konveksi. Perpindahan panas dari tubuh melalui aliran udara konveksi disebut kehilangan panas tubuh melalui konveksi. Sejumlah kecil konveksi hampir terjadi di sekitar tubuh manusia akibat kecenderungan udara di sekitar kulit naik sewaktu panas.

#### d. Evaporasi

Ketika tubuh mengalami evaporasi menyebabkan kehilangan panas tubuh sebesar 0,58 kilokalori. Pada kondisi individu tidak berkeringat, mekanisme evaporasi berlangsung sekitar 450 – 600 ml/hari. Hal ini menyebabkan kehilangan panas terus menerus dengan kecepatan 12 – 16 kalori per jam. Evaporasi ini tidak dapat dikendalikan karena evaporasi terjadi akibat difusi molekul air secara terus menerus melalui kulit dan sistem pernafasan.

### **Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan pembelajaran sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu berkaitan dengan ilmu fisika yaitu materi suhu, kalor, dan perpindahan kalor. Sehingga dalam mempelajari mata kuliah fisika biomedik akan lebih

mudah dalam memahami materinya.

Penelitian ini telah memadukan konsep fisika dengan sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu melalui gejala alam yang ada di lingkungan dan selalu terjadi pada tubuh manusia. Namun, masih kekurangan dalam referensi yang tersedia untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih baik lagi, dan penelitian keterkaitan fisika dalam pembelajaran sistem adaptasi tubuh manusia terhadap perubahan suhu dapat dikembangkan menjadi sebuah bahan ajar berupa diktat perkuliahan dalam mata kuliah fisika biomedik dan dapat digunakan bagi mahasiswa Fisika, kedokteran, kebidanan, dan ilmu IPA lainnya.

### **Referensi**

- [1] Azhar, 2008, “Pendidikan Fisika dan Keterkaitannya dengan Laboratorium”, *Jurnal Geliga Sains* 2 (1), 7-12-2008 ISSN 1978-50X, Pekanbaru, FKIP Pendidikan Fisika Universitas Riau.
- [2] Silverthorn, Dee Unglaub, 2013, “*Fisiologi Manusia*”, Jakarta: EGC.
- [3] Sherwood, L, 2001, “*Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Edisi 2 Buku Kedokteran*”, Jakarta. EGC.

- [4] Brooker, 2008, “*Ensiklopedi Keperawatan*”, Jakarta:EGC.
- [5] Campbell, 2008, “*Biologi Edisi Kedelapan Jilid 1*”, Jakarta:Erlangga.
- [6] Guyton dan Hall , 2012, “*Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Edisi 11*”, Jakarta.EGC.
- [7] Ganong, William F, 2003, “*Buku Ajar Fisiologi kedokteran*”, Jakarta:EGC.
- [8] Syaiful Sagala.2005, “*Konsep dan Makna Pembelajaran*”, Bandung: CV. Alfabeta.
- [9] Nunung Nurlaila,2013, “Pembelajaran Fisika Dengan PBL Menggunakan Problem Solving Dan Problem Posing Ditinjau Dari Kreativitas Dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa”. *Jurnal Inkuiri* ISSN: 2252-7893, Vol 2, No 2 2013 (Hal 114- 123), Surabaya: Program Studi Pendidikan Sains Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret.
- [10] Yondri Kukus, 2009, “Suhu Tubuh: Homeostasis Dan Efek Terhadap Kinerja Tubuh Manusia”.*Jurnal Biomedik*, Volume 1, Nomor 2, Juli 2009, hlm. 107-118, Manado: Bagian Fisika Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi Manado.
- [11] Nurhikmah, 2017, ”Pengembangan Buku Teks Pelajaran IPA Model *Sequenced* dengan Tema Sistem Adaptasi Tubuh Manusia terhadap Perubahan Suhu dan Pendekatan Education for Sustainable Development”. *Tesis*. Padang:Pascasarjana Pendidikan Fisika Universitas Negeri Padang.
- exy J. Moleong,2014, ”*Metodologi Penelitian Kualitatif Ed. 33*”, Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- [12] Sukmadinata,Nana Syaodih, 2012, “*Metode Penelitian Pendidikan*”, Bandung:Remaja Rosdakarya.
- [13] Anggita Marisa Harahap, 2014, “Angka Kejadian Hipotermia dan Lama Perawatan di Ruang Pemulihan pada Pasien Geriatri Pascaoperasi Elektif Bulan Oktober 2011– Maret 2012 di Rumah Sakit Dr. Hasan Sadikin Bandung”, *Jurnal Anastesi Perioperatif JAP*. 2014;2(1):36-44, Bandung: Fakultas Kedokteran Universitas Padjajaran.