



PENGANTAR FISIKA

BUMI &

ANTARIKSA



*ARIN WILDANI
AGUS BUDIYONO
EL INDAH NIA KAMARIYAH*

Pengantar Fisika Bumi dan Antariksa

Pengantar Fisika Bumi dan Antariksa

**Arin Wildani
Agus Budiyo
El Indahnia Kamariyah**



Pengantar Fisika Bumi dan Antariksa

© Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI)

Penulis:
Arin Wildani
Agus Budiyo
El Indahnia Kamariyah

Editor: Rusli

Cetakan Pertama: Juni 2023

Cover: Tim Penyusun

Tata Letak: Tim Kreatif PRCI

Hak Cipta 2023, pada Penulis. Diterbitkan pertama kali oleh:

Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
ANGGOTA IKAPI JAWA BARAT

Pondok Karisma Residence Jalan Raflesia VI D.151
Panglayungan, Cipedes Tasikmalaya – 085223186009

Website: www.rcipress.rcipublisher.org
E-mail: rumahcemerlangindonesia@gmail.com

Copyright © 2023 by Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia
All Right Reserved

- Cet. I –: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia, 2023
Dimensi : 14,8 x 21 cm
ISBN: 978-623-448-555-4

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak buku ini dalam bentuk dan dengan
cara apapun tanpa izin tertulis dari penulis dan penerbit

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang
Hak Cipta Pasal 72

Undang-undang No.19 Tahun 2002 Tentang Hak Cipta
Pasal 72

Barang siapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling sedikit 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran hak cipta terkait sebagai dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan buku **“Pengantar Fisika Bumi dan Antariksa”** sesuai dengan waktu yang direncanakan. Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi besar Muhammad SAW karena brkat beliau, kita mampu keluar dari kegelapan menuju jalan yang lebih terang.

Buku ini ditulis dengan harapan dapat dijadikan pegangan dalam mata kuliah Fisika Bumi dan Antariksa sehingga mahasiswa / pembaca dapat memahami segala hal yang berkaitan dengan fisika bumi dan Antariksa. Penulis mengucapkan banyak terimakasih terhadap para pihak yang mendukung tersusunya buku ajar ini.

Tentunya masih terdapat kekurangan – kekurangan dalam buku ajar ini. Oleh karena itu besar harapan kami untuk diberikan kritik dan saran demi perbaikan buku ini dimasa mendatang. Akhir kata kami ucapkan semoga buku ini dapat bermanfaat bagi siapapun yang membanya.

Pamekasan, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I INFORMASI BUMI.....	1
A. Bumi.....	1
B. Bentuk Dan Ukuran Bumi.....	2
C. Gerak Bumi.....	5
D. Interior Bumi.....	7
BAB II LEMPENG TEKTONIK.....	17
A. Konsep Teori Lempeng Tektonik.....	17
B. Mekanisme Pergerakan.....	20
C. Distribusi Lempeng Tektonik	22
D. Tipe-tipe Gerakan Lempeng.....	22
E. Proses-proses Tektonik (Kekar, Sesar dan Lipatan)..	31
F. Indonesia berada di antara 3 Lempeng.....	38
BAB III BATUAN DAN MINERAL.....	43
A. Batuan.....	43
B. Batuan sedimen	44
C. Batuan Metamorf	44
BAB IV VULKANISME.....	46
A. Pengertian.....	46

B. Aktivitas Magma	47
C. Gunung Berapi	50
BAB V GEMPA BUMI	55
A. Gempa Bumi	55
B. Hiposentrum	56
C. Episentrum	57
D. Sumber Gempa	57
E. Kekuatan Gempa	61
F. Gelombang Gempa	61
G. Tsunami	63
BAB VI HIDROSFER	67
A. Pengertian	67
B. Sifat-Sifat Air	67
C. Air Tanah	68
D. Akuifer (Lapisan Pembawa Air Tanah)	68
E. Mata Air	71
F. Daur Hidrosfer	72
DAFTAR PUSTAKA	76
BAB VII ATMOSFER	77
A. Pendahuluan	77
B. Lapisan Atmosfer	78
C. Komposisi Atmosfer	79
D. Fungsi Atmosfer	81
E. Fenomena-Fenomena Atmosfer	82

DAFTAR PUSTAKA.....	86
BAB VIII METODE SEISMIK.....	87
A. Metode Seismik Refraksi	88
F. Metode Seismik Refleksi	91
DAFTAR PUSTAKA.....	94
BAB IX METODE GRAVITASI	95
A. Metode Gravitasi	95
B. Koreksi Metode Gravitasi	96
DAFTAR PUSTAKA.....	99
BAB X METODE GEOLISTRIK	100
A. Metode geolistrik	100
B. Resistivitas geolistrik.....	101
C. Alat Metode Geolistrik	102
DAFTAR PUSTAKA.....	104
BAB XI METODE MAGNETIK	105
A. Pendahuluan.....	105
B. Gaya Magnetik.....	106
C. Kuat Medan Magnet.....	106
D. Momen Magnetik	107
E. Induksi Magnetik	107
F. Intensitas Magnetik	108
G. Susceptibilitas Magnetik.....	109
H. Sifat Magnetik Batuan.....	109
DAFTAR PUSTAKA.....	113

BAB XII TATA SURYA	114
A. Klasifikasi Planet.....	115
B. Orbit	120
C. Satelit.....	120
D. Asteroid	120
E. Komet	121
F. Medium antar Planet.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....	123
BAB XIII SISTEM BUMI-BULAN.....	124
A. Pendahuluan.....	124
B. Gerak Bumi-Bulan	124
C. Fase-Fase Bulan.....	127
D. Gerhana Bulan dan Matahari	128
E. Pasang Surut.....	130
DAFTAR PUSTAKA.....	131

DAFTAR TABEL

Tabel 7.1 Komposisi Normal Udara Kering.....	80
Tabel 7.2 Susunan 3 gas utama pada berbagai kandungan uap air (dalam % volume atmosfer)	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bentuk dan ukuran bumi	2
Gambar 1.2 Perhitungan keliling bumi menurut Eratosthenes	3
Gambar 1.3 Ukuran planet-planet dan matahari.....	5
Gambar 1.4 Gerak bumi.....	5
Gambar 1.5 Interior bumi.....	7
Gambar 1.6 Inti bumi.....	9
Gambar 1.7 Mantel bumi.....	11
Gambar 1.8 Bagian bagian bumi	14
Gambar 1.9 Litosfer.....	15
Gambar 2.1 Batas Konvergen Tektonik Lempeng	23
Gambar 2.2 Konvergen Samudera dengan Samudera	24
Gambar 2.3 Benua dengan Samudera.....	25
Gambar 2.4. Benua dengan Benua	26
Gambar 2.5 Batas Divergen Tektonik Lempeng.....	27
Gambar 2.6 Transform Tektonik Lempeng.....	29
Gambar 2.7 Hanging Wall dan Foot Wall	31
Gambar 2.8 Slickensides, Fault Scarp, dan Boundins.....	32
Gambar 2.9 Jenis- jenis Sesar	33
Gambar 2.10 Peta tektonik dan Gunung berapi di Indonesia	40
Gambar 2.11 Gempa akibat pergeseran lempeng.....	41
Gambar 2.12 Lempeng yang terus bergerak mencari keseimbangan	41
Gambar 2.13 Letak lempeng dan gunung api aktif di Indonesia.....	41
Gambar 5.1 Contoh dampak gempa	55
Gambar 5.2 Hiposentrum dan episentrum.....	56
Gambar 5.3 Proses Terjadinya Gempa Tektonik	58
Gambar 5.4 Proses Terjadinya Gempa Vulkanik.....	59
Gambar 5.5 Proses Terjadinya Gempa Tumbukan.....	60

Gambar 5.6 Proses Terjadinya Gempa Buatan.....	61
Gambar 5.7 Gelombang primer	62
Gambar 5.8 Gelombang sekunder	63
Gambar 5.9 Proses terjadinya tsunami	64
Gambar 5.10 Kawasan Lingkaran Api Pasifik.....	65
Gambar 5.11 Proses tsunami akibat longsor	65
Gambar 5.12 Perubahan tinggi gelombang air ketika mendekati pantai	66
Gambar 6.1 Gambar akuifer bebas	69
Gambar 6.2 Gambar akuifer tertekan	69
Gambar 6.3 Gambar akuifer setengah terkekang	70
Gambar 6.4 akuifer menggantung.....	70
Gambar 6.5 Akuifer berganda	71
Gambar 6.6 Gambar mata air	72
Gambar 6.7 Gambar siklus hidrologi pendek	73
Gambar 6.8 Gambar siklus hidrologi sedang.....	74
Gambar 6.9 Siklus Panjang Dalam Siklus Hidrologi.....	75
Gambar 7.1 Lapisan-Lapisan Atmosfer	78
Gambar 7.2 Pelangi.....	82
Gambar 7.3 Aurora	83
Gambar 7.4 Fatamorgana.....	84
Gambar 7.5 Sun Dog.....	84
Gambar 8.1 Metode seismik refraksi	88
Gambar 8.2 Penjalaran gelombang sesimik refraksi dan grafik hubungan antara offset geophon dan waktu tempuh.....	90
Gambar 8.3 Metode seismik refleksi	91
Gambar 8.4 Contoh akuisi data seismik di laut.....	92
Gambar 8.5 Contoh data seismik	93
Gambar 9.1 Gravitymeter dan bagian-bagiannya	95

Gambar 10.1. Siklus elektrik determinasi Resistivitas dan lapangan elektrik untuk stratum homogenous permukaan bawah tanah.....	101
Gambar 10.2 Naurua model NRD 22 S.....	103
Gambar 10.3 Alat Geolistrik.....	103
Gambar 11.1 Posisi momen magnet diamagnetik.....	110
Gambar 11.2 Posisi momen magnet paramagnetik.....	111
Gambar 11.3 Arah spin magnet hasil penyerahan pengaruh medan luar.....	111
Gambar 12.1 teori planet planet berasal dari kabut pijar....	114
Gambar 13.1 Efek Coriolis yang timbul karena rotasi bumi	126
Gambar 13.2 Fase fase bulan.....	127
Gambar 13.3 Gerhana Bulan.....	129
Gambar 13.4 Gerhana matahari.....	130

BAB I

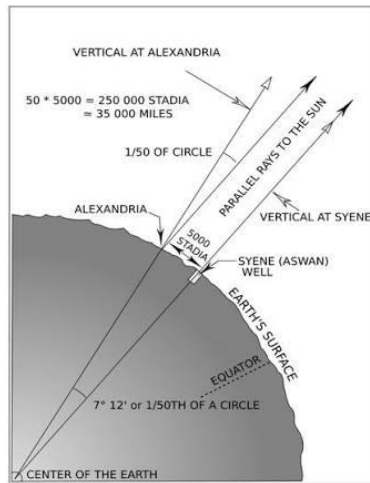
INFORMASI BUMI

A. Bumi

Planet merupakan benda yang berada di sekeliling matahari dan bergerak mengelilingi matahari. Bumi merupakan planet yang paling istimewa, karena planet bumi merupakan satu-satunya planet yang cocok untuk di tempati makhluk hidup. Bumi adalah planet ketiga setelah Merkurius dan Venus dalam tata surya model heliosentris, dan bumi mempunyai satu satelit yaitu bulan.

Bumi mempunyai suhu yang tidak panas dan tidak dingin. Bumi mempunyai pelindung kehidupan yang berupa atmosfer, yang melindungi dari sinar matahari yang kuat pada siang hari dan mencegah hilangnya panas ke ruang angkasa pada malam hari. Pada planet bumi, terdapat bentuk dan ukuran bumi, gerak bumi, dan interior bumi.

B. Bentuk Dan Ukuran Bumi

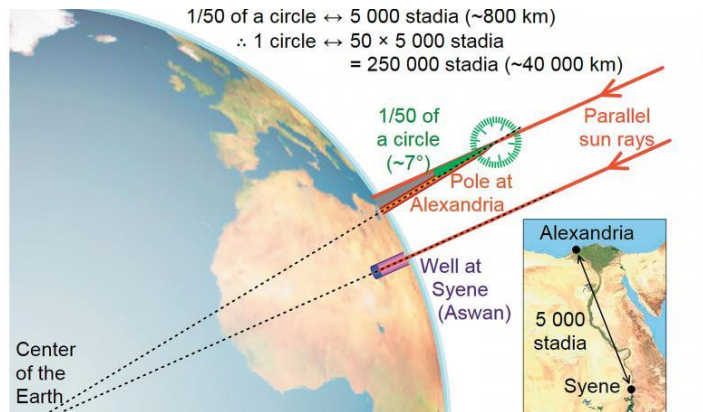


Gambar 1.1 Bentuk dan ukuran bumi

Di pandang dari angkasa, bumi bercahaya seperti batu menyala-nyala dalam tata surya. Sejak zaman Pythagoras (500 SM), bentuk umum bumi dikenal bulat. Claudius Ptolemy mengumpulkan daftar pengamatan ekstensif yang menunjukkan bahwa bumi berbentuk bola. Christopher Columbus (1451 – 1506), mengetahui bahwa bumi adalah bulat dan ia berpikir dapat menemukan jalan pintas (*shortcut*) ke Hindia (*Hindies*) dengan berlayar ke barat. Tetapi, dengan memakai nilai-nilai Ptolemy untuk bulatan bumi, Columbus mendapatkan pelayarannya jauh lebih panjang daripada yang ia perkirakan. Karena nilai yang diperoleh Ptolemy lebih kecil daripada nilai-nilai aktual.

Bumi tidak tepat berbentuk bola, karena ia berotasi mengelilingi sumbunya. Bumi berbentuk dampak dengan jari-jari kutub 21,5 km lebih pendek dari jari-jari ekuator. Tonjolan ekuatorial membuat diameter ekuator 12.757 km, sedangkan

diameter melalui kutub sekitar 12.714 km. Eratosthenes (276 – 194 SM), menentukan bahwa pada siang hari terpanjang pada solstis musim panas, matahari berada tepat di atas kepala pada tengah hari (jam 12.00) di kota kuno Syne (sekarang disebut Aswan), Mesir. Pada hari yang sama pada tengah hari (jam 12.00), sebuah tiang pada Alexandria memberikan bayangan pada tanah yang panjangnya membuat sudut zenith matahari (sudut antara matahari dan vertikal) sebesar $\frac{1}{50}$ lingkaran (7°), lihat gambar 2.



Gambar 1.2 Perhitungan keliling bumi menurut Eratosthenes

Dilihat dari gambar di atas, sudut 7° terbentuk oleh radius dari pusat bumi mengarah ke Alexandria dan Syne yang juga $\frac{1}{50}$ lingkaran. Jarak dari Syne ke Alexandria diketahui 5.000 stadia atau sekitar $50 \times 5.000 = 250.000$ stadia ≈ 46.000 km = 29.000 mil. Sehingga jari-jari bumi dapat dihitung dari kelilingnya dan diperoleh 4.600 mil. Hasil ini hanya sekitar 15% lebih tinggi daripada nilai sebenarnya.

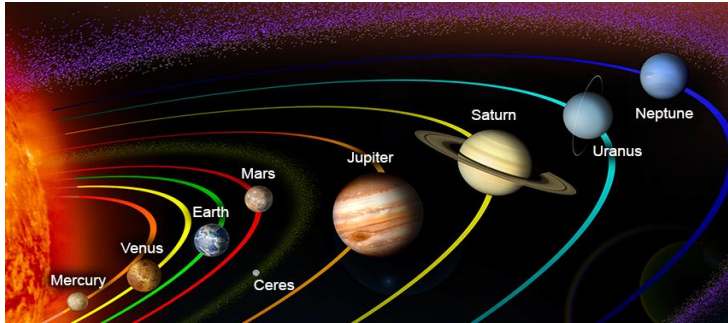
Rasio (perbandingan) keliling lingkaran dengan diameternya (2x radius) sama dengan 3,1416... dan dikenal

dengan π . Ada keraguan tentang definisi satuan panjang kuno yaitu “stadium”. Tetapi banyak sarjana percaya bahwa 1 stadium sama dengan 185 m atau 605 kaki. Jadi, 5.000 stadia = 925.000 m = 925 km. konversi: 1 kaki = 0.305 m dan 1 mil = 1.609 km. Rotasi bumi disekitar sumbunya menyebabkan bumi berbentuk dampak (*spheroid*) yaitu berbentuk sebuah bola sedikit rata pada kutubnya, sehingga jari-jari polar (jarak dari pusat bumi ke kutub) lebih pendek daripada jari-jari ekuator yaitu jarak dari pusat bumi ke setiap titik pada ekuator. Rujukan Internasional tentang dimensi bumi yang diadopsi oleh IUGG (*the International Union of Geodesy and Geophysics*) mempunyai pendekatan sebagai berikut:

1. Jari-jari polar = 6.357 km = 3.952 mil
2. Jari-jari ekuator = 6.378 km = 3.964 mil
3. Jari-jari rata-rata = 6.371 km = 3.960 mil

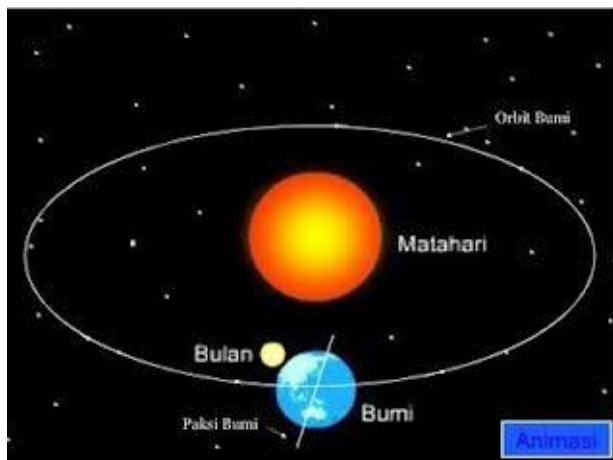
Luas permukaan bumi dapat dihitung dari radiusnya, yaitu $L = 4\pi r^2 = 4 \times 3.14 \times (6.371 \text{ km})^2 \approx 510 \text{ juta km}^2$ dan volumenya $v = \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{4}{3} \times 3.14 (6.371 \text{ km})^3 = 1,08 \times 10^{12} \text{ km}^3$. Massa total bumi dapat ditentukan dari gaya gravitasi yang dilakukan dan diperoleh $5,98 \times 10^{27} \text{ gram}$. Densitas rata-rata bumi = $\frac{5.98 \times 10^{27} \text{ gr}}{1,08 \times 10^{27} \text{ cm}^3} = 5,52 \text{ g cm}^{-3}$ (densitas air murni = 1 g cm^{-3}).

Ukuran relatif planet bumi disbanding ukuran planet-planet lain dan matahari dapat dilihat di gambar 3.



Gambar 1.3 Ukuran planet-planet dan matahari

C. Gerak Bumi



Gambar 1.4 Gerak bumi

Bumi berotasi mengelilingi sumbu imaginernya dengan periode 23 jam 56 menit, dan berotasi dari barat ke timur. Akibatnya benda-benda langit tampak melakukan peredaran semu harian dari timur ke barat. Peristiwa ini serupa dengan perjalanan kereta api dari barat ke timur, yang menyebabkan penumpang seolah-olah melihat pepohonan bergerak dari timur

ke barat. Rotasi bumi juga mengakibatkan angin dibelokkan ke kanan di belahan bumi utara (BBU) dan ke kiri di belahan bumi selatan (BBS).

Bumi juga melakukan revolusi mengelilingi matahari dengan periode 365,3 hari. Karena bumi berputar terhadap matahari, maka bulan harus melakukan perjalanan lebih jauh daripada satu revolusi sideral untuk melengkapi revolusi sinodiknya relatif terhadap matahari. Jarak ekstra (tambahan) sesuai dengan $1/12$ sebuah lingkaran (1 bulan atau $1/12 \times 1$ tahun) dalam orbit bumi, dan karenanya sesuai dengan $1/12$ sebuah lingkaran atau $2 \frac{1}{3}$ hari dalam orbit bulan. Dengan demikian, bulan sinodil (dari fasa ke fasa) sekitar $2 \frac{1}{3}$ hari lebih lama daripada bulan sidereal. Pada tanggal 21 Maret dan 23 September, kedudukan matahari tepat di ekuator, disebut ekinoks. Jadi, selama periode revolusi (1 tahun) terjadi 2 kali ekinoks. Ketika ekinoks, tempat-tempat di muka bumi mengalami siang dan malam yang sama, yaitu 12 jam. Pada tanggal 22 Juni dan 22 Desember, kedudukan matahari berada paling jauh dari ekuator, disebut solstis. Pada tanggal 22 Juli, matahari berada pada garis lintang $23 \frac{1}{2}^{\circ}\text{U}$, disebut garis balik utara, sedangkan pada tanggal 22 Desember, matahari berada pada garis lintang $23 \frac{1}{2}^{\circ}\text{S}$, disebut garis balik selatan. Pada waktu solstis, lamanya siang dan malam di tempat-tempat di muka bumi tidak sama, kecuali di ekuator.

D. Interior Bumi



Gambar 1.5 Interior bumi

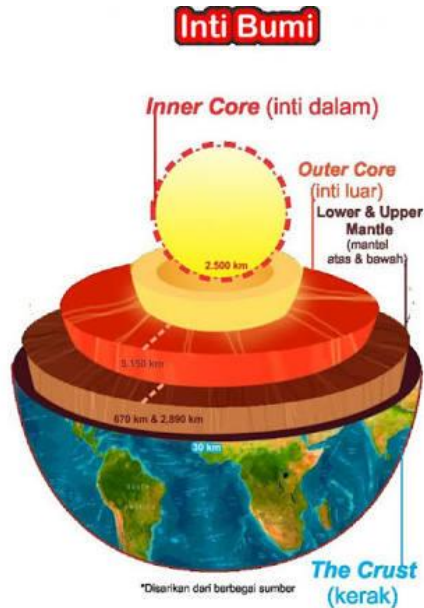
Bumi seperti bawang yang terdiri dari beberapa lapis. Planet bumi terdiri dari bola-bola konsentris yang dibagi menjadi 3 bagian lapisan utama, yaitu: inti bumi, mantel bumi, dan kerak bumi. Susunan interior bumi diketahui dari sifat-sifat informasi seismologi atau fisika bumi (geofisika). Sifat-sifat fisika yang dimaksud seperti gaya tarik (gravitasi), kemagnetan, kelistrikan, merambatkan gelombang (seismik), dan sifat fisika lainnya. Melalui sifat fisika ini, para ahli geofisika mempelajari susunan bumi, yaitu dengan metoda pengukuran gravitasi bumi (gaya tarik bumi), sifat kemagnetan bumi, sifat penghantar arus listrik, dan sifat menghantar gelombang seismik. Metoda seismik adalah salah satu metoda dalam ilmu geofisika yang mengukur sifat rambat gelombang seismik yang menjalar di dalam bumi.

Berdasarkan penyelidikan H. Jeffreys dan K. E. Bullen (1932-1942) yang mengacu pada penyelidikan E. Wiechert

(1890-an), Pada dasarnya, yang termasuk gelombang seismik yaitu gelombang Primer (P)/Longitudinal dan gelombang Sekunder (S)/Transversal. Sifat rambat kedua gelombang ini, sangat dipengaruhi oleh sifat rambat dari material yang dilaluinya. Gelombang P dapat menjalar pada material berfasa padat dan cair, sedangkan gelombang S tidak dapat menjalar pada materi yang berfasa cair. Perbedaan sifat rambat kedua gelombang ini dipakai untuk mengetahui jenis material dari interior bumi. Struktur dalam bumi dibedakan secara komposisi dan rheologi, yaitu sebagai berikut

1. Inti Bumi (*The Core*)

Inti bumi adalah lapisan bumi yang terletak paling dalam dibawah mantel bumi yang merupakan lapisan pusat bumi. Lapisan ini memiliki kedalaman 1.200 km (745 mil) dengan diameter 2.600-6.800 km. Lapisan inti bumi memiliki temperatur suhu sangat panas antara 3.000-5.000°C. Inti bumi terdiri dari 2 bagian, yaitu inti luar bumi (*outer core*) dan inti dalam bumi (*inner core*).



Gambar 1.6 Inti bumi

Inti luar bumi adalah lapisan yang melingkupi inti bumi bagian dalam. Inti luar mempunyai massa 30,8 %, kedalaman 2.880-4.980 km (1.789-3.094 mil), dan densitas antara 10,0 dan 12,3 gr/cm³. Unsur penyusunnya kaya akan besi (Fe) dan nikel (Ni) yang memiliki densitas besar berfasa cair pekat yang sangat panas. Inti luar panas merupakan fluida konduktif serta terjadinya gerakan konveksi. Perpaduan lapisan konduktif dan rotasi bumi, menghasilkan efek dynamo yang memelihara sistem kemagnetan bumi. Selain itu, inti luar bumi ini diduga sebagai penyebab munculnya medan magnet bumi dan bertanggung jawab untuk menghaluskan lonjakan rotasi bumi.

Inti dalam bumi adalah bagian bumi yang ada pada paling dalam dan inti dalam mempunyai batuan yang sama

dengan inti luar. Inti dalam dipisahkan oleh lapisan peralihan dengan kedalaman 5.140-6.371 km (3.193-3.958 mil), dan densitas lapisan inti dalam antara 13,3 dan 13,6 gr/cm³. Unsur penyusunnya terdiri dari besi (Fe) dan nikel (Ni) yang memiliki densitas besar berfasa padat, berat dalam keadaan pekat yang sangat panas, terlepas dari mantel, dan melayang di dalam inti luar yang melebur. Inti dalam mempunyai temperatur suhu yang panas hingga 4.800°C, dan inti dalam bumi dipercaya merupakan bagian paling penting dari bumi dan bagian padat akibat tekanan dan pendinginan.

2. Mantel Bumi (*The Mantle*)

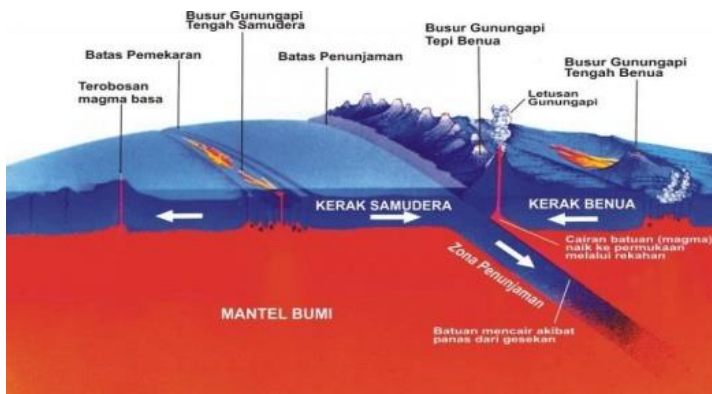
Mantel bumi adalah lapisan bumi yang terletak dibawah lapisan kerak bumi serta lapisan yang menyelubungi inti bumi. Mantel bumi memiliki kedalaman 2.900 km (1.801 mil). Lapisan ini merupakan bagian terbesar dari bumi, yang bervolume 82,3 % dan bermassa 67,8 %. Densitas dari lapisan ini berkisar dari 5,7 gr/cc di dekat inti, dan 3,3 gr/cc di dekat kerak bumi. Lapisan ini terdiri dari magma yang kental dan memiliki suhu panas antara 1.400-2.500°C. Mantel bumi terdiri dari 2 bagian, yaitu mantel atas (*top mantle*) dan mantel bawah (*under mantle*).

Mantel atas berada pada kedalaman 40-400 km (24-250 mil) yang biasa disebut litosfer, mempunyai massa 10,3 %, dan densitas 3,3-4,3 gr/cm³. Lapisan ini bersifat plastis dan semiplastis, karena suhu dan tekanannya berada pada kondisi setimbang. Lapisan ini mengandung 15,3 % massa mantel-kerak dan terdiri dari basa dan mineral. Fragmen dari lapisan ini pernah diamati pada sabuk pegunungan yang tererosi dan letusan gunung api. Mineral utama yang ditemukan yaitu olivine (Mg,Fe)₂ SiO₄ dan

pyroxene (Mg,Fe) SiO_3 . Mantel bumi bagian atas dan bawah dipisahkan oleh lapisan peralihan setebal ± 500 km.

Mantel bawah berada pada kedalaman 900-2700 km (559-1.677 mil), dan memiliki densitas 4,5-5,5 gr/cm^3 . Lapisan ini terdiri dari batuan senyawa padat MgO, SiO_2 , dan sebagainya, 80 % isi bumi dan 67 % massa bumi yang terletak pada mantel. Mantel bawah mengandung 72,9 % massa mantel-kerak dan komposisinya sebagian besar silikon (Si), magnesium (Mg), dan oksigen (O). Selain itu juga mengandung besi (Fe), kalsium (Ca), dan alumunium (Al). antara mantel bawah dan inti luar dipisahkan oleh lapisan peralihan setebal ± 80 km.

Daerah transisi (*mesosphere*) disebut lapisan subur (*fertile layer*), mengandung 11,1 %, mempunyai massa 7,5 %, dengan kedalaman 400-650 km (250-406 mil). Daerah transisi juga mengandung alumunium (Al), kalsium (Ca), dan garnet. Garnet merupakan mineral kompleks aluminum-bearing silikat. Adanya garnet pada lapisan ini menyebabkan mudah padat jika dingin dan mengapung jika meleleh, bisa naik ke lapisan lebih tinggi sebagai magma.



Gambar 1.7 Mantel bumi

3. Kerak Bumi (*The Crust*)

Kerak bumi adalah lapisan terluar dari bumi yang menjadi tempat hidup bagi makhluk hidup dan bumi yang yang kita pijak, tepat dibawah kaki kita. Kerak bumi mempunyai kedalaman 15-40 km (9-24 mil). Lapisan ini tersusun atas tanah dan batuan, batuanannya seperti batuan SIMA (Si dan Mg) yang berupa batuan basalt agak menipis karena di atasnya terdapat batuan granit yang bersifat SIAL (Si dan Al). lihat gambar. Batuan basalt mempunyai densitas $\pm 2,85 \text{ gr/cm}^3$, sedangkan granit $2,65 \text{ gr/cm}^3$.

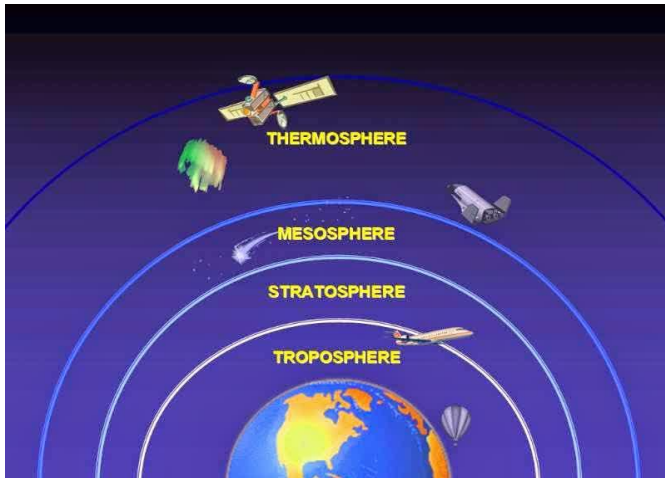
Dibawah kerak bumi terdapat lapisan MOHO yaitu lapisan peralihan yang mempunyai perubahan sifat-sifat fisis yang tajam antara kerak bumi dan lapisan mantel, terutama densitas dan elastisitas batuan. Lapisan MOHO ditemukan oleh ahli geologi bernama Mohorovicic pada tahun 1909. Pada gambar. Terlihat bahwa kerak bumi yang bersifat padat seolah-olah mengapung di atas lapisan astenosfer yang bersifat cairan pekat. Kerak bumi merupakan bagian dari litosfer dan terdiri dari kerak benua (*continental crust*) dan kerak samudera (*oceanic crust*).

Kerak benua merupakan lapisan bagian terluar dari bumi dan berupa *crystalline*. Kerak benua disebut sebagai lapisan granitis karena penyusun utama batuanannya terdiri dari batuan yang banyak mengandung granit di bagian atasnya dan batuan beku basalt dibagian bawahnya, kerak ini yang merupakan benua. Kerak benua mengandung 0,554 % massa mantel-kerak. Kerak benua tersusun oleh mineral yang kaya akan SIAL (Si dan Al) berdensitas rendah, didominasi oleh kwarsa (SiO_2) dan *feldspars* (*metal-poor silicates*). kedalaman lapisan ini sekitar 30-80 km, densitas rata-rata $2,8 \text{ gr/cm}^3$ dan massanya $17,39 \times 10^{21} \text{ kg}$. lapisan ini terdapat batuan dingin yang mengalami

deformasi secara perlahan, lapisan ini disebut sebagai lapisan yang kuat (*lithosphere*).

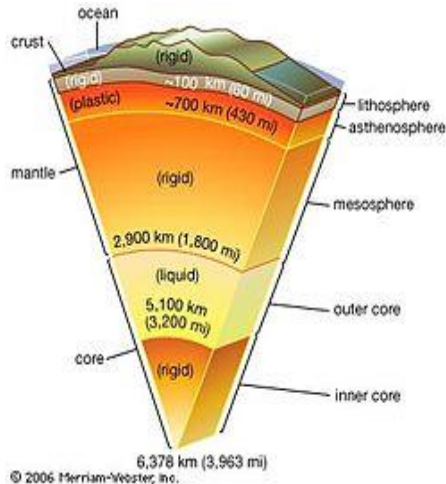
Kerak samudera merupakan benda padat yang terdiri dari endapan di laut pada bagian atas, kemudian di bawahnya batuan-batuan vulkanik, dan yang paling bawah tersusun dari batuan beku gabro dan peridotit, serta ketak ini menempati dasar samudera. Kerak samudera tersusun oleh mineral yang kaya akan SIMA (Si, Fe, dan Mg). kerak ini mempunyai kedalaman sekitar 5-15 km, densitas rata-rata $2,9 \text{ gr/cm}^3$ dan bermassa $7,71 \times 10^{21} \text{ kg}$. kerak samudera sebagian besar terdiri dari jenis lapisan basalt karena batuan penyusunnya bersifat basaltik. Kerak samudera mengandung 0,147 % masa mantel-kerak. Sebagian besar kerak bumi terbentuk melalui aktivitas vulkanik. Sistem Punggung Samudera (*Oceanic Ridge System*), yaitu sebuah jaringan gunung api dengan selebar 40.000 km (25.000 mil), membentuk kerak samudera baru dengan kecepatan 17 km^3 per tahun, menutupi lantai samudera dengan basalt. Contoh akumulasi ongkongan basalt yaitu Hawaii dan Iceland. Kerak benua dan samudera adalah permukaan bumi yang merupakan bagian terdingin dari planet lain.

Berdasarkan sifat-sifat gelombang seismik dan kajian reologi, struktur lapisan bumi ada 3 bagian, yaitu litosfer, astenosfer dan mesosfer. Pembahasan dari ketiga lapisan adalah sebagai berikut:



Gambar 1.8 Bagian bagian bumi

- a. Litosfer, adalah lapisan kerak bumi yang paling luar dan terdapat batuan yang lebih dingin, kuat, dan kaku (*rigid*) dibanding astenosfer yang plastis. Lapisan terluar yang keras ini meliputi mantel bagian atas dan seluruh kerak bumi. Komposisi mantel dan kerak sangat berbeda, namun bedanya terletak pada litosfer dan astenosfer adalah kuat batuan bukanlah komposisinya. Lapisan ini mempunyai ketebalan 1200 km dan berat jenis rata-rata $2,8 \text{ gr/cm}^3$. Umumnya lapisan ini terjadi dari senyawa kimia yang kaya akan SO_2 , sehingga lapisan litosfer ini sering dinamakan lapisan silikat.



Gambar 1.9 Litosfer

Litosfer disebut juga kulit bumi yang tersusun dari beberapa lapisan, yaitu:

1. Lapisan Sial, yaitu lapisan yang tersusun oleh logam silisium dan aluminium, senyawanya dalam bentuk SiO_2 dan Al_2O_3 . Pada lapisan ini terdapat batuan sedimen, granit andesit/jenis-jenis batuan metamor, dan batuan lain yang terdapat di daratan benua. Lapisan sial/lapisan kerak mempunyai sifat padat dan batu bertebaran rata-rata 35 km.
2. Lapisan Sima, yaitu lapisan yang tersusun oleh logam silisium dan magnesium dalam bentuk senyawa SiO_2 dan MgO . Berat jenis lapisan ini lebih besar daripada lapisan sial, karena mengandung Fe dan Mg yaitu mineral ferro Mg dan batuan basalt. Lapisan ini bahannya bersifat elastis dan mempunyai ketebalan rata-rata 65 km.
- b. Astenosfer/Lapisan Antara, yaitu lapisan yang bahannya cair akan tetapi bersifat plastis, sehingga