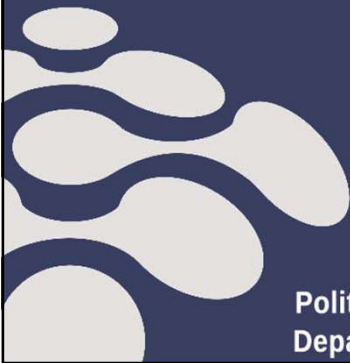


Sistem Informasi Geografis

Sistem Koordinat Peta

Oleh: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
2017



Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Departemen Teknik Informatika dan Komputer

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Tujuan Perkuliahan

- Mahasiswa memahami bentuk permukaan bumi
- Mahasiswa memahami tentang sistem koordinat peta



Departemen Teknik Informatika & Komputer

Bentuk Permukaan Bumi (1)

- Objek² spasial di permukaan bumi (jalan, sungai, batas² pulau, danau, administrasi, dll) harus **bereferensi geografis**, sehingga direpresentasikan dengan **koordinat bumi**, bukan sistem koordinat lokal atau sembarang.



Bentuk Permukaan Bumi (2)

Geodesi

- Untuk memahami referensi geografis, transformasi bentuk bumi dan sistem koordinat, perlu mengenal istilah² spt: **geodesi**, **datum**, **geoid**, **elipsoid**, dll.
- Pembahasan² mengenai bentuk bumi, elipsoid, datum geodesi, sistem koordinat dan proyeksi tidak dapat dipisahkan dr ilmu **geodesi**.
- **Geodesi** : bidang ilmu yang mempelajari bentuk dan ukuran permukaan bumi, menentukan posisi (koordinat) titik-titik, panjang, dan arah garis permukaan bumi, termasuk mempelajari medan gravitasi bumi.
- **Datum Referensi**: suatu permukaan yg diketahui dan bernilai konstan untuk menggambarkan lokasi titik² yg tidak diketahui pd permukaan bumi. Biasanya berupa rata-rata permukaan air laut.



Bentuk Permukaan Bumi (3)

Geodesi

- Geodesi pd umumnya terbagi 2:
 - **Geodesi Geometris:**
membahas bentuk & ukuran bumi, penentuan posisi titik (koordinat), panjang dan arah garis bumi.
 - **Geodesi Fisis:**
membahas medan gravitasi bumi (juga menentukan bentuk bumi).



Bentuk Permukaan Bumi (4)

Geodesi

- Untuk representasi bentuk permukaan bumi beserta posisi²nya digunakan **datum geodesi, proyeksi peta, sistem referensi koordinat** yg telah dikembangkan.
 - **Datum (geodetik):** sekumpulan konstanta yang menentukan sistem koordinat dan menyatakan posisinya terhadap permukaan bumi, yang digunakan sebagai titik kontrol geodesi.
 - **Proyeksi peta:** metode untuk mengubah dari permukaan lengkung (3D) menjadi permukaan datar (2D).
 - **Sistem Koordinat:** sekumpulan aturan yang menentukan bagaimana koordinat-koordinat pada peta direpresentasikan berupa titik-titik koordinat.



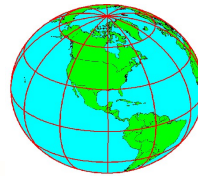
Bentuk Permukaan Bumi (5)

- Representasi permukaan bumi ini sangat diperlukan manusia untuk aktivitas spt survey, pemetaan dan navigasi.
- Melalui sejarah panjang, “gambaran” atau konsep bentuk bumi telah jauh meningkat lebih baik (mendekati kondisi sebenarnya), misal mulai dari model bumi yg datar, model cakram hingga **ellips putar (ellipsoid)**.
- Untuk memahami **geoid** dan **ellipsoid**, maka perlu mengetahui bentuk bumi sebenarnya.

Kita menganggap bentuk bumi itu bulat (sphere)



Sebenarnya bentuk bumi adalah **spheroid (ellipsoid)**, radius pada equator sedikit lebih besar dari kutub-kutub



Bentuk Permukaan Bumi (6)

Model-Model Geometrik Bentuk Bumi

- “Gambaran” atau geometrik bumi berdasar konsep manusia dari abad-ke-abad sebagai berikut:

1. Tiram / oyster atau cakram yg terapung di permukaan laut (konsep bumi dan alam semesta menurut bangsa babilon ± 3000 tahun SM).
2. Lempong datar (Hecateus, bangsa Yunani kuno pd ± 500 SM).



3. Kotak persegi panjang (anggapan para Geograf Yunani kuno pd ± 500 SM – awal ± 400 SM)
4. Piringan lingkaran atau cakram (bangsa Romawi)



The world is an island, a flat disk, with Greece as its center, surrounded by the world ocean. The map of Hecataeus - 6th Century BC.

5. Bola (bangsa Yunani kuno: Pythagoras (± 495 SM), Aristoteles membuktikan bentuk bola bumi dgn 6 argumennya (± 340 SM), Archimedes (± 250 SM), Erasthones (± 250 SM))



Bentuk Permukaan Bumi (7)

6. Buah jeruk asam / lemon (J. Cassini (1683 – 1718))
 7. Buah jeruk manis / orange (ahli fisika: Hyugens (1629 – 1695) dan Isac Newton (1643 – 1727))
 8. **Ellips Putar** (french academy of sciences (didirikan pd 1666))
- Hasil pengamatan terakhir ini yg membuktikan bahwa model geometrik yg paling tepat utk merepresentasikan bentuk bumi adalah **elipsoid (elips putar)**.
 - Hasil ini banyak terbukti sejak abad 19 hingga 20 (by Everest, Bessel, Clarke, Hayford, hingga U.S Army Map Service).
 - Model bumi **elipsoid** ini sangat diperlukan untuk perhitungan **jarak** dan **arah** (sudut jurusan) yg akurat dgn jangkauan yg sangat jauh, contohnya receiver GPS.



Bentuk Permukaan Bumi (7)

Elipsoid Referensi

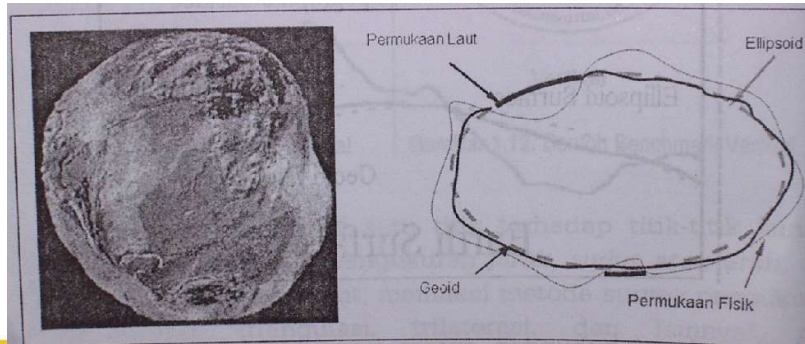
- Salah satu tugas **geodesi** adalah menentukan **koordinat titik²**, **jarak** dan **arah** di permukaan bumi.
- Untuk itu diperlukan adanya suatu **bidang hitungan**.
- Karena permukaan bumi yg **tidak rata/teratur**, maka **tidak dapat** dijadikan sbg bidang hitungan geodesi.
- Agar bisa untuk kebutuhan hitungan, maka permukaan fisik bumi **diganti** dgn **permukaan yg teratur**, dgn **bentuk dan ukuran yg mendekati bumi**.
- Permukaan yg dipilih adalah bidang permukaan yg mendekati bentuk dan ukuran **geoid**.
- **Geoid** : bentuk dan ukuran permukaan bumi yg diambil dari permukaan air laut rata-rata.



Bentuk Permukaan Bumi (8)

Elipsoid Referensi

- **Geoid**: bentuk permukaan bumi, yg berada pd ketinggian permukaan air laut rata-rata dlm keadaan tenang. → memiliki bentuk mendekati ellips putar dgn sumbu pendek sebagai sumbu putar.
- Bentuk geoid tak teratur krn perbedaan densitas massa dlm bumi.

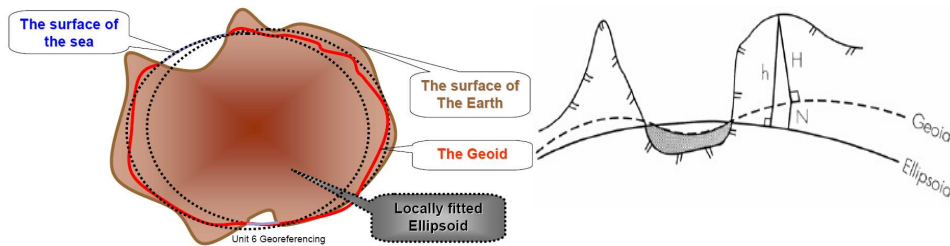


Bentuk Permukaan Bumi (9)

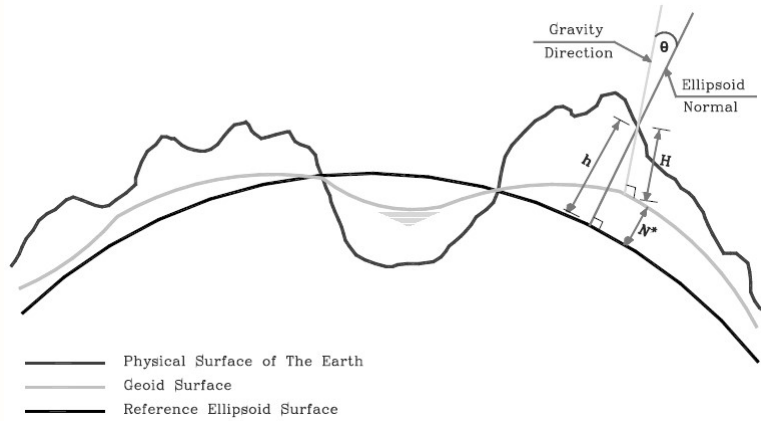
Elipsoid Referensi: Geoid

• Elipsoid Referensi: Geoid

- **Geoid** memiliki bentuk yg sangat mendekati ellips putar, dgn sumbu pendek sbg sumbu putar yg berimpit dgn sumbu putar bumi.
- **Elipsoid** ini sbg pengganti **geoid**, yg kemudian digunakan sbg bidang hitungan dlm geodesi, yg selanjutnya lebih dikenal sbg **elipsoid referensi** (permukaan referensi geometrik)

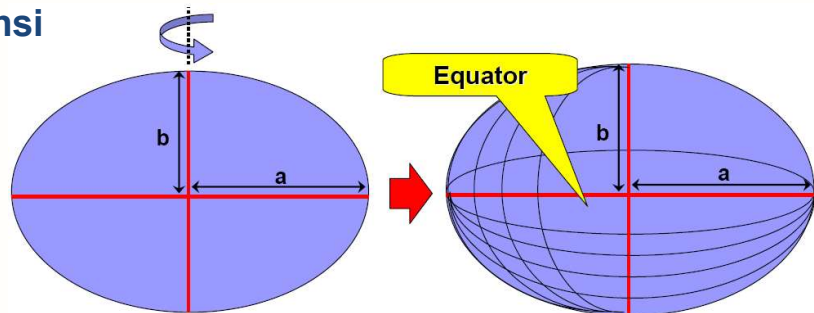


Bentuk Permukaan Bumi (9)



Bentuk Permukaan Bumi (10)

• Ellipsoid Referensi



flattening (penggepengan): $f = \frac{a-b}{a}$

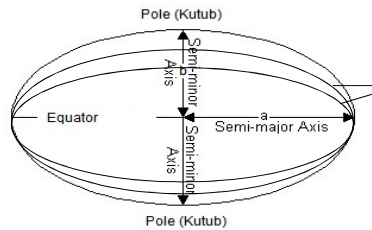
first eccentricity squared: $e^2 = 2f - f^2$
(eksentrisitas)



Bentuk Permukaan Bumi (11)

• Ellipsoid Referensi

- **Ellipsoid**: hasil ellips putar dgn sumbu semiminornya sebagai sumbu putar.



Parameter² Ellipsoid:

a - semi-major axis

b - semi-minor axis

f = $(a-b)/a$

(flattening/penggepengan)

Digunakan untuk menentukan

datum: titik referensi

Untuk pemetaan skala besar

- **Ellipsoid referensi** didefinisikan dgn nilai jari² **equator (a)** dan **penggepengan (f)** ellips putarnya.
- Sedang, parameter lain spt **sumbu pendek (b)**, **eksentrisitas (e)** dpt dihitung (diturunkan) dari dua nilai parameter pertama diatas.



Bentuk Permukaan Bumi (12)

Ellipsoid Referensi

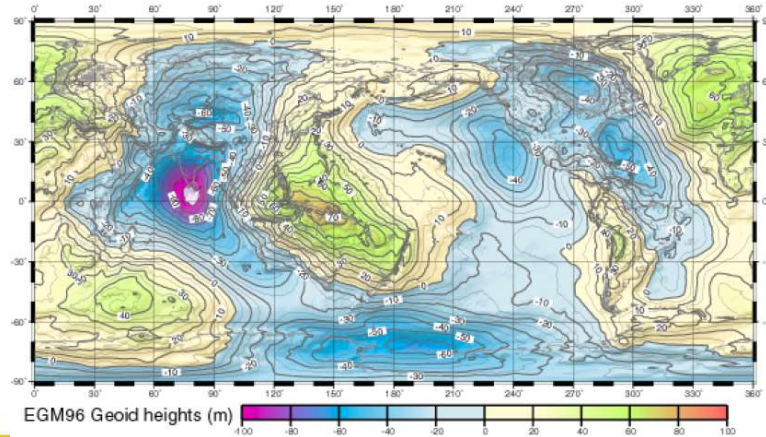
Beberapa Ellipsoid Standard:

Ellipsoid	Major-Axis (a) meter	Minor-Axis (b) meter	Flattening Ratio (f)
Clarke (1866)	6.378.206	6.356.584	1/294,98
GRS80	6.378.137	6,356,752	1/298,57
Dan lain-lain			



Bentuk Permukaan Bumi (12)

An example: a global map with the height of the Geoid relative to the GRS80 ellipsoid.



Bentuk Permukaan Bumi (13)

• Ellipsoid Referensi

- Karena kondisi fisik permukaan bumi (bentuk geoid) beserta faktor lain pd suatu lokasi/negara **tidak sama**, maka tidak semua negara menggunakan ellipsoid yg sama.
- Sehingga banyak dijumpai **ellipsoid referensi**.



Bentuk Permukaan Bumi (14)

• **Ellipsoid Referensi**

- Beberapa kategori ellipsoid berdasar coverage areanya meliputi:
 - Jika ellipsoid referensi yg digunakan dipilih berdasarkan kesesuaian (sedekat mungkin) dgn bentuk **geoid lokalnya** (relatif tidak luas), maka disebut sbg **ellipsoid lokal**.
 - Jika ellipsoid referensi yg digunakan dipilih sesuai dgn bentuk **geoid** untuk **daerah** yg relatif **luas (tingkat regional)**, maka disebut **ellipsoid regional**.
 - Jika ellipsoid referensi yg digunakan dipilih sesuai/mendekati dgn bentuk **geoid** untuk **keseluruhan permukaan bumi**, maka disebut **ellipsoid global**.



Bentuk Permukaan Bumi (15)

Datum Geodesi

- **Datum** digunakan untuk mendefinisikan **sistem koordinat**.
- Didefinisikan dgn ellipsoid dan sumbu dari perputaran.
- secara umum, **datum** merupakan **besaran²** atau **konstanta²** sbg referensi / dasar (basis) yg digunakan untuk menentukan hitungan besaran² yg lain.
- **Datum geodesi** : sekumpulan konstanta yg digunakan untuk **mendefinisikan sistem koordinat** yg digunakan untuk **kontrol geodesi** (misal. untuk penentuan **hitungan kordinat²** titik dipermukaan bumi).
- Paling sedikit diperlukan **8 konstanta (besaran)**.
- Datum tiap wilayah/negara **berbeda**.
- Itulah sebabnya negara² didunia mengembangkan kondisi ellipsoidnya sendiri scr lokal.



Bentuk Permukaan Bumi (16)

Datum Geodesi

- Untuk mendeskripsikan datum geodesi secara lengkap, minimal diperlukan **8 besaran**:
 1. 3 Konstanta (X_0, Y_0, Z_0) : untuk mendefinisikan titik awal sistem koordinat.
 2. 3 besaran : untuk menentukan arah sistem koordinat.
 3. 2 Besaran lain (setengah sumbu panjang (a) dan pengepengan (f)) : untuk mendefinisikan dimensi ellipsoid yg digunakan.



Bentuk Permukaan Bumi (16)

Datum Geodesi

- Datum dapat ditentukan dgn 3 cara:
 1. Datum Lokal
 2. Datum Regional
 3. Datum Global
- Pd prinsipnya, ellipsoid dikatan baik jika selisih jarak antara **ellipsoid** dgn **geoid** relatif kecil (± 30 m dan tdk lebih dari 100 m).



Bentuk Permukaan Bumi (17)

1. Datum Lokal:

Datum Lokal : datum geodesi yg menggunakan ellipsoid referensi yg dipilih sedekat mungkin (paling sesuai) dgn bentuk **geoid lokal (relatif tidak luas)** yg di petakan.

Datum lokal seperti:

- Datum Genoeck:
- Datum SNI (Speroid Nasional Indonesia)
- Datum DGN-95 (Datum Geodesi Nasional 1995)
- Datum Bukit Rimpah (utk: kepulauan Bangka, Belitung, dan sekitarnya)
- Datum Gunung Segara (pulau Kalimantan dan sekitarnya)
- Di negara lain: Kertau 1948 (Malaysia bagian barat Singapura), Hutzushan (Taiwan), Luzon (Filipina), Indian (India, Nepeal, dan Bangladesh)
- ...dan masih banyak lagi.



Bentuk Permukaan Bumi (18)

2. Datum Regional:

Datum Regional : datum geodesi yg menggunakan ellipsoid referensi yg dipilih sedekat mungkin (paling sesuai) dgn bentuk geoid untuk area yg **relatif luas (regional)**.

- Datum regional digunakan bersama2 oleh beberapa negara yg berdekatan hingga negara² yg berada dlm 1 benua yg sama.
- Contoh:
 - Indian adalah salah satu datum regional yg digunakan bersama oleh 3 negara.
 - Datum Amerika Utara 1983 (NAD83) digunakan bersama oleh negara² di benua Amerika bagian utara.
 - European Datum 1989 (ED89) digunakan bersama oleh negara² di benua Eropa.
 - Australian Geodetic Datum 198 (AAGD98) digunakan bersama oleh negara² yg terletak dibenua Australia.
- Dikarenakan problem penggunaan datum yg **berbeda** antar negara (area)yg bersebelahan (spt penentuan batas wilayah perairan/daratan dgn tetangganya) maupun krn perkembangan teknologi penentuan posisi itu sendiri yg mengalami kemajuan pesat, maka penggunaan datum mengarah pd **globalisasi**.
- Akhirnya digunakan **datum global** sbg pengganti datum lokal atau regional.



Bentuk Permukaan Bumi (19)

3. Datum Global:

Datum Global : datum geodesi yg menggunakan ellipsoid referensi yg dipilih sedekat mungkin (paling sesuai) dgn bentuk geoid untuk area **seluruh permukaan bumi**.

Datum Global seperti:

- WGS60
- WGS66
- WGS72



Bentuk Permukaan Bumi (20)

Beberapa Datum lain:

- **NAD27** (North American Datum of 1927) menggunakan ellipsoid **Clarke (1866)** pada sumbu rotasi non geosentris
- **NAD83** (NAD,1983) menggunakan ellipsoid **GRS80** pada sumbu rotasi geosentris
- **WGS84** (World Geodetic System of 1984) menggunakan ellipsoid **GRS80**, hampir sama dengan **NAD83**



Sistem Koordinat (1)

- Digunakan untuk mengidentifikasi lokasi pada bumi secara akurat.
- Didefinisikan sebagai
 - Origin (prime meridian, datum)
 - Titik koordinat (x,y,z)
 - Unit (sudut:derajat,radian; panjang:meter,feet)



Sistem Koordinat (2)

- **Sistem koordinat** merupakan sekumpulan aturan yg menentukan bagaimana koordinat² yg bersangkutan merepresentasikan titik².
- Aturan tsb berupa **titik asal (origin)** beserta bbrp **sumbu koordinat** untuk mengukur **jarak & sudut** sehingga menghasilkan **koordinat**.
- Sistem koordinat scr umum dibagi 2:
 1. **Sistem koordinat 2 D**
 2. **Sistem Koordinat 3 D**



1. Sistem Koordinat: 2D

1. Sistem Koordinat 2D, yg dpt diterima scr meluas:

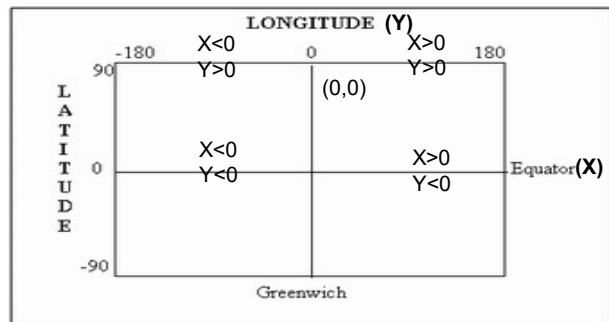
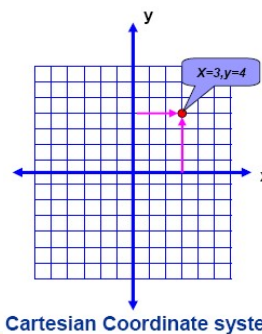
- 1) Sistem koordinat kartesian (Sistem Koordinat Siku²), dan
- 2) Sistem koordinat Polar



1. Sistem Koordinat: 2D

1) Sistem koordinat kartesian (Sistem Koordinat Siku²):

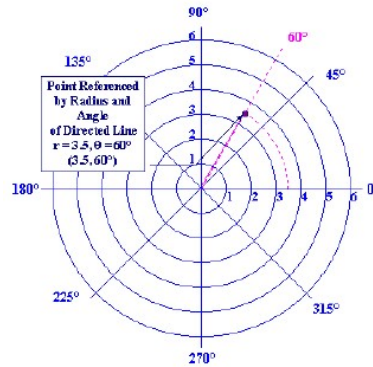
- Tersusun atas garis lurus/kurva yg saling berpotongan tegak lurus.
- **Sumbu ordinat Y:** mewakili arah utara
- **Sumbu absis X:** mewakili arah Timur.



1. Sistem Koordinat: 2D

2) Sistem koordinat Polar:

- Mendefinisikan posisi menggunakan komponen **jarak & sudut**.



Polar Coordinates in a Plane



2. Sistem Koordinat: 3D

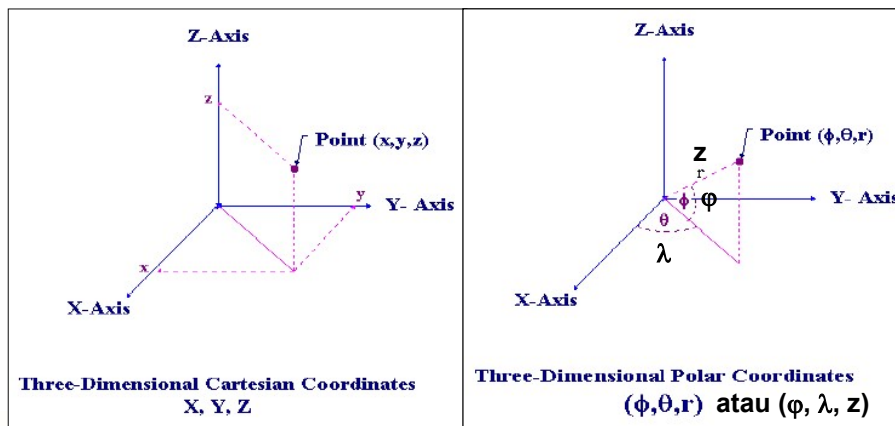
2. Sistem Koordinat 3D yg biasa digunakan:

- Sistem Koordinat Kartesian (Global Cartesian):** koordinat (x,y,z) untuk seluruh permukaan bumi.
Koord. z pada **kartesian** didefinisikan secara **geometri**.
- Sistem Koordinat Polar / Geografis (Geographic):** menggunakan 2 sudut dan 1 tinggi (koordinat (ϕ, λ, z)).
Koord. z pada **geografis** didefinisikan secara **gravitationally**.



2. Sistem Koordinat: 3D

Sistem koordinat **kartesian** dan **polar / geografis 3 D:**

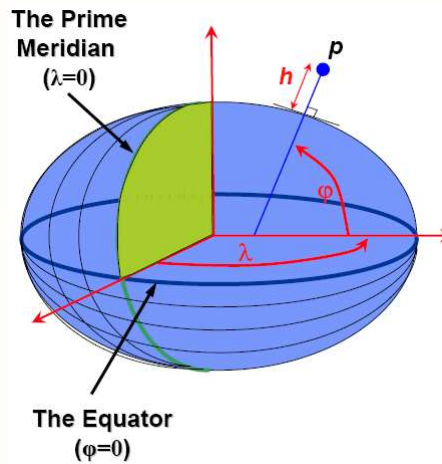


2. Sistem Koordinat: 3D

2. Sistem Koordinat Geographic (ϕ , λ , z) :

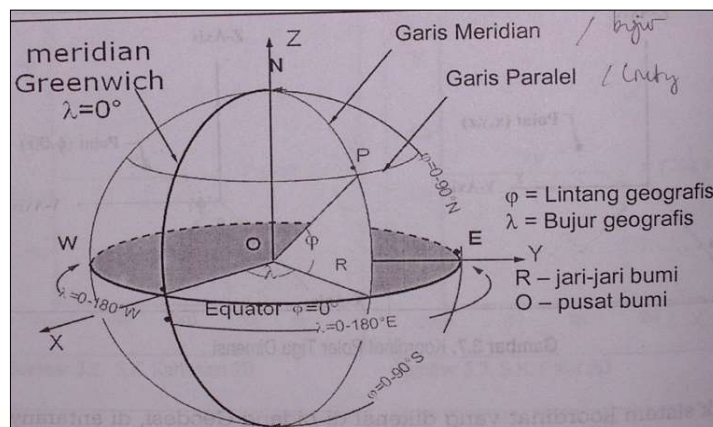
- **Latitude** (ϕ) dan **Longitude** (λ) didefinisikan dengan **elipsoid**, suatu sudut berbentuk ellips yang diputar pada sumbu.
- **Elevasi** (z) didefinisikan dengan **geoid**, suatu bentuk permukaan dari konstanta potensial gravitasi.
- Earth datums didefinisikan dengan nilai² standar dari elipsoid dan geoid.

2. Sistem Koordinat: 3D



2. Sistem Koordinat: 3D

2. Sistem Koordinat Geografis (Lat ϕ , Long λ) atau (Lintang ϕ , Bujur λ) :



2. Sistem Koordinat: 3D

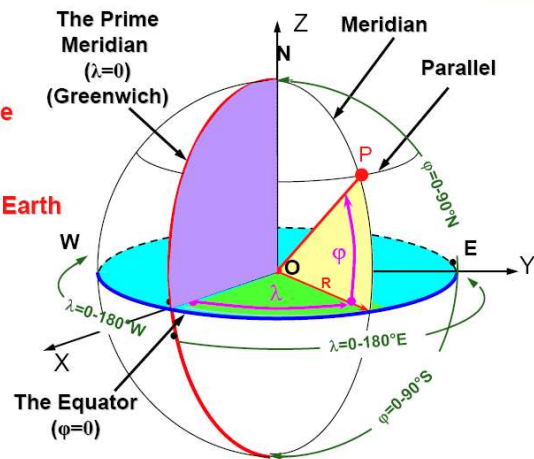
2. Sistem Koordinat Geografis
(Lat ϕ , Long λ) /
(Lintang ϕ , Bujur λ) :

λ - Geographic longitude

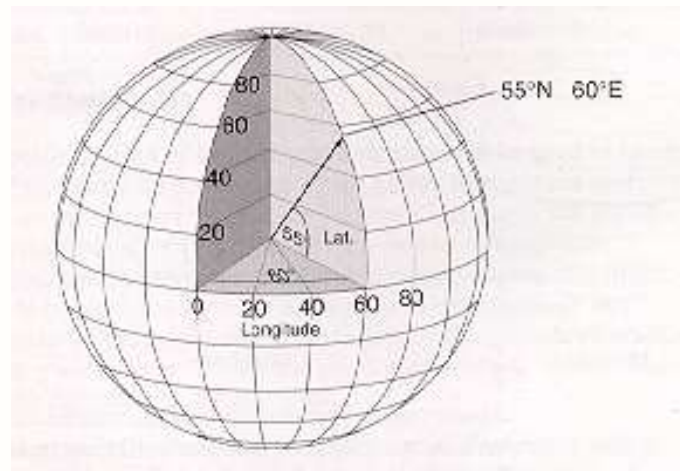
ϕ - Geographic latitude

R - Mean Radius of the Earth

O - The Geo-Center



2. Sistem Koordinat: 3D



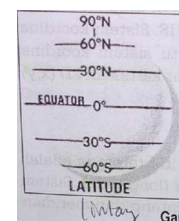
Lintang - Bujur

- Untuk memudahkan menentukan suatu letak wilayah di bumi para ahli membagi-bagi wilayah bumi dgn 2 buah garis:
 - **Latitude (garis lintang)**, dan
 - **Longitude (garis bujur)**



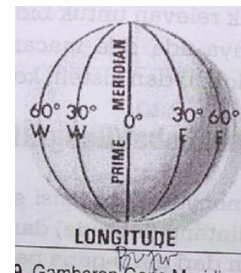
Lintang – Bujur: Latitude (Garis Lintang)

- Suatu garis yg memotong bumi menjadi 2 belahan yaitu **utara** dan **selatan**, dgn tengah2nya dinamakan garis **equator**.
- Sehingga dikenal belahan bumi sebelah atas dari garis equator disebut **u**, dan wilayah bumi yang berada dibawah garis equator disebut **lintang selatan**.
- Masing-masing belahan dibagi menjadi beberapa garis/bagian yg besarnya dinyatakan dalam **derajat, menit dan detik**.



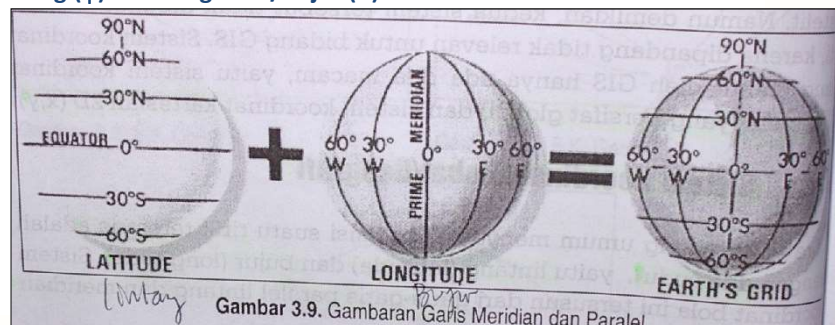
Lintang – Bujur: Longitude (Garis Bujur)

- Suatu garis yang memotong bumi menjadi 2 bagian yaitu **barat** dan **timur**, dgn tengah2nya disebut **prime meridian**, sehingga dikenal wilayah bumi yang berada disebelah kiri prime meridian disebut **bujur barat** dan wilayah bumi yang berada disebelah kanan prime meridian disebut **bujur timur**.
- Masing-masing belahan dibagi menjadi beberapa garis/bagian dimana besarnya masing-masing bagian dinyatakan dalam **derajat, menit dan detik**.



Lintang – Bujur

- Titik pertemuan antara kedua garis lintang dan garis bujur disebut **koordinat**.
- Sehingga untuk mencari lokasi suatu wilayah dipermukaan bumi sangat mudah bila diketahui koordinat wilayah tersebut.
- **Sistem Referensi Latitude/Lintang (ϕ) dan Longitude/Bujur (λ):**



Gambar 3.9. Gambaran Garis Meridian dan Paralel



Meridian Utama (Prime Meridian)

- Pada tahun 1884, disepakati meridian Royal Observatory di Greenwich (Inggris) sbg **meridian utama (prime meridian)**
- Sehingga perpotongan garis meridian utama dan equator memiliki **koordinat geografi (0,0)**.



Masih Meridian Utama (Prime Meridian)...

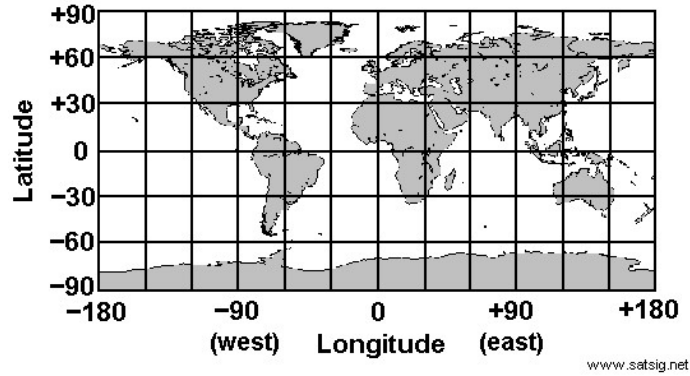


Meridian Room (or Cassini Room) at the Paris Observatory. The Paris Meridian is traced on the floor.



Masih Meridian Utama (Prime Meridian)...

- Proyeksi Peta:



Sistem Koordinat Latitude - Longitude

Sistem Referensi Latitude/Lintang (ϕ) dan Longitude/Bujur (λ)

- **Latitude ϕ** : sudut dari garis equator
- **Longitude λ** : sudut dari garis meridian Greenwich
- **Format posisi:**
 - hddd.ddddd°
 - hddd°mm.mmm'
 - hddd°mm'ss.s''
 - dll.
- **Contoh:**
 - Surabaya: S 07.23726°, E 112.73898°
 - Surabaya: S 07°14.2361', E 112°44.339'
 - Surabaya: S 07°14'14.1", E 112°44'20.3''



Panjang pada Meridian dan Parallel

(Lat, Long) = (ϕ , λ)

Length on a Meridian:

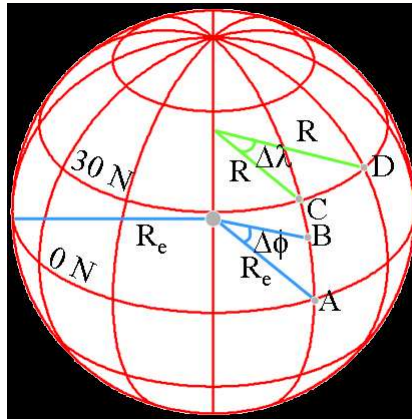
$$AB = R_e \Delta\phi$$

(same for all latitudes)

Length on a Parallel:

$$CD = R \Delta\lambda = R_e \Delta\lambda \cos \phi$$

(varies with latitude)



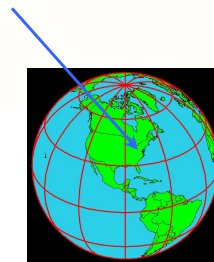
Penghitungan Jarak pada Permukaan Bumi

Contoh: Berapa panjang 1° pada meridian dan parallel pada titik N 30°, W 90°?

Radius bumi = 6370 km

Jawab:

- Sudut 1° diubah menjadi radians
 π radians = 180° → 1° = $\pi/180 = 3.1416/180 = 0.0175$ radians
- Pada meridian, $\Delta L = R_e \Delta\phi = 6370 * 0.0175 = \mathbf{111 \text{ km}}$



- Pada parallel, $\Delta L = R_e \Delta\lambda \cos \phi$
 $= 6370 * 0.0175 * \cos 30$
 $= \mathbf{96.5 \text{ km}}$

Soal Latihan

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan system koordinat kartesian !
2. Jelaskan apa yang dimaksud dengan system koordinat geographic !
3. Hitung berapa panjang antara titik: (Radius bumi = 6370 km)
 - N 50°, W 90° dan N 55°, W 90°
 - N 50°, W 90° dan N 50°, W 85°
 - S 50°, E 90° dan S 57°, E 90°
 - S 50°, E 90° dan S 50°, E 87°



Referensi

1. Wilpen L. Gorr & Kristen S. Kurland, GIS Tutorial Basic Workbook, Esri Pers, 2008
2. Eddy Prahasta, Tutorial ArcGIS, Informatika, 2015



bridge to the future

<http://www.eepis-its.edu>

