

BAHAN AJAR

GEOLOGI KUARTER

GS 5320



Disusun oleh:
T. Listyani R.A., S.T., M.T.

PROGRAM STUDI TEKNIK GEOLOGI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL
YOGYAKARTA

2010

HALAMAN PENGESAHAN

BAHAN AJAR

GEOLOGI KUARTER

GS 5320



Yogyakarta, Juli 2010

Dosen Pengampu



(T. Listyani R.A., S.T., M.T.)
NIK. 1973 0077



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan YME atas selesainya penyusunan bahan ajar untuk mata kuliah Geologi Kuarter pada tahun 2010. Mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib dengan kode GS 5320, bobt 2 sks, yang diajarkan pada mahasiswa Teknik Geologi S1, STTNAS Yogyakarta pada semester 5.

Bahan ajar ini merupakan rangkuman materi berisi berbagai macam materi geologi glasiasi, yang terjadi pada Jaman Kuarter. Hal-hal yang dibahas dalam bahan ajar ini antara lain geomorfologi, stratigrafi, struktur geologi, vulkanisme, tektonik, serta sumberdaya alam dan bencana alam maupun beberapa hal tentang penelitian geologi Kuarter.

Dengan selesainya bahan ajar ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Ketua STTNAS Yogyakarta.
2. Ketua Jurusan Teknik Geologi, STTNAS Yogyakarta beserta staf.
3. Segenap rekan dosen, asisten maupun mahasiswa yang membantu penyusunan bahan ajar ini.

Semoga bahan ajar ini bisa menjadi pegangan mahasiswa dalam menempuh mata kuliah Geologi Kuarter dengan baik.

Yogyakarta, Juli 2010

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman:
BAB I	PENGERTIAN GEOLOGI KUARTER 1
BAB II	GLASIASI JAMAN KUARTER 10
BAB III	DATING BATUAN 16
BAB IV	MORFOLOGI KUARTER 31
BAB V	SEDIMENTASI DAN STRATIGRAFI KUARTER 48
BAB VI	AKTIVITAS VULKANIK DAN PRODUKSINYA 55
BAB VII	GEODINAMIKA KUARTER 60
BAB VIII	GEOLOGI KUARTER DAN BENCANA ALAM 70
BAB IX	PENELITIAN GEOLOGI KUARTER 72
BAB X	TEKNOLOGI PEMOTRETAN UDARA DALAM PROSES PEMETAAN DASAR 79
BAB XI	PENDAYAAN TEKNOLOGI GIS/SIG UNTUK PENGEMBANGAN POTENSI SUMBER DAYA ALAM DI INDONESIA 87
DAFTAR PUSTAKA 94

BAB I PENGERTIAN GEOLOGI KUARTER

1.1. Posisi Kwartar dalam Sejarah Geologi

Sebelum kita masuk ke Jaman Kwartar maka lebih dulu kita harus memahami posisi jaman itu dalam sejarah geologi. Jaman Kwartar, bersama dengan Tersier merupakan bagian dari Masa Kenozoik.

Kenozoikum terdiri dari Tersier dan Kwartar, yang masing-masing dibagi lagi menjadi kala. Daerah tipe Tersier adalah Cekungan Paris yang untuk pertama diteliti oleh Deshays. Berdasarkan penelitian Deshays maka dilakukan pembagian Tersier dan Kwartar (Tabel 1.1).

Tabel 1.1. Pembagian Masa Kenozoik.

Jaman	Kala	Arti kata	Umur (juta th y)	Prosentase binatang hidup sekarang	
Kwartar	Holosen	Holos (sama sekali, utuh); kainos (baru, hanya mengandung kehidupan sekarang)		100	
	Plistosen	Pleistos (terlebih-lebih); kainos	±2	90 - 100	
Tersier	Neogen	Pliosen	Pleion (lebih); kainos	2 - 5	50 - 90
		Miosen	Meios (kurang); kainos	5 - 23	20 - 40
	Paleogen	Oligosen	Oligos (sedikit); kainos	23 - 37	10 - 15
		Eosen	Eos (fajar); kainos	37 - 55	1 - 5
		Paleosen	Palaios (kuno); kainos	55 - 65	0

Dasar pembagian Kenozoikum :

1. Molluska : metoda prosentase (seperti Tabel 1.1).
2. Korala : metoda prosentase.
3. Vertebrata.
4. Foraminifera : besar dan kecil
5. Nannoplankton
6. Diatomae.

Kehidupan golongan reptilia kebanyakan punah, yang dapat bertahan hingga jaman sekarang tinggal yang kecil-kecil saja, kecuali buaya, ular sanca, ular boa, varanus komodoensis, dan sebagainya. Golongan mamalia mulai berkembang dan akan menguasai Masa Kenozoikum. Pada Kala Plistosen mereka ini mengalami kemunduran, yang akan diganti oleh manusia yang telah muncul.

Penentuan umur berdasarkan prosentase binatang hidup seperti pada Tabel 1 tersebut sulit dilakukan karena :

1. Fauna sekarang saja belum seluruhnya diketahui.
2. Memerlukan pengetahuan fauna sekarang yang mendalam.

Maka, dipakai fosil-fosil penunjuk, namun kenyataannya :

1. Fosil penunjuk sukar didapat.
2. Umur berdasarkan fosil penunjuk dan prosentase bisa sama.

Fosil penunjuk Masa Kenozoik antara lain :

1. Foraminifera besar : *Camerina* (*Nummulites*), *Discocyclina*, *Lepidocyclina*, *Cycloclypeus*, *Fosculina*.
2. Molluska : *Gastropoda* (*Turritella*, *Oliva*, *Plejona*) Eosen; *Pelecypoda* (*Pecten*, *Venus*) Miosen.
3. Vertebrata : *Hyracodon* dan *Metasynodon* (Oligosen).
4. Manusia : *Homo paleojavanicus* (Plistosen Bawah), *Homo erectus trinilensis* (Plistosen Tengah), *Homo erectus ngandongensis* (Plistosen Atas), *Homo sapiens neanderthalensis* (Sub-holosen) dan *Homo sapiens sapiens* (Holosen).

Metode lain yang dapat digunakan untuk membagi Kenozoikum adalah berdasarkan :

1. Varve.
2. Jaman es (glasial).
3. Aluvium.
4. Undak sungai.
5. Undak pantai.
6. Radio geologi : C14, paleomagnetisme, *thermoluminescence*, *fission track*, kalium-argon, kandungan fluor dalam fosil tulang, dan lain-lain.

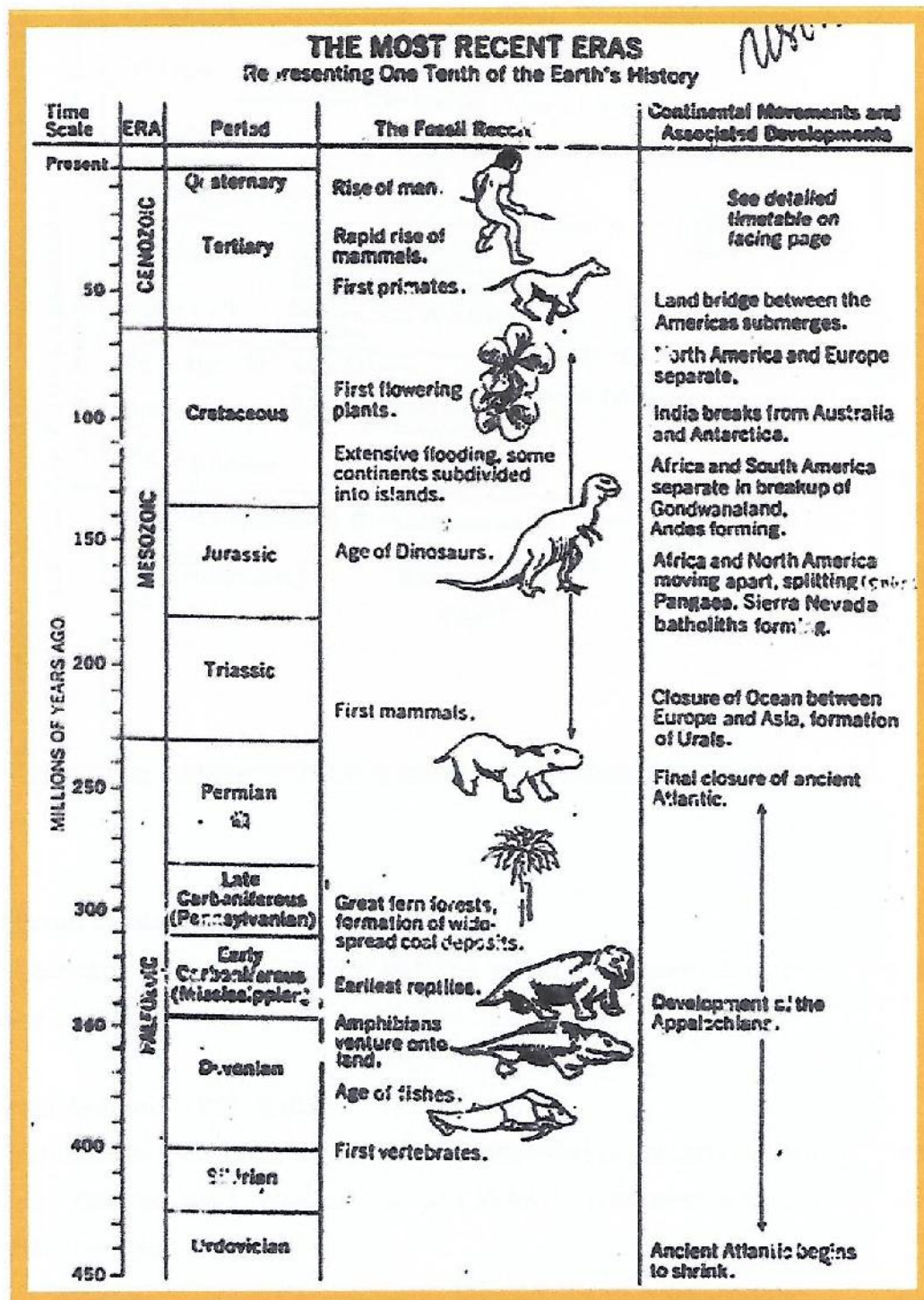
Penyebaran batuan Kenozoikum menempati beberapa bagian cekungan antara lain :

1. Epikontinen : Cekungan-cekungan Paris, London, Jerman Utara, Laut Utara, Kongo, Amazona, Great Artois (Barat laut Australia), Vietnam, Wolga.
2. Antar gunung : disebabkan oleh patahan-patahan, antara lain di Rocky Mountain, Bukit Barisan (Umbilin, Ranau), Zona Solo.

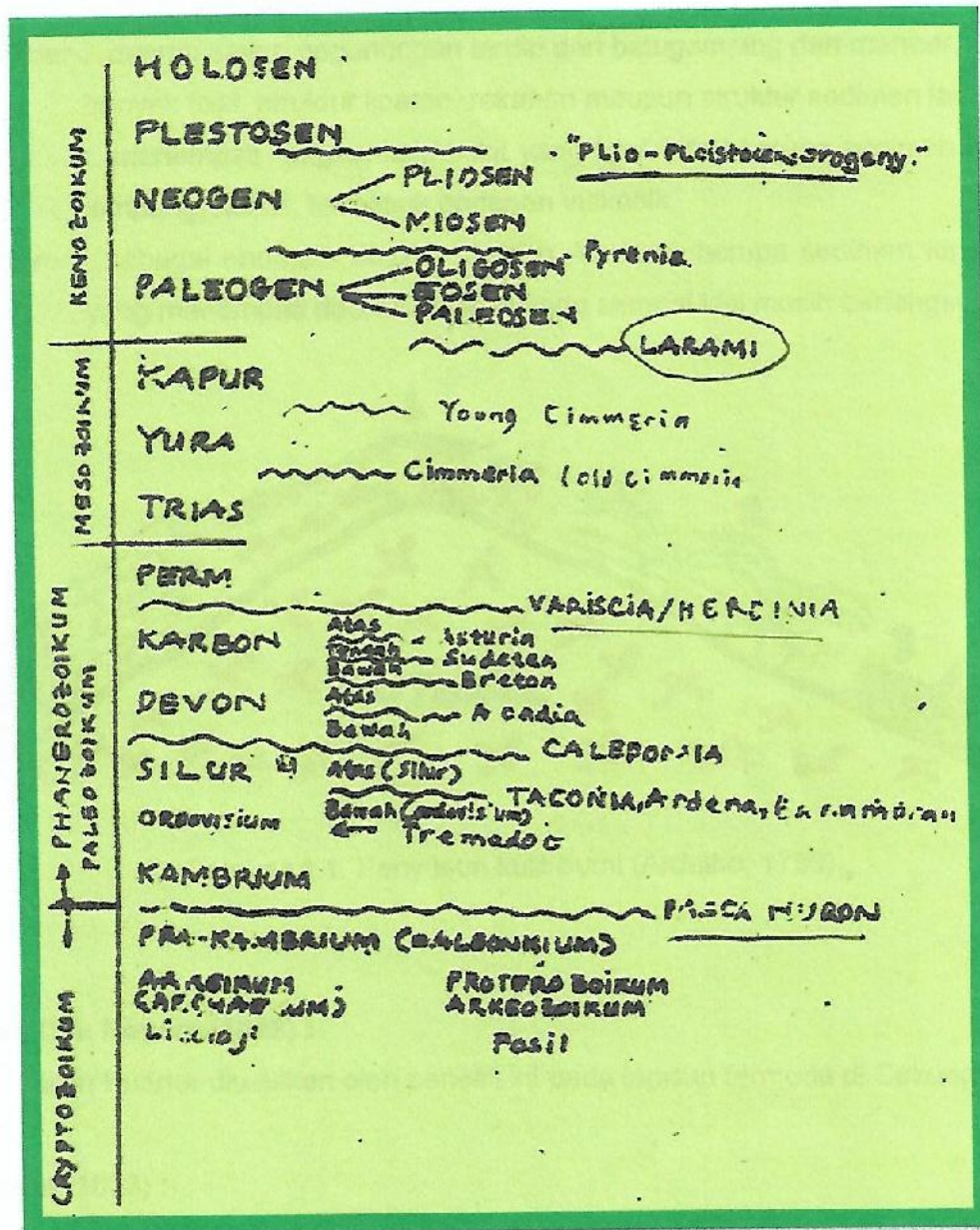
3. Miogeosinklin : cekungan molasse, antara lain Cekungan Aquitania, Rumania, Baku-Tiflis, Iran, Mesopotamia (Irak), Siwalik, Himalaya, Birma, cekungan minyak bumi Indonesia.

Untuk mengetahui posisi Kuarter dalam sejarah geologi maka Tabel 1.2 menjelaskan pembagian skala waktu geologi dan kehidupan flora faunanya. Tabel 1.3 menjelaskan tentang fase paroksimal orogen yang penting di dunia.

Tabel 1.2. Pembagian skala waktu geologi dan kehidupan flora faunanya.



Tabel 1.3. Fase paroksimal orogen yang penting di dunia.



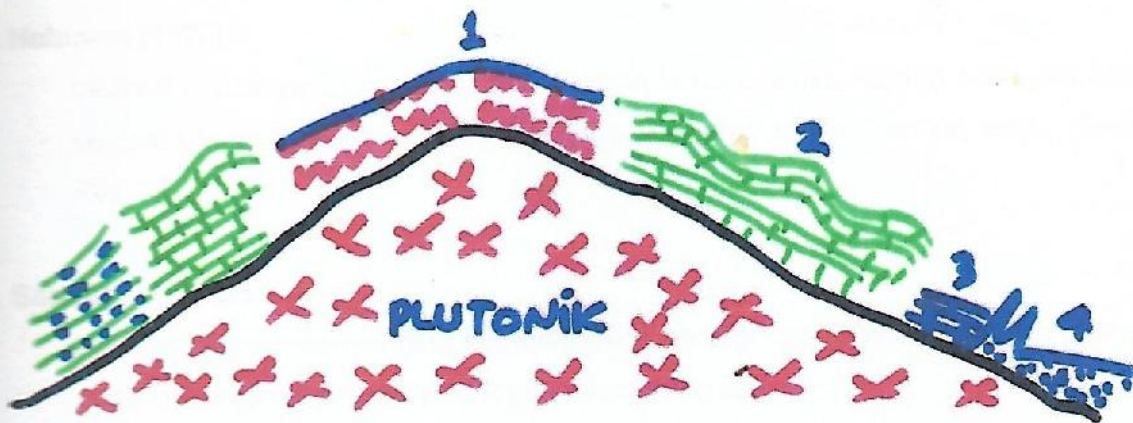
1.2. Batasan Geologi Kuarter

Beberapa ahli telah memberi batasan waktu dan istilah Geologi Kuarter seperti dijelaskan berikut ini :

1. Giovanni Arduino (1759; Italia) :

Arti Kuarter mula-mula menurutnya berdasarkan penelitian di daerah Pegunungan Alpina dan Dataran Italia, diartikan dengan WAKTU pembentukannya. Penyusun kulit bumi terdiri dari (Gambar 1.1) :

1. **Primer** : sebagai inti pegunungan yang terdiri dari batuan kristalin dari batuan plutonik dan batuan metamorf.
2. **Sekunder** : daerah sayap pegunungan terdiri dari batugamping dan marmer, umumnya banyak fosil, struktur lipatan, rekahan maupun struktur sedimen lain.
3. **Tersier** : menempati bagian kaki bukit yang terdiri dari batuan sedimen berukuran lempung, kerikil, termasuk endapan vulkanik.
4. **Kwartar** : sebagai endapan alluvial (Jaman Aluvium) berupa sedimen lepas (*loose*) yang menempati daerah dataran yang sampai kini masih berlangsung.



Gambar 1.1. Penyusun kulit bumi (Arduino, 1759).

2. Jules Des Noyers (1829) :

Istilah Kwartar diusulkan oleh peneliti ini pada lapisan termuda di Cekungan Papis.

3. Reboul (1833) :

Kwartar ditandai dengan ditemukannya fosil spesies binatang dan tumbuhan seperti yang masih hidup sekarang.

4. Katili dan Mark (1963) :

Jaman Kwartar dibicarakan secara terpisah karena :

1. Menurut klimatologi : meluasnya gletser dan timbulnya daerah beriklim yang sangat berbeda-beda, yang tidak dijumpai dari sebagian terbesar dari sejarah bumi.
2. Kedatangan manusia & adanya warisan peradabannya yang mulai mencirikan lapisan-lapisan tanah.

5. Lyell (Eicher, 1968) :

membagi Jaman Kwartar menjadi 2 kala, yaitu :

1. Seri Resen (Holosen; Aluvium).
2. Seri Plistosen (Diluvium)

6. Sartono (1971) :

Geologi Kwartar adalah peristiwa geologi dan hasil-hasilnya yang dibentuk selama kurun waktu lebih kurang 2 juta tahun yang lampau sampai sekarang.

7. Hehuwat (1976) :

Meliputi 2 juta sampai 2,5 juta dari sejarah bumi terakhir, karena sebagian besar kegiatan tektonik Kwartar telah dimulai pada akhir Jaman Tersier, maka disebut Plio – Plistosen.

8. Sampurno (1989) :

Geologi Kwartar menyangkut semua proses geologi dan hasil-hasilnya yang terjadi pada jaman geologi terakhir, ± 2 juta tahun yang lalu.

9. Komisi Geologi Kwartar IAGI (1999) :

Jaman Kwartar dimulai sejak 1,8 juta tahun yang lalu.

1.3. Lingkup Geologi Kwartar

Geologi Kwartar dalam banyak hal merupakan kelanjutan dari Tersier, ditandai dengan :

1. Flora dan fauna tidak banyak beda.
2. Dalam kejadian geologi boleh dikata tak ada perubahan.

Geologi Kwartar dipisahkan dari Jaman Tersier karena :

1. Klimatologi
2. Mundulnya manusia.

Peristiwa geologi pada Jaman Kwartar :

- Gempa bumi tektonik.
- Gerakan pengangkatan dan penurunan.
- Perlipatan.
- Pensesaran.
- Pelengseran / perlipatan epidermal / gravitasi.
- Gerakan tektono-vulkanik.

- Gerakan seismotektonik.
- Letusan gunung berapi.
- Pelapukan batuan.
- Erosi, transportasi dan sedimentasi.
- Longsor, amblesan dan sebagainya.

Jaman Kwartar dapat dibagi berdasarkan ciri produk, sistem sedimentasi dan flora/fauna. Jaman Kwartar dibagi menjadi dua kala, yaitu :

1. Holosen (alluvium) :

- Post glasial
- Endapan alluvial, endapan tak dipisah-pisah (arkeologi); endapan masih dipisah-pisah (geologi).
- Sistem fluvial
- Munculnya manusia modern : *Homo sapien, Cro magnon*
- Kebudayaan : api, besi, perunggu, batu muda
- "Continental autochthonous", alluvial, glasial resen.
- Iklim kering "post glaciation"
- Mamalia, manusia, budaya
- Litifikasi <<< (proses pembatuan kecil / belum ada)

Tiga bagian iklim pada Kala Holosen, sistem glasial berubah menjadi fluvial :

- I. 10.300 – 8.200 tahun yang lalu : suhu lebih dingin dari sekarang, tetapi lebih panas dari Plistosen.
- II. 8.200 – 5.300 tahun yang lalu : iklim sedang dan temperatur tinggi.
- III. 5.300 tahun yang lalu- sekarang : iklim kering & dingin, padang es & padang pasir.

2. Plistosen (diluvium) :

- Jaman glasial : erosi oleh blok-blok es.
- Jaman inter glasial : erosi oleh air (es cair) dan blok-blok es yang retak.
- Sungai purba
- Fluvial (hujan salju & air)
- Akibat fase pengangkatan / pembentukan pegunungan.
- Iklim peng-es-an dan antar peng-es-an, morena, tilit, fluvioglasial, dan sebagainya.
- Litifikasi >.

Sebagai pembandingan, maka pada Jaman Tersier, dimulai dari Kala Pliosen dicirikan oleh :

- Litifikasi >>>
- Terlitifikasi seluruhnya
- Terpengaruh tektonik, orogenesis.

1.3. Ciri Kuarter

Munculnya Jaman Kuarter ditandai oleh beberapa hal yaitu :

1. Munculnya manusia pertama (purba) : *Homo erectus* (Plistosen).
2. Perubahan iklim dari iklim panas (fauna panas – Pliosen) menjadi iklim dingin (fauna dingin – Plistosen), diketahui berdasarkan :
 - a. Pemboran endapan laut di Italia (lihat Tabel 1.4) :

Tabel 1.4. Kolom stratigrafi batuan endapan laut di Italia.

Kala	Bagian	Lapisan	Fauna
Plistosen	A	Calabrian	Fauna dingin
	B	Pre Calabrian	Fauna sedang
Pliosen	A	Astian	Fauna panas (moluska)
	T	Plaisancian	
	B	Tabianian	

- Kepunahan foram plangton pada Pliosen Akhir (N21) :
 - Gds. saculiferus.*
 - Gds. fustilosa*
 - Gr. tosaensis*
 - Kepunahan nanoplankton *Discoaster* pada Plistosen.
 - Pemunculan awal *Gr. truncatulinoïdes* pada Plistosen Awal (N22).
 - Perubahan putaran cangkang *Gr. Menardii* dari dekstral (panas) menjadi sinistral (dingin).
- b. Endapan darat Jaman Kuarter :
 - Munculnya manusia
 - Munculnya rongeur (fauna pengerat, tikus dll) .
 - c. Perubahan kemagnetan global pada 1,8 juta tahun yang lalu.
 - d. Glasial

Melihat dari sejarah geologinya, maka Jaman Kuarter dicirikan oleh beberapa kejadian geologi antara lain :

- Adanya periode pengesan (glasiasi) yang meluas.
- Periode pencairan dan penghangatan (interglasial).
- Pergeseran garis pantai.
- Adanya migrasi populasi tumbuhan dan binatang.

Kala Plistosen ditandai dengan :

- Waktu pengesan lama.
- Beberapa kali (9/10) terjadi glasial / interglasial.
- Disebut juga jaman es.
- Terjadi migrasi tumbuhan & binatang.

Kala Holosen ditandai dengan :

- Adanya kehidupan manusia modern.
- Disebut juga "post glasial".

Berdasarkan analisis polen diketahui paleoklimatologi Kuarter seperti tampak pada Tabel 1.5 berikut ini.

Tabel 1.5. Paleoklimatologi Kuarter.

Umur		Lapisan	Vegetasi	Ekologi
Plistosen	Tengah	Kabuh	<i>Graminae</i>	Hutan terbuka (monsoon forest)
		Pucangan Atas (Vulkanik)	<i>Casuarina</i>	Kegiatan gunungapi
	Bawah	Pucangan Bawah (Lempung)	Pergantian vegetasi	
			Kering : <i>Mimmoceae</i> <i>Papilionaceae</i>	Iklim kering (jaman es)
			Hujan : <i>Podocarpus</i> <i>Diplerocarpus</i>	Iklim hujan (antar es)

BAB II GLASIASI JAMAN KUARTER

2.1. Definisi

Glasiasi adalah proses penutupan oleh gletser di beberapa permukaan bumi yang mempunyai sifat padat, baik itu di atas permukaan darat / di atas tubuh air yang terapung-apung berupa tubuh es. Sedangkan gletser adalah balok-balok es atau sistem aliran es yang berasal dari daratan melalui proses akumulasi, kompaksi, kadang-kadang rekristalisasi dari salju maupun es.

Teori glasiasi dicetuskan oleh beberapa peneliti sebagai berikut :

1. Schimper (1837) :

memberikan ketegasan adanya jaman glasiasi atau jaman es (glasial period) atau *ice age* yang bermula dari bahasa Jerman "eiszeit".

2. Albrecht Pencks (1885) :

Menyebutkan bahwa pada Kala Plistosen terjadi 3 kali glasiasi, yang didasarkan pada 3 pembentukan "schotter", yaitu :

- a. *Deckenschotter* (terbagi menjadi *older* dan *younger*)
- b. *Hochterrassen*
- c. *Niedterrassen*

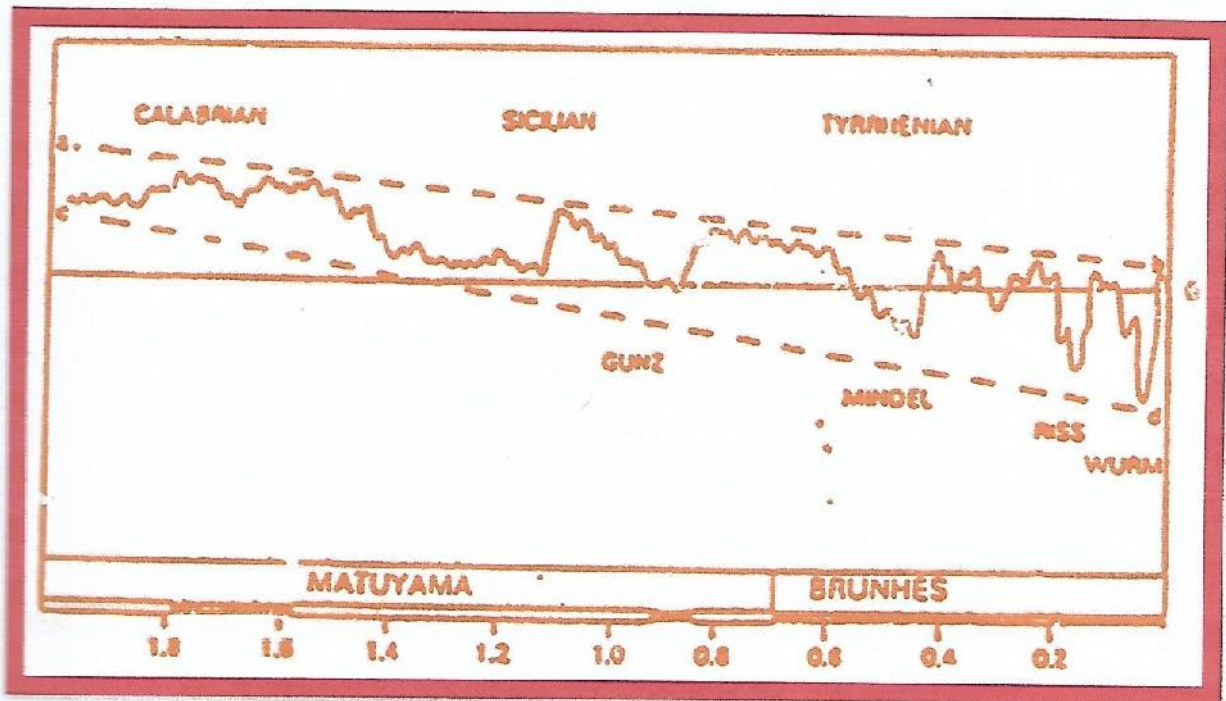
3. Eduard Bruckner (1886) :

Berpendapat bahwa telah terjadi erosi di antara 3 sub divisi glasiasi menurut Penck (1885) tersebut.

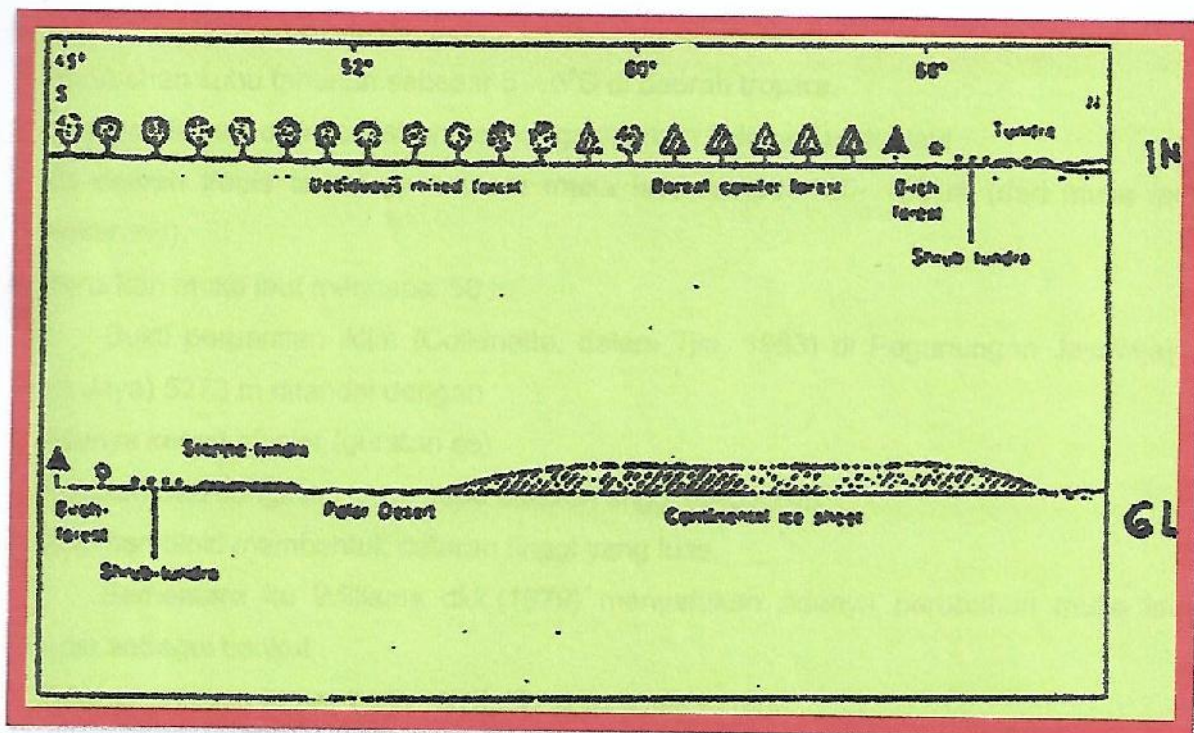
Subdivisi-subdivisi jaman es pada Kala Pleistosen antara lain dijelaskan dalam Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2.1. Subdivisi jaman es pada Plistosen.

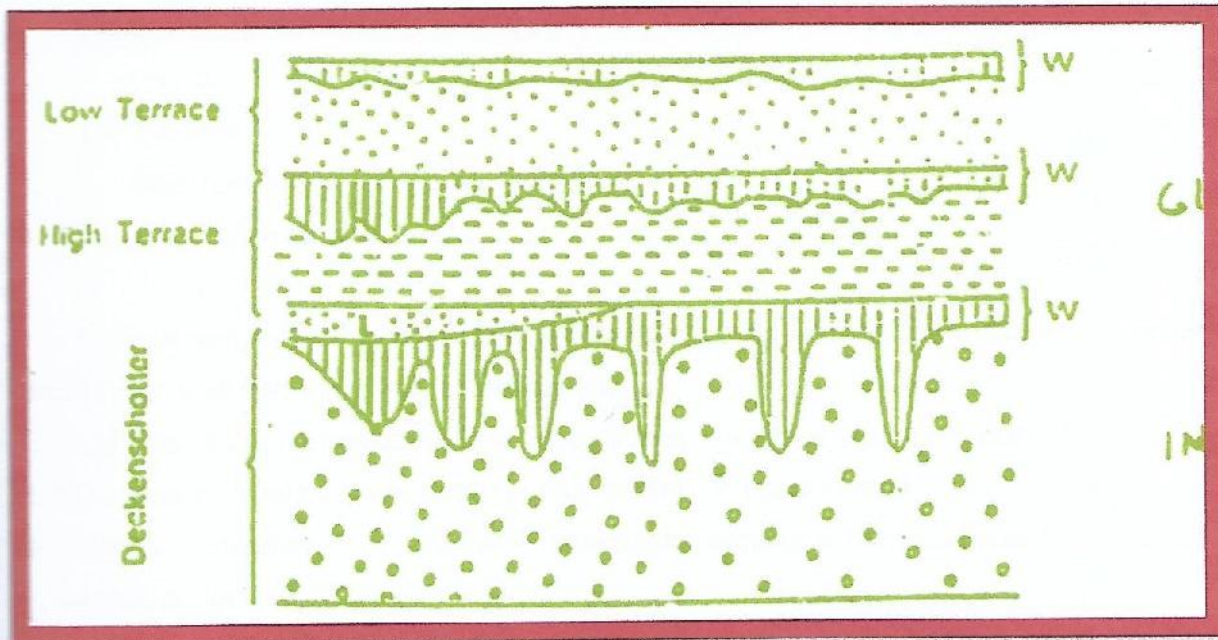
No.	Subdivisi	Waktu (juta tahun yang lalu)	Durasi (ribu tahun)
1.	Pra glasial	2- 1,4	
2.	Glasiasi Gunz		± 600
3.	Interglasiasi Gunz - Mindel		± 200
4.	Glasiasi Mindel	0,6	± 320
5.	Interglasiasi Mindel - Riss		± 70
6.	Glasiasi Riss	0,25 - 0,14	± 110
7.	Interglasiasi Riss - Wurm		± 70
8.	Glasiasi Wurm	0,06 - 0,01	



Gambar 2.1. Grafik tinggi muka air laut seluruh dunia sejak dua juta tahun yang lalu hingga kini (Fairbridge, 1971).



Gambar 2.2. Vegetasi interglasial dan glasial di Eropa (Hammen et al, 1971).



Gambar 2.3. Zona pelapukan gravel pada Kala Plistosen.

2.2. Glasiasi Kuartar di Asia Tenggara

Tjia (1983) menganggap bahwa selama Kuartar telah terjadi pendinginan (glasial) minimal 4 kali, sedangkan iklim panas (interglasial) sebanyak 3 kali. Sementara itu, Flint (dalam Tjia, 1983) menyatakan beberapa fenomena geologi sebagai berikut :

1. Perubahan suhu tahunan sebesar $5 - 6^{\circ}\text{C}$ di daerah tropika.
2. Adanya glasiasi dan pencairan es mengakibatkan fluktuasi muka laut.
3. Di daerah tropis terjadi penurunan muka laut sampai 100- 130 m (dari muka laut sekarang).
4. Peningkatan muka laut mencapai 50 m.

Bukti pergantian iklim (Collenette, dalam Tjia, 1983) di Pegunungan Jayawijaya (Irian Jaya) 5273 m ditandai dengan :

1. Adanya kesan glasier (guratan es).
2. Retakan dan cungkulan lurus pada dataran tinggi (± 4000 m)
3. Sedimen tiloid membentuk dataran tinggi yang luas.

Sementara itu Williams dkk.(1979) menyatakan adanya perubahan muka laut Kuartar sebagai berikut :

1. Perubahan yang benar-benar eustatik, antara lain karena :
 - Eustatik glasial.
 - Pertambahan air juvenile.
 - Aktifitas magma.

2. Proses isostatik dan tektonik, antara lain :

- Geoid.
- Tektonik.
- Sedimentasi.

3. Efek tektonik dan isostasi lokal.

Selanjutnya, Tjia (1983) mengemukakan bahwa perubahan muka laut Kwartar disebabkan oleh beberapa faktor sebagai berikut :

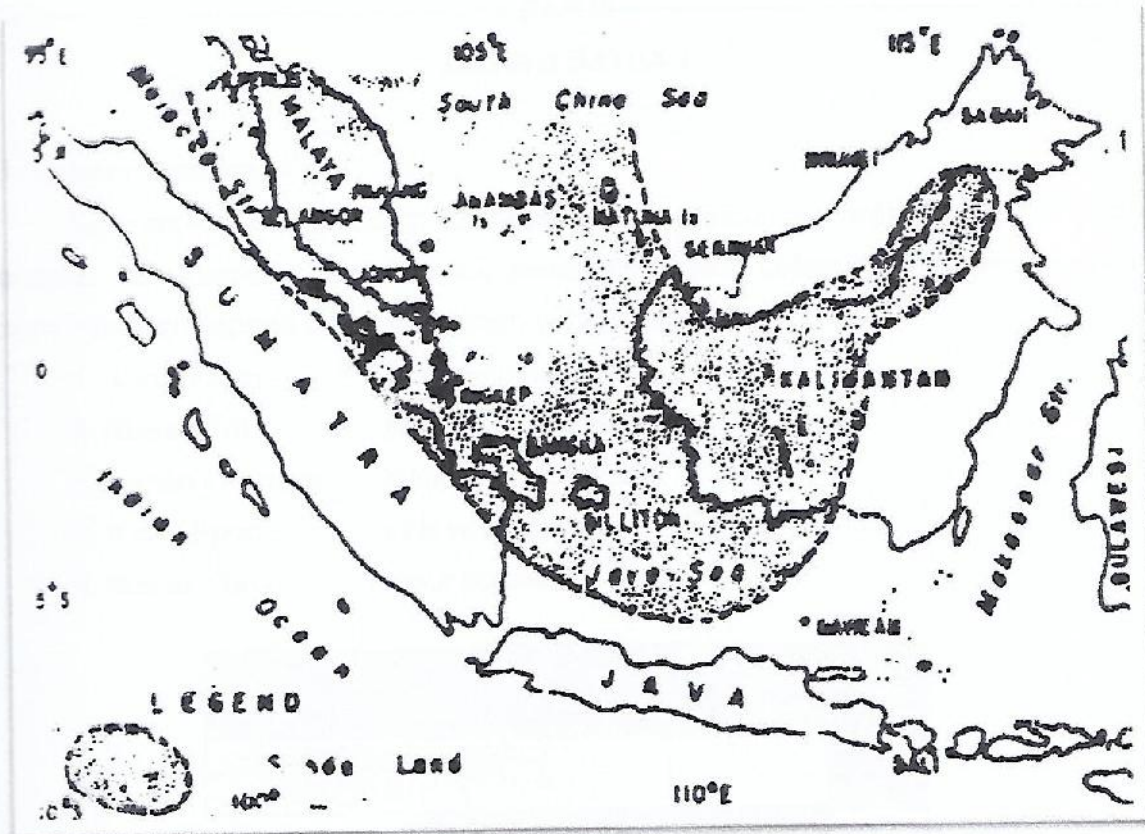
1. Perubahan suhu mengakibatkan volume air laut meningkat atau menyusut.
2. Penyesuaian isostasi kerak bumi (pengangkatan dan penurunan).
3. Adanya perubahan iklim glasial – interglasial sehingga mengakibatkan perubahan volume air laut.
4. Pengangkatan / penurunan muka bumi oleh orogenesis.
5. Massa gunung api laut yang bertambah besar dan pengendapan hasil kegiatannya.
6. Perkembangan (meluas / menyusutnya) terumbu karal.

Berkaitan dengan Daratan Sunda, maka ada beberapa hal geologi yang dapat diperhatikan sebagai berikut :

1. Di Daratan Sunda telah terjadi beberapa kali peristiwa yang menyebabkan kenaikan dan penurunan muka air laut.
2. Masing-masing peristiwa dengan perbedaan umur, akan memperlihatkan (menghasilkan) posisi garis pantai yang berbeda.
3. Garis pantai daerah satu dengan daerah lainnya, ada yang dapat dikorelasikan tetapi ada pula yang tidak dapat dikorelasikan.
4. Peristiwa tektonik (*tilting*) pada suatu daerah, adalah faktor penyebab perbedaan ketinggian daerah satu dengan yang lain.

Tabel 2.2. Bukti-bukti permukaan air laut Kuarter.

Locality	Reference to present sea level in meter	Type	Source
<i>Bangka</i>			
1. Tohaali, offshore	- 10.5	Tin placer	Drill logs
	- 15-16.5	Tin placer	Drill logs
	- 19-21	Tin placer	Drill logs
2. Air Mesu, onshore	- 7*	Tin placer	Geurson, 1933
	- 15*	Tin placer	Geurson, 1933
	- 18*	Tin placer	Geurson, 1933
	- 29*	Tin placer	Geurson, 1933
3. Tempilang, onshore	- 18*	Tin placer	Geurson, 1933
4. Coasts of Bangka	+ 2	Corals	Verbeek, 1897
	+ 8	Terraces	Osberger, 1962
5. Banggam	+ 4-8	Terrace	Osberger, 1962
6. Bangka, onshore	+ 50-65	Break in slope	Top. maps
<i>Biliton</i>			
1. Mangam, onshore	- 7*	Tin placer	Adam, 1933
	- 16-18*	Tin placer	Adam, 1933
2. Sungai Padang, offshore	10	Break in slope	van Overbeem, 1960
	- 4.5	Valley bottom	van Overbeem, 1960
3. Teluk Pring, offshore	- 20-25	Tin placer	van Overbeem, 1960
4. Off North coast	- 15-24	Hard pans	van Overbeem, 1960
5. Off West coast	- 16	Hard pans	van Overbeem, 1960
6. Off East coast	- 18	Hard pans	van Overbeem, 1960
7. Off Biliton coasts	- 20	Erosion or abrasion levels	van Overbeem, 1960
	- 30		van Overbeem, 1960
8. Tanjung Pandan, offshore	- 13	Bench in sediment	Drill logs
	- 20-22	Bench in sediment and tin placer	Drill logs
	- 25-26	Tin placer	Drill logs
	- 31	Bench in bedrock	Drill logs
9. North Kalua, offshore	- 13	Bench in sediment	Drill logs
	- 17	Bench in bedrock	Drill logs
	- 17-19	Tin placer	Drill logs
	- 25-27.5	Bench in bedrock	Drill logs
10. Tanjung Kulu, offshore	- 13	Bench in sediment	Drill logs
	- 17	Bench in bedrock	Drill logs
	- 22.5	Tin placer	Drill logs
	- 24	Tin placer	Drill logs
	- 28	Tin placer	Drill logs
11. Tanjung Kulu, onshore	- 5-7	Bench in sediment	Drill logs
	- 8	Bench in sediment	Drill logs
	- 10	Bench in sediment	Drill logs
	- 10-12	Bench in bedrock	Drill logs
	- 15	Bench in bedrock	Drill logs
- 20	Bench in bedrock	Drill logs	



Gambar 2.4. Peta Daratan Sunda (Sunda Land).

BAB III DATING BATUAN

3.1. Konsep Penanggalan

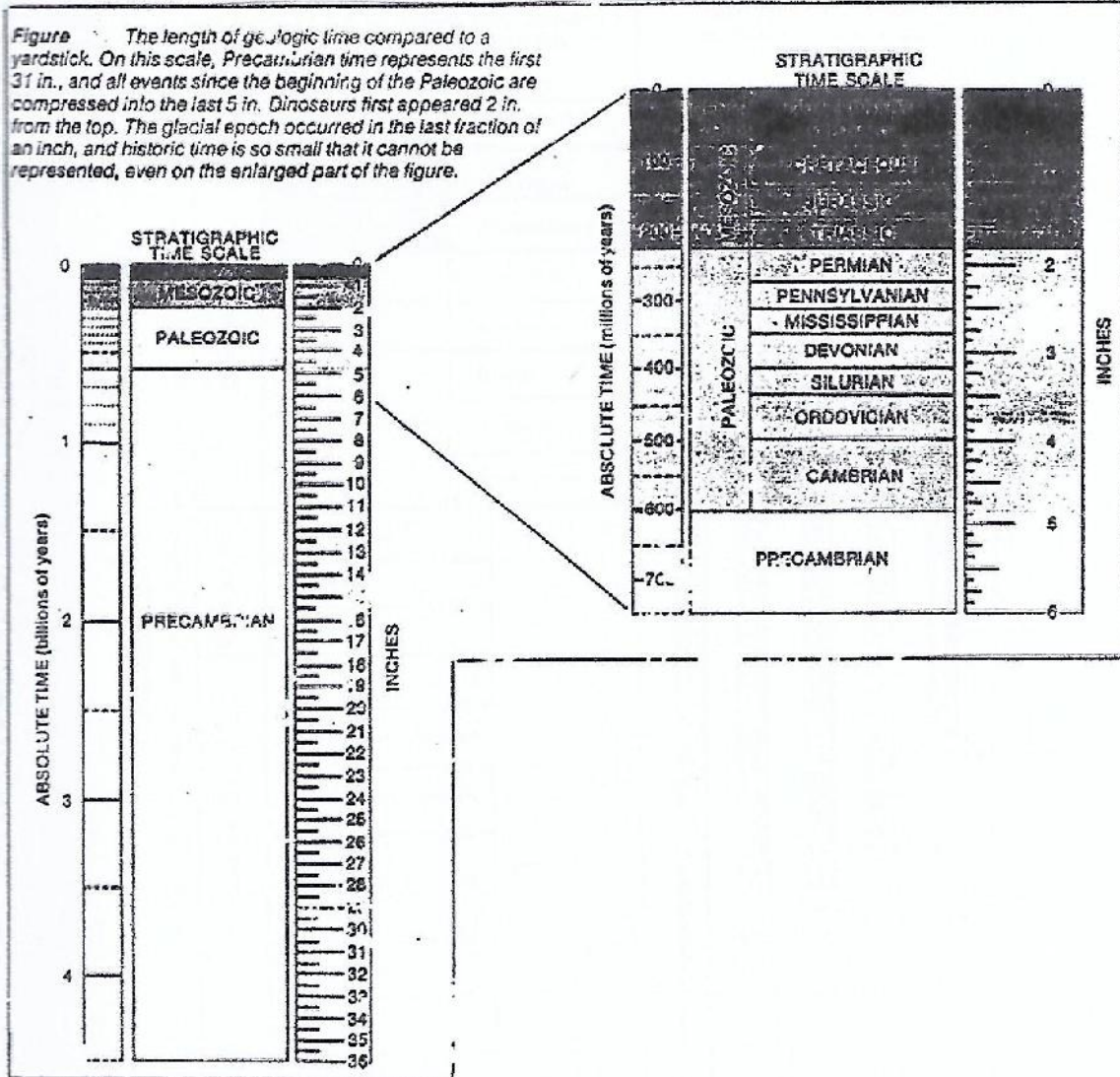
Geovani Arduino membagi bumi berdasarkan waktunya menjadi tiga, yaitu Primer, Sekunder dan Tersier. Sementara itu, pembagian waktu dalam geologi sejarah secara umum mengacu kepada dasar penamaan sebagai berikut :

1. Kurun / Eon : ada / belum ada kehidupan nyata.
2. Masa / Era : perkembangan kehidupan nyata.
3. Jaman / Periode : kumpulan kehidupan.
4. Kala / Epoch : sifat wilayah tipe.
5. Waktu / Time : umur batuan absolut.

Geological Time Scale			Atomic Time
Er	Period	Epoch	
CENOZOIC	Quaternary		
	Tertiary	Pliocene	2-3
		Miocene	12
		Oligocene	26
		Eocene	37-38
		Paleocene	53-54
MESOZOIC	Cretaceous	Late	65
		Early	136
	Jurassic	Late	190-195
		Middle	
	Triassic	Late	205
		Early	
PALEOZOIC	Permian		280
	Carboniferous Systems	Pennsylvanian	
		Mississippian	Middle
	Devonian	Late	345
		Early	
	Silurian	Late	395
		Early	
	Ordovician	Late	437-440
Early			
Cambrian	Late	500	
	Early		
PRECAMBRIAN			600
			3600

*Estimated ages of time boundaries (millions of years)

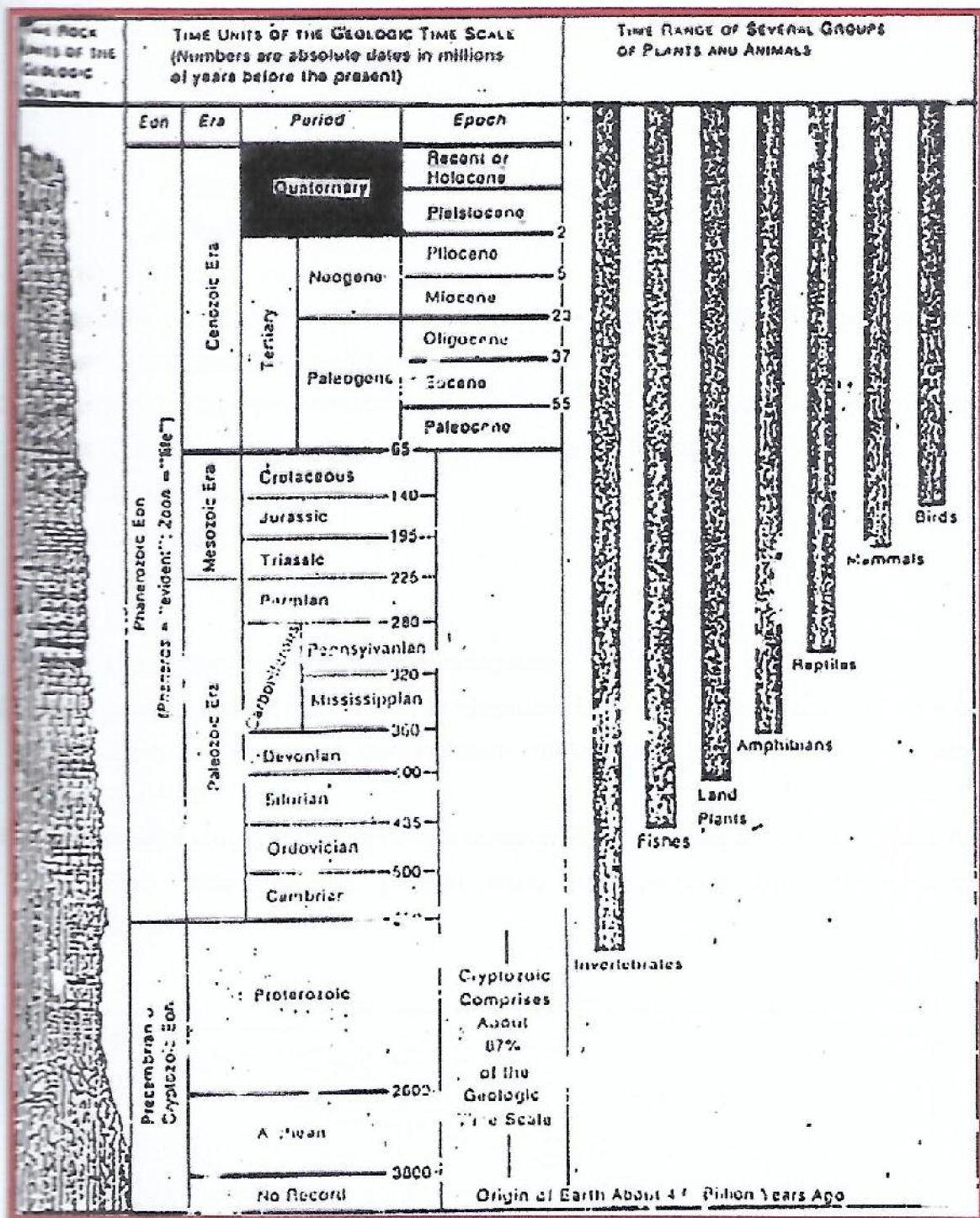
Gambar 3.1. Kolom geologi standar.



Gambar 3.2. Stratigrafi dan skala waktu geologi.

Penentuan umur geologi dahulu dikenal dengan skala waktu :

1. Skala waktu mutlak (absolut) : dinyatakan dalam tahun.
2. Skala waktu relatif (nisbi) : penempatan suatu satuan stratigrafi relatif terhadap jaman-jaman geologi yang didasarkan pada fosil-fosil tertentu, tanpa ditentukan batas-batasnya secara geokronologi yang dinyatakan dalam skala waktu / urutan.



Gambar 3.3. Skala waktu geologi (Levin, 1983).

Untuk mengetahui umur geologi tersebut maka perlu kita lakukan metode penanggalan / dating batuan. Secara umum dating batuan ada dua macam, yaitu :

1. *Relatif dating* :

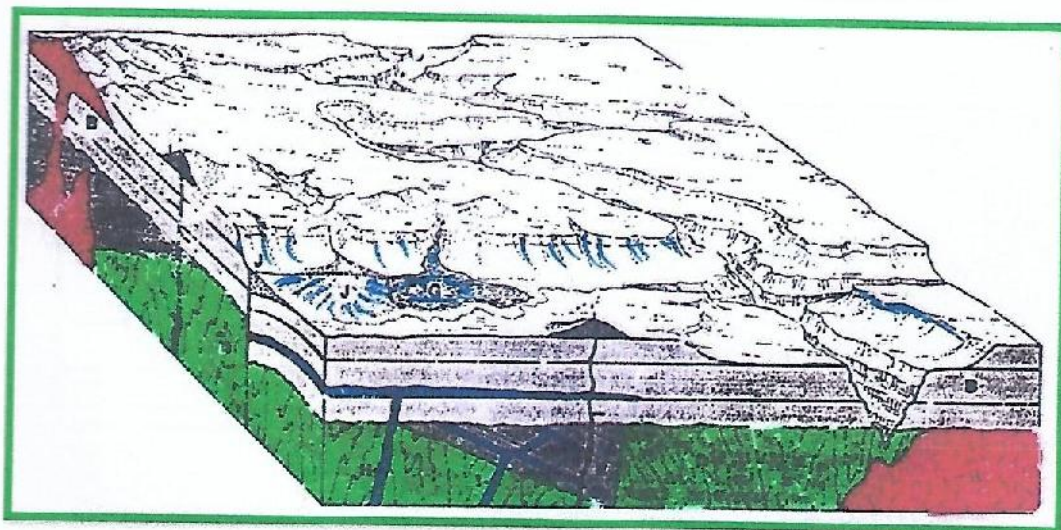
- a. Superposisi.
- b. Fosil indeks.

2. *Absolute dating* :

- a. Cara varva.
- b. Penentuan kadar garam dalam samudra.
- c. Dendrokronologi.
- d. Lichenometri.
- e. Radiometri.

Konsep utama dating / penanggalan batuan :

1. Interpretasi peristiwa geologi lampau dalam sejarah bumi berdasarkan prinsip bahwa hukum-hukum alam tidak berubah bersama waktu.
2. Penanggalan relatif (menentukan tingkatan kronologis dari urutan kejadian) dapat dibuat dengan menerapkan beberapa prinsip sebagai berikut :
 - a. Superposisi.
 - b. *Faunal succession*.
 - c. *Crosscutting relationship*.
 - d. Inklusi.
 - e. Urut-urutan perkembangan bentangalam.
3. Kolom geologi standar telah dibuat berdasarkan studi urutan-urutan batuan di Eropa dan dapat digunakan di seluruh dunia dengan melakukan korelasi batuan berdasarkan kandungan fosil.
4. Waktu absolut atau terbatas menandai durasi waktu yang khas dalam satuan jam, hari, atau tahun. Dalam geologi, periode waktu yang panjang dapat diukur dengan peluruhan radioaktif.



Gambar 3.4. Diagram skematik menunjukkan urutan kejadian yang dapat ditentukan dengan superposisi dan *crosscutting relationship*.

3.2. Metode Penanggalan

Teknik dating digunakan untuk penentuan umur Jaman Kuarter karena :

- Kurun waktu yang relatif pendek.
- Sistem kehidupan selama kurun tersebut sedikit sekali yang mengalami evolusi.

Penanggalan untuk kisaran umur Kuarter dapat dibagi menjadi 3 kategori :

1. Metode yang memberikan taksiran umur.

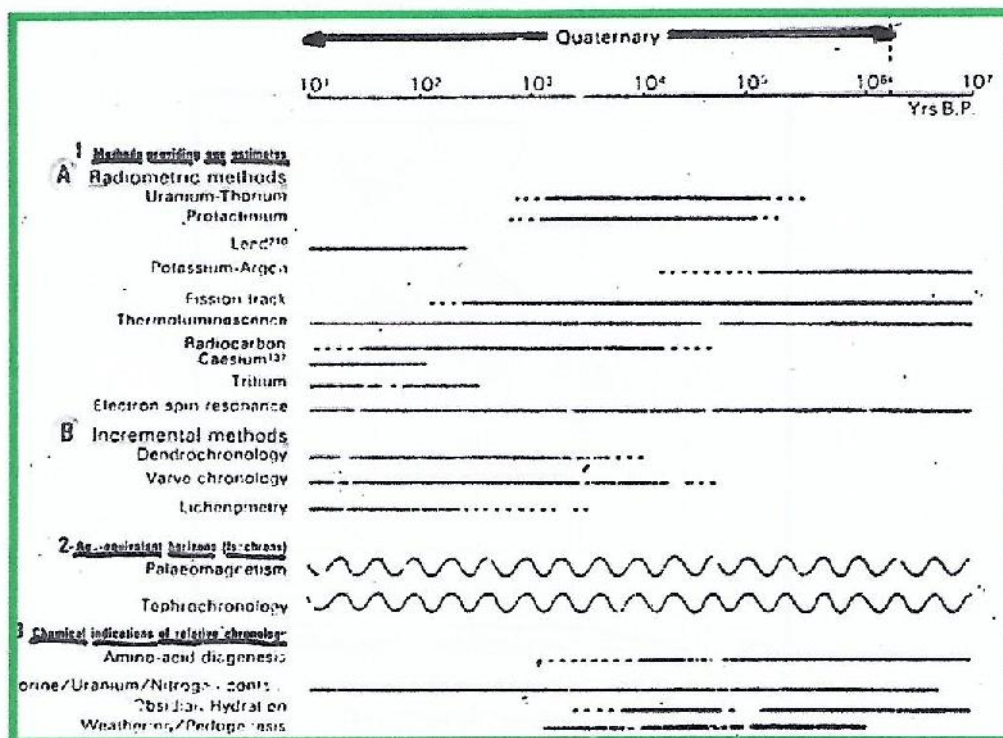
Metode ini memiliki dua macam teknik penanggalan untuk dapat menentukan umur fosil, sedimen atau batuan dalam tahun BP.

a. Metode radiometri.

Metode ini bertumpu pada peluruhan radioaktif atau material yang berkaitan dengannya. Penanggalan yang didasarkan pada sifat radioaktif dari unsur-unsur kimia tak stabil, dimana partikel-partikel atomnya terpancarkan dari susunannya untuk mencapai bentuk atom yang lebih stabil.

b. Incremental methods / metode penambahan.

Metode ini merupakan dating yang didasarkan pada akumulasi regular atau teratur dari material-material kehidupan atau batuan terhadap waktu.



Gambar 3.5. Kisaran umur dari berbagai macam metode penanggalan.

- Menunjukkan kemungkinan perluasan sesuai dengan kemajuan teknologi.
- ~~~~ Menunjukkan bahwa penanggalan terbatas dengan selang waktu tertentu dalam skala waktu Kuarter.

2. Metode yang menentukan kesamaan umur.

Metode ini berkaitan dengan pengenalan horizon yang sama umurnya atau *contemporaneous horizon* pada lapisan-lapisan stratigrafi terpisah atau bahkan yang cukup berbeda.

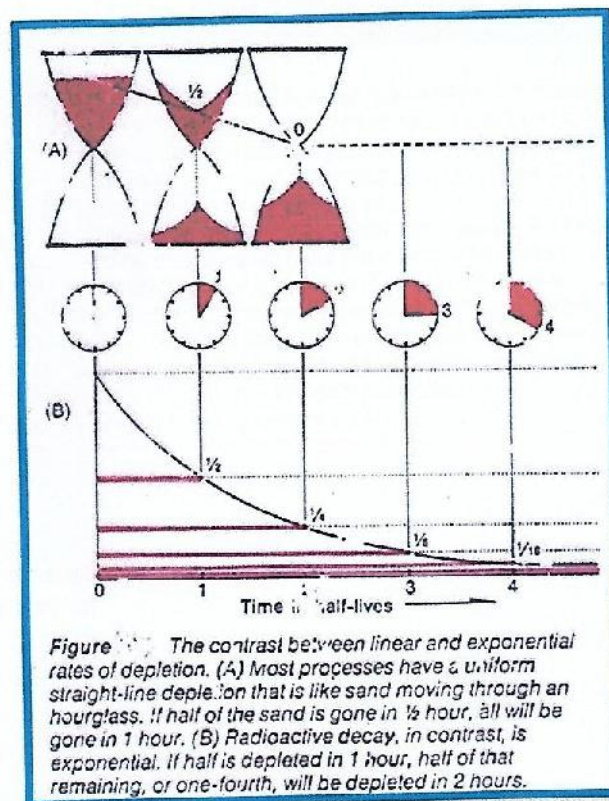
3. Metode umur relatif

Metode ini hanya menentukan urut-urutan relatif dari satuan stratigrafi atau fosil-fosil purba. Kepurbaan relatif dari material geologi paling jelas dimana dengan prinsip superposisi dapat ditentukan, tetapi pada keadaan tertentu umur relatif dari satuan sedimen atau bentangalam Kuarter dapat ditentukan dari tingkat degradasi atau alterasi hasil dari proses kimia terhadap perubahan waktu.

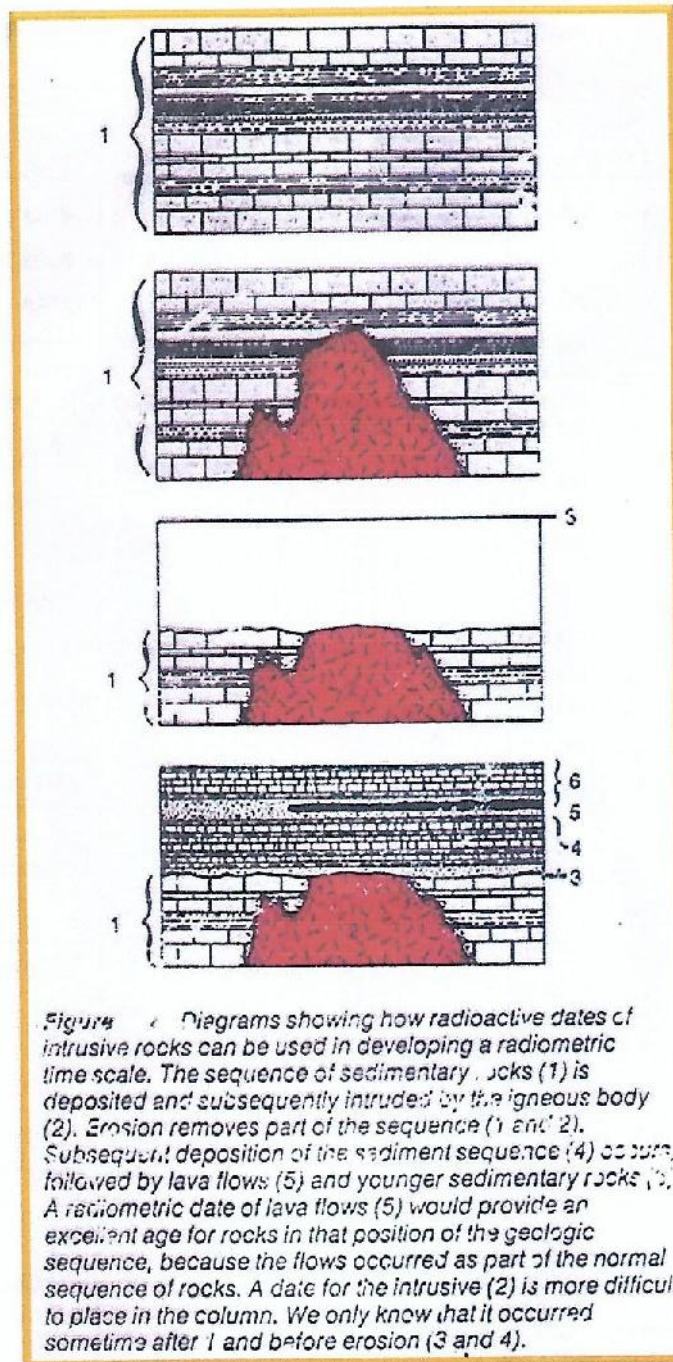
3.2.1. Metode yang memberikan taksiran umur.

3.2.1.1. Teknik Penanggalan Radiometri

Penanggalan ini merupakan metode penempatan batas-batas jaman / periode geologi yang ditentukan secara radiometric, biasanya dinyatakan dalam jutaan tahun. Peluruhan radioaktif (transformasi atau perubahan atom) adalah tergantung waktu, sehingga jika kecepatan peluruhan diketahui maka umur dari *host rock* atau fosil dapat ditentukan.



Gambar 3.6. Perbedaan depleksi linier dan eksponensial.



Gambar 3.7. Penanggalan radioaktif pada batuan intrusi untuk mengembangkan skala waktu radiometri.

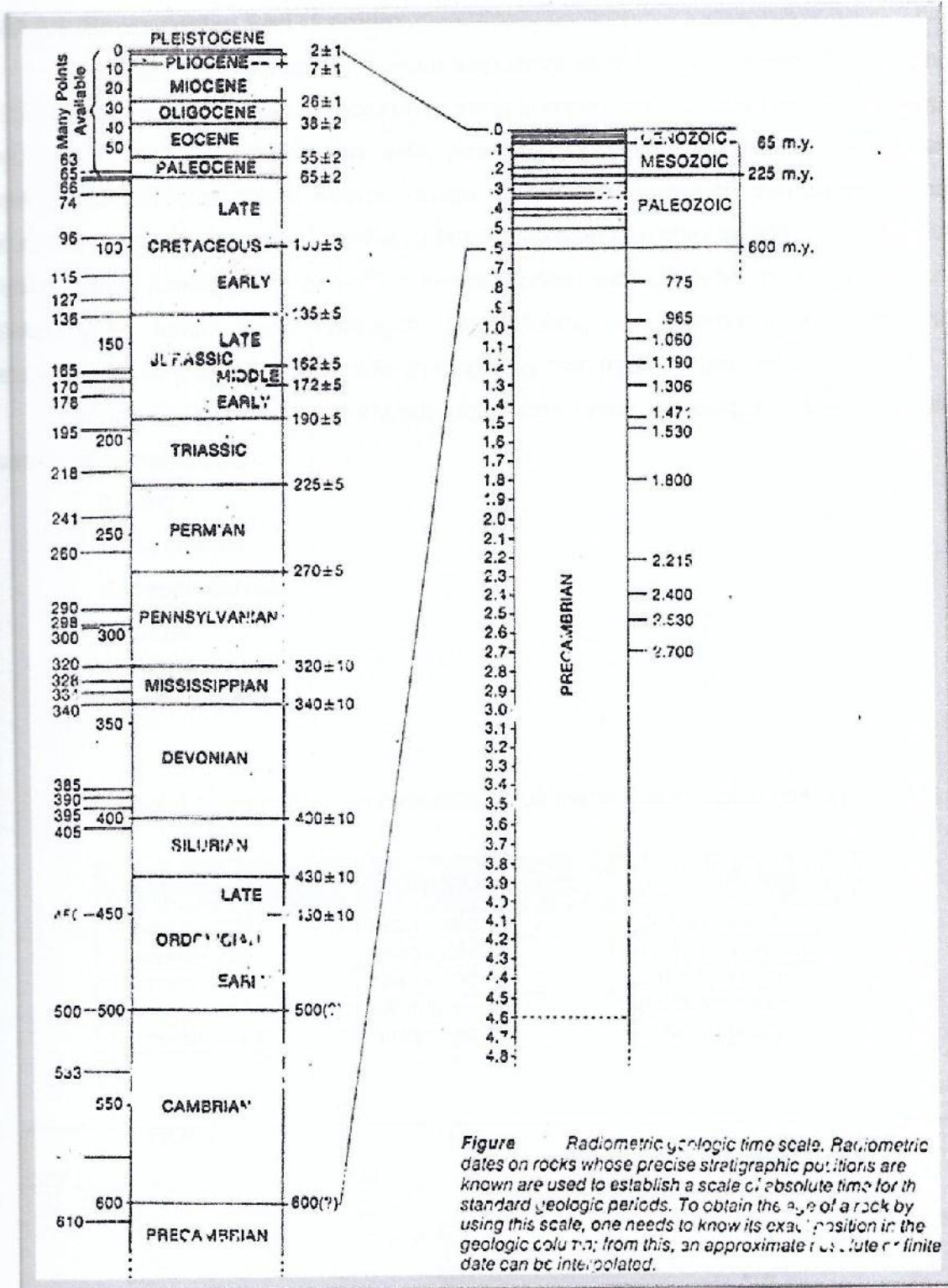


Figure Radiometric geologic time scale. Radiometric dates on rocks whose precise stratigraphic positions are known are used to establish a scale of absolute time for the standard geologic periods. To obtain the age of a rock by using this scale, one needs to know its exact position in the geologic column; from this, an approximate absolute or finite date can be interpolated.

Gambar 3.8. Skala waktu geologi radiometri.

3.2.1.1.1. Penanggalan Seri Uranium

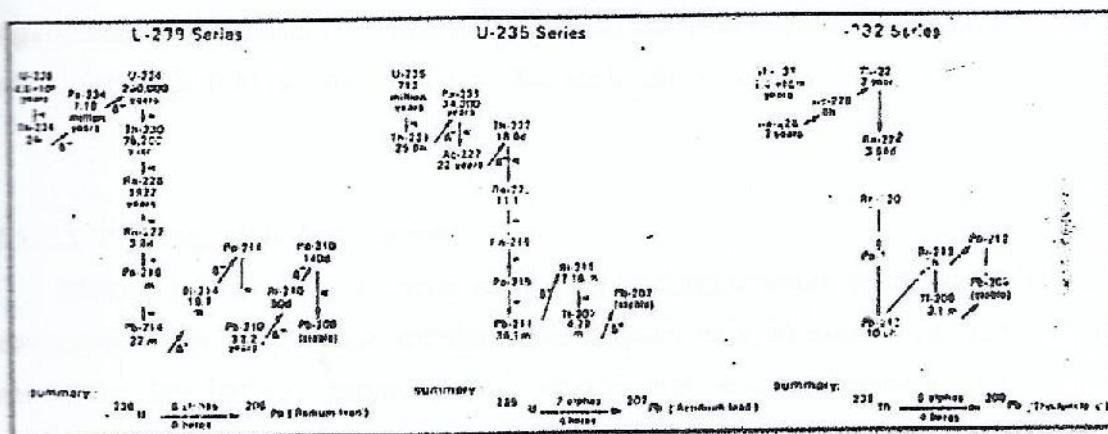
^{238}U uranium, ^{235}U uranium, ^{232}Th thorium semuanya akan meluruh menjadi isotop timbal stabil (timah hitam) melalui seri peluruhan yang kompleks dari nuclide menengah dengan waktu paruh yang sangat berbeda-beda. Jika uranium meluruh membentuk suatu dasar untuk penanggalan peristiwa Kuarter, maka rantai harus terselang dan beberapa hasil peluruhan berpindah secara selektif atau terpilih. Jika air laut atau air danau mengandung uranium tetapi jumlah ^{231}Pa dan ^{230}Th sangat sedikit, maka kelebihan protactinium dan thorium yang timbul pada kerangka, tulang-tulang atau karbonat inorganik yang diendapkan di air laut atau danau adalah langsung menunjukkan umurnya.

Metode $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ adalah khusus digunakan untuk menanggapi material-material Kuarter, yang mencakup :

- Tulang
- Speleothems
- Endapan danau
- Gambut
- Moluska
- Korai

Tabel 3.1. Penggunaan radioaktif untuk menentukan waktu geologi.

Parent Isotope	Daughter Product	Half - life
Uranium - 238	Lead - 206	4,5 billion years
Uranium - 235	Lead - 207	713,0 billion years
Thorium - 232	Lead - 208	13,9 billion years
Rubidium - 87	Strontium - 87	50,0 billion years
Potassium - 40	Argon - 40	1,5 billion years

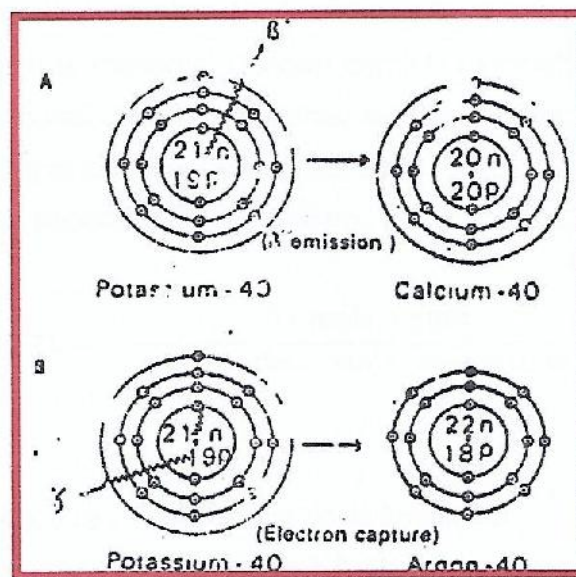


Gambar 3.9. Jalur rantai peluruhan nuklida menengah dari ^{238}U , ^{235}U dan ^{232}Th menjadi timbal stabil.

3.2.1.1.2. Penanggalan Potasium – Argon ($^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$)

Penanggalan ini merupakan teknik yang dapat digunakan untuk menentukan umur batuan vulkanik. ^{40}K merupakan nuclide yang mengalami peluruhan bercabang atau *branching decay* sehingga menyebabkan satu dari dua *daughter nuclidenya* tergantung pada jenis transformasinya.

Transformasi $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ merupakan suatu akumulasi jam radioaktif. Penanggalan ini bertumpu pada ketelitian pengukuran konsentrasi argon yang telah terakumulasi menurut waktu, perbandingan ^{40}K dengan ^{40}Ar mencerminkan waktu pembentukan batuan.



Gambar 3.10. Peluruhan bercabang dari ^{40}K .

- A. Konversi atom ^{40}K menjadi ^{40}Ca melalui pancaran partikel dari intinya.
- B. Konversi atom ^{40}K menjadi ^{40}Ar melalui penangkapan elektron oleh inti dari kulit elektronnya.

Batuan tertua sekitar 3000 juta tahun sampai umur satu juta tahun dapat diukur dengan metode Potassium – Argon ini. Namun demikian, batuan gunungapi berumur muda (sekitar 100.000 tahun) dapat juga dianalisis secara akurat (PSG,2008).

3.2.1.1.3. Penanggalan Jejak Belah

Metode ini menanggapi Kristal yang mengandung uranium yang mana didasarkan pada pembelahan ^{238}U secara spontan atau berjaan dengan sendirinya, yaitu inti (dari nomor atom 92) terbagi menjadi unsur yang nomor atomnya menengah kira-kira 30 sampai 65 (misal barium 56).

Mineral zircon dan apatit digunakan dalam metode jejak belah di PSG Bandung. Zircon untuk mengukur umur yang relatif sangat muda (0,75 – 100 juta tahun), sedangkan mineral apatit digunakan untuk umur yang relatif lebih tua (1 – 300 juta tahun yang lalu).

3.2.1.1.4. Penanggalan Thermoluminescence (TL)

Material-material yang mengandung uranium, thorium atau potassium (beberapa batuan sedimen dan batuan vulkanik mengandung ketiga zat ini) atau terletak pada tempat yang dekat dengan zat-zat yang mengandung zat radioaktif ini, secara terus menerus akan terkena oleh pancaran partikel α , β , γ .

Sifat thermoluminescence akan terakumulasi secara progresif pada sampel yang terkena radiasi secara terus menerus. Dengan demikian intensitas thermoluminescence merupakan hasil dari radiation dose rate atau kecepatan dosis (takaran) radiasi dan waktu, jika mula-mula dapat dihitung maka umur dapat ditentukan pada agitasi serangan elektron dan pengebakan seperti berikut ini (Aifken, 1974) :

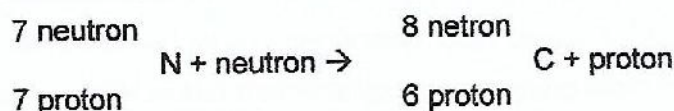
$$\text{Umur TL} = \frac{\text{TL mula - mula}}{(\text{equivalent dose rate}) \times (\text{annual dose rate})}$$

Catatan :

- *Equivalent dose rate* = kecepatan dosis kesamaan
- *Annual dose rate* = kecepatan dosis harian

3.2.1.1.5. Penanggalan Radiokarbon

Metode ini diusulkan oleh Lybby (1955) dari bukti-bukti radiokimia dan fisika nuklir untuk menentukan efek atau akibat dari radiasi kosmos berenergi tinggi (*flux* sinar kosmos) pada biosfer. Neutron bebas yang dihasilkan dari reaksi inti pada atmosfer bagian atas bertubrukan dengan atom yang lain atau molekul lainnya dan sebagai akibatnya perpindahan proton dari atom nitrogen akan menghasilkan atom karbon :



Inti carbon yang dihasilkan pada reaksi ini adalah ^{14}C yang merupakan isotop radioaktif karbon yang akhirnya akan meluruh membentuk unsur stabil ^{14}N :



Penanggalan radiocarbon ini pada dasarnya didasarkan pada empat anggapan :

1. Produksi ^{14}C adalah konstan terhadap waktu.
2. Perbandingan $^{14}\text{C} : ^{12}\text{C}$ pada biosfer dan hidrosfer adalah sebanding dengan perbandingan pada atmosfer.
3. Kecepatan peluruhan ^{14}C diketahui.
4. Dicapainya kesetimbangan yang tetap antara produksi dan peluruhan, yang tidak berubah terhadap waktu.

Sumber-sumber kesalahan pada penanggalan ^{14}C :

1. Variasi temporal pada produksi ^{14}C .
2. Variasi meruang pada aktivitas ^{14}C atmosfer.
3. Pemisahan atau fraksionasi isotopik.
4. Sirkulasi karbon lautan.
5. Kesalahan air keras atau *hard water*.
6. Kontaminasi.

Metode radiokarbon dipakai untuk sampel yang mengandung karbon dan diperkirakan tidak lebih tua dari 50.000 tahun. Laboratorium geokronologi di PSG Bandung sudah bisa melakukan metode ini.

3.2.1.2. *Incremental methods* / metode penambahan / pertumbuhan

Metode penanggalan *incremental* didasarkan pada penambahan secara teratur dari material pada jaringan organik atau urutan sedimen. Teknik ini sebagian terbatas pada skala waktu Holosen, namun *varvechronology* telah digunakan untuk menanggapi lapisan-lapisan Kuarter awal.

3.2.1.2.1. *Dendrochronology*

Kebanyakan tumbuh-tumbuhan pada daerah beriklim sedang memiliki jaringan pengangkut air dan makanan yang akan bertambah pada bagian luar perimeter batang setiap musim pertumbuhan, kemudian diikuti oleh periode tak aktif pada musim dingin. Jaringan (*vessef*) baru cenderung berdinding lebih besar & akan lebih tipis pada musim panas berakhir, sebagai akibat dari ketergantungan yang lebih besar pada persediaan air pada awal musim pertumbuhan.

Pada akhir tahun *vessel* akan mengecil secara bertahap dan dinding berkembang menjadi lebih tebal. Oleh karenanya, suatu garis pembeda antara masing-masing pertumbuhan menahun dari tumbuhnya kayu dan perhitungan garis ini (lingkaran tahun atau *tree ring*) dapat digunakan untuk menentukan umur suatu tumbuhan.

3.2.1.2.2. Kronologi Varva / *Varvechronology* (Urut-urutan Terbentuknya Varva)

Akumulasi secara teratur dari sedimen-sedimen, pembentukan laminasi pasir halus, lanau atau lempung, umum dijumpai di dalam data geologi. Laminasi sering tersusun di dalam set-set lapisan dengan lapisan-lapisan butiran lebih kasar di antara lapisan-lapisan yang halus. Istilah geologi untuk lapisan sedimen seperti itu disebut RHYTMITE, sedangkan laminasi-laminasi yang berbeda yang disebabkan oleh variasi tahunan suplai material sedimen disebut VARVA.

Karena diendapkan secara tahunan, maka varva bisa digunakan sebagai alat dalam penentuan umur (dating) dimana interval-interval waktu bisa dihitung. Selain itu, jika sekuen varva dapat dikaitkan terhadap kalender skala waktu, maka hal tersebut memungkinkan untuk memberikan kalender *dating* untuk data lapisan varva.

3.2.1.2.3. Lichenometri

Metode ini adalah suatu teknik dating yang bertolak pada prinsip bahwa ada hubungan langsung antara ukuran *lichen* (tumbuhan sejenis lumut) dengan umur. Apabila di permukaan tersingkap kolonisasi *lichen* maka metode ini dapat dipakai, asalkan :

1. Pola-pola pertumbuhan *lichen* diketahui.
2. Bahwa tidak ada waktu hilang yang terjadi antara pemunculan ke permukaan dan kolonisasi *lichen*, maka umur substrat tersebut bisa diperkirakan.

3.2.2. Metode Kesamaan Umur/ *Age-equivalent Horizons (Isochrons)* / *Age-equivalent Stratigraphic Markers* (Kesesuaian umur penciri stratigrafi)

Horison adalah suatu bidang (dalam praktek, lapisan tipis di muka bumi atau di bawah permukaan) yang menghubungkan titik-titik kesamaan waktu. Horison dapat berupa : horizon listrik, horizon seismic, horizon batuan, horizon fosil dan sebagainya (SSI, 1996).

Perbedaan horizon-horison penunjuk / penciri diketahui bahwa bentuk bidang waktu memotong sekuen-sekuen sedimenter. Horison-horison itu tidak dapat digunakan untuk dating sekuen-sekuen Kwartar.

Ada dua metode dating dengan menggunakan umur ekivalen stratigrafi penciri yaitu :

1. Paleomagnetisme : didasarkan pada perubahan medan magnet bumi di dalam sedimen-sedimen dan batuan.
2. Tephrochronologi : penggunaan lapisan-lapisan abu vulkanik untuk alat bantu *dating*.

3.2.2.1. Paleomagnetisme

Medan magnet bumi sangat konstan di dalam medan gaya dan arah muatan kutub. Variasi-variasi kisaran periodisitas berkisar antara beberapa mili detik sampai puluhan detik kali ribuan tahun (Tabel 3.2).

Tabel 3.2. Waktu konstan medan geomagnetik (Thompson, 1978b).

No.	Perubahan Geomagnetik	Waktu (tahun)
1.	Perubahan frekuensi rata-rata pembalikan polaritas	5×10^7
2.	Waktu antara pembalikan polaritas berurutan	10^7 10^8 10^5
3.	Variasi tahunan	10^1 10^0 10^{-1}
4.	Variasi harian	10^{-2}
5.	Badai magnetik	10^{-3}
6.	Getaran mikro	10^{-4}

3.2.2.2. Tephrochronology

Abu erupsi vulkanik atau tephra sering tersebar dengan cepat ke semua daerah yang relatif luas dan membentuk suatu lapisan penutup yang tipis. Lapisan yang tipis juga dijumpai pada sedimen-sedimen laut dalam. Tubuh lapisan abu sering menampilkan horison-horison warna yang berbeda dalam sekuen-sekuen sedimenter.

Metode ini menggunakan :

- Komposisi mineralogis.
- Pembentukan lapisan-lapisan hidrasi dan hadir tidaknya mineral-mineral mafik yang spesifik atau fragmen-fragmen gelas.

Umur tubuh lapisan abu dapat diketahui dari *radiocarbon dating*, *K-Ar* atau *vision track dating*.

3.2.3. Chemical Indicating of Relatif Chronology

Metode ini merupakan kronologi relatif berdasarkan pada proses-proses alterasi kimia. Fosil-fosil, sedimen-sedimen dan batuan terpengaruh oleh reaksi-reaksi kimia yang bergantung waktu. Permukaan fosil atau mineral dapat teralterasi oleh pengaruh hidrasi atau akumulasi presipitasi kimia tertentu dalam airtanah. Selama pelapukan dan proses-proses pedogenetik secara bertahap akan mengubah permukaan-permukaan batuan dan sedimen.

3.2.3.1. Diagenesis Asam Amino

Kebanyakan metode-metode penentuan kronologi relatif mendasarkan pada kecepatan operasi proses-proses kimia yang dikerjakan dalam penelitian Kuartar, misalnya *amino acid dating*. Biokimia asam amino (Aminostratigrafi) dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Tulang mengandung kira-kira 23% *collagen* (protein) sebagai benang-benang terikat dalam matrik fosfatik – kalsitik.
- Beberapa perubahan kimia di dalam protein yang terjadi setelah organisme mati berkaitan dengan waktu dan karakteristik protein residu tertentu dari rekaman data Kuartar, memberikan dasar untuk penentuan kronologi relatif.

Alterasi kimia dapat terjadi pada residu-residu yang mengandung protein yang akhirnya menghasilkan endapan rantai *peptide* untuk menjadi asam amino bebas. Dalam amino stratigrafi kegunaan rasio asam amino adalah untuk menempatkan fosil dan sedimen yang asosiasinya mengacu pada umur relatif. Metode ini sangat potensial untuk penelitian Kuartar, antara lain :

1. Penyusunan kronologi regional.
2. Resolusi populasi-populasi percampuran umur.
3. Membantu *radiocarbon dating*.
4. Paleotermometri.
5. Identifikasi paleosol.

3.2.3.2. Fluorine, Uranium dan Nitrogen pada Kandungan Fosil Tulang

3.2.3.4. Hidrasi Obsidian

3.2.3.5. Pelapukan dan Pembentukan Soil

BAB IV MORFOLOGI KUARTER

4.1 Glasial

Morfologi glasial merupakan hasil aktifitas yang dilakukan oleh media es. Media ini mengangkut hasil diversifikasi batuan berupa material hasil desintegrasi bagian luar batuan induk.

Pembentukan morfologi glasial dikontrol oleh :

- a. Iklim dingin – sedang (sub tropis).
- b. Suhu selalu di bawah 32°F.
- c. Tempat pengendapan berada di :
 - Cekungan-cekungan sepanjang perjalanan blok-blok glasier.
 - Daerah pantai, danau, laut dingin.

Daerah pengerjaannya media tersebut akan meninggalkan morfologi sisa, yaitu morfologi yang terbentuk akibat aktifitas erosi, abrasi dan ablasi, bukan hasil sedimentasi.

Material yang membentuk bentang alam glasial berbentuk tilius, jarang berupa soil.

- *Moraine* adalah material yang diangkut glasial.
- *Till* merupakan sedimen glasial (*moraine* yang terendapkan).

Till terdiri dari bermacam-macam jenis batuan yang diberi satu nama. Secara definitif *till* merupakan sedimen glasial yang diendapkan di berbagai tempat, dimana sedimen tersebut menunjukkan tekstur klastik yang tak beraturan dengan ukuran butir lempung, pasir kasar hingga kerakal, yang tersusun secara non sortasi (Fliet, 1970).

Proses sedimentasi oleh blok-blok glasier memiliki bermacam-macam bentuk. Dari blok-blok tersebut diperoleh pula produk yang beraneka ragam, antara lain :

- *Ice cap*
- *Ice sheet*
- *Floating glacier tongue*
- *Ice shelf*
- *Cirque glacier*
- *Valley glacier*
- *Piedmont glacier*

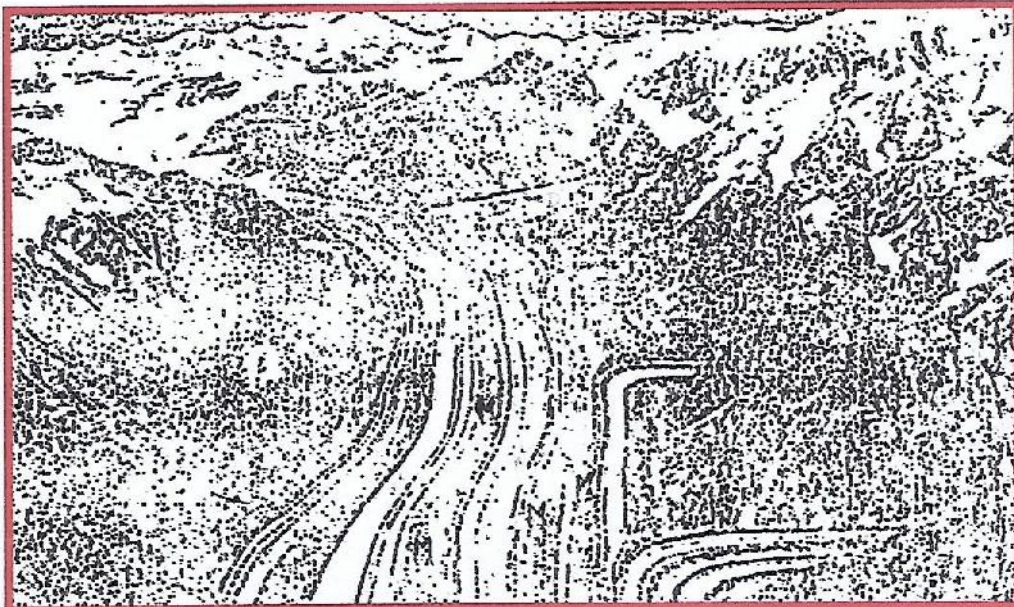
Sistem glasier membentuk bentang alam sisa dan bentukan sebagai berikut :

- a. Bentang alam sisa : terbentuk akibat ablasi glasier, baik oleh blok-blok esnya maupun oleh *moraine*. Nampak adanya bekas-bekas goresan / seretan panjang (*drift*) pada bentang alam ini.

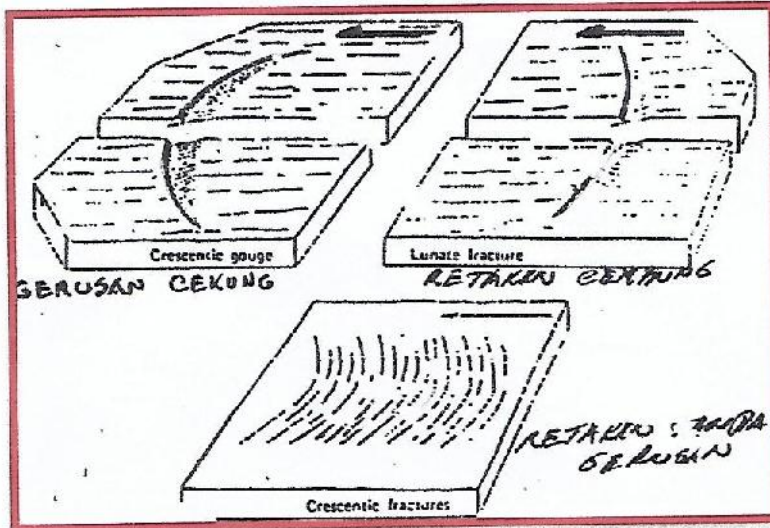
- *Glaciated valley*
- *Ridge glaciations*
- *Cirque*
- *Tarn*
- *Hanging trough*
- *Hanging valley*
- *Outwash Plain*

b. Bentang alam bentukan : merupakan hasil dari pengendapan *moraine* yang merupakan bermacam-macam *till*.

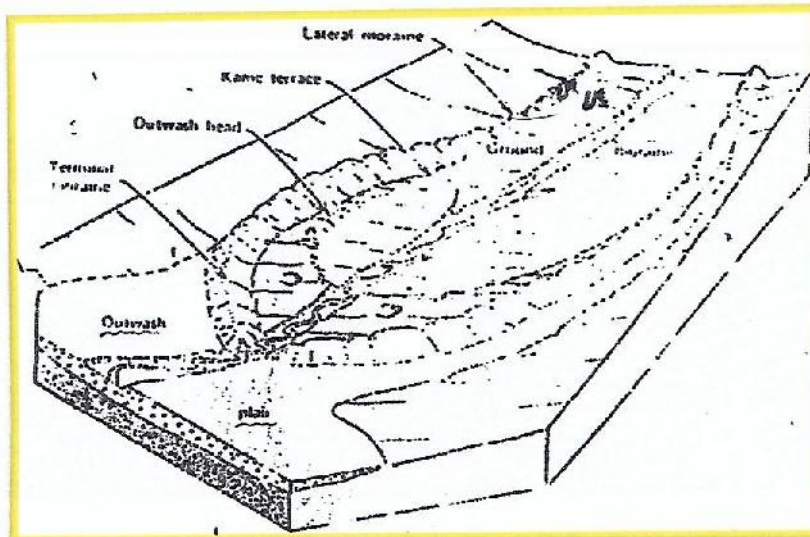
- *Medial moraine*
- *Lateral moraine*
- *Esker*
- *Drumline*
- *Glacier lake*
- *Roches moutainees*
- *Boulder clay*
- *Terminal moraine*
- *Alluvial cone*



Gambar 4.1. *Moraine dan drift* (Schytt, 1980).
Moraine : material yang diangkut glasier.
Drift : goresan



Gambar 4.2. Bentuk-bentuk jejak hasil gerakan glasier.



Gambar 4.3. Moraine setelah diendapkan glasier yang mencair.

Ice cap : massa es (500 – 1000 m).

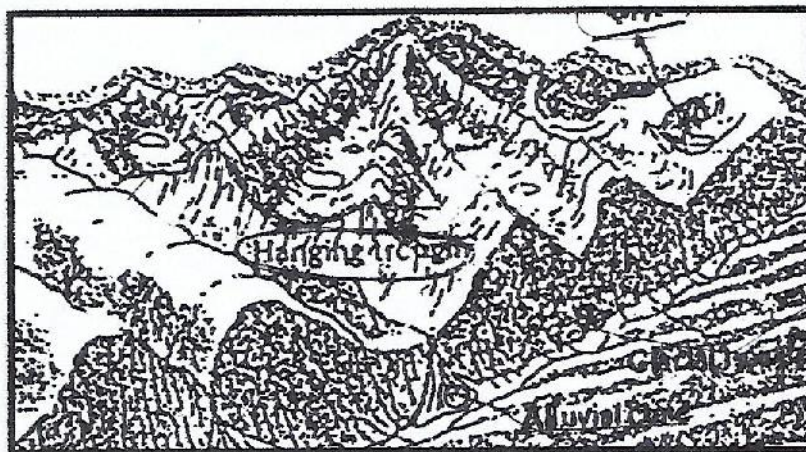
Ice sheet : lebih luas dari *ice cap*, menutup kontinen, misal : 4300 m.



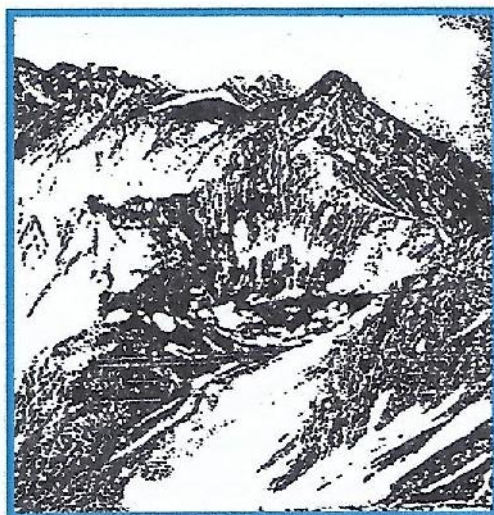
Gambar 4.4. Floating glacier tongue dan ice shelf.



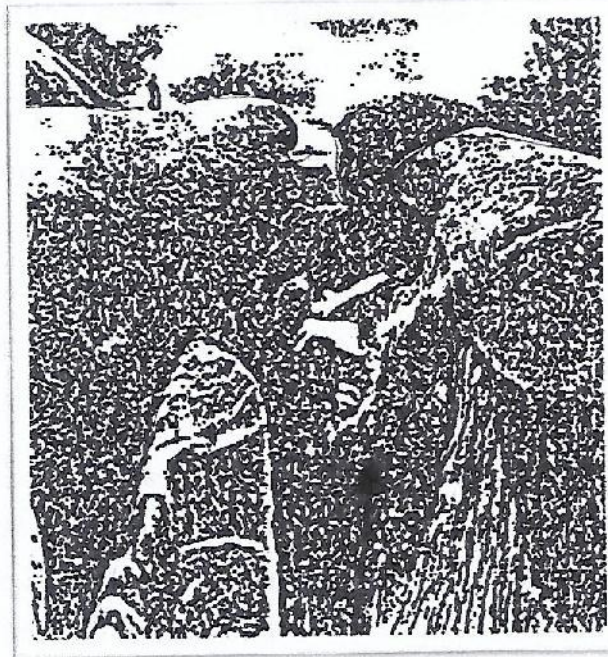
Gamba 4.5. *Piedmont glacier* (latar belakang) dan *valley glacier* (latar depan).
Piedmont glacier : dangkal dan datar.



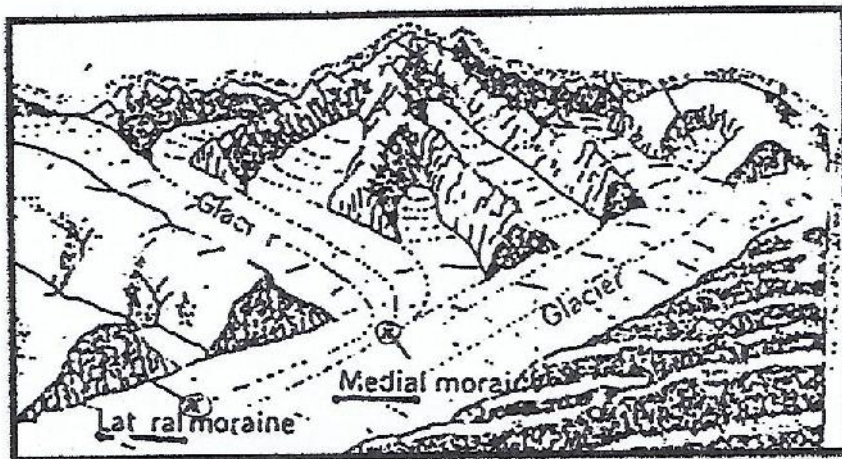
Gambar 4.6. Lembah dan pematang yang terbentuk oleh glasiasi.
Tarn : cirque yang mencair.



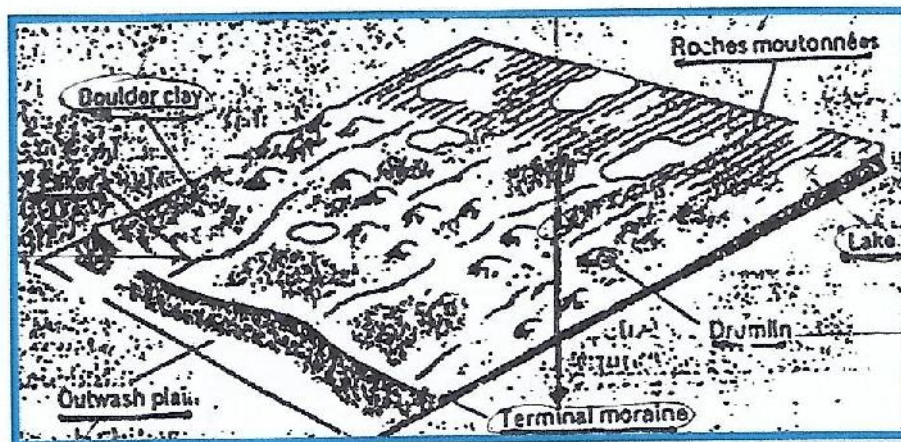
Gambar 4.7. *Cirque* (mangkok) *glacier* (*glacier* belum mencair, bentuk setengah bola).



Gambar 4.8. Hanging valley.



Gambar 4.9. Medial and lateral moraine dan cirques.



Gambar 4.10. Blok diagram morfologi bentukan glasier.
Boulder clay : bongkah-bongkah *till*.
Roches moutainnees : *drift* sejajar dan searah.
Esker : pematang

Menurut Flinck (1957) vide Bowen (1978) *till* dibagi menjadi :

- a. *Lodgement till*.
- b. *Ablation till*.

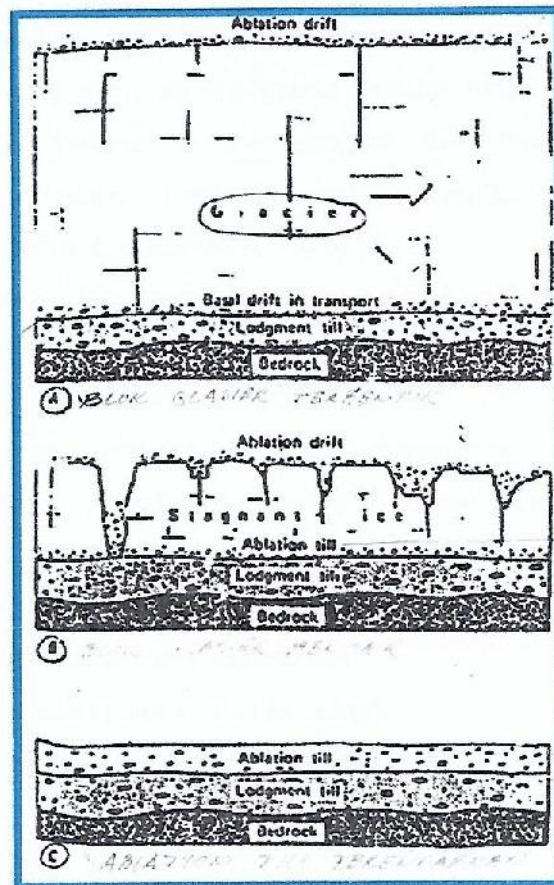
Boulton (1972, vide Bowen, 1978) membagi *till* menjadi :

- a. *Melt-out till*.
- b. *Flow till*.
- c. *Subglacial till*.

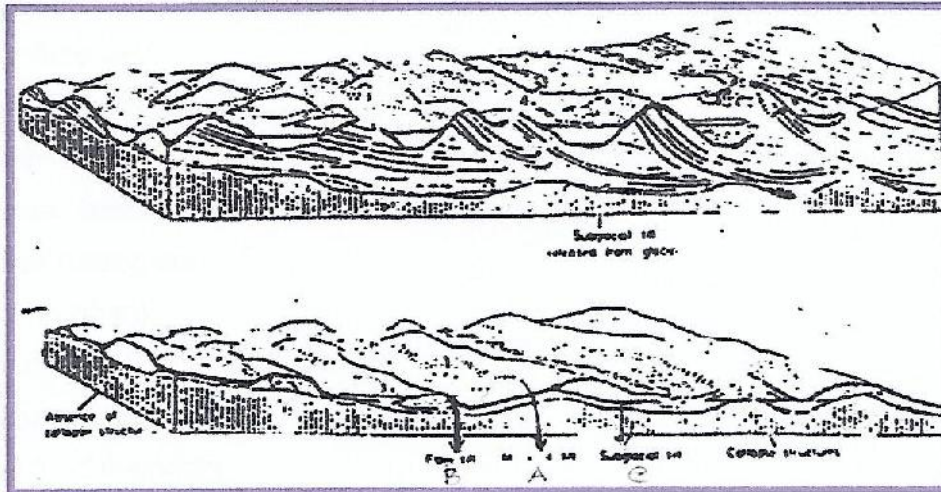
Diamicton :

- Sedimen terigen non sortasi, yang berkomposisi batuan lain yang mempunyai ukuran butir bervariasi dari berbagai macam batuan yang berbeda-beda.
- Dihasilkan oleh blok-blok glasier yang lain, yang ukurannya lebih kecil.
- Teritifikasi menjadi *diamictite*.

Till : dibentuk oleh *ice-sheet*, terutama oleh *Pleistocene ice sheet*.



Gambar 4.11. Proses pembentukan *ablation till* di atas *lodgement till*.



Gambar 4.12. Sedimentasi supraglacial, englacial dan subglacial.
A. *Melt-out till* : hasil deposisi supraglacial (glacial bagian atas).
B. *Flow till* : endapan till di lereng perbukitan.
C. *Sub glacial till* : till pada bidang basal.

4.2. Fluvial

Bentang alam fluvial merupakan aktivitas sedimentasi yang dilakukan oleh media air. Pembentukan bentang alam ini menganut hukum hidrolika, energi mekanik dan gravitasi, dengan cara melarutkan, mengangkat dan menyeret. Selain itu juga mengapung, melayang (*floating*), melompat, menggelinding, terseret, terlarut menjadi suspensi dan koloid (Friedman & Sanders, 1978).

Mekanisme, proses dan produk bentang alam fluvial ini umumnya terjadi pada Kaia Holosen. Mekanismenya melalui saluran "*channels*", secara terbuka melalui "*run off*".

Aktivitas fluvial :

- Degradasi / penggerusan : produk berbentuk morfologi sisa.
- Agradasi / penimbunan : produk berbentuk endapan-endapan baru menghasilkan morfologi bentukan.

Struktur sedimen yang terbentuk selama alluvial diendapkan :

- Struktur berlapis (*bedded structure*), antara lain :
 - Struktur berlapis silang siur (*cross bedding*).
 - Struktur berlapis sejajar (*parallel bedding*).
 - Struktur berlapis bersusun (*graded bedding*).
- Struktur *slump bedding*.
- Struktur laminasi.
- Struktur berfragmen.
- Struktur "*current ripples*".

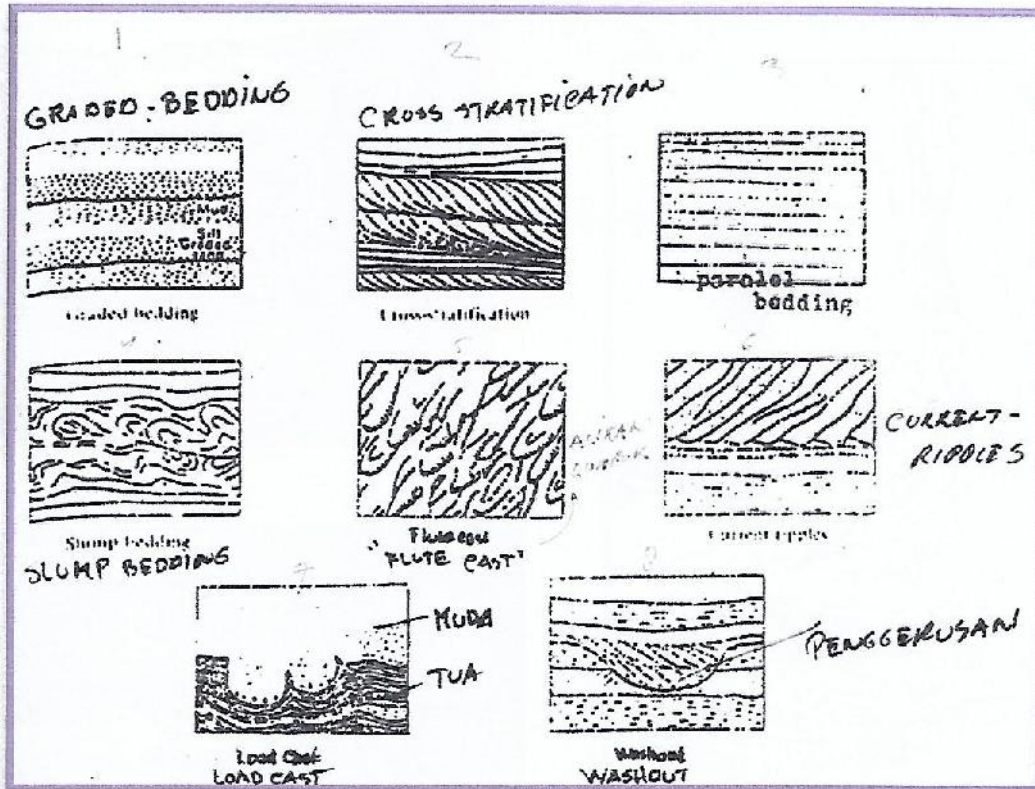
6. Struktur *wash out*.
7. Struktur *flute cast*.
8. Struktur *load cast*.

Aktivitas air mempunyai dampak perusakan alam (erosi & degradasi), sehingga akan dijumpai berbagai bentang alam sisa :

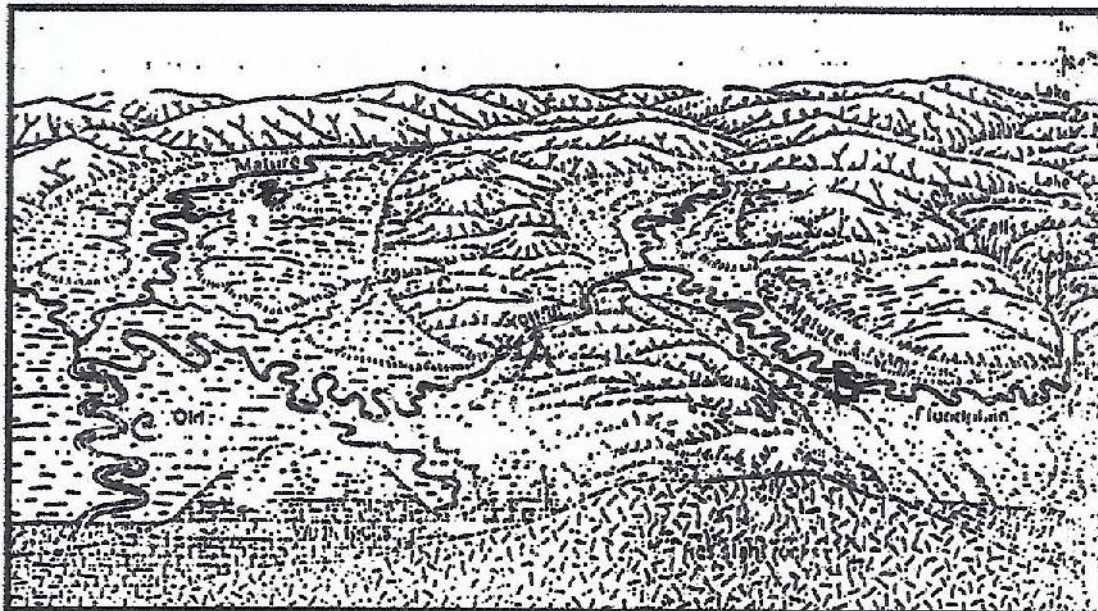
1. *Steepwall* (tebing curam).
2. *Gulleys* (torehan).
3. *Stream channel* (anak-anak sungai).
4. *River* (sungai besar).
5. *Terrace* (undak-undak).
6. *Meander* (sungai berkelok-kelok).
7. *Oxbow lake* (danau tapal kuda).
8. *Lake* (danau).
9. *Hanging coast* (pantai terjal).

Bentang alam bentukan terbentuk karena proses aggradasi dari material hasil penggerusan air. Sifat pembentukannya akibat aggradasi (penimbunan) : deposisi / sedimentasional. Bentang alam bentukan fluvial antara lain :

1. *Alluvial fan* (kipas alluvial).
2. *Channel bar* (gosong tengah sungai).
3. *Point bar* (gosong kelokan dalam).
4. *Splay bar* (gosong renggang).
5. *Braided sediment*.
6. *Natural levee* (tanggul alam).
7. *Basinal sediment* (sedimen dasar cekungan).
8. *Flood plain* (dataran banjir).
9. *Benches* (teras & trap).
10. *Terrace* (undak-undak banjir).
11. Delta.
12. *Barrier complex* :
 - a. *Barrier beach*
 - b. *Barrier island*
 - c. *Barrier split*
 - d. *Bay barrier*
 - e. *Coral reef coast*.



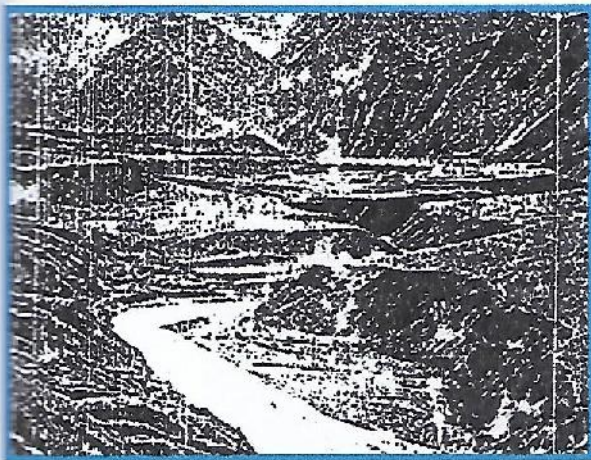
Gambar 4.13. Macam-macam struktur sedimen primer.



Gambar 4.14. Macam-macam stadia sungai :
 A. Stadia muda : lembah sempit, curam, erosi dasar, air terjun.
 B. Stadia dewasa : lembah U, dataran banjir, meander.
 C. Stadia tua : dataran banjir luas.



A.



B.



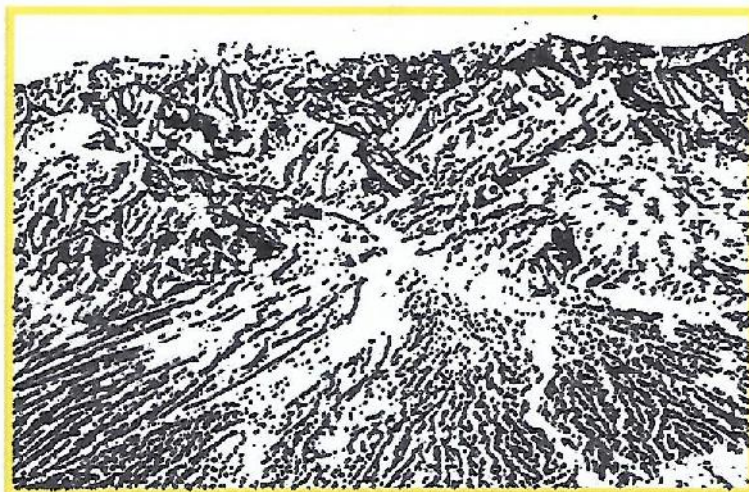
C.

Gambar 4.15. Bentang alam sisa

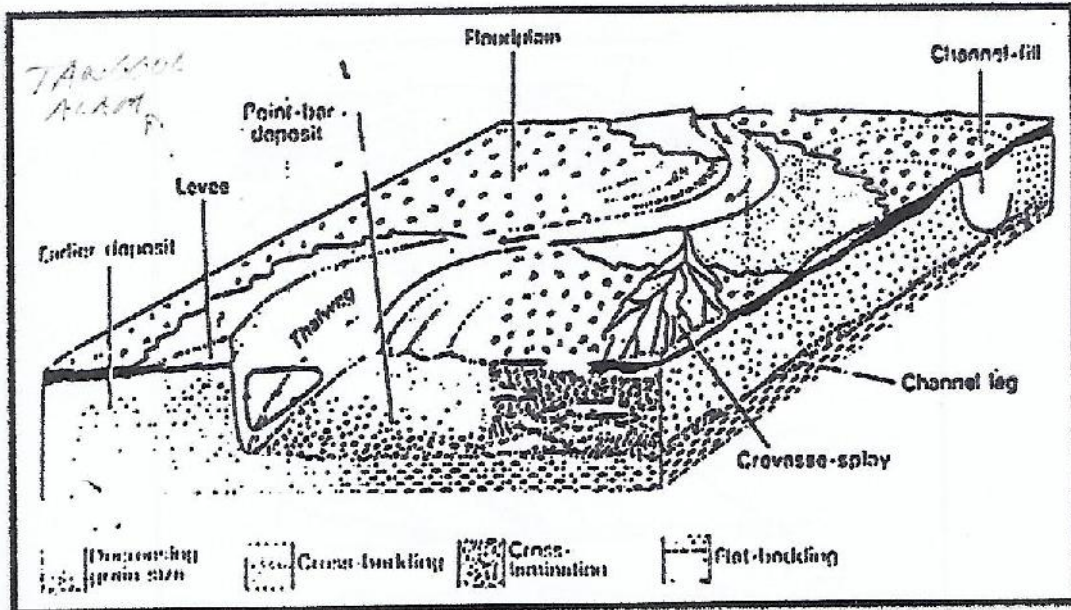
A. Steepwall & gulleys

B. Terrace.

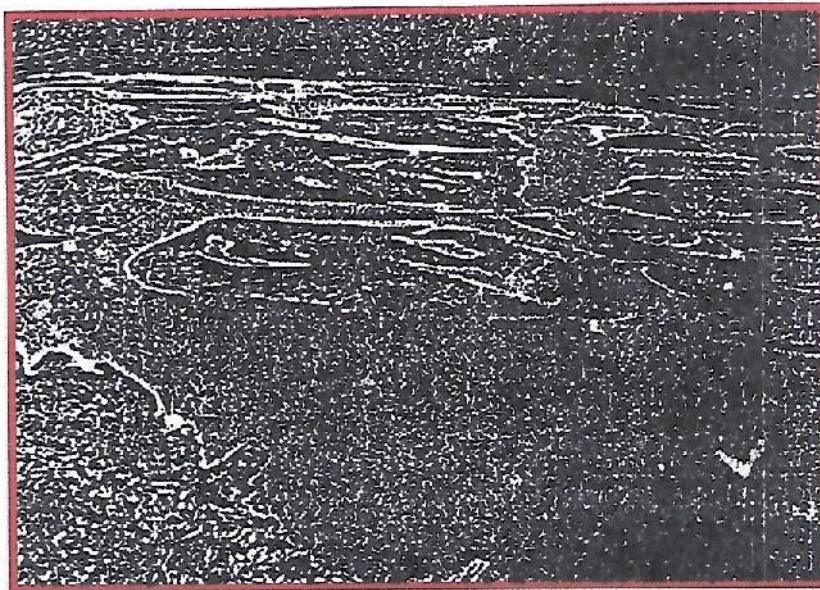
C. Pola-pola sungai meandering, oxbow lake, spur dan lake.



Gambar 4.16. Bentang alam bentukan (*alluvial fan*).



A.

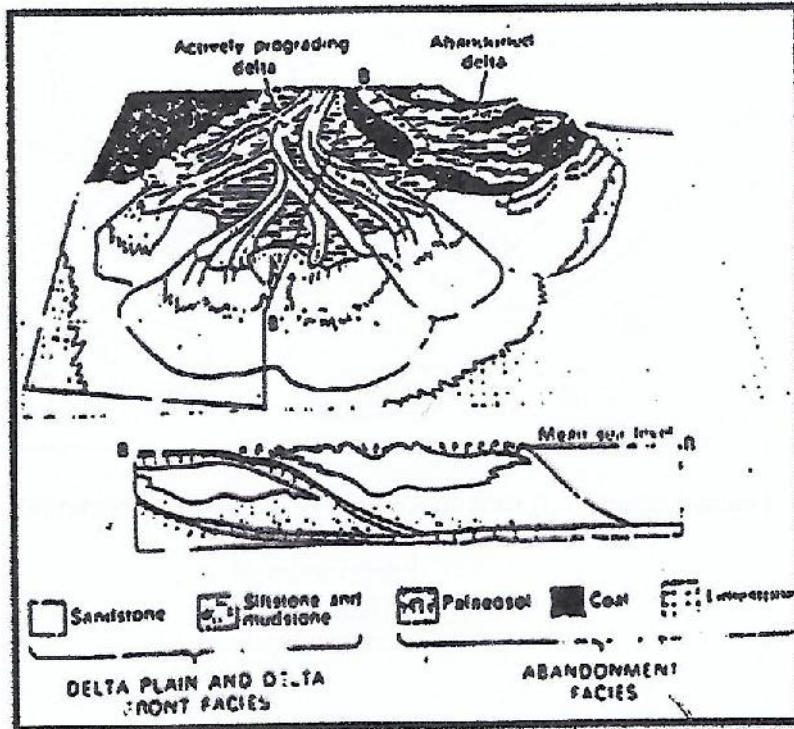


B.

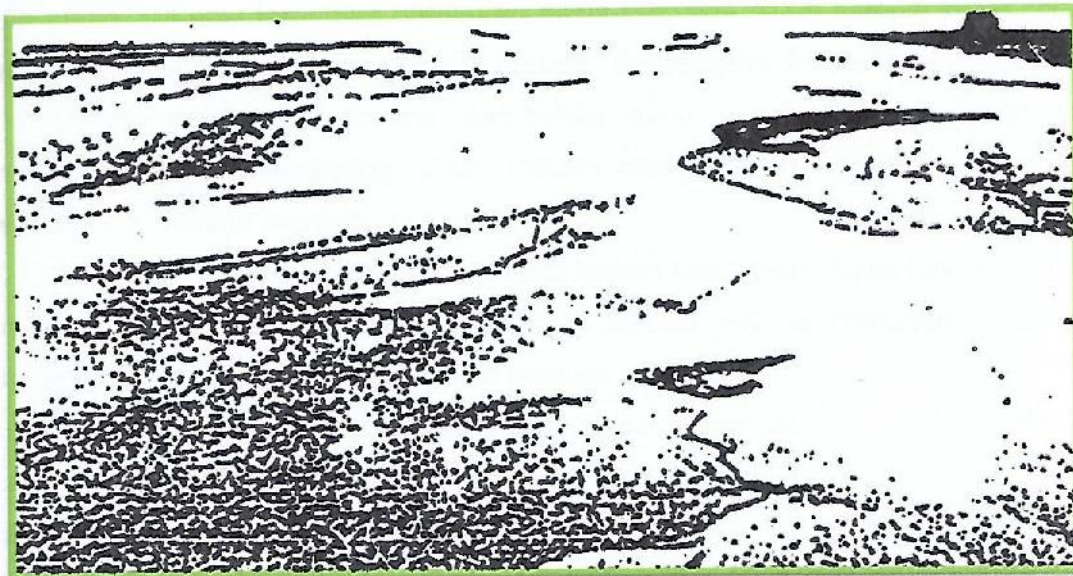
Gambar 4.17. Bentuk alam bentukan.

A. Blok diagram memperlihatkan deposisi sungai (meander).

B. Sungai teranyam, dengan channel bar dan braiding sediment.



A.



B.

Gambar 4.17. Bentuk alam bentukan.
 A. Diagram blok delta dan proses perkembangannya.
 B. Delta pada muara sungai.



Gambar 4.17. Bentang alam bentukan (kompleks barrier) :
a. *Barrier beach*.
b. *Barrier island*.
c. *Barrier split*.
d. *Bay barrier*.

4.3. Eolian

Bentang alam eolian dihasilkan akibat aktivitas transportasi yang dilakukan oleh media angin. Material terangkut berukuran halus (*silt, fine sand*) sampai kasar (*gravel – granule*). Genesa pembentukan material berupa : desintegrasi & abrasi.

Desintegrasi terjadi karena perubahan suhu udara setempat yang sangat menyolok setiap hari sepanjang tahun. Batuan mengembang dan menyusut sehingga retak-retak dan hancur menjadi talus / detrital.

Abrasi merupakan aktivitas pengikisan bagian luar / permukaan batuan oleh angin / air dan material yang sedang dibawanya. Batuan terkikis kemudian retak-retak, selanjutnya tertransport dan terendapkan menjadi sedimen.

Struktur sedimen yang diakibatkan oleh angin antara lain :

- a. Laminasi / berlapis sejajar (*parallel stratification*).
- b. Laminasi silang siur (*cross stratification*).
- c. Berlapis bersusun (*graded bedding*).
- d. Gelombang permukaan (*current ripples*).

Bentang alam sisa dihasilkan oleh abrasi dan disebut hammaada (*rocky dessert*), meliputi :

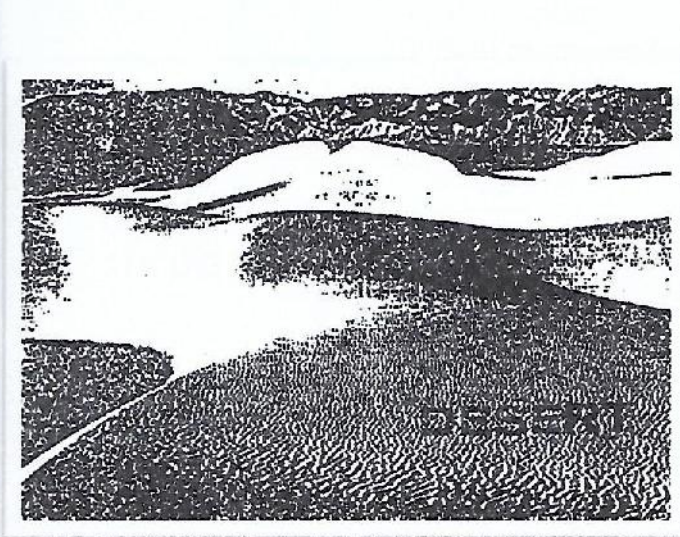
1. *Ayers rock* (kubah).
2. *The jutting rock pinnacles* (batu menara).
3. *Mushroom rock* (batu cendawan).
4. *Natural bridges* (jembatan alam).

Bentang alam bentukan merupakan bentang alam hasil akumulasi erg (*sandy desert*) yang umumnya membentuk *dunes* (gundukan), misalnya :

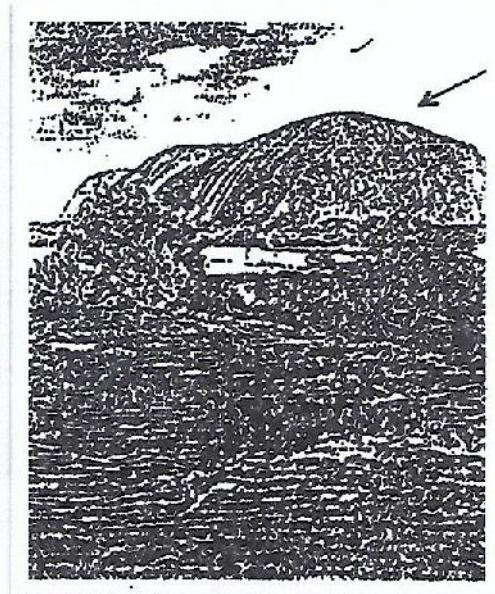
1. *Nebkha* (gundukan konsentris).
2. *Barchans* (*dunes* bulan sabit).
3. *Barchanoid* (punggungan sejajar arah angin).
4. *Linguoid* (punggungan melawan arah angin).
5. *Transverse dunes* (kumpulan *barchans*).
6. *Akle* (bentuk jamak dari *transverse dunes*).
7. *Parabolic dune* (bentuk U).
8. *Lunette* (satu tubuh gundukan).
9. *Sief / longitudinal dunes*.
10. *Falling dune* (hancurnya *hammada*).
11. *Climbing dune* (*falling dune* yang masih menempel).
12. *Echo dune* (*falling dune* yang telah tertransport).
13. *Beach dune* (gundukan pasir di pantai).

Secara umum, bagian-bagian dune dapat dibagi menjadi :

- a. *Dunes* : bagian punggung gundukan.
- b. *Draas* : bagian lereng.
- c. *Rhourd* : lereng yang diapit oleh 2 punggungan.



A.

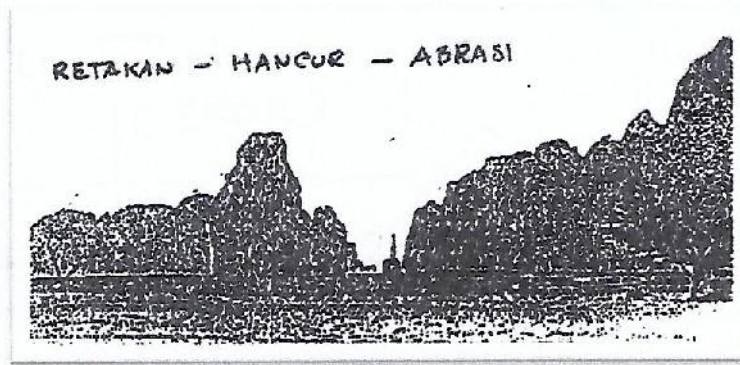


B.

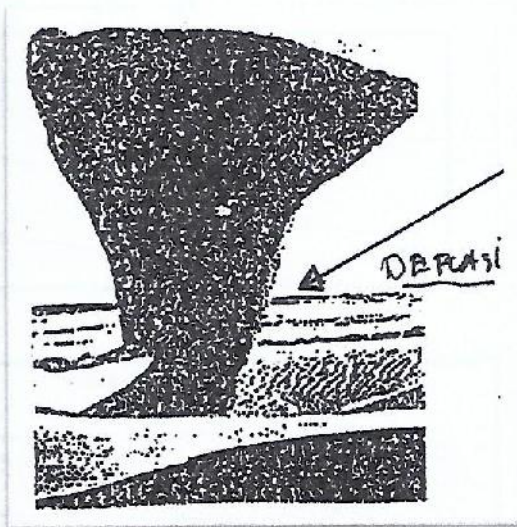
Gambar 4.17. Bentang alam sisa :

A. Bentang alam padang pasir.

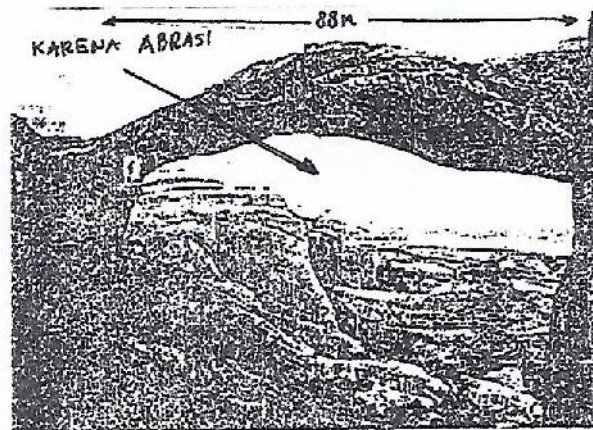
B. *Ayers rock* (dijumpai di benua Australia, keliling ± 11 km).



A.



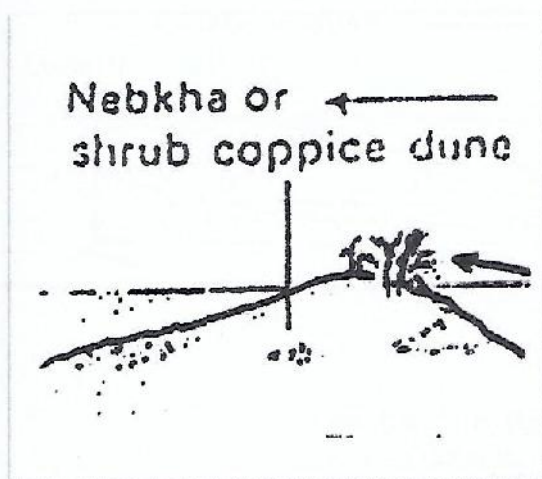
B.



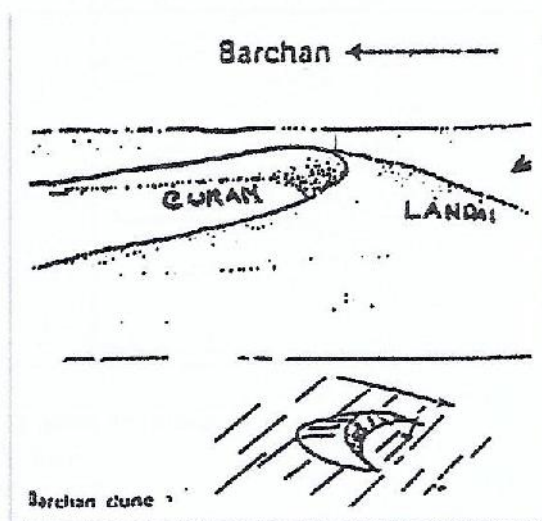
C.

Gambar 4.17. Bentang alam sisa :

- A. Batu menara.
- B. Batu cendawan (*mushroom rock*).
- C. *Natural bridge*.



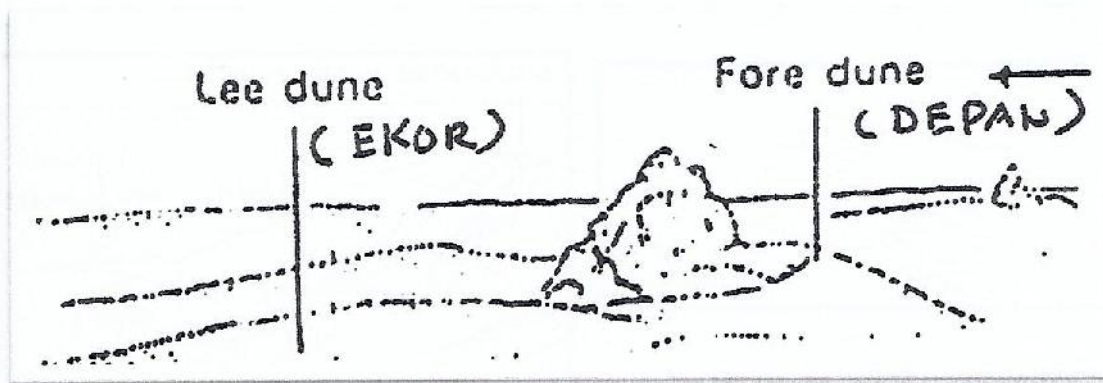
A.



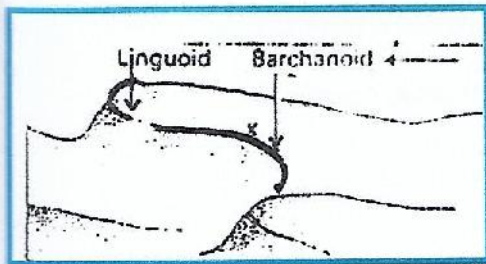
B.

Gambar 4.18. Bentang alam bentukan :

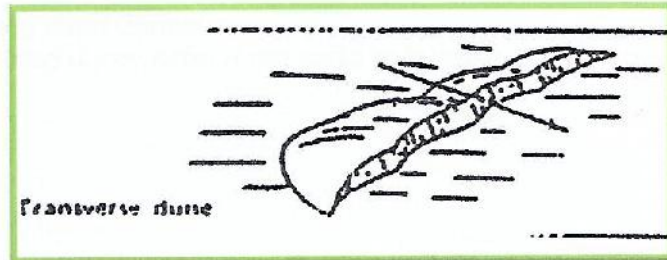
- A. Nebkha.
- B. *Barchan dune*.



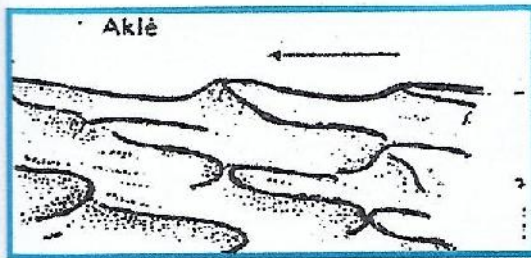
A.



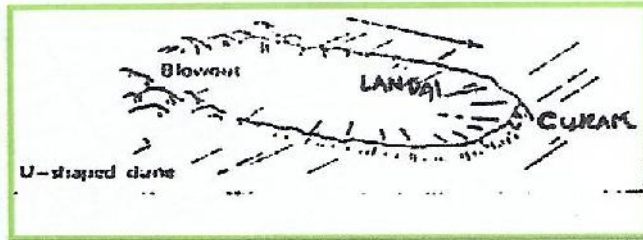
B.



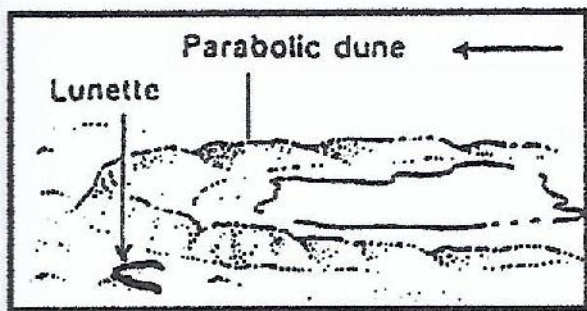
C.



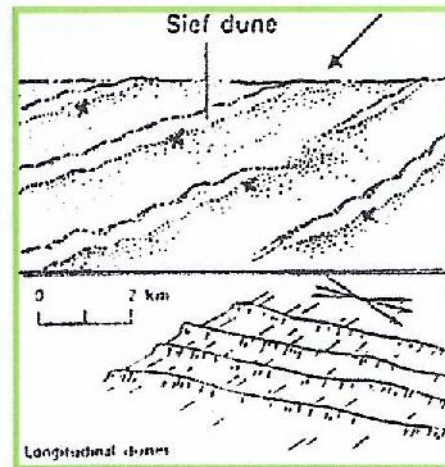
D.



E.

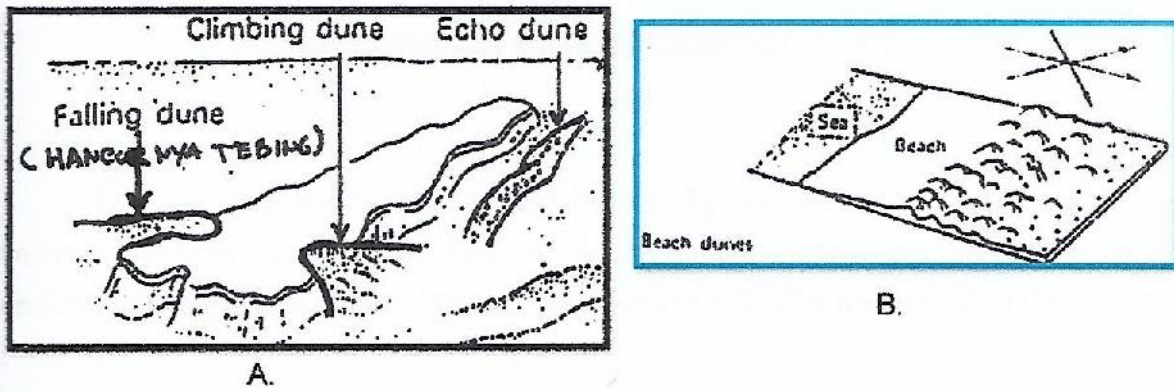


F.

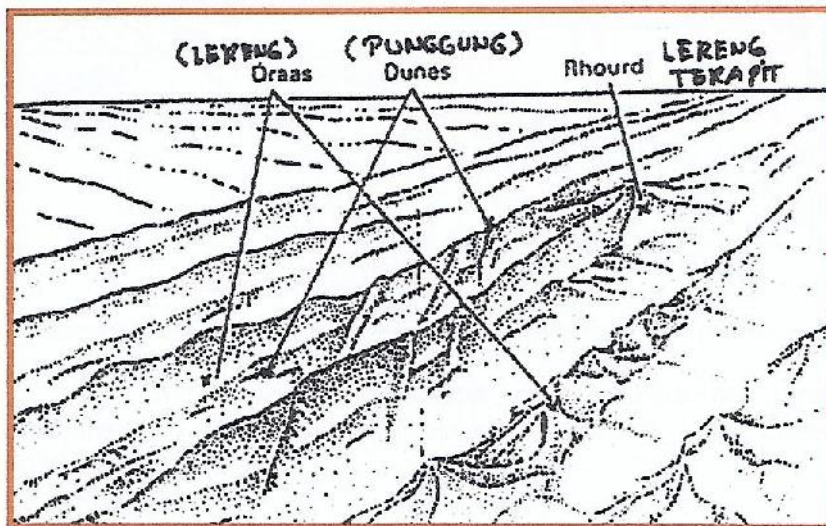


G.

Gambar 4.18. Bentang alam bentukan :
 A. Lee dune dan fore dune.
 B. Linguoid dan barchanoid.
 C. Transverse dune.
 D. Aklé (bentuk jamak dari T dunes).
 E. U-shape dune (parabolic >> barchans).
 F. Parabolic dune dan lunette.
 G. Sief dune atau longitudinal dunes.



A.
Gambar 4.18. Bentuk alam bentukan :
A. *Falling dune, climbing dune, echo dune* serta hubungan ketiganya.
B. *Beach dunes*.



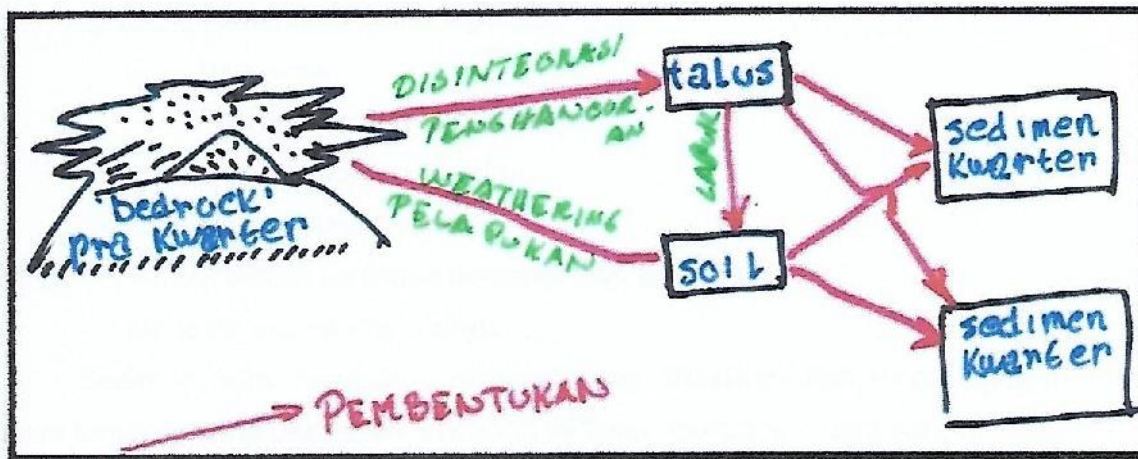
Gambar 4.19. Bagian-bagian *dunes*.

BAB V SEDIMENTASI & STRATIGRAFI KUARTER

5.1. Sedimentasi

Sedimen pra Kuartar terdiri dari batuan Tersier dan pra Tersier, sedangkan sedimen Kuartar terdiri dari batuan Kuartar dan produknya, sehingga sistem sedimentasinya lebih kompleks. Proses erosi sedimen Kuartar meliputi (lihat Gambar 5.1)

1. Erosi pada batuan yang lapuk.
2. Erosi pada batuan segar, baik di daerah arid maupun dingin.



Gambar 5.1. Bagan alir sedimentasi Kuartar, menggambarkan genesa dan proses sedimentasi serta alternatif produknya (Richard, 1970, Bowen, 1978, Valter, 1980).

Sedimentasi Kuartar lebih rumit karena batuan asal bertambah dengan produk sedimentasi jaman Kuartar itu sendiri. Akibatnya, petrogenesa sedimen Kuartar menjadi lebih kompleks.

Proses erosi yang terjadi :

1. Erosi pada batuan yang telah mengalami proses pelapukan.
2. Erosi pada batuan segar (Leopold, Starker, 1967) :
 - Di daerah kering / arid.
 - Di daerah dingin.
 - Perubahan cuaca tidak drastic.
 - Tidak terjadi proses kimia dan biokimia dengan bantuan air terhadap batuan, material penyusun produk sedimentasi masih menunjukkan batuan / material asal.

Klasifikasi sedimen Kwartar meliputi genesa, proses dan produknya. Hal ini didasarkan pada :

- Lingkungan pengendapan.
- Iklim.
- Letak geografis.
- Media transportasinya.

Sistem sedimentasi Kwartar (media angin) :

- Material ukuran halus – kasar.
- Genesa pembentukan : desintegrasi dan abrasi.
- Penurunan kecepatan, misalnya :
 - o T relatif sama.
 - o Membentur dinding bukit.
- Iklim lingkungan :
 - o Kering (desert of dryness)
 - o Dingin (desert of cold)
- Sifat sedimen lepas-lepas.
- Timbul deflasi sehingga bentang alam tak stabil.
- Mengalir secara diskontinyu.

Sedimen delta merupakan endapan yang dihasilkan oleh sungai yang masuk ke dalam tubuh air yang permanen, endapan ini terkumpul pada muara sungai.

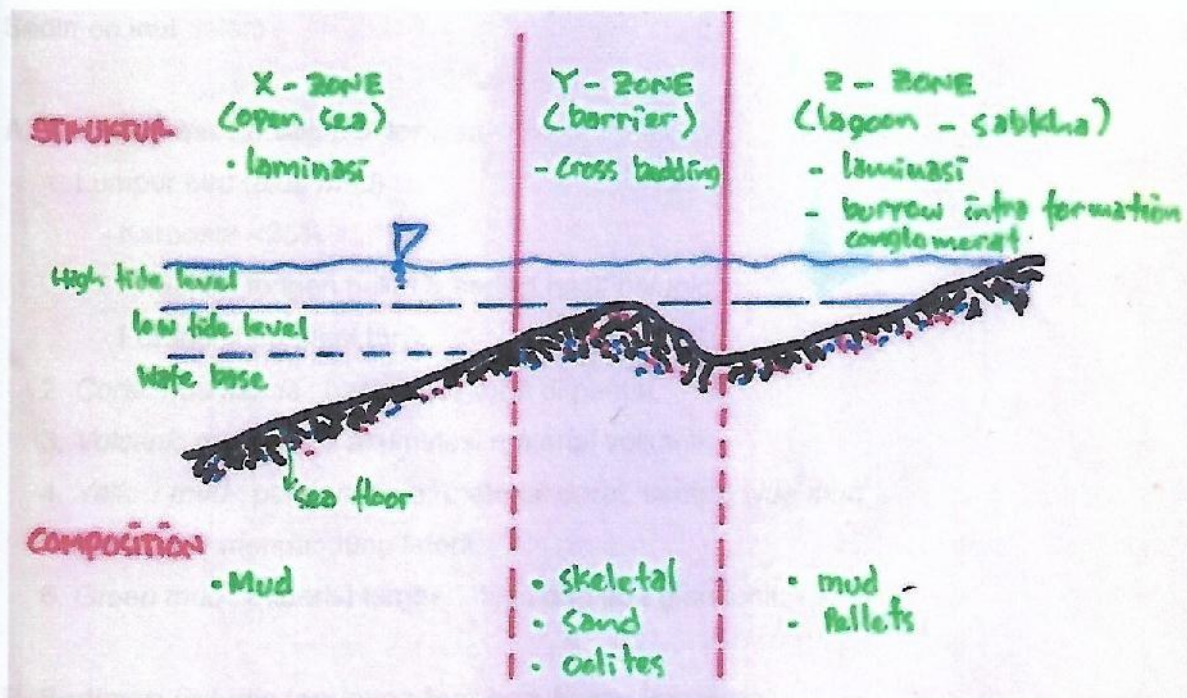
Sedimen marine merupakan endapan dasar cekungan yang terletak pada dasar laut terbuka, terbentuk oleh aktivitas gelombang dan arus laut yang mengangkut material.

Dibedakan menjadi :

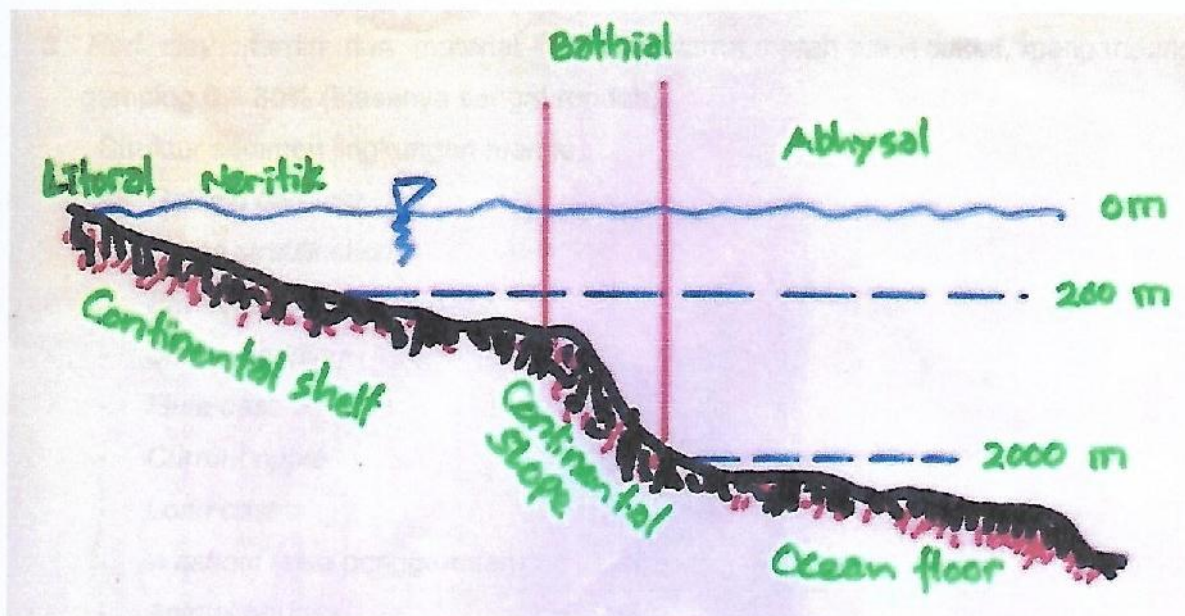
- a. *Shelf sediment*.
- b. Sedimen laut

Shelf sediment :

- Merupakan lingkungan neritik pada garis rendah dengan kedalaman 200 m.
- Litologi berupa :
 - o Sedimen berukuran lempung – pasir, semakin dalam semakin halus.
 - o Terdiri dari material karbonat dan material asal darat (terigen).
- Selley (1978) mebagi menjadi :
 - o Zona X = calcilutite
 - o Zona Y = calcarenite
 - o Zona Z = dolomite – evaporit.



Gambar 5.2. Penampang melintang zona sedimentasi laut.



Gambar 5.3. Penampang melintang zona batimetri / kedalaman laut.

Sedimen laut dalam :

A. Sedimen *hemipelagic* & terigen

1. Lumpur biru (*blue mud*) :
 - Karbonat <35%
 - Endapan terigen halus & sedikit hasil *pelagic*.
 - Foraminifera planktonik.
2. *Coral mud sands* : hasil erosi koral di pantai.
3. *Volcanic mud* : hasil akumulasi material vulkanik.
4. *Yellow mud* : pengendapan material darat, seperti *blue mud*.
5. *Red mud* : mengandung laterit.
6. *Green mud* : material terrigen hijau dan ada glaukonit.

B. Sedimen *Pelagic* (endapan laut berukuran lempung) :

Ciri – ciri : tidak ada material darat yang berukuran lebih dari koloid, terdapat lempung dan sisa organisme.

1. *Calcareous ooze* : sebagian besar terdiri dari test organism planktonik dengan komposisi *calcareous*.
2. *Siliceous ooze* : sebagian besar material silica, gamping maksimum 20%.
3. *Red clay* : terdiri dari material halus berwarna merah tua – coklat, mengandung gamping 0 – 30% (biasanya sangat rendah).

Struktur sedimen lingkungan *marine* :

- *Graded bedding*
- *Cross stratification*
- *Paralel bedding*
- *Slump bedding*
- *Flute cast*
- *Current ripple*
- *Load cast*
- *Washout* (sisa penggerusan)
- *Animal borings*
- *Fragmented structure* (*reworked* pada dasar samudera yang longsor).

Fosil Kuarter :

- Berumur > 10.000 tahun.
- Terawetkan dalam batuan sedimen dan glasial (*Mammuthus primiginus*).

- Pengukuran umur suatu fosil Kuarter dapat dilakukan dengan isotop oksigen sedangkan batuanannya dengan radiocarbon.
- Kandungan komposisi fosil : karbonat – silikat – sulfat – fosfat
- Contoh fosil manusia purba :
 - a. *Homoerectus*
 - b. *Australopithecus*
 - c. *Ramapithecus*

5.2. Stratigrafi

Stratigrafi Kuarter umumnya melibatkan loose sediment. Komponen penyusunnya dikontrol oleh sistem sedimentasi, waktu pengendapan maupun temperature muka bumi.

Setiap satuan stratigrafi memiliki stratotype, antara lain :

1. *Unit stratotype* : untuk pengenalan dan definisi, selanjutnya untuk mengkorelasi.
2. *Boundary stratotype* : memiliki titik khusus dalam sekuen, tergantung iklim dan temperatur.
3. *Composite stratotype* : membentuk kombinasi ekuen yang khas (komponen *stratotype*).

Pekerjaan penelitian stratigrafi Kuarter adalah mengkorelasi daerah *stratotype* dengan lokasi pengamatan, dengan dasar :

- Kesamaan data geomorfologi.
- Fasies litologi.
- Genesa deposit.

5.2.1. Stratigrafi Pleistosen

Stratigrafi Pleistosen merupakan urutan satuan tillit (breksi + satuan-satuan sedimen lain misalnya *loess*, pasir, lempung, endapan karbonat, oksida-oksida). Batuan pada Pleistosen umumnya non sortasi, kemas terbuka dan pembundaran jelek. Pada kontinen umumnya terendapkan satuan till, sedangkan pada marine diendapkan konglomerat, pasir, lempung, sedimen non klastik dan sebagainya.

Terjadinya *overlapping* antara litostratigrafi dengan biostratigrafi karena adanya perbedaan dasar klasifikasi. Interval waktu berlangsungnya suatu proses sedimentasi batuan tidak sama dengan interval waktu berlangsungnya kehidupan flora dan fauna.

5.2.2. Stratigrafi Holosen

Stratigrafi holosen melibatkan endapan alluvial (fluviatil dan endapan glasier resen), *loose sediment*. Jenis batuanannya belum dapat ditentukan berdasar atas satuan-satuan dasar litostratigrafi. Pemerian yang digunakan adalah *chronostratigraphy*.

5.2.3. Stratigrafi Terapan

Stratigrafi terapan yang dapat dipergunakan antara lain :

a. Satuan litostratigrafi :

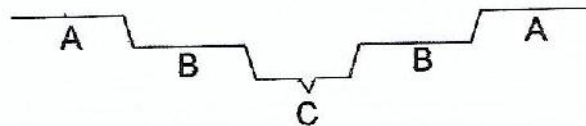
- Penentuan satuan : teramati di lapangan.
- Penyebarannya tak tergantung pada batas waktu.

b. Satuan biostratigrafi

- Kandungan dan penyebaran fosil.

c. Satuan morfostratigrafi

- Bentang alam terbentuk oleh proses deposisi.
- Dibedakan dari satuan relief dan slope pada permukaan.
- Cenderung digunakan pada endapan-endapan Kwartir.



Gambar 5.3. Endapan teras, sering digunakan dalam satuan morfostratigrafi.

d. Satuan volkanostratigrafi

- Urutan rekaman kegiatan gunungapi
- Tingkatannya : volkanit – eruptiva – (aliran – jatuhan – guguran).

e. Satuan pedostratigrafi (jejak terpendam)

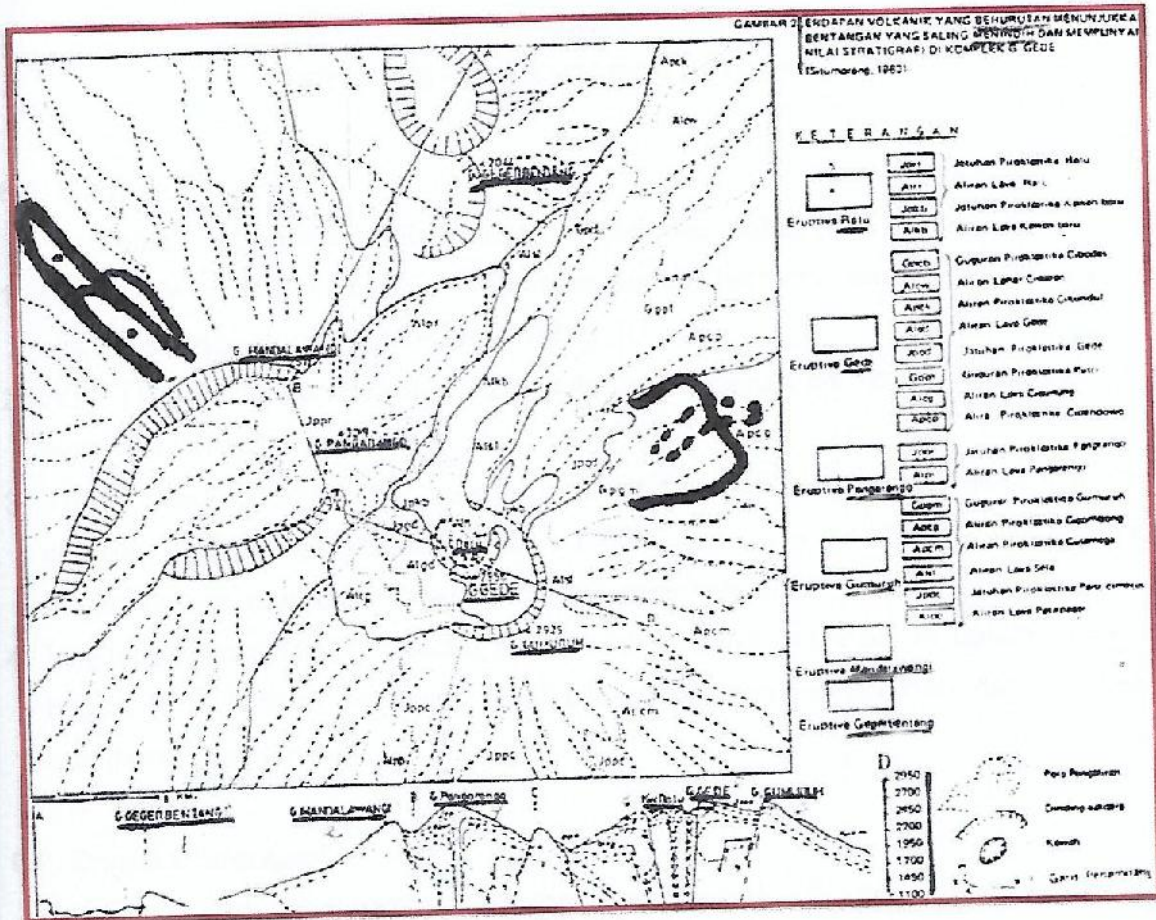
- Tubuh batuan yang terdiri dari 1 atau lebih perbedaan horizon tanahnya.

f. Satuan klimatostratigrafi

- Dasarnya : geologic climate units (glasial – interglasial – stadial – interstadial).
- Lebih berperan pada daerah 4 musim.

g. Satuan magnetostratigrafi

- Dicitrakan perubahan sifat kemagnetan batuan.
- Ciri paleomagnet :
 - a. Polaritas
 - b. Intensitas lapangan
 - c. Posisi kutub
 - d. Komponen *non dipole*



Gambar 5.4. Endapan vulkanik yang berurutan menunjukkan bentangan yang saling menindih dan mempunyai nilai stratigrafi di kompleks G. Gede.

BAB 6

AKTIVITAS VOLKANIK DAN PRODUKSINYA

6.1. Magma

Beberapa pendapat tentang magma telah dilontarkan para ahli.

1. Grout (1947) : cairan alam yang sangat panas, terutama terdiri dari silikat dengan oksida, sulfida, dan air (lihat Huang, 1962).
2. WTG (1954) : larutan silikat yang bersifat mobil, panas dan dapat mengandung gas serta fase kristalin.
3. Turner, Verhoogen (1960) : cairan atau larutan silikat pijar yang terbentuk secara alamiah, bersifat mobil, bersuhu $900^{\circ} - 1100^{\circ}\text{C}$ dan terbentuk / berasal dari kerak bumi bagian bawah atau bagian atas selubung "upper mantle".
4. Whitten, Brooks (1972) : suatu fluida lelehan yang terbentuk di dalam kerak atau bagian atas lapisan selubung bumi bila mengalami pendinginan dan pembekuan membentuk batuan beku.

6.2. Erupsi Gunungapi

Erupsi gunungapi adalah suatu manifestasi gejala vulkanisme ke arah permukaan, atau suatu aspek kimia dari perpindahan energi ke arah permukaan yang tergantung pada kandungan energi dalam dapur magma yang mencakup panas sewaktu pendinginan magma dan tekanan gas selama pembekuan / pendinginan (Alzwar, 1981).

Proses pemisahan gas (*degassing*) dari magma atau dari fase cairnya disebabkan oleh adanya gangguan kesetimbangan, antara lain :

- Hilangnya panas.
- Terbentuknya kristal.
- Kenaikan tekanan gas dan uap.
- Gerakan magma.

6.2.1. Sifat Erupsi

Fisher (1984) dengan mendasarkan sumber kejadiannya membagi erupsi vulkanik menjadi dua yaitu erupsi piroklastik / magmatik dan erupsi hidrovulkanik.

6.2.1.1. Erupsi Magmatik

Erupsi ini terjadi akibat kegiatan magma itu sendiri, terjadi proses *degassing*. Pada proses ini, nainya tekanan melebihi beban sumbat. Fragmentasi dari material terjadi bersama dengan pendinginan.

6.2.1.2. Erupsi Hidrovulkanik

Erupsi hidrovulkanik lebih kompleks karena sistem magmatic berinteraksi dengan lingkungan sehingga menghasilkan suatu rangkaian proses yang rumit dan terjadi dalam waktu yang relatif sangat singkat.

Erupsi ini terjadi karena kontak antara air dan magma, dan tidak selalu terjadi letusan. Syarat terjadinya erupsi hidrovulkanik :

- Proses *superheating*.
- Lapisan penahan.
- Perbandingan air dengan magma.

6.2.1.2.1. Erupsi Freatik

Erupsi ini menghasilkan uap air sebagai produk utama dan klastika magmatic atau gejala *ejecta juvenile* sebagai produk tambahan.

6.2.1.2.2. Erupsi Freatomagmatik

Erupsi ini menghasilkan klastika magmatic atau *ejecta juvenile* sebagai produk utama. Magma sebagai sumber panas dan energi mekanik.

6.3. Material hasil aktivitas gunungapi

Produk erupsi gunungapi meliputi gas vulkani, aliran lava dan batuan vulkaniklastik.

6.3.1. Gas Vulkanik

Gas vulkanik muncul karena proses degassing. Gas ini terdiri dari CO, CO₂, H₂S, SO₂, SO₃, HCl, uap air, hydrogen.

6.3.2. Aliran Lava

6.3.2.1. Lava Darat

Lava yang membeku di darat, bentuk dan strukturnya dipengaruhi oleh jarak aliran dan viskositasnya. Contoh lava darat antara lain :

- a. Lava Pahoe-hoe : Bentuk permukaannya terlipat-lipat. Umumnya terdiri dari lava basalt dengan viskositas rendah.
- b. Lava AA : Permukaannya tidak teratur, runcing-runcing dan permukaan kasar.
- c. Lava Blok : Bentuk lebih teratur dan permukaannya halus, lebih silikaan dan lebih kental.

6.3.2.2. Lava Bawah Laut

- a. Lava bantal : Bagian atas membentuk bulatan-bulatan, magma berkomposisi basaltic, permukaannya dilapisi kerak gelas tipis.
- b. Hialoklastik : Kerak gelas berwarna coklat yang meliasi blok-blok dari lava bantal. Biasanya dijumpai dalam bentuk breksi, biasanya disebut breksi hialoklastik.

6.3.3. Vulkaniklastik

Fisher (1984) mengatakan bahwa vulkaniklastik mencakup seluruh material lepas yang dibentuk oleh berbagai proses fragmentasi, dihamburkan oleh berbagai macam agen transportasi, diendapkan di berbagai lingkungan / tercampur dengan fragmen non vulkanik.

Istilah vulkaniklastik meliputi bermacam-macam batuan vulkanik, antara lain :

- a. Material piroklastik : merupakan fragmen yang terbentuk langsung dari proses erupsi vulkanik, kemudian menjadi massa padat membentuk batuan piroklastik. Batuan piroklastik merupakan batuan yang dihasilkan oleh erupsi gunungapi dengan ciri-ciri yang khas. Umumnya disebut tephra.

Batuan ini dapat dibagi menjadi :

- Piroklastik jatuhan : sortasi sangat buruk, heterolitologi, berlapis.
 - Piroklastik aliran : sortasi jelek, peralapisan tak tegas, graded bedding, imbrikasi.
 - Piroklastik gelombang (*pyroclastic surge*) : massa aliran tertransport.
- b. Material hidroblastik : akibat kontak air dengan magma.
 - Endapan hidroblastik jatuhan
 - Endapan hidroblastik aliran : terdiri dari endapan lahar hidroblastik dan gelombang dasar.
 - c. Material autoklastik : sering disebut breksi vulkanik autoklastik. Mekanismenya antara lain meliputi :
 - Autobreksi pada aliran lava
 - Penghancuran dome pada permukaan lava.
 - d. Material alloblastik : sama dengan breksi vulkanik alloblastik.
 - e. Material epiklastik : merupakan hasil dari pelapukan dan erosi dari batuan vulkanik dan umumnya bukan merupakan hasil vulkanisme yang seumur. Fragmennya membulat, umum dijumpai sebagai breksi laharik.

U.S. Standard Sieve Mesh	Phi	mm	Wentworth (1922)	National Research Council*
	-12	4096	Boulder gravel	VL boulders
	-11	2348		L boulders
	-10	1024		M boulders
	-9	512		S boulders
	-8	256	Cobble gravel	L cobbles
	-7	128		S cobbles
	-6	64	Pebble gravel	VC gravel
	-5	32		C gravel
	-4	16		M gravel
5/16	-3	8		F gravel
5	-2	4	Granule gravel	VF gravel
10	-1	2	VC sand	VC sand
18	0	1	C sand	C sand
35	1	1/2	M sand	M sand
60	2	1/4	F sand	F sand
120	3	1/8	VF sand	VF sand
230	4	1/16	Silt	C silt
	5	1/32		in silt
	6	1/64		F silt
	7	1/128		VF silt
	8	1/256	Clay	C clay-size
	9	1/512		M clay-size
	10	1/1024		F clay-size
	11	1/2048		VF clay-size
	12	1/4096		

* VL=very large, L=large, M=medium, S=small, VC=very coarse, C=coarse, F=fine, VF=very fine

Tabel 6.1. Terminologi dan klas interval ukuran butir (Wentworth, 1922).

Essential fragment	Eruptive mechanism	Pyroclastic flow	Deposit	Comments	
Vesiculated ↑ Decreasing average density of juvenile clasts ↓ Nonvesiculated	Eruption column collapse or "boiling-over"	Pumice or ash flow	Igimbrite; pumice and ash flow deposit	Intermediate-volume deposits form by continuous collapse of a Plinian eruption column as envisaged by Sparks et al. (1978). Siliceous composition	
		Scoria flow	Scoria and ash deposit	Small-volume deposits probably formed by interrupted column collapse. Intermediate to siliceous composition	
	Lava or dome collapse, or lateral projection	Explosive nuée ardente	Lava debris flow deposits	Block and ash	Small-volume deposits, usually andesitic or dacitic in composition
		Gravitational	Lava debris flow - nuée ardente	Block and ash deposits	Small-volume deposits usually andesitic or dacitic in composition. These are the hot avalanche deposits of Francis et al. (1974)

Tabel 6.2. Klasifikasi genetik dari aliran piroklastik (Wright *et al*, 1980b).

Pada Jaman Kuarter, di Asia Tenggara terdapat dua jenis vulkanisme terbesar, yakni (Assegaf, 1994) :

1. Vulkanisme yang menghasilkan aliran basalt alkali, seperti di Vietnam (640.000 tahun), Kuantan (1,6 juta tahun), Sukadana (?) dan di Sabah terdapat basalt alkali berumur 27.000 tahun lalu. Semua pusat vulkanisme basalt alkali di atas telah padam.
2. Dua abad terakhir telah terjadi dua buah letusan terbesar, tahun 1815 Gunung Tambora dan 1883 Gunung Krakatau, mempunyai jenis vulkanisme yang dicirikan lebih banyaknya piroklastik dibandingkan aliran lava.

BAB 7 GEODINAMIKA KUARTER

7.1. Geodinamika Umum

Bumi mulai terbentuk pada \pm 4,5 milyar tahun yang lalu. Pada kurun waktu 300 – 200 juta tahun yang lalu terbentuklah benua Pangea, meliputi Eurasia di bagian utara dan Gondwana di bagian selatan.

Teori apungan benua (*continental drift*) meliputi beberapa proses pergerakan lempeng yaitu :

1. *Collision* : benturan
2. *Subduction* : penunjaman
3. *Transduction* : benturan / papasan

Terjadinya penyatuan kembali lempengan-lempengan benua kecil selanjutnya menghasilkan terbentuknya Kepulauan Indonesia.

Indonesia berada pada posisi tumbukan antar tiga lempeng, yaitu :

1. Lempeng Indo – Australia : bergerak 7,7 cm/th ke arah timur laut.
2. Lempeng Pasifik : bergerak 10,2 cm/th ke arah barat laut.
3. Lempeng Eurasia : relatif tidak bergerak.

Akibat dari pergerakan lempeng-lempeng tadi maka muncullah gunungapi di sepanjang Pulau Sumatra, Jawa, Bali sampai Maluku. Akibat positif dari munculnya gunungapi ini adalah adanya sumber-sumber mineral dan tanah yang subur. Namun, dampak negatif yang ditimbulkannya bermacam-macam, antara lain : banjir lahar, longsoran, letusan, awan panas dan gempa bumi. Sebagai contoh, gempa bumi tektonik di Nabire, telah menelan 37 korban jiwa, 115 luka berat, 452 luka ringa dan ratusan bangunan rusak.

Geodinamika Kwartar meliputi berbagai macam proses geologi dan produknya antara lain :

- a. Gempa bumi.
- b. Vulkanisme.
- c. Pasang surut muka air laut.
- d. Paparan dan kondisi pantai, pengendapan dan perubahan garis pantai dan undaknya.
- e. Endapan *placer*.
- f. Terumbu karang.
- g. Sungai purba, endapan dan undaknya.
- h. Proses eksogenik.
- i. Neotektonik.

- j. *Paleoclimate*.
- k. Pemanasan global.
- l. Jejak dan perkembangan kehidupan, migrasi dan evolusi makhluk hidup.
- m. Peninggalan budaya, misalnya candi, kerajaan.

Pada Jaman Kwartar, terjadi *ice age* yang berarti ada pendinginan global pada Kala Pleistosen di Eropa (Penck & Bruckner, 1909). *Ice age* tersebut terbagi menjadi beberapa bagian yaitu :

1. Masa pengesan Donau (Pleistosen Awal).
2. Masa pengesan Gunz (Pleistosen Tengah).
3. Masa pengesan Mindel (Pleistosen Tengah).
4. Masa pengesan Riss (Pleistosen Tengah).
5. Masa pengesan Wurm (Pleistosen Akhir).

Masing-masing masa pengesan tersebut diselingi masa antar pengesan. Di daerah tropis, hal ini ditandai dengan pasang surut muka air laut.

Pada Kala Pleistosen, terjadi perubahan iklim / suhu. Petunjuk iklim ini dapat kita ketahui dari fosil diatomae, foraminifera maupun polen. Perubahan iklim dapat disebabkan oleh dua hal, antara lain antropogenik serta pemanasan sistem matahari – bumi.

Bukti adanya pemanasan global antara lain adalah :

1. Berkurangnya glasier di Pegunungan Alpen.
2. Naiknya muka air laut.
3. Pergeseran zona iklim.

Data meteorologi menyebutkan bahwa kurun waktu tahun 1980 – 1990 merupakan dasawarsa terpanas dalam 15 tahun terakhir. Abad 20 merupakan abad terpanas sejak 600 tahun yang lalu.

Naiknya muka air laut pada Jaman Kwartar ini sangat dipengaruhi oleh (Mezak Ratag, 2003 *vide* Danisworo, 2004) :

1. Pencairan es di kutub.
2. Pemuaiannya air laut karena pemanasan / *thermal expansion*.

Hantoro (1999, *vide* Danisworo, 2004) menyebutkan bahwa terumbu karang dapat menyerap CO₂ 10 kali lebih efektif dibandingkan hutan tropis. Sebanyak 1,3 juta ton CO₂ di atmosfer dapat diserap oleh terumbu karang di perairan Indonesia seluas 75.000 km².

Ada bermacam-macam pendapat tentang perkiraan durasi Kwartar, antara lain :

- a. 0,6 juta tahun (Emiliani, 1955).
- b. 2,4 juta tahun (riset tephra di Chiba, Jepang).
- c. > 4 juta tahun (Savage & Curtis, 1967).

- d. 1,6 juta tahun (pembalikan geomagnetic / puncak Normal Olduvai Event).
- e. 3 – 4 juta tahun (kemunculan manusia di Afrika).
- f. 1,8 juta tahun, menurut :
 - KGK IAGI, 1999 : berimpit dengan awal Normal Olduvai Event; batas bawah Jaman Kuartar.
 - Konggres INQUA di Aljier, 1952 : kemunculan – kemusnahan – perubahan ekstrim beberapa spesies foraminifera; setara dengan waktu Sondian & Bantamian (moluska) dan fauna Kaliglagah & Jetis (vertebrata).

Manusia merupakan agen perubah lingkungan geologi yang sangat aktif. Fosil manusia purba ditemukan di beberapa tempat di belahan bumi ini. Fosil Hominid Jaman Kuartar antara lain :

- a. *Homo habilis* : migrasi dari Afrika ke Asia dan Eropa.
- b. *Homo sapiens* : perkembangan dari *Homo habilis*, berumur 0,4 juta tahun yang lalu hingga sekarang.

Sementara itu, menurut Von Koenigswald (1976), di Jawa ditemukan ≥ 5 macam manusia purba. Manusia purba yang ditemukan di Jawa antara lain :

1. Trinil : Dubois (1891 – 1892).
2. Sangiran : Von Koenigswald (1936 – 1939).

7.2. Gerakan Tektonik Kuartar di Indonesia

Gerakan tektonik Kuartar di Indonesia meliputi beberapa hal, antara lain : . . . gerakan pengangkatan dan penurunan, perlipatan, penyesaran, pelengseran atau perlipatan epidermal / gravitasi serta gerakan-gerakan lain (tektonik – vulkanik – seismo tektonik).

7.2.1. Gerakan pengangkatan dan penurunan

Gerakan pengangkatan / penurunan bagian-bagian kerak bumi merupakan gerakan relatif terhadap muka air laut. Kecepatan pengangkatan umumnya 0,01 – 0,1 mm/th selama 200.000 tahun terakhir. Daerah penurunan umumnya mengelilingi teluk, sebagai contoh : Teluk Gorontalo, Teluk Bone.

7.2.2. Perlipatan

Beberapa jenis perlipatan dapat dibedakan menurut posisi tektoniknya, antara lain adalah :

- a. Antiklinoria di cekungan belakang busur (*back arc basin*), misalnya di Sumatera Tengah, Sumatera Selatan.
- b. Berasosiasi dengan jalur subduksi, misalnya perlipatan dataran Mamberamo.
- c. Antiklinoria di Cekungan Kutai.
- d. Proses akresi pada tektonik lempeng, misalnya di Pantai Timor Selatan.

7.2.3. Penyesaran

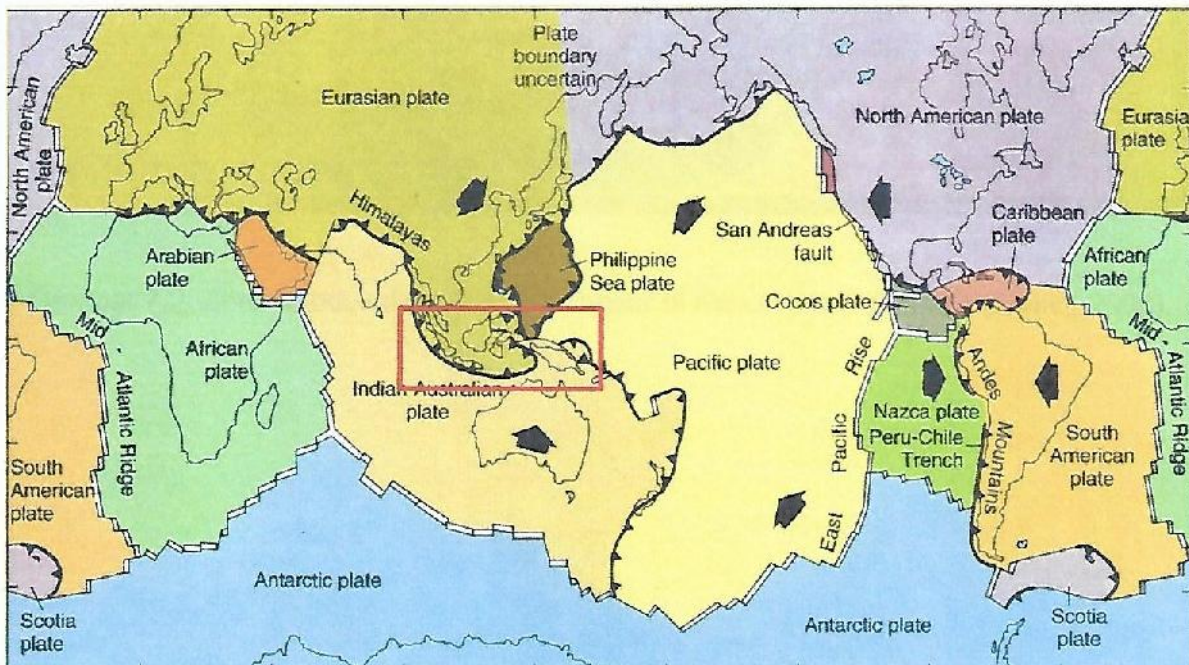
Contoh penyesaran adalah adanya sesar mendatar maupun sesar normal (sesar fundamental). Sesar Sumatra merupakan sesar yang bergerak 4 – 5 mm/th.

7.2.4. Pelengseran atau perlipatan epidermal / gravitasi

Proses pelengseran atau perlipatan epidermal antara lain menghasilkan perbukitan sekitar Semarang (Bukit Gendol).

7.2.5. Gerakan-gerakan lain (tektonik – vulkanik – seismo tektonik)

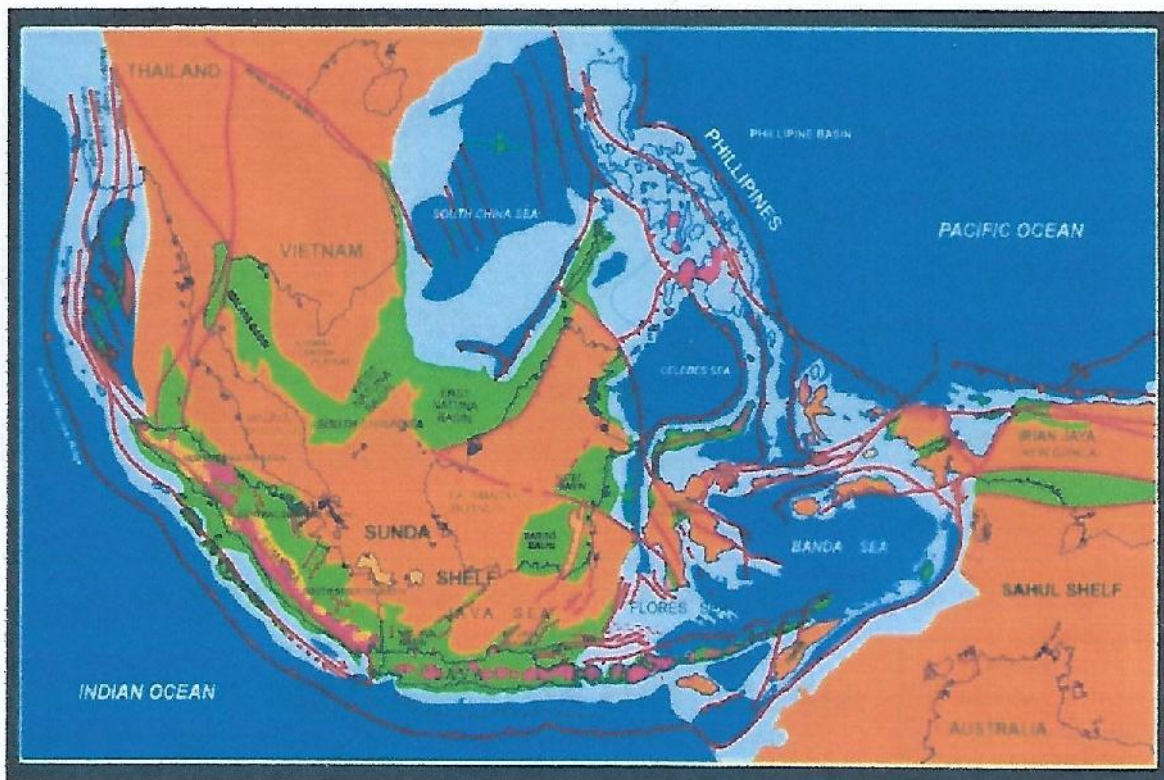
Gerakan-gerakan lain antara lain kegiatan volcano-tektonik (misalnya Danau Toba) maupun seismotektonik di Sumatera Selatan yang beramplitudo besar, dengan panjang gelombang sangat besar.



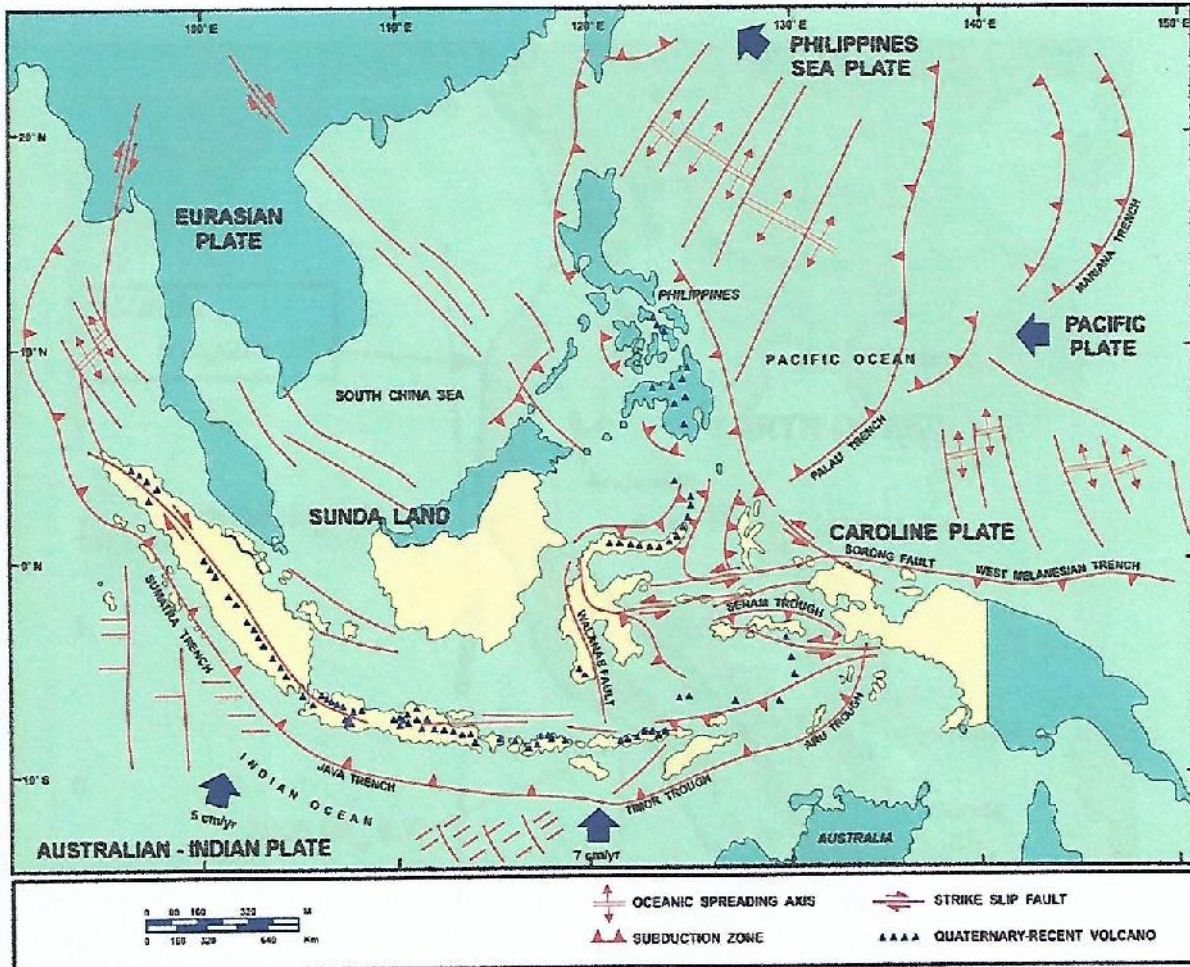
Gambar 7.1. Posisi kepulauan Indonesia terhadap tektonik lempeng (Asikin, 2008).

Gaya penyebab deformasi Kuarter antara lain gravitasi akibat pembubungan (pembubungan vulkanik) yang mengakibatkan perlipatan, misalnya di daerah Tambakan (Jawa Barat Utara) dan Ungaran (selatan Semarang). Gaya-gaya penyebab deformasi Kuarter dapat dibedakan menjadi :

1. Gaya yang disebabkan oleh interaksi antar lempeng.
2. Gerakan-gerakan relatif antar lempeng.
3. Gaya penyebab pengangkatan dan penurunan.

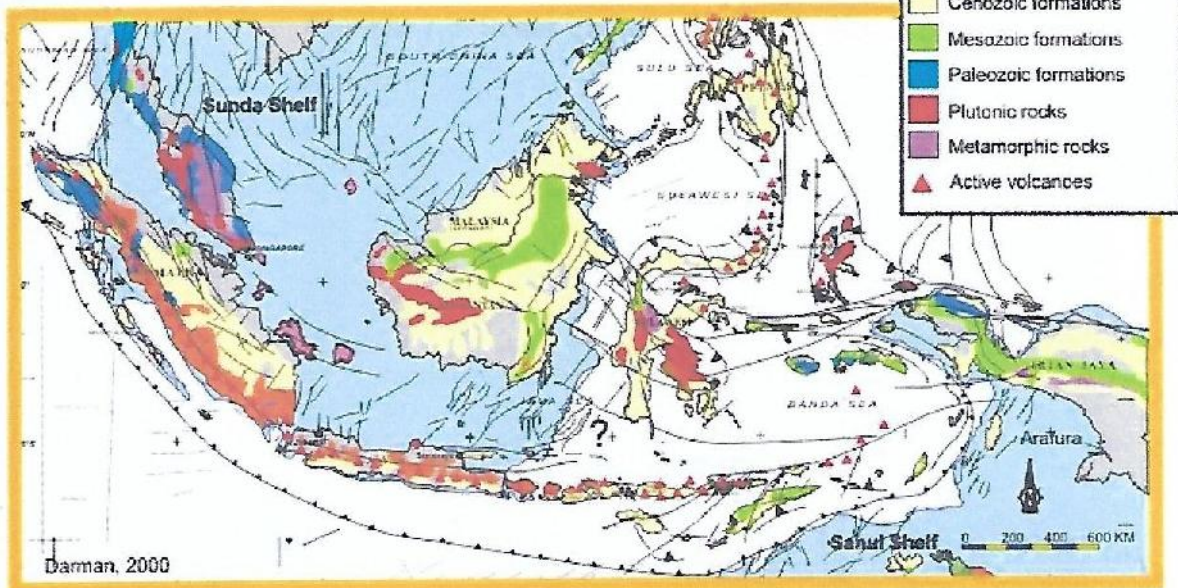


Gambar 7.2. Zona subduksi dan patahan besar di Kepulauan Indonesia (Asikin, 2008).

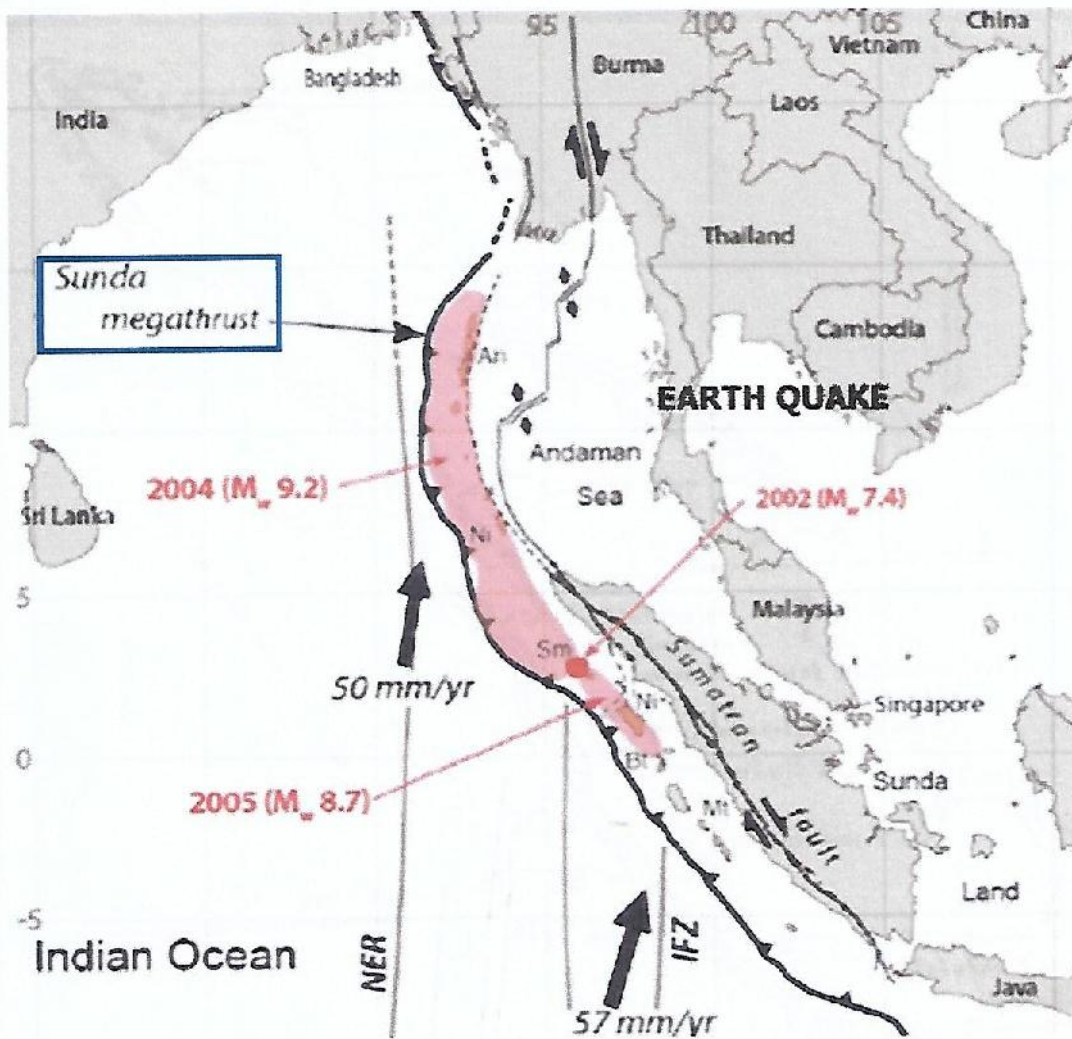


Gambar 7.3. Tatanan tektonik di Kepulauan Indonesia (Asikin, 2008).

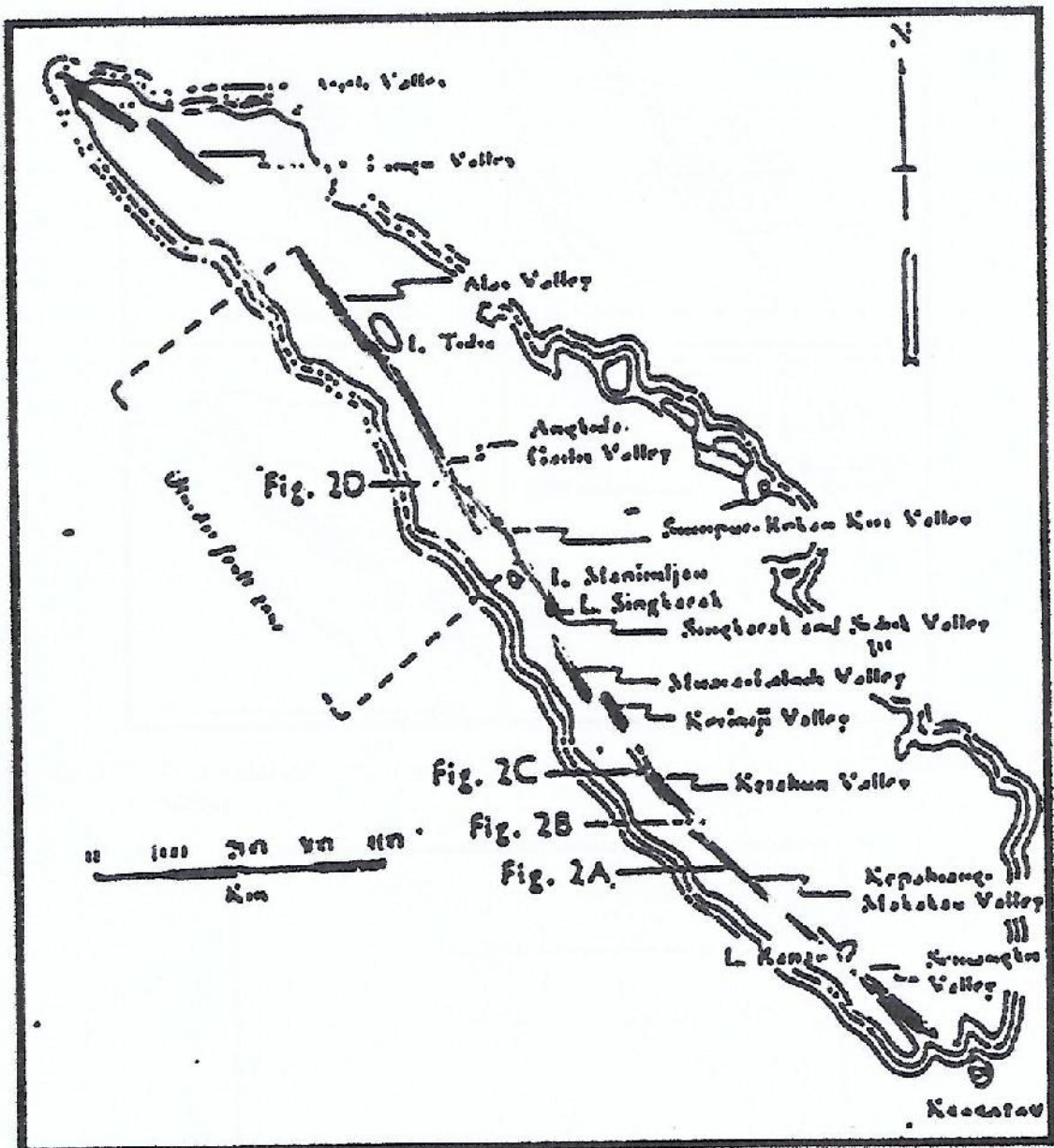
REGIONAL GEOLOGY OF INDONESIA



Gambar 7.4. Struktur geologi dan stratigrafi regional di Kepulauan Indonesia (Darman, 2000, dalam Asikin, 2008).

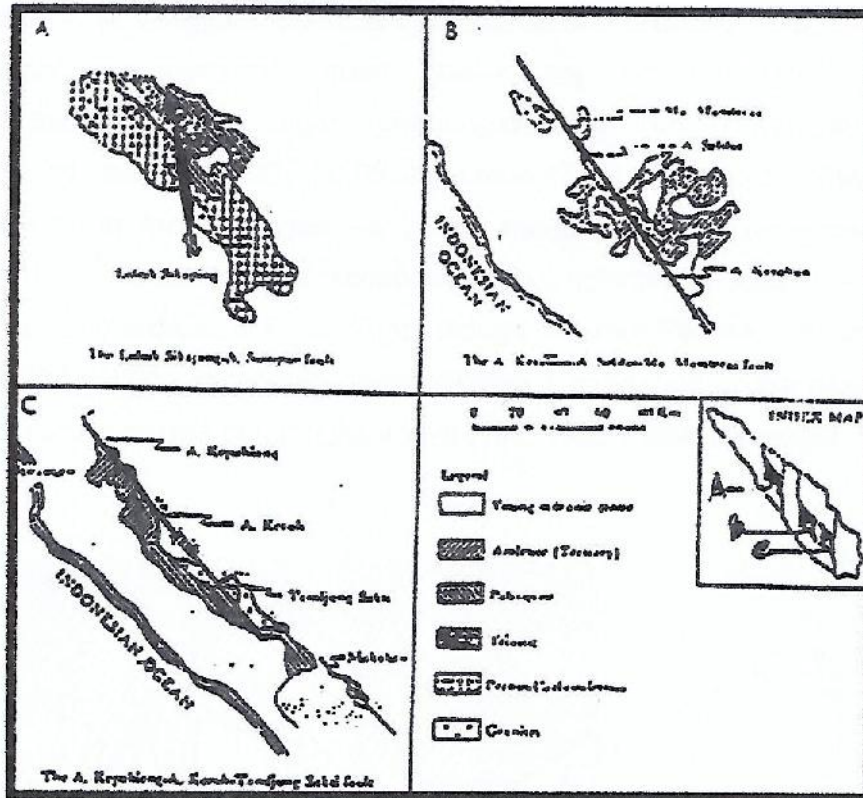


Gambar 7.5. Sesar Sumatra (Asikin, 2008).

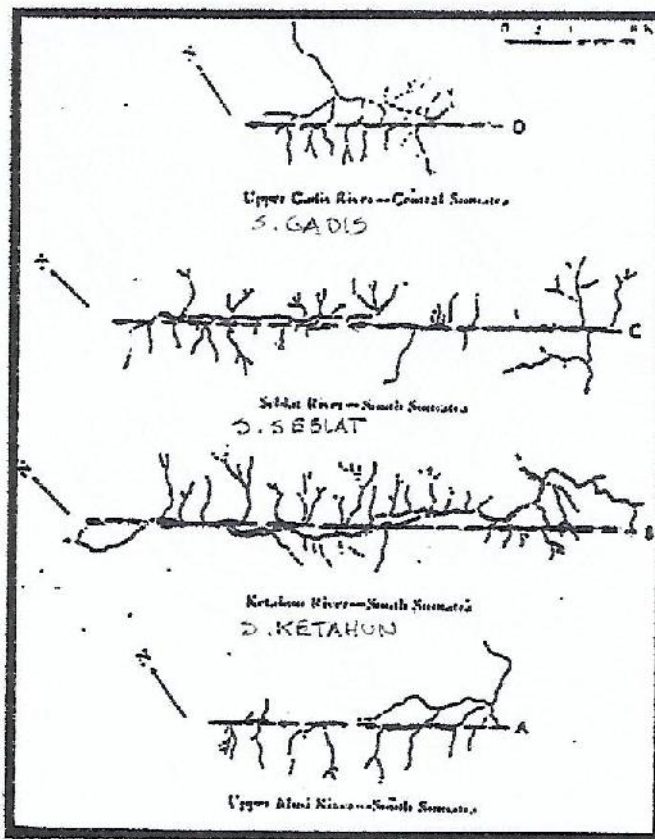


Gambar 7.6. Zona Sesar Besar Sumatra atau Sesar Semangko yang membentuk lembah-lembah longitudinal berarah BL – Tg (kompilasi dari Dunham, 1940; Westerveld, 1953; Klompe, 1958 vide Katili, 1969)

1. Lembah Aceh	7. Lembah Muara Labuh
2. Lembah Tangse	8. Lembah Kerinci
3. Lembah Alas	9. Lembah Ketahun
4. Lembah Angola – Gadis	10. Lembah Kepahiang-Makakao
5. Lembah Sumpur – Rokan kiri	11. Lembah Semangko
6. Lembah Singkarak - Solok	

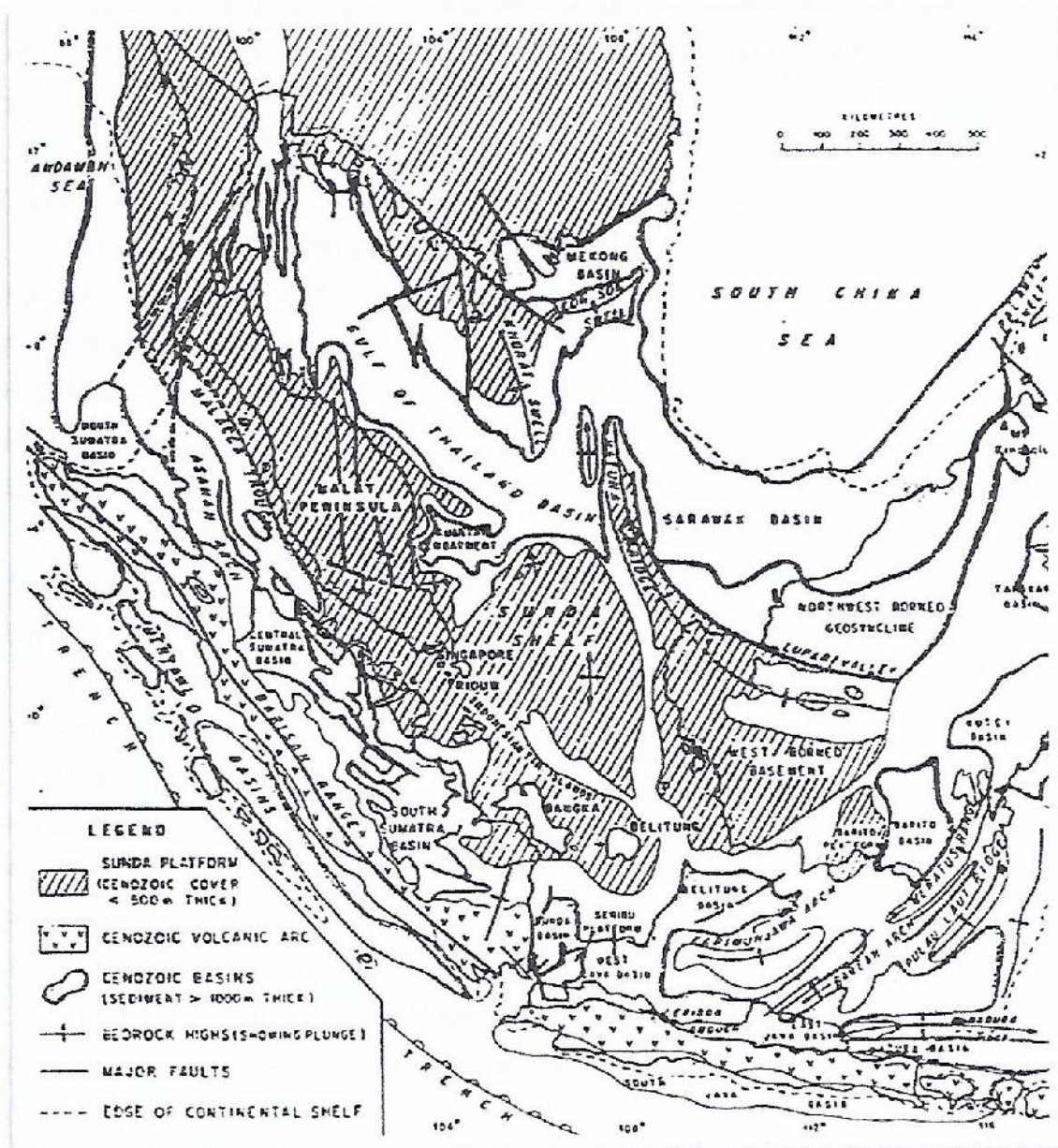


Gambar 7.7. Perpindahan sepanjang Sesar Semangko (Zwierzycki, 1929 vide Katili, 1969).



Gambar 7.8. Offset pola pengaliran sebagai indikasi pergerakan dekstral sepanjang zona patahan (Katili, 1969).

Daerah Asia Tenggara dibentuk oleh tiga satuan tektonik, yaitu dua satuan yang dianggap stabil dan mengapit satuan tektonik yang aktif (Gambar 7.9). Kecepatan pergerakan tektonik secara tegak (pengangkatan/penurunan) Kepulauan Indonesia (Paparan Sunda) berkisar 0,02 – 0,05 mm/tahun (Tjia, 1983, dalam Asseggaf, 1994), untuk daerah barat maupun timur yang aktif mempunyai nilai pergerakan 0,2 – 2,0 mm/tahun. Selama masa Kuarter kecepatan pengangkatan berkisar 1 – 2 mm/tahun, terumbu koral yang erdapat di Pulau Timor diduga berumur Pliosen – Plistosen berada di ketinggian 1300 m. Bila kecepatan pengangkatan 1 mm/tahun, maka dibutuhkan waktu 1,3 juta tahun untuk proses pengangkatannya (Tjia, 1983, dalam Asseggaf, 1994).



Gambar 7.9. Kerangka tektonik Paparan Sunda (Tjia, 1983, *vide* Asseggaf, 1995).

BAB VIII GEOLOGI KUARTER DAN BENCANA ALAM

Bencana alam merupakan fenomena alam yang bersifat merugikan, mendadak dan merupakan proses alamiah. Bencana alam geologi dapat dibagi menjadi proses yang bersifat geodinamika dan geometeorologi.

8.1. Gempa Bumi

Adanya benturan lempeng yang menghasilkan penunjaman, patahan, pergeseran, getaran dan vulkanisme dapat menimbulkan gempa bumi. Fenomena geologi seperti sesar, longsoran, amblesan, gelombang pasang juga dapat menimbulkan gempa bumi. Contoh sesar aktif antara lain sesar Semangko, Palu – Koro dan Jaya Wijaya. Sesar aktif tersebut berpotensi menimbulkan gempa bumi.

8.2. Letusan Gunungapi

Bahaya primer letusan gunungapi antara lain :

- a. Awan panas / nuee ardent.
- b. Aliran lava.
- c. Hujan batu.
- d. Hujan abu.
- e. Gas beracun.

Bahaya sekunder :

- a. Aliran lahar.
- b. Longsoran.
- c. Gempa bumi vulkanik.
- d. Tsunami

Penanggulangan :

- a. Peramaian
- b. Peta potensi bencana alam.
- c. Pengendalian aliran :
 - Menahan material
 - Memperlambat kecepatan lahar
- d. Pembangunan memperhatikan peta bencana.
- e. Diklat kegunungan.
- f. Siap siaga.

8.3. Banjir

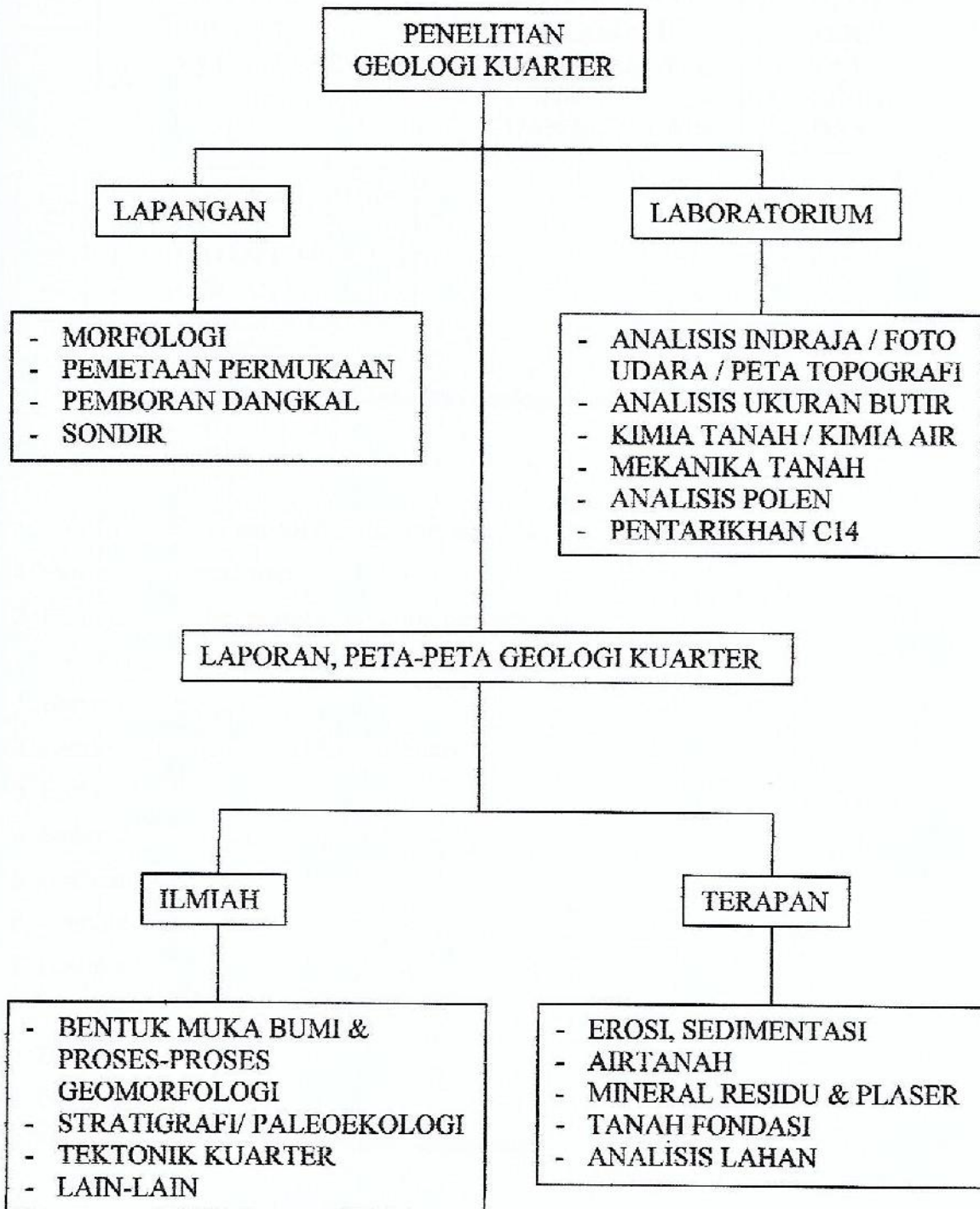
8.4. Gerakan Tanah

8.5. Erosi

Berbagai macam bencana alam tersebut perlu kita kenali penyebabnya sehingga kita bisa melakukan tindakan mitigasinya. Tindakan ini berupa tindakan pencegahan dan penanggulangan. Tindakan pencegahan bisa dilakukan dengan membuat peta zonasi bahaya banjir.

BAB IX PENELITIAN GEOLOGI KUARTER

Dewasa ini, penelitian geologi Kuarter sudah sangat berkembang, terutama untuk tujuan aplikatif. Gambar 9.1 sedikit menjelaskan beberapa bidang / topic penelitian yang sering dilakukan dalam lingkup geologi Kuarter ini.



Gambar 9.1. Skema penelitian geologi Kuarter.



Gambar 9.2. Keterkaitan geologi kuarter dengan sektor lain

Pemetaan Geologi Kuarter meliputi :

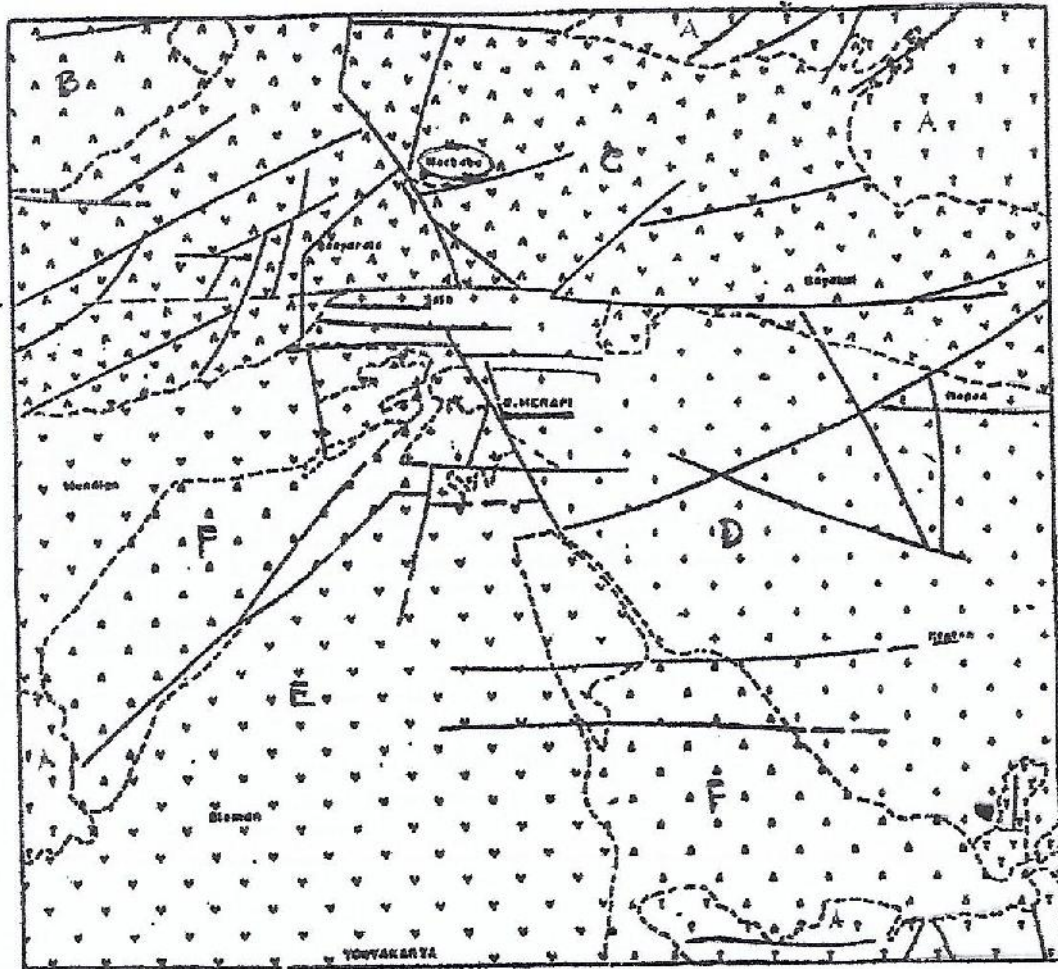
1. Pemetaan permukaan
2. Pemetaan bawah permukaan / tipe penampang.

Aspek ekonomi endapan Kuarter meliputi :







1. Bahan agregat.
2. Sumber mineral : Ag, Au, Fe, intan.
3. Endapan *placer*.
4. Material bangunan.
5. Airtanah.
6. Gambut.
7. Hidrokarbon.

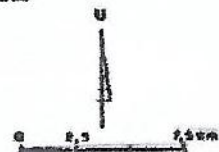
Aspek tata lingkungan :

1. Bidang keteknikan.
2. Geohidrologi.
3. *Hazard* : longsor, pemadatan / *settlement*.

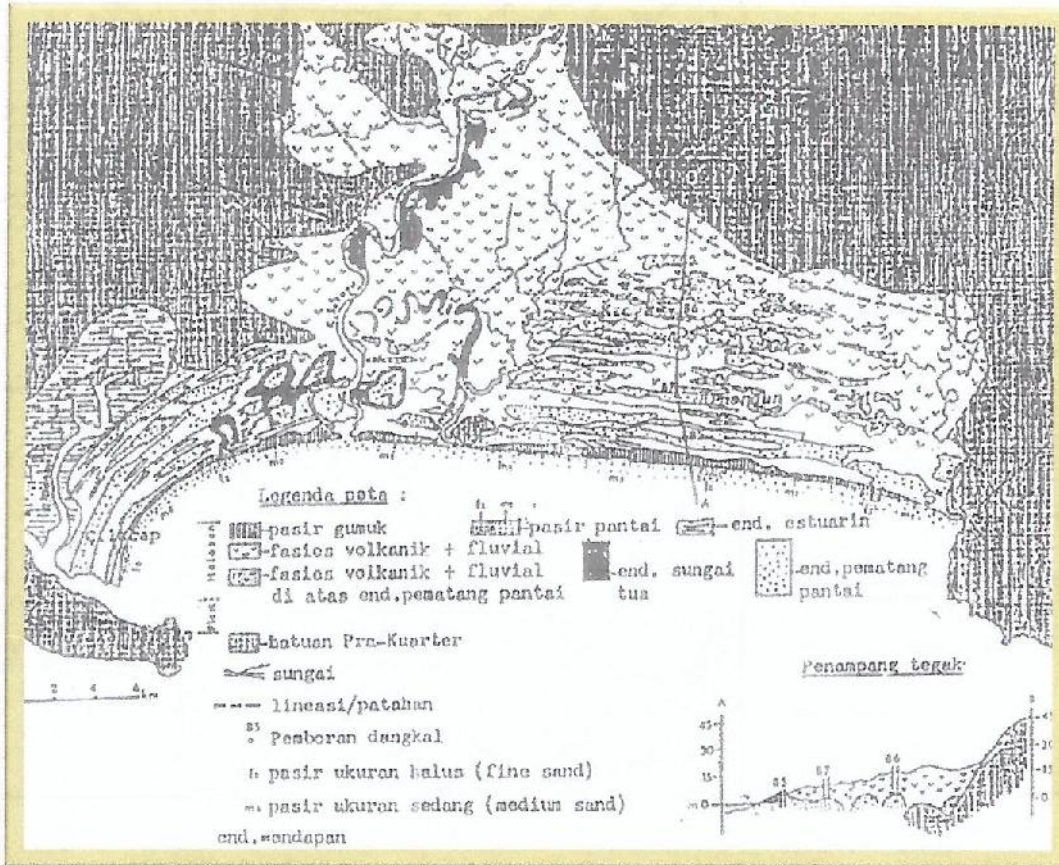


- Keturusan berdasarkan citra Landsat
- Keturusan berdasarkan citra Spot
- - - - - Batas endapan vulkanik
- ⊞ Telaga

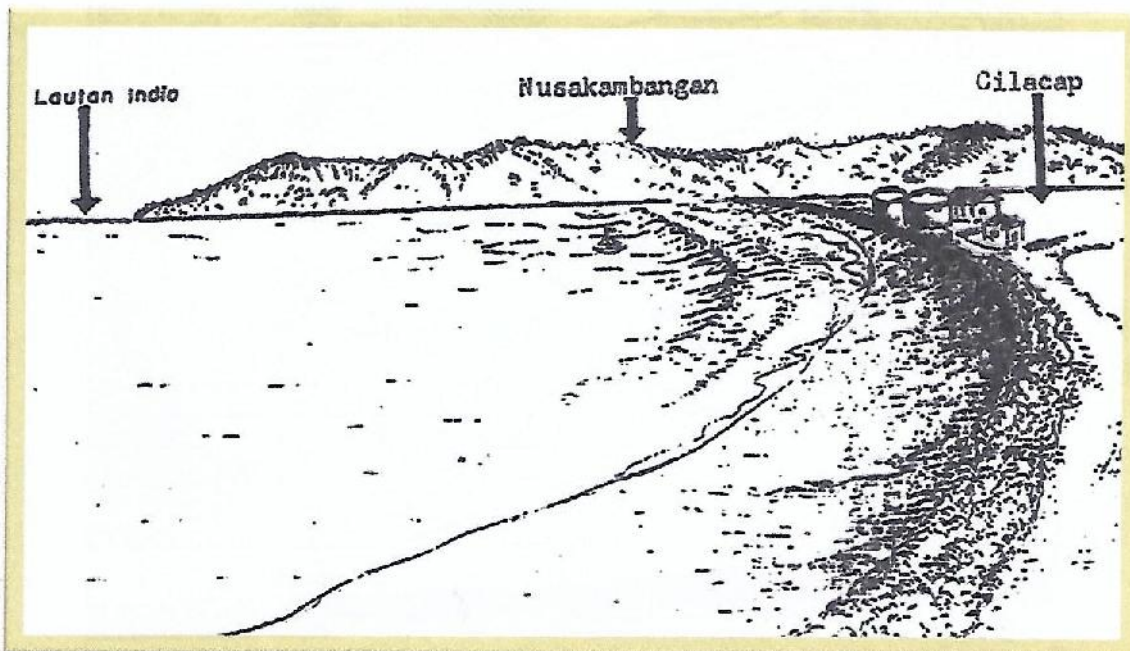
- F  Endapan lahar dan guguran lava muda
- E  Endapan vulkanik Merapi Muda
- D  Endapan vulkanik Merapi Tua
- C  Endapan vulkanik Merapi Baru
- B  Endapan vulkanik Andong
- A  Batuan Tersier



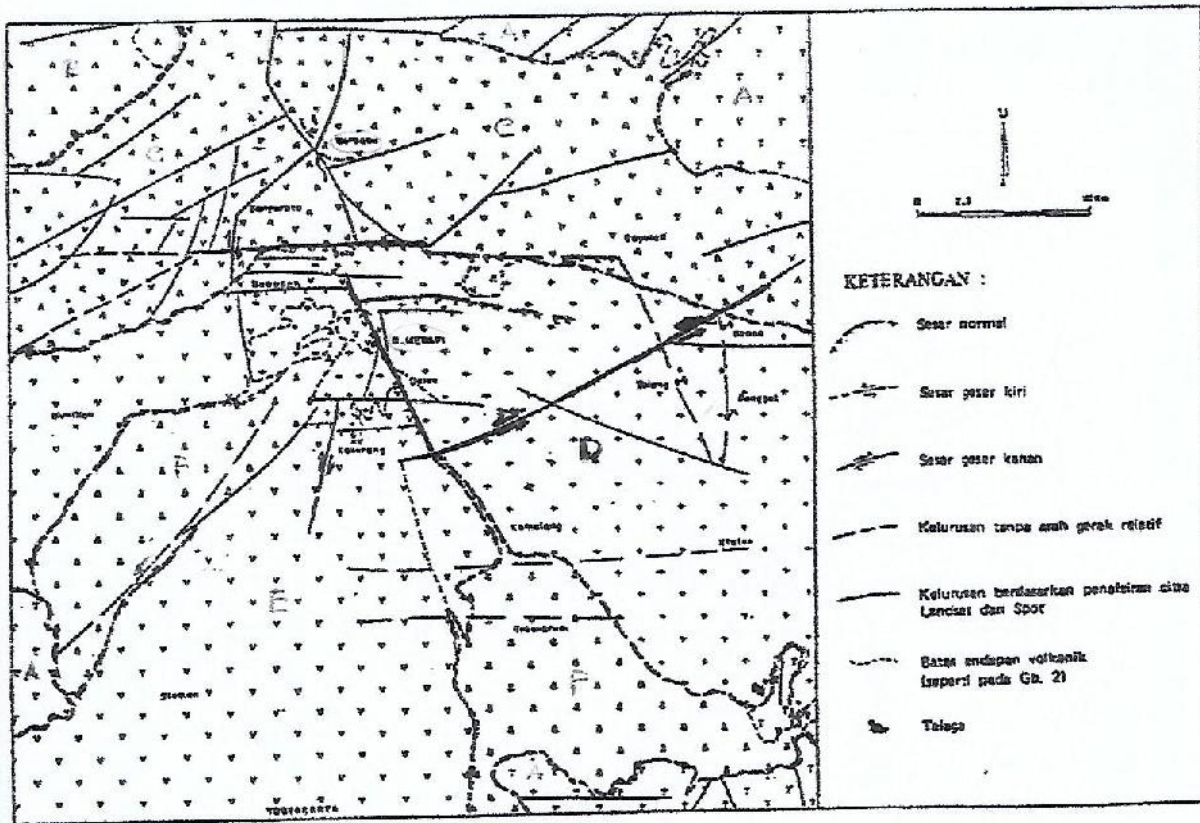
Gambar 9.3. Peta kelurusan berdasarkan penafsiran citra landsat dan spot daerah G. Merapi, Yogyakarta.



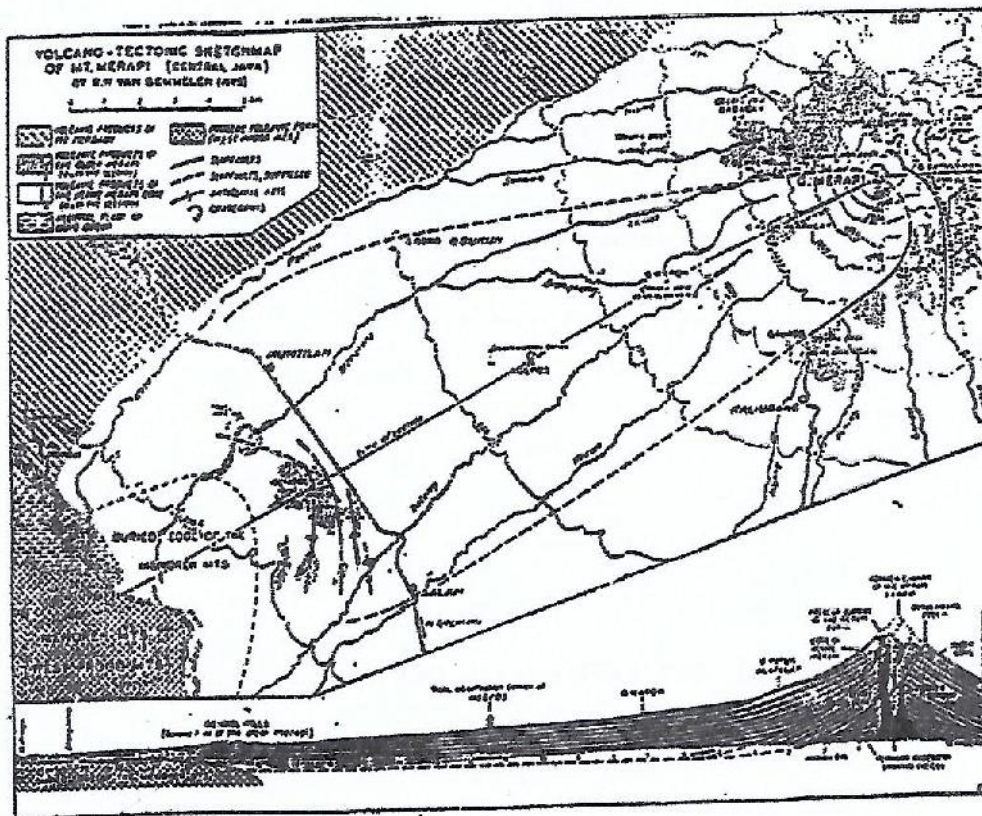
Gambar 9.2. Peta geologi Kuartar daerah Cilacap – Pegunungan Serayu Selatan dan penyebaran endapan pasir sepanjang pantai Cilacap.



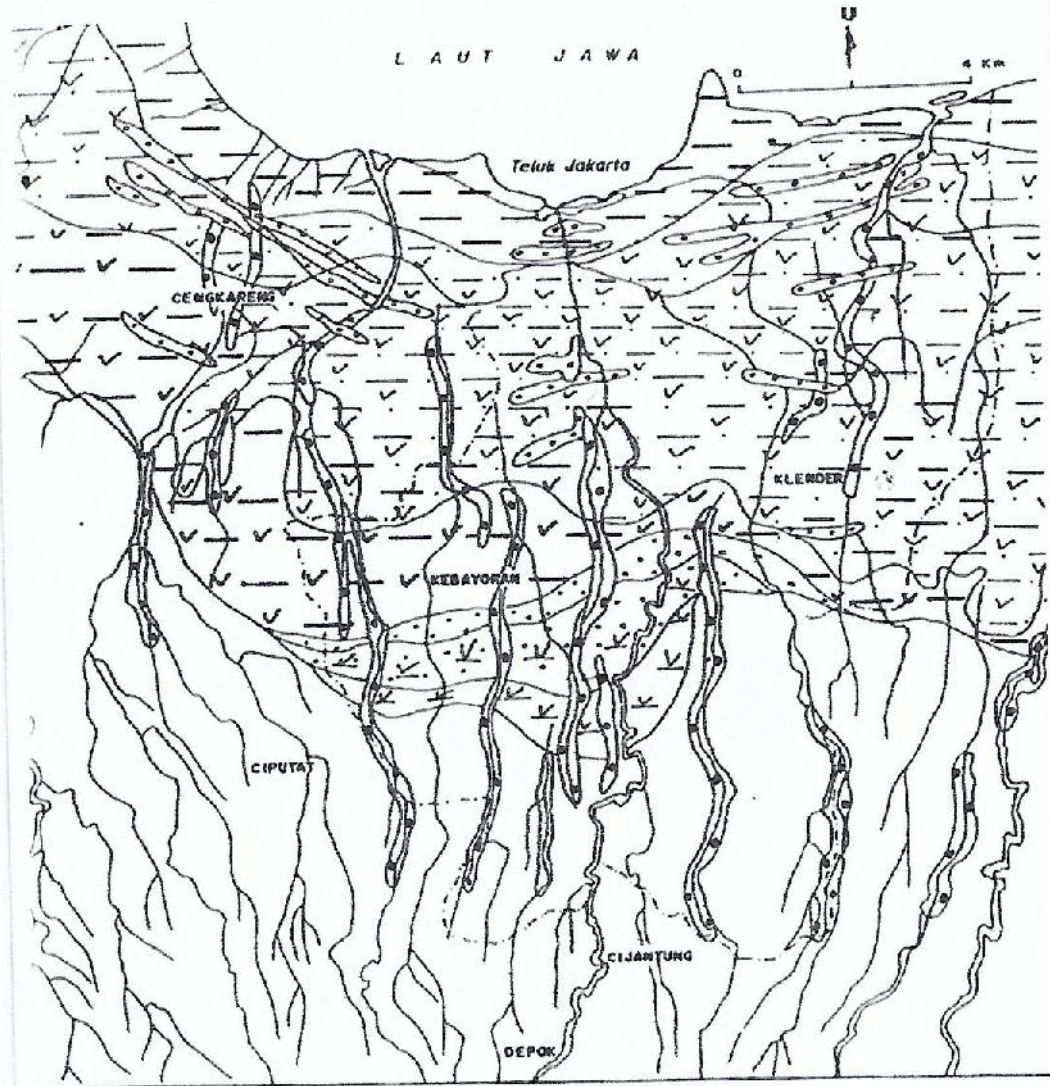
Gambar 9.3. Sketsa ideal jenis pantai Cilacap (prograded coast).



Gambar 9.4. Peta struktur daerah G. Merapi, Yogyakarta.



Gambar 9.5. Geological sketchmap and section of the Merapi (Central Java) and its western foot.



ENDA

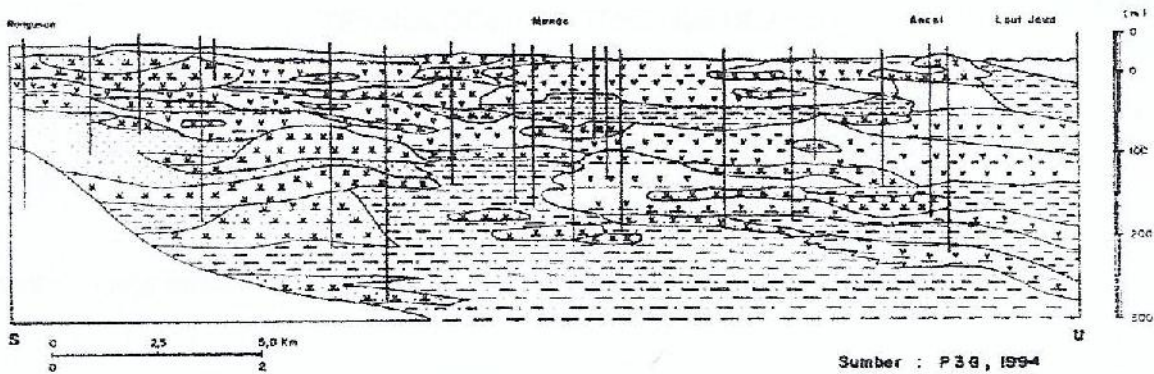
- Endapan A
- Endapan ACA
- Endapan ACA & ACS
- Endapan ACSCBM, ACBM, ABM & MRM

- Endapan AM, ACACSCMBM & MAM
- Endapan FACAM, FAMBM & FM
- Endapan M

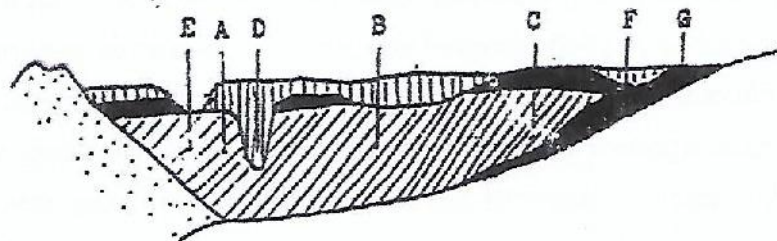
KETERANGAN END

- F Banjir
- C Alur Sungai Tua
- A Kipas Aluvial
- S Rawa
- P Pantai & Pemotan
- M Dekat Pantai &

Gambar 9.6. Peta geologi Kuarter DKI. Jakarta (P3G, 1994, dalam Assegaf, 1995).



Gambar 9.7. Penampang Geologi Kuarter DKI Jakarta (P3G, 1994 dalam Asseggaf, 1995).



- | | | | |
|--|-------------------|--|---|
| | Gumuk pasir | | Endapan Calais
(endapan laut tertua) |
| | Endapan Duinkerke | | Gambut Holland |
| | Pleistosen | | |

Penampang-tipe utama dari Pantai Nederland :



- A = Endapan Duinkerke di atas Gambut Holland di atas Endapan Calais
 B = Endapan Duinkerke di atas Endapan Calais
 C = Gambut Holland di atas Endapan Calais
 D = Endapan Duinkerke
 E = Endapan Calais
 F = Endapan Duinkerke di atas Gambut Holland
 G = Gambut Holland

Gambar 9.8. Penampang tegak dari dataran Pantai Nederland dengan disertai 7 macam penampang tipe utama sesuai kedudukan batuan berdasarkan data pemboran tanpa mencantumkan besarnya ketebalan, tetapi hanya urutan sekuennya saja (Ten Cate, 1985).

BAB X
TEKNOLOGI PEMOTRETAN UDARA
DALAM PROSES PEMETAAN PROSES PEMETAAN DASAR

Tujuan : Memberikan informasi tentang peranan teknologi pemotretan dalam proses pemetaan dasar.

Instansi yang terkait :

- BPPT
- LAPAN
- BAKOSURTANAL

Pemotretan udara merupakan salah satu teknologi penginderaan jauh, yang mampu menyediakan data secara tepat, cepat dan lengkap, dengan berbagai multiskala. Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah suatu kegiatan perolehan informasi keadaan rupa bumi (keadaan geologi, misalnya geomorfologi) dengan menggunakan instrumen yang berada pada jarak jauh tanpa melakukan kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji.

Keadaan geomorfologi suatu daerah dapat diketahui dengan jelas menggunakan stereoskop, antara lain :

- Keadaan relief
- Bentuk lembah
- Timbunan
- Sungai
- Ukuran
- Letak & polanya

Keadaan geologi, meliputi pelamparan dan jenis batuan, dapat diinterpretasi berdasarkan atas :

- Rona
- Tekstur
- Relief
- Pola aliran sungai
- Tumbuhan penutup
- Budaya dan hubungan keadaan sekitar

Teknologi penginderaan jauh dapat dilakukan dengan wahana darat, pesawat terbang ataupun wahana satelit. Metoda perolehan data dapat diperoleh secara pasif maupun aktif.

Sistem penginderaan jauh meliputi dua proses utama yaitu pengumpulan data dan analisis data.

1. Pengumpulan data, melibatkan :

- Sumber energi
- Perjalanan energi via atmosfer
- Interaksi energi dengan bumi (hamburan / serapan)
- Sensor wahana inderaja
- Pembentukan data

2. Analisis data, meliputi :

- Pengujian data
- Hasil informasi
- User / pengguna

Berdasarkan alat dan gelombang elektromagnetik, kita mengenal citra foto dan citra non foto.

1. Citra Foto

Citra foto adalah citra yang dibuat dengan kamera sebagai alat pengindra. Pengambilan citra dilakukan dengan pesawat udara dengan menggunakan gelombang spectrum tampak mata, infra merah terpantul dan gelombang ultraviolet fotografik.

Citra foto (*photographic image*) dapat dibedakan atas :

- a. Spektrum elektromagnetik
- b. Sumbu kamera
- c. Sudut liputan kamera
- d. Jenis kamera
- e. Warna yang digunakan
- f. Sistem wahana dan penginderaan

2. Citra Non Foto

Citra non foto adalah citra yang dibuat dengan menggunakan sensor atau alat pengindra bukan kamera dan biasanya menggunakan spectrum radar, bagian-bagian spectrum tampak mata dan infra merah termal. Contoh citra non foto : SLAR, SIR, SPOT, Citra infra merah termal.

Kegiatan di BAKOSURTANAL & LAPAN untuk 25 tahun pertama antara lain :

1. Program pemetaan dasar nasional.
2. Program inventarisasi & evaluasi SDM
3. Program sistem informasi sumberdaya alam.

4. Program pengembangan tenaga dalam teknologi modern bidang survei & pemetaan.

Peralatan utama dalam pemotretan udara dibagi menjadi beberapa unit utama :

1. Pemotretan udara.
2. Triangulasi udara.
3. Plotting.
4. Penggambaran & interpretasi foto udara.

Dasar-dasar penerbangan pemotretan meliputi :

1. Tinggi terbang pesawat.
2. Kecepatan terbang pesawat.
3. Skala foto.
4. Kecepatan lintas darat.

Hal penting yang harus dipahami dalam pemotretan udara antara lain :

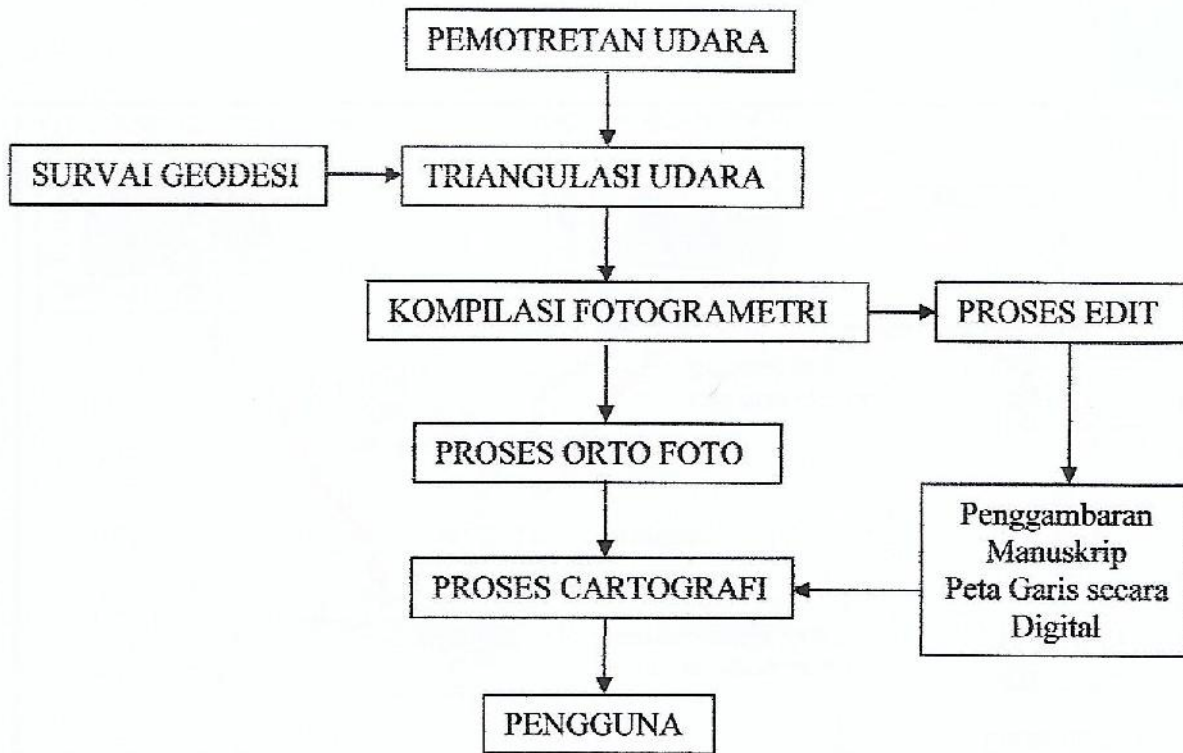
1. Peta jalur terbang : untuk memenuhi ketentuan teknis pemotretan udara dalam pembentukan besar tampalan / *overlap* (60%) dan besarnya *sidelap* (30%).
2. Pelaksanaan pemotretan udara : penentuan wilayah & koordinat wilayah pemotretan serta dalam mempertahankan posisi pesawat dapat diketahui dengan melihat jalur terbang yang telah dibuat / ditentukan dari GPS (*Global Position Satellite*). Selama proses pemotretan, cameramen senantiasa selalu memperhatikan drift karena factor angin, yang mengubah posisi *cassette* kamera. Untuk menyesuaikan angka *drift* digunakan IRU (*Internal Regulator Unit*).

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, perlu dilakukan koreksi, seperti :

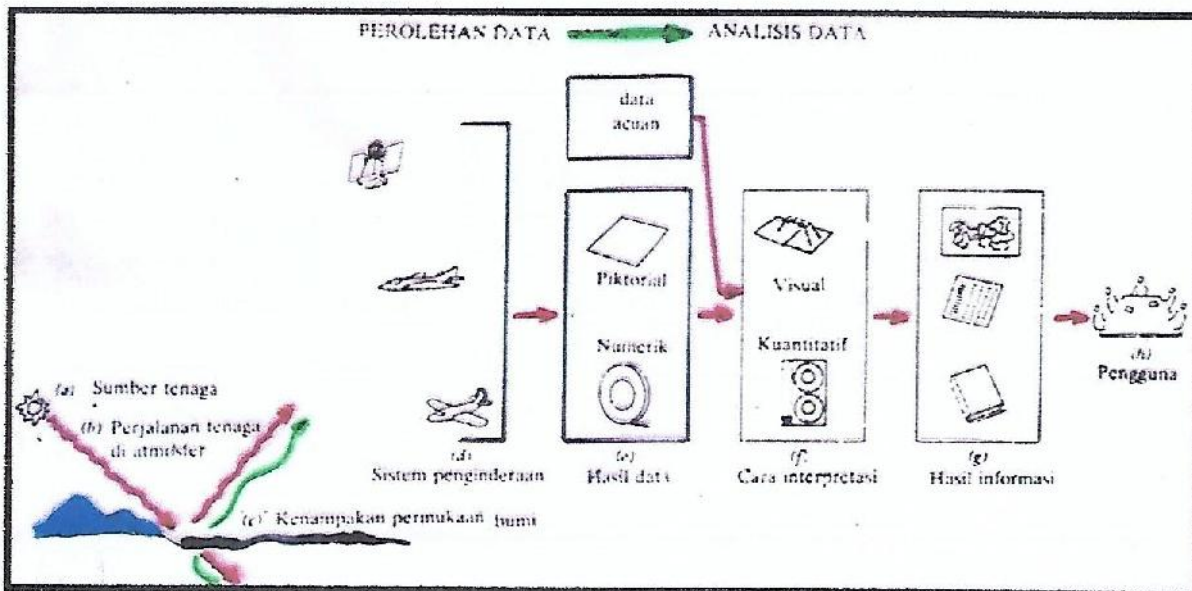
- a. Koreksi variasi magnetik.
 - b. Koreksi kompas.
 - c. Koreksi angin.
3. Pemrosesan film
 4. Pencetakan foto udara untuk navigasi.
 5. Pengecekan.
 6. Pencetakan (anotasi dan proses pencetakan).

Penutup :

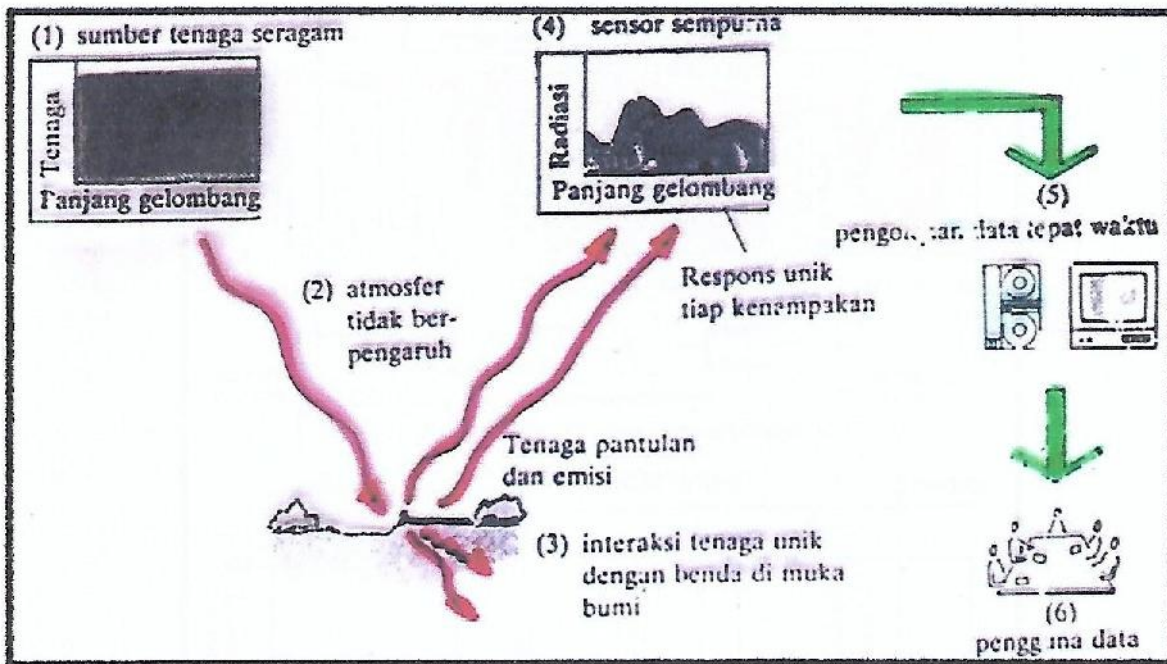
- Foto udara merupakan salah satu penyaji data yang potensial untuk kepentingan perencanaan dan pengelolaan sumberdaya alam.
- Foto udara merupakan pelengkap (*converter*) dalam penginderaan jauh.



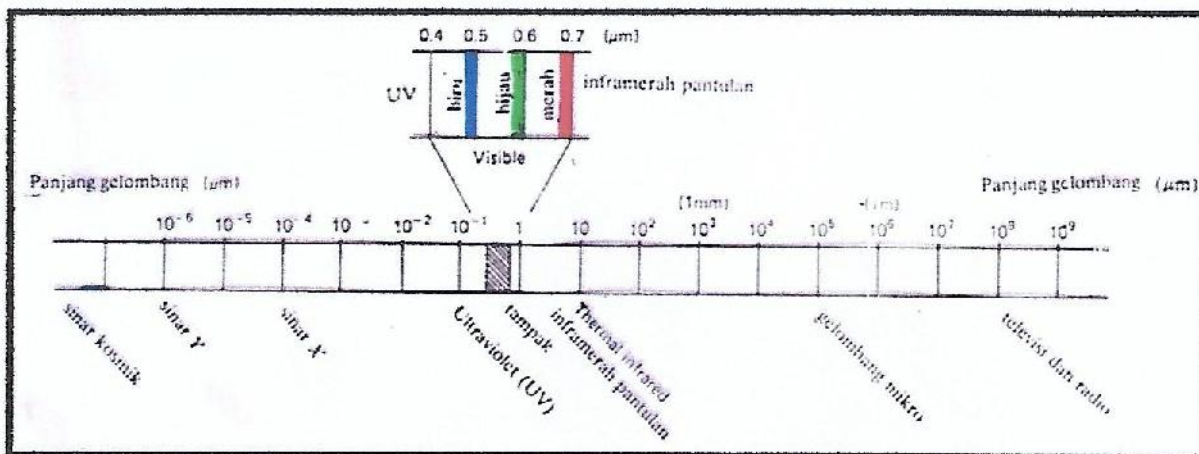
Gambar 10.1. Proses Pemetaan Dasar



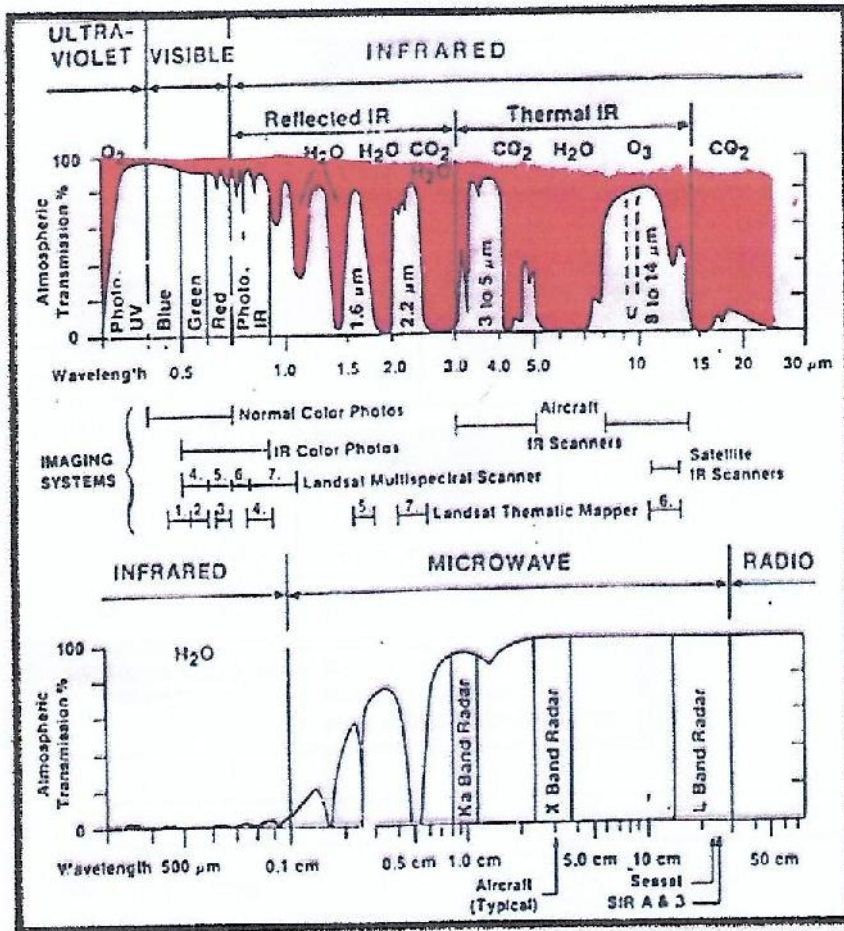
Gambar 10.2. Penginderaan jauh elektromagnetik untuk sumberdaya bumi.



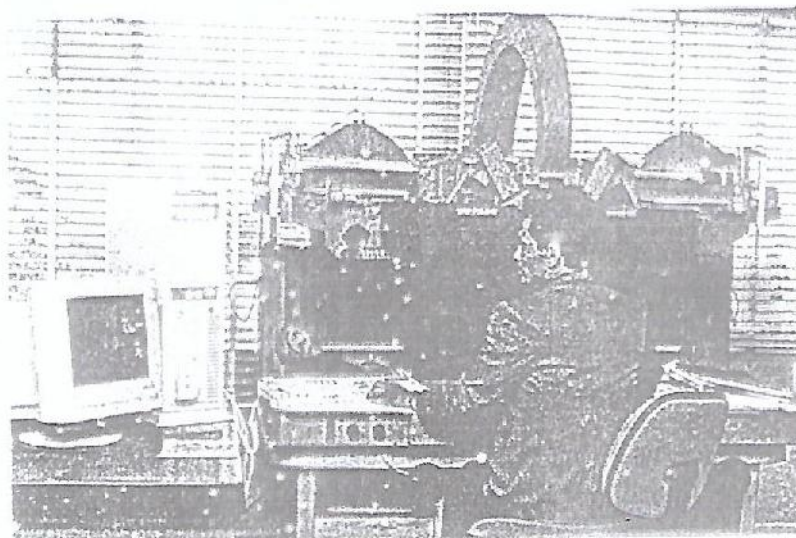
Gambar 10.3. Komponen suatu sistem penginderaan jauh ideal.



Gambar 10.4. Spektrum elektromagnetik.

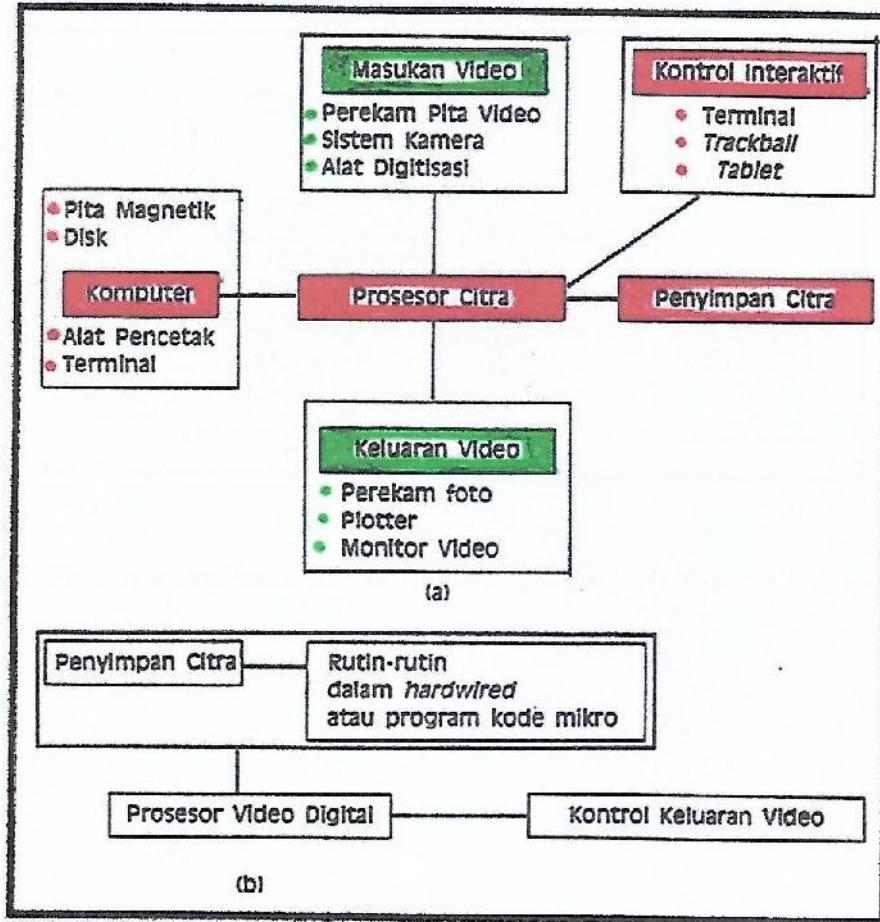


Gambar 10.5. Spektrum gelombang elektromagnetik yang mampu menembus bumi.

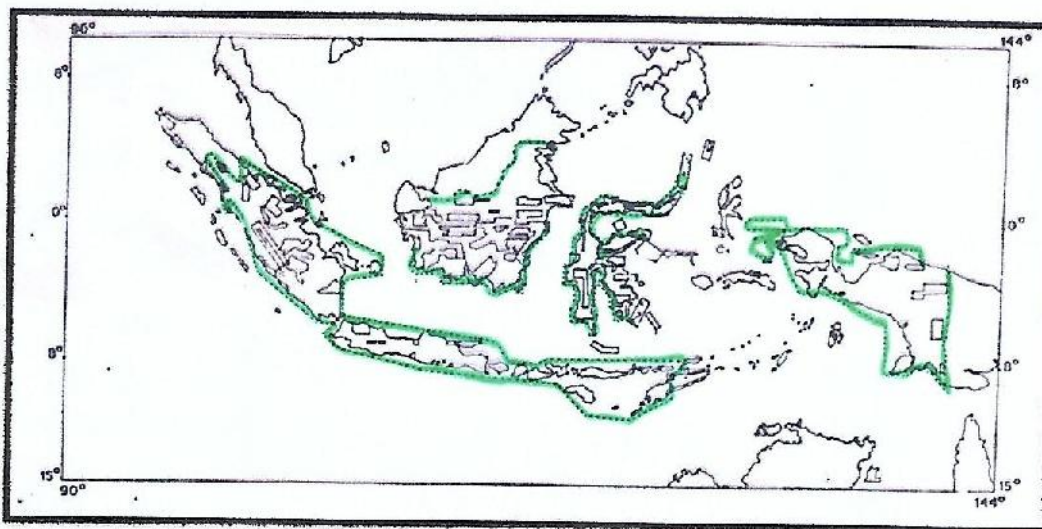


Pemetaan Fotogrametris Digital "Adam Technology"

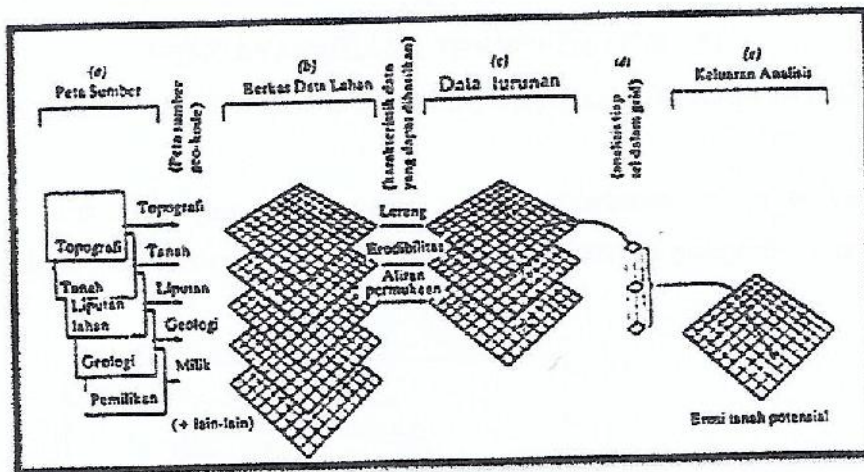
Gambar 10.6. Pemetaan fotogrametris digital "Adam Technology".



Gambar 10.7. a. Diagram perangkat keras secara lengkap.
 b. Diagram khusus pengolah citra.



Gambar 10.8. Cakupan foto udara.

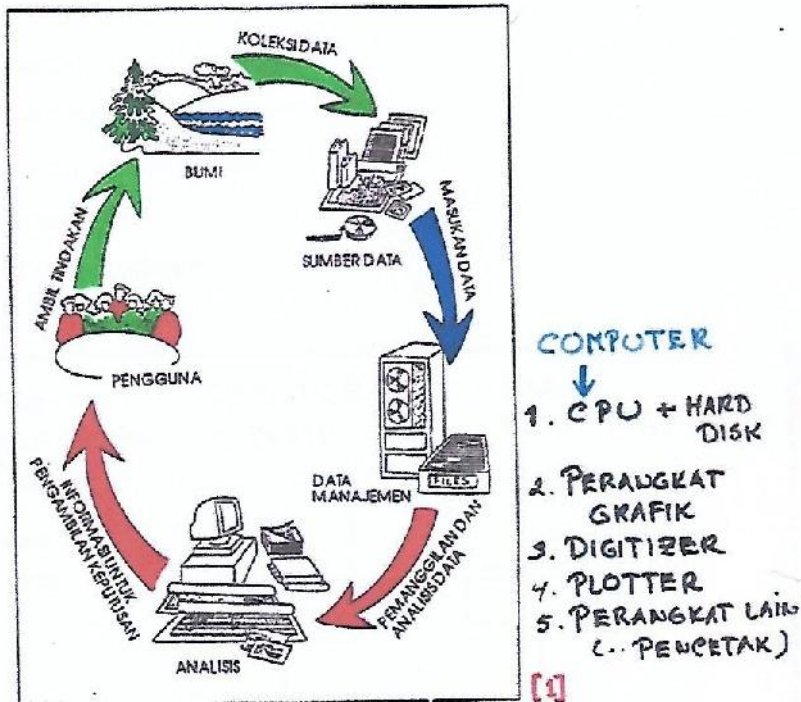


Gambar 10.9. Prosedur analisis untuk erosi tanah potensial (Lillesand and Kiefer, 1987).

BAB XI

PENDAYAGUNAAN TEKNOLOGI GIS / SIG UNTUK PENGEMBANGAN POTENSI SUMBER DAYA ALAM DI INDONESIA

Sistem informasi geografis adalah : sistem berbasis computer yang digunakan untuk menyimpan, memanipulasi dan menganalisis informasi geografis (Gambar 11.1).



Gambar 11.1. Proses perencanaan pendayagunaan GIS.

Manfaat SIG :

1. Memberikan informasi yang lebih jelas kepada :

- Pimpinan
- Aparat
- Para investor
- Masyarakat

2. Digunakan sebagai bahan masukan, dengan berbagai keunggulan antara lain :

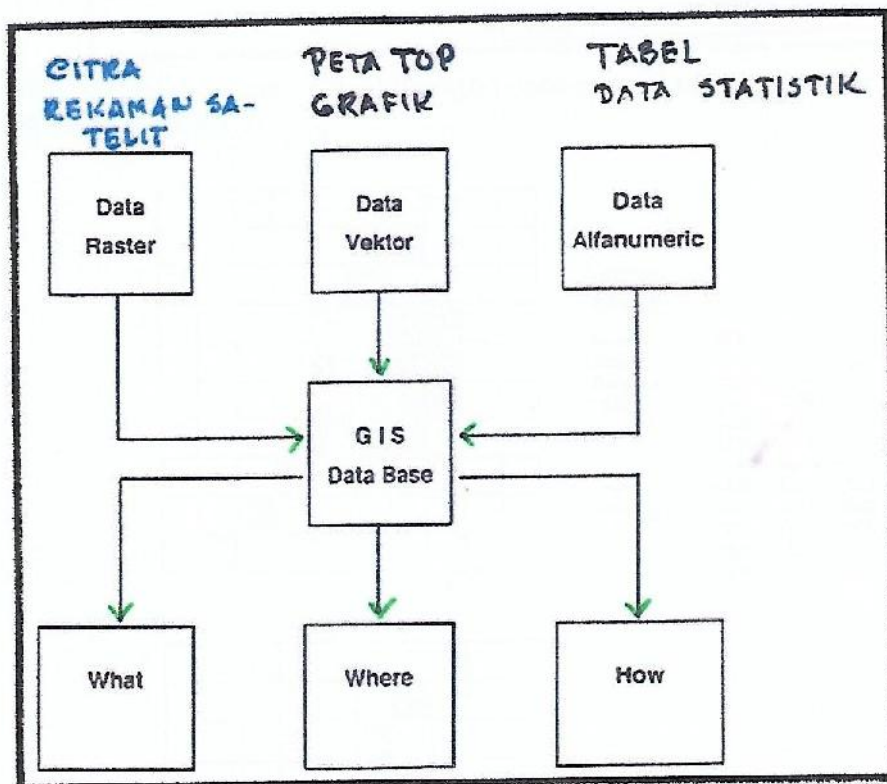
- Cepat
- Tepat
- Mudah diperbaharui
- Jelas
- Luas

Tujuan GIS : memberikan informasi tentang peranan teknologi berbasis SIG, antara lain :

- Pengembangan potensi sumber daya alam
- Proses penyajian informasi (peta, tabel, dan sebagainya).

Sumber data GIS antara lain (Gambar 11.2) :

1. Data spasial berbentuk vektor :
 - a. Peta topografi
 - b. Grafik
2. Data spasial berbentuk raster :
 - a. Rekaman satelit
 - b. Pemotretan udara (citra)
3. Data *alphanumeric* :
 - a. Tabel / data statistic.



Gambar 11.2. Sumber Data GIS

Komponen informasi kenampakan geografis pada GIS :

1. Posisi geografis :

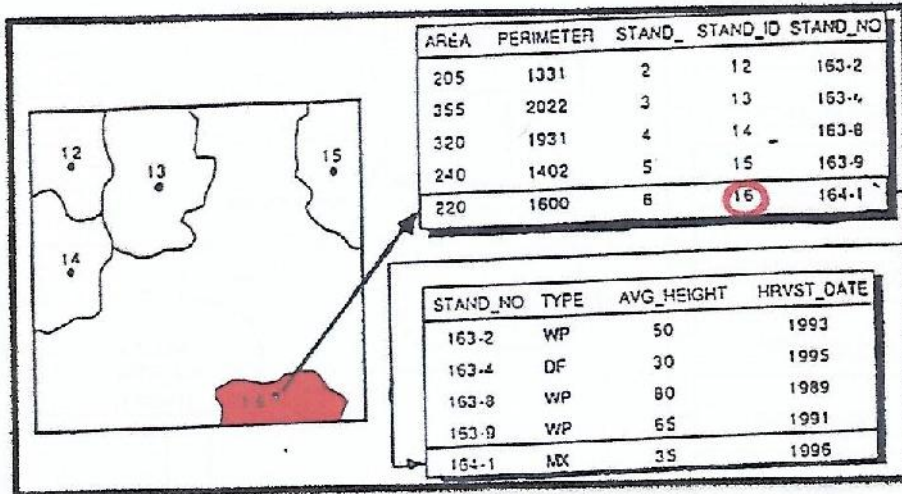
- Sistem lintang / bujur
- UTM (*Universal Transverse Mercator*)

2. Atribut :

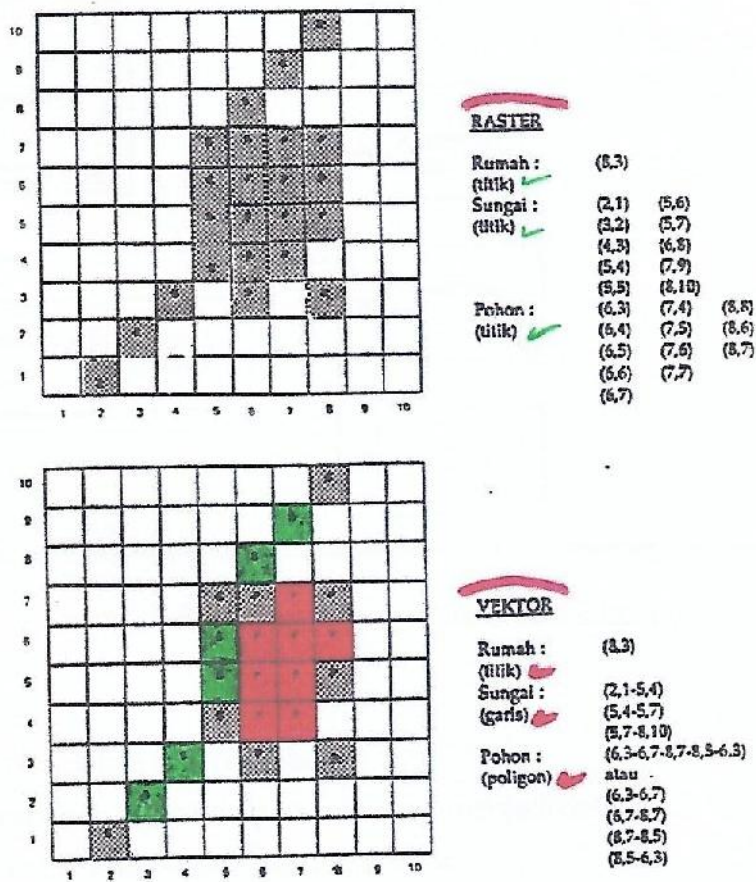
- Menjelaskan informasi apa (*what it is*).
- Hutan, tegal, kota, sawah, dsb.

3. Hubungan keruangan (*spatial relationships*).

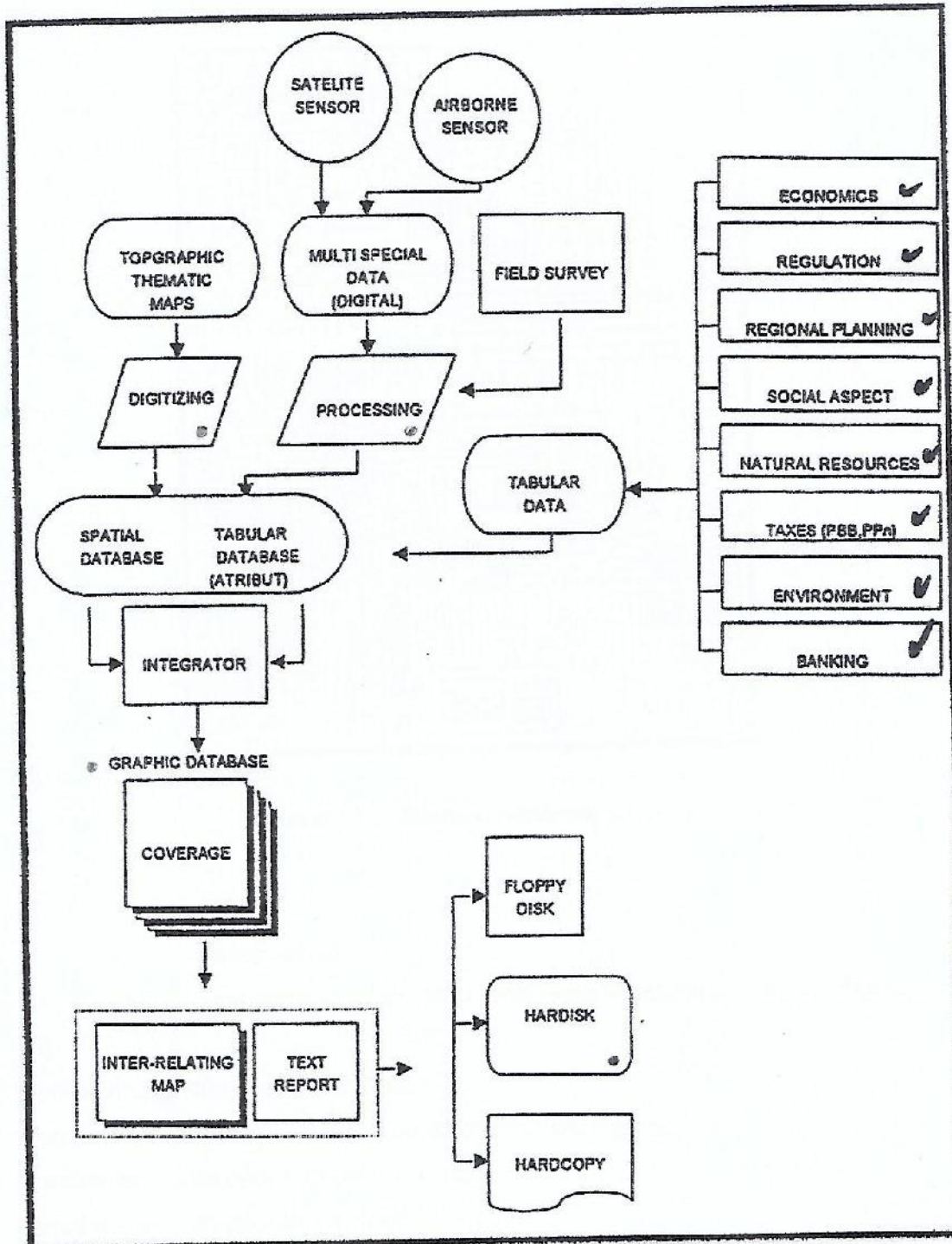
4. Waktu.



Gambar 11.3. Hubungan data spasial dan tabular.



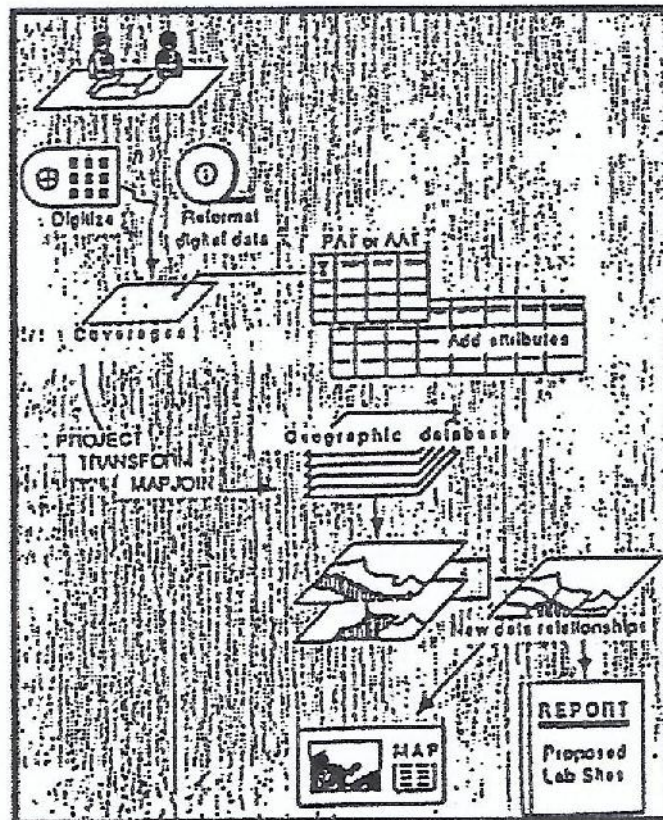
Gambar 11.4. Perbandingan model raster dan model vektor.



Gambar 11.5. Bagan alir konsepsi input dan output pada GIS.

Proses data dalam GIS (Gambar 11.6) :

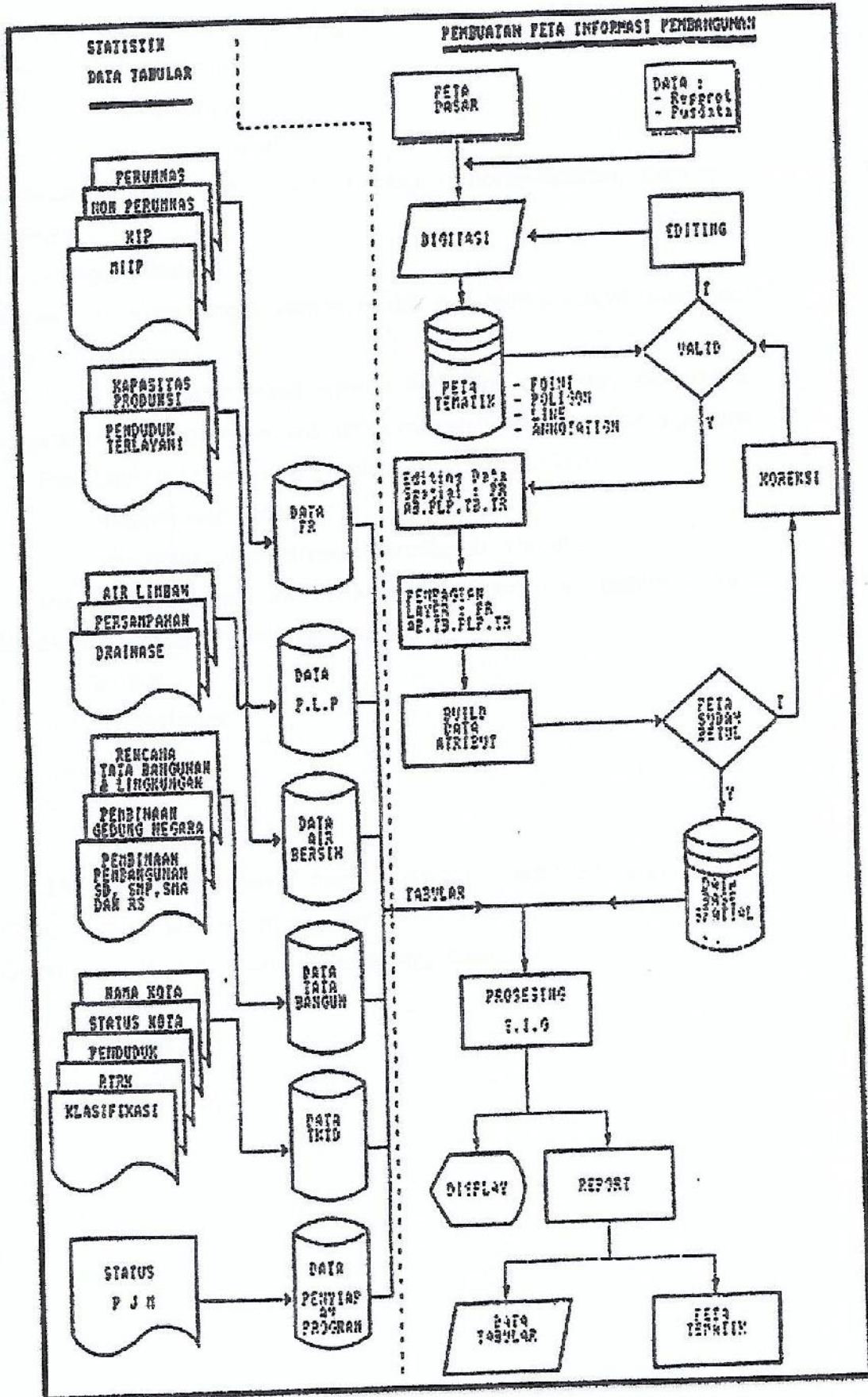
1. Input data : merubah format data eksistingnya menjadi data digital.
2. Managemen data : menyimpan dan mengambil.
3. Manipulasi dan analisis data : diperoleh informasi baru / tertentu harganya.
4. Output data : diperoleh keluaran hasil olahan GIS.



Gambar 11.6. Ilustrasi penanganan data GIS.

Sebagai kemampuan SIG :

1. Mampu berinteraksi dengan salah satu jenis sistem database (*oracle, ingres, sybase, dll*).
2. Mampu menghitung jarak dan luas.
3. Mampu membuat batas / *buffer* (batas titik, poligon, garis).
4. Dapat melakukan operasi-operasi aljabar.
5. Dapat melakukan operasi *overlay*.
6. Dapat menghitung koordinat geografis.
7. Dapat melakukan "*network tracing*".
8. Dapat melakukan analisis citra satelit.
9. Dapat melakukan analisis lahan (*terrain*).
10. Dapat melakukan operasi poligon.
11. Mampu melakukan konversi data vektor – raster.



Gambar 11.7. Diagram alir pembuatan peta informasi pembangunan.

Data dasar geologi kuarter dan SIG dibutuhkan karena :

- Data meningkat
- Pengelolaannya
- Butuh komputerisasi

Data dasar itu misalnya : peta geologi, laporan-laporan, peta-peta potensi dan sebagainya.

Sebagai penutup :

1. Dengan GIS akan sangat mempermudah dan mempercepat proses dalam menjawab pertanyaan yang timbul.

2. GIS / SIG merupakan teknik *overlay* beberapa data dan informasi spasial dengan menggunakan formulasi matematis untuk menghasilkan suatu tema geografis yang baru.

Peta-peta umum (*general purpose*) menggambarkan :

- Topografi suatu daerah
- Batas-batas administrasi suatu wilayah / Negara.

Peta-peta tematik : secara khusus menampilkan distribusi keruangan (*spatial distribution*) kenampakan-kenampakan seperti :

- Geologi
- Geomorfologi
- Tanah
- Vegetasi
- Sumber daya alam

Dengan demikian, untuk mendukung GIS maka dibutuhkan :

1. Komputerisasi data geologi Kuarter.
2. Dibentuk pusat jaringan informasi geologi Kuarter.

Daftar Pustaka

- Asseggaf, A., 1995, *Hubungan Lingkungan Pengendapan terhadap Pembentukan Akifer pada Cekungan Airtanah Jakarta*, Tugas Mata Kuliah Stratigrafi Kuarter, Bidang Studi Geologi Teknik dan Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Bloom, A. L., 1967, *Pleistocene Shorelines*.
- Bowen, D.Q., 1978, *Quaternary Geology, A Stratigraphic Framework for Multidisciplinary Work*, Pergamon Press, Oxford.
- Cas, R. A. F., and Wright J. V., 1987, *Volcanic Succesions*.
- Clayton, K. M., 1977, *River Terraces Flartt*, R.F., 1971, *Glacial and Quaternary Geology*.
- French, H. M., 1976, *The Preglacial Environment*
- Lowe, J. J., Walker Mj., C., 1984, *Reconstruction Quaternary and Environment*.
- Soekardi, 1990, *Geologi Kuarter*, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sampurno, 2004, *Jejak Langkah Geologi, dari Borobudur Hingga Punclut*, Kumpulan Karya Tulis, Purnabakti 70 Tahun Sampurno, Cetakan pertama, Penerbit ITB, Bandung.
- Tjia, H.D., 1983, *Aspek Geologi Kuarter Asia Tenggara*, Buletin Jurusan Geologi, ITB, Vol. 9, hal. 1 – 18.