BAB II
TEORI PENUNJANG

2.1 *Teori Gelombang*

Gelombang adalah getaran yang merambat, dibedakan berdasarkan medium perambatannya dan arah perambatannya. Menurut medium perambatannya gelombang dibagi ke dalam gelombang mekanik dan gelombang elektromagnetik.

- Gelombang Mekanik

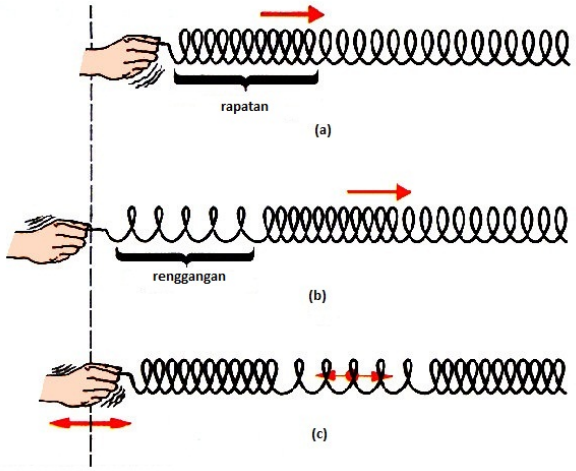
  Gelombang mekanik adalah gelombang yang memerlukan medium dalam perambatannya. contohnya adalah gelombang tali, gelombang air, gelombang bunyi, gelombang pada pegas atau per (slinky).
- Gelombang Elektromagnetik

  Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang energi dan momentumnya dibawa oleh medan listrik (E) dan medan magnet (B) yang tidak memerlukan medium dalam perambatannya. Sumber gelombang elektromagnetik adalah sinar-x, gelombang radio, sinar matahari menghasilkan infra merah, lampu merkuri menghasilkan ultra violet dan lain-lain.

Berdasarkan arah perambatannya gelombang dibagi kedalam gelombang longitudinal dan gelombang transversal yaitu :

- Gelombang Longitudinal

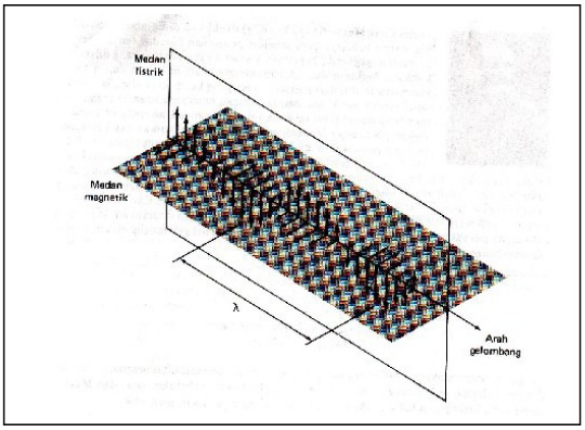
  Gelombang longitudinal adalah gelombang dengan arah gangguan sejajar dengan arah perambatannya. Contohnya adalah gelombang bunyi, gelombang bunyi ini analog dengan pulsa longitudinal dalam suatu pegas vertikal di bawah tegangan dibuat berosilasi ke atas dan ke bawah di sebuah ujung, maka sebuah gelombang longitudinal berjalan sepanjang pegas tersebut, koil – koil pada pegas tersebut bergetar bolak – balik di dalam arah di mana gangguan berjalan sepanjang pegas



Gambar 2.1. Ilustrasi gelombang longitudinal yang merambat dalam medium pegas yang direnggangkan di mana arah gangguan sejajar dengan arah penjalaran [6].

- Gelombang Transversal

  Gelombang transversal adalah gelombang dengan arah rambatnya tegak lurus dengan penjalarannya. Misalnya gelombang cahaya di mana gelombang listrik dan gelombang medan magnetnnya tegak lurus kepada arah penjalarannya.



Gambar 2.2. Medan listrik dan medan magnet dari gelombang elektromagnetik adalah tegak lurus, dan tegak lurus juga pada arah menjalar gelombang [6].

Persamaan cepat rambat gelombang adalah :

$V = \lambda . f$ ... ... (II. 1)

Keterangan :

V = cepat rambat gelombang (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

2.2 *Gelombang Seismik*

Gelombang merupakan fenomena alam, di mana terjadi perambatan atau gangguan energi dari suatu sumber ke titik-titik lain. Gelombang seismik adalah gelombang-gelombang yang merambat baik di dalam maupun di permukaan bumi yang berasal dari sumber seismik seperti dari sumber gempa di mana terjadi batuan pecah secara tiba-tiba di dalam bumi, ledakan dinamit, erupsi gunung merapi, longsoran, badai, dan sebagainya [1]. Gelombang seismik termasuk ke dalam gelombang mekanik, di mana medium dibutuhkan dalam perambatannya.

Seismik merupakan salah satu bentuk metode geofisika yang digunakan untuk menentukan struktur yang ada di bawah permukaan bumi. Metode ini paling banyak digunakan dalam geofisika. Gelombang seismik yang dirambatkan akan tercatat oleh seismograf.



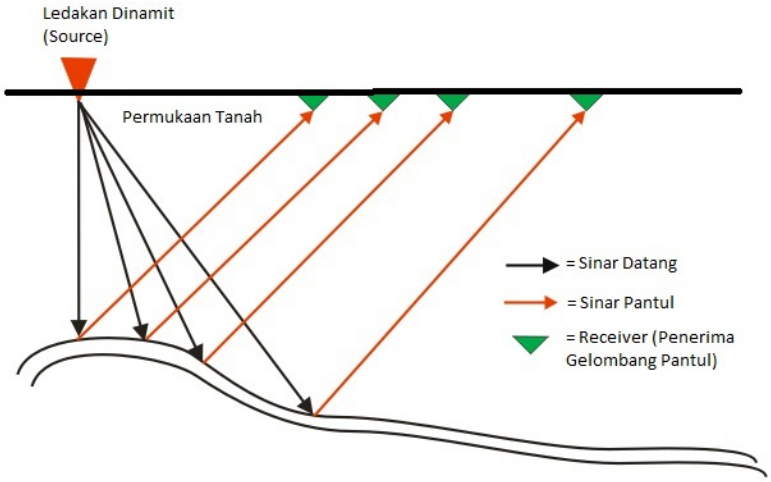
Gambar 2.3. Seistronik sebagai penerima gerakan dari gelombang seismik yang kemudian direkam oleh perangkat lunak dalam komputer.

Alat perekam gelombang yang umum digunakan salah satunya adalah *Seistronix RAS-24* (Gambar 2.1). *Seistronix Ras-24* merupakan sebuah paket berupa alat seismograf dan perangkat lunak *(software) RAS-24*. *Seistronix* tersebut terhubung ke dalam *geophone* dan sebuah perangkat komputer yang telah terinstal perangkat lunak *RAS-24* sebagai pencatat atau perekam aktifitas gelombang.

Gelombang seismik merupakan salah satu gelombang yang banyak dimanfaatkan oleh keperluan eksplorasi dalam bidang geofisika di mana pengukuran dilakukan dengan menggunakan sumber seismik buatan misalnya ledakan. Pembangkitkan gelombang seismik dapat dilakukan dengan dua metode yaitu :

1. **Metode aktif**. Metode aktif biasanya digunakan pada seismik eksplorasi, dengan peledakan dinamit, pemukulan dengan palu dan sebagainya.
2. **Metode pasif**. Metode pasif memanfaatkan gejala-gejala alam yang sudah ada, seperti gempa bumi, baik yang diakibatkan oleh letusan gunung berapi maupun gempa tektonik.

Ketika suatu sumber gelombang seismik dibangkitkan ke permukaan bumi maka gelombang seismik yang merambat ke berbagai arah, pada bidang batas antar lapisan gelombang ini sebagian dipantulkan dan sebagian lain dibiaskan untuk diteruskan kedalam permukaan bumi. Dipermukaan bumi gelombang tersebut diterima oleh serangkaian detektor (*geophone*) yang umumnya membentuk garis lurus dengan sumber ledakan, kemudian dicatat dan direkam oleh suatu seismograf.



Gambar 2.4. Pemanfaatan ledakan dinamit sebagai sumber getar untuk menghasilkan gelombang seismik.

Pada Gambar 2.4 Gelombang merambat melintasi batuan dalam bentuk gelombang mekanik yang mentransfer energi yang dibawanya menjadi pergerakan partikel batuan,dan setiap respon dari pergerakan partikel yang dilaluinya akan terekam oleh gelombang. Dengan mekanisme seperti inilah gelombang dapat membawa informasi yang ada di bawah permukaan yang direpresentasikan dengan besaran fisis berupa kecepatan. [2]

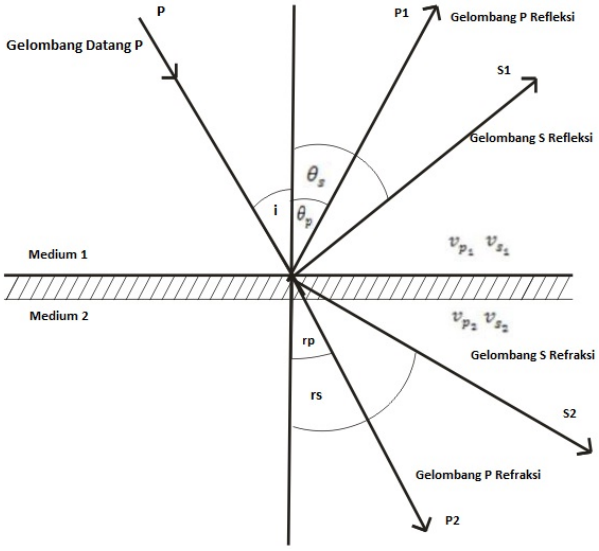
Gelombang yang menjalar di dalam bumi terdapat dua tipe gelombang yaitu, gelombang P (*primary*) dan gelombang S (*secondary*). Apabila gelombang P ini merambat tanpa disertai dengan gelombang S maka disebut juga gelombang akustik. Jika kedua gelombang P dan gelombang S merambat maka gelombang ini disebut sebagai gelombang elastik. Gelombang P dapat diartikan sebagai gelombang yang datang lebih awal atau *primary wave* dan gelombang S adalah gelombang yang datang kedua setelah gelombang P atau *secondary wave*. Sehingga nilai kecepatan dari gelombang P lebih besar daripada gelombang S.

2.3 *Hukum Snellius*

Hukum Snellius menjelaskan, gelombang akan dipantulkan atau dibiaskan pada bidang batas antara dua medium yang berbeda. Selain itu hukum snellius juga pada dasarnya menjelaskan perubahan arah berkas seismik apabila gelombang seismik menjalar melalui batas lapisan dengan densitas (kerapatan) yang berbeda, dan juga dengan kuantitas kecepatan yang berbeda-beda pula, perubahan ini akan direalisasikan dalam bentuk gelombang yang terpantul (gelombang refleksi) dan gelombang terbias (gelombang refraksi). [2]

Hukum pembiasan disebut juga Hukum Snellius. Ada dua hukum utama pembiasan yaitu, hukum I pembiasan dan hukum II pembiasan.

- Hukum I Pembiasan menyatakan : “Sinar datang, sinar bias dan garis normal terletak pada satu bidang datar”.
- Hukum II Pembiasan, menyatakan : “Jika sinar datang dari medium kurang rapat menuju medium lebih rapat maka akan dibiaskan mendekati garis normal. Sebaliknya, jika sinar datang dari medium lebih rapat menuju ke medium kurang rapat dibiaskan menjauhi garis normal”.



Gambar 2.5. Pemantulan dan pembiasan pada Hukum Snellius. [3]

Ketika sinar datang atau gelombang datang P melintasi bidang batas, gelombang datang P akan terpantulkan sebagai gelombang P refleksi dan akan terbiaskan sebagai gelombang P refraksi. Disamping itu juga dibangkitkan gelombang S refleksi dan gelombang S refraksi. Hal ini terjadi karena merupakan karakteristik dari gelombang datang P apabila melewati bidang batas dengan densitas yang dilaluinya.

Persamaan dasar Hukum Snellius adalah sebagai berikut :

$$\frac{v_p}{\sin i} = \frac{v_{p1}}{\sin \theta_p} = \frac{v_{p2}}{\sin r_p} = \frac{v_{s1}}{\sin \theta_s} = \frac{v_{s2}}{\sin r_s} \qquad \text{(II. 2)}$$

Keterangan :

v_p = kecepatan gelombang datang P

v_{p1} = kecepatan gelombang P pada medium 1

v_{p2} = kecepatan gelombang P pada medium 2

v_{S1} = kecepatan gelombang S pada medium 1

v_{S2} = kecepatan gelombang S pada medium 2

Gelombang akan terbagi, sebagian kembali ke permukaan dan sebagian diteruskan merambat ke bawah permukaan.

2.4 *Klasifikasi Batuan*

Batuan didefinisikan sebagai kumpulan dari dua atau lebih mineral atau suatu zat padat yang terjadi secara alami disebabkan oleh efek dari tiga proses geologi yaitu pengerasan magma, pelapukan batuan sedimentasi dan metamorf (perubahan struktur batuan karena peristiwa tekanan atau pemanasan yang sangat tinggi). [7]

Dari definisi batuan di atas terdapat tiga proses geologi, maka dikelompokkanlah tiga jenis batuan yang utama :

1. Batuan *Igneous*
2. Batuan Metamorf

3. Batuan Sedimen

Batuan *Igneous* adalah batuan yang terbentuk dari *material molten* (magma). Batuan *molten* adalah magma ketika masih di dalam bumi dan lava ketika berada di permukaan bumi yaitu :

- Dihasilkan dari pemadatan magma yang meleleh dari lapisan kulit bumi yang terdapat di bawah kerak bumi (mantel). Magma yang memadat di permukaan bumi tersusun dari batuan ekstrusif (lava yang keluar ke permukaan bumi) dan batuan *igneous* vulkanik. Ketika magma mendingin dan mengeras di bawah permukaan bumi maka *batuan intrusif* atau *igneous plutonik* terbentuk.
- Terbentuk dari pendinginan batuan *molten* (magma atau lava), prosesnya disebut dengan penghabluran.
  - Pendinginan yang lambat menghasilkan butiran yang besar dan padat.
  - Pendinginan yang cepat menghasilkan butiran yang kecil dan batuan seperti “geretan” atau goresan api.

Batuan Metamorf adalah batuan yang terbentuk dari rekristalisasi batuan igneous dan sedimen melalui bertambahnya perubahan tekanan dan fluida, serta naiknya temperature yang ditimbulkan ketika batu berubah secara kimiawi atau fisis oleh panas atau tekanan yang sangat tinggi.

Batuan Sedimen adalah suatu endapan dari beberapa jenis material bumi yang terakumulasi melalui aktivitas air, angin, es atau perantara lainnya seperti hujan dan salju. Terbentuk oleh penguburan, tekanan dan perubahan secara kimia dari pelapukan puing-puing batuan endapan pada permukaan bumi. Batuan sedimen adalah kunci sejarah bumi karena sringkali memperlihatkan semua jenis informasi dari formasi lingkungan endapan. [7]

Batuan sedimen terbagi atas dua bagian :

1. *Klastik* atau *silisiklastik* atau *terrigenous* yaitu batuan sedimen yang terbentuk oleh litifikasi (suatu proses di mana sedimen terkonsolidasi menjadi batuan sedimen) pelapukan puing-puing batuan yang secara fisis terangkut dan terendapkan atau batuan yang mengandung partikel yang kaya dengan *mineral silica*, seperti kuarsa, *feldspar* dan *elay*.
   Contoh : *sandstone*, *mudstones*, dan *konglomerat* (batuan sedimen yang dibangun oleh pecahan batuan atau peremukan batuan).
2. *Non-klastik* adalah batuan sedimen yang ditimbulkan dari proses kimia.
   a. *Bioklastik* atau biokimia yaitu batuan yang mengandung bahan fragmen (bagian) dalam puing-puing organik, kulit dan rangka kalsium karbonat. Contoh : *Limestone* (elemen kulit dan rangka karbonat), *chalk* (bagian kulit dan tubuh mikroskopis karbonat yaitu bagian yang sangat kecil dan diperlukan mikroskop untuk melihatnya dengan jelas), dan *biogenic chert* (bagian tubuh silika mikroskopis atau merupakan pasir dan batu pasir yang berukuran kecil yang terdapat dalam batuan sedimen).
   b. Kimiawi yaitu batuan yang terkandung secara kimiawi. Contoh yang terkandung dalam *mineral evaporite* : *halite* (*rock salt*), *gypsum*, dolomit (*dolostone*), dan *anhydrite* (mengandung kalsit), dan *oolitic limestone.*
   c. Sedimen *vulkaniklastik* yaitu lahar yang dihasilkan karena pelapukan. Contoh : *tephra* dan *vitric* (batu apung atau kaca vulkanik)
   d. Organik (mengandung zat arang) yaitu batuan yang umumnya terkandung dari plants (contoh : *coal*) atau sedimen yang terbentuk dalam lingkungan *anaerobic* (contoh : lumpur, danau dan samudra).

2.5 *Klasifikasi Batuan Sedimen*

Secara umum batuan sedimen dapat dikelompokkan menjadi empat kategori, diantaranya :

1. *Sandstone*
2. *Shale* (serpih)
3. *Evaporite*
4. *Karbonat*

Sandstone didefiniskan sebagai batuan yang tersusun dari pertikel yang berukuran 1/16 sampai dengan 2 mm. Umumnya tersusun dari butir mineral atau bagian batuan yang berasal dari pelapukan batuan Kristal, seperti granit, sekitar 32% dari batuan sedimen dan nilai ekonomisnya besar. Reservoir alaminya adalah gas, minyak dan air.

Shale **(serpih)** didefiniskan sebagai batuan berbutir halus tersusun dari partikel berdiameter kecil dari 1/6 mm dan kira-kira 45% dari batuan sedimen. *Mineral clay* adalah yang dominan. Butir kuarsanya (penyusun utama) halus dan umumnya *feldspar*. Kelimpahan mereka tidak ditemukan sebagai *limestone* (batu gamping) dan *sandstone* karena komposisinya kompleks dan ukuran partikelnya halus.

Evaporite berbeda dengan sedimen *shale*, *sandstone*, dan karbonat, *evaporate* adalah sedimen kimiawi. Dihasilkan dari konsentrasi *evaporate* pada komponen tersaturasi air dan hujan. Dalam banyak kasus, medium *evaporate* adalah air laut dan mineral utamanya dibentuk oleh *gypsum, anhydrite*, dan *halite*. Ketebalan endapan ini kecil karena *evaporite* adalah sedimen hujan yang secara kimia dibentuk dari kontak antar butir dalam ruang pori. Campuran yang dapat mempercepat larut yaitu $CaCO_3$ (kalsium karbonat), $CaSO_4$ (kalsium sulfat yaitu *gypsum or anhydrite*), NaCl (halit atau batuan garam), dan *chlorides* (lebih sedikit atau sangat larut).

Karbonat adalah batuan sedimen yang terbentuk dari mineral karbonat yang utama yaitu kalsit (*calcite*) dan dolomit (*dolomite*), serta aragonite (*aragonite*). Namun pada aragonit tidak stabil atau hanya ditemukan kadang-kadang. Sedimen dan batuan sedimen karbonat terdiri dari $CaCO_3$ (kalsium karbonat) dan $MgCO_3$. Batuannya tersusun dari mineral-mineral karbonat (senyawanya terdiri dari atom tunggal karbon dan tiga atom oksigen, di mana karbonat mempunyai struktur kimia CO_3. Batuan utamanya yaitu batuan gamping atau *limestone* ($CaCO_3$ > 50%) dan dolomit atau dolostone ($CaMg(CO_3)_2$). Batuan ini mengandung sekurang-kurangnya 22% dari keseluruhan batuan sedimen yang ada. Batuan sedimen karbonat merupakan salah satu bahan utama untuk bahan hidrokarbon (minyak dan gas). Batuan ini dihasilkan dari proses biologi dan biokimia. Mineralnya dikeluarkan oleh beberapa organisme (rangka menjadi partikel sedimen, dan timbunan karbonatnya menghasilkan batu gamping).

Sekitar 60% cadangan minyak di dunia ditandai dengan keberadaan reservoir karbonat. Batuan karbonat mengandung beberapa tekstur, struktur dan fosil yang berbeda. Batuan ini memiliki nilai ekonomis karena dari batuan ini dapat digunakan sebagai bahan semen, sebagai batuan reservoir minyak dan sebagai petunjuk endapan bijih timah. Batuan karbonat ini memiliki banyak pori yang diindikasikan sebagai reservoir yang bagus. Untuk menggambarkan struktur porinya digunakanlah parameter mikroskopik yaitu porositas.

Limestone atau batu gamping dapat diciptakan dari proses klastik dan non klastik. *Limestone klastik* terbentuk dari pemisahan dengan endapan *shells*, *coral*, dan organism laut lainnya oleh aksi gelombang dan arus laut. *Limestone non klastik* terbentuk dari lapisan endapan atau *litifikasi coral reef*, organisme *shells* laut, atau rangka organism laut. *Limestone* tersusun dari mineral karbonat khususnya kalsium karbonat. [7]



Gambar 2.6 *Limestone* atau batu gamping. [10]

Batuan sedimen karbonat berbeda dengan batuan sedimen siliklastik atau klastik atau *terrigenous* dalam beberapa hal. Batuan siliklastik terbentuk sebagai sedimen yang tertransporkan, terendapkan, *lithified* (tersatukan) dan tersemenkan terhadap batuan solid (padat). Sedangkan batuan karbonat kebanyakan berkembang dari sedimen biogenik yang terbentuk oleh aktivitas biologi seperti pertumbuhan dari terumbu karang (sekumpulan hewan yang hidup bersamaan dengan sejenis tumbuhan alga) dan akumulasi (kumpulan) organisme pada pantai samudra. Jenis lainnya berbentuk evaporasi, yaitu proses terjadinya penguapan cair menjadi gas atau uap air dari daerah dangkal atau terpisah dari air laut. [7]

2.6 *Mineral-mineral Batuan*

Batuan umunya mengandung mineral-mineral. Mineral adalah padatan anorganik yang mempunyai struktur Kristal dan komposisi kimianya jelas yang dihasilkan oleh variasi perbedaan susunan kimianya. Jenis yang diketahui lebih dari 3000 mineral dan 2000 diantaranya telah diklasifikasikan. [7]



Gambar 2.7 Mineral-mineral pembentuk batuan. [11]

Terdapat dua jenis mineral berdasarkan komposisinya yaitu *isomorf* dan *polymorf*. *Isomorf* adalah dua mineral dengan struktur yang sama dan komposisinya berbeda. Sedangkan *polymorph* adalah dua mineral dengan komposisi yang sama tapi strukturnya berbeda.

Untuk memahami mineral perlu diketahui aspek-aspek apa saja yang harus ada pada mineral yang perlu diketahui, antara lain :

1. Mineral harus terjadi secara alami dan homogen.
2. Mineralnya adalah Kristal (atom yang tersusun secara periodik).
3. Prosesnya anorganik

   Contoh : kalsit (mineral batuan karbonat) tidak terjadi dalam lingkungan batuan *igneous* dan *metamorf*.
4. Contoh-contoh mineral :
   a. Emas, perak, intan (*diamond*), dan grafit (seperti batu arang, banyak digunakan untuk pembuatan pensil).
   b. *Pyrit* (Pirit yaitu mineral yang mengandung besi dan belerang), *marksit*, dan *spalerit*.
   c. Garam (halit), fluorit (mineral bening), kalsit (mineral batuan karbonat), dan *apatit*.

   d. Olivin (seperti magnesium atau besi alam), garnet (batu akik atau batu mulia), dan *zircon* (zirconium berupa bahan logam tanah).
   e. *Pyroxene* (mineral pembentuk batuan umunya berwarna gelap), *amphibole* dan mika (mineral yang berbentuk seperti kaca dan banyak digunakan untuk pemisahan (isolasi) listrik).
   f. Kuarsa (banyak digunakan untuk alat optik), feldspar (*feldspar*), dan *zeolite* (zeolit adalah mineral alami yang memiliki sifat pelunak).
5. Padatan alami yang bukan mineral.
   a. Granit, basalt (batuan beku dari pembekuan lava gunung merapi).
   b. Kayu dan batu bara (organik tetapi bukan kristal).
   c. Opal (batu mulia berbentuk kaca), *obisidan* (terbentuk dari lava yang mendingin), dan *pumice* (batu apung) (berbentuk kaca tetapi bukan kristal).

Komposisi kimia di dalam kulit bumi ada delapan elemen yaitu oksigen 47%, silicon 28%, alumunium, besi, kalsium, sodium, potassium, dan magnesium yang membentuk mineral di dalam perut bumi [7]. Kebanyakan mineral umumnya adalah silikat (kelompok mineral yang paling penting), sebagai unsur yang berlimpah dalam perut bumi sebanyak 90%. Contoh : kuarsa, *feldspar* (*orthoclase* dan *plagioclase*), mika (*biotite* dan *muscovite*), *amphibole*, *pyroxene* dan *olivine*.

Sedangkan mineral non silikat hanya 10% dalam kulit bumi. Umumnya kelompok mineral non silikat kebanyakan adalah karbonat (kalsit), oksida (hematite yaitu batu merah yag mengandung banyak mengandung zat besi), sulfat (*gypsum*), dan *sulfida* (*galena* dan *pyrite*). Secara alami di dalamnya juga terkandung fosfat-apatite (bahan yang dipakai untuk pupuk) dan garam (*halida-halite*). Ada sedikit unsur yang berada dalam bentuk murni, termasuk emas, perak, perunggu, sulfur (misal kristal bening), bismut (unsur logam), *arsenic* (unsur nonlogam), *lead* dan *tellurium*. Beberapa mineral bernilai ekonomis seperti permata, karena kekuatan warna dan keindahannya.

2.7 *Kandungan Mineral dalam Batuan Karbonat*

Batuan sedimen mengandung mineral, diantaranya :

1. Kalsite (*calcite*) $CaCO_3$ (yang utama) dengan struktur kristal *rhomobohedral* (heksagonal) banyak ditemukan pada bautan sedimen tua, bentuknya stabil dan kalsit mendominasi bahan rangka selama *paleozoic* (bahan rangka selama zaman purba sekitar 600 juta sampai 230 juta tahun yang lalu), kalsit *low magnesium* (<4%) dan *high magnesium* (>4%).
2. Dolomit (*dolomite*) $CaMg(CO_3)_2$ dengan struktur kristal *rhomobohedral* (heksagonal), berasosiasi dengan mineral kalsit dan evaporit, batu gamping berubah oleh fluida yang kaya akan magnesium, volumenya berkurang sebesar 12% yang direpresetasikan oleh *void* (kekosongan).
3. Aragonit (*aragonite*) dengan struktur kristal *orthomobik*, saat ini banyak ditemui dalam batuan sedimen karbonat (zaman neozoikum (*Cenozoic*) sekitar 70 juta tahun yang lalu), dan metastabil (dapat berubah menjadi kalsit).
4. Beberapa karbonat magnesium (*magnesite*) MgCO3 dengan struktur kristal *rhomobohedral* (heksagonal).

Batuan karbonat adalah batuan reservoir hidrokarbon yang penting dengan tekstur yang kompleks. Perambatan gelombang yang akan dirambatkan pada *thin slices* dari batuan karbonat ini akan menghasilkan informasi yang akan direpresentasikan dengan besaran berupa kecepatan. Masing-masing mineral memiliki data konstanta untuk diperoleh kecepatan dari gelombang yang akan dirambatkan, yaitu :

Tabel 2.1 Data Konstanta Elastik Berbagai Mineral [8].

Mineral	Index (see insert)	Density gr/cm^3	Bulk Modulus GPa	Shear Modulus GPa	Δt Compr.		Δt Shear		Poisson Ratio
					µs/ft	µs/m	µs/ft	µs/m	
Berite	58	4.51	54.5	23.8	69.7	228.7	132.7	435.4	0.31
		4.43	58.9	22.8	67.9	222.8	134.3	440.6	0.33
		4.50	53.0	22.3	71.1	233.3	137.0	449.5	0.32
Celestile	59	3.96	81.9	21.4	57.7	189.3	131.0	429.8	0.38
		3.95	82.5	12.9	60.7	199.2	168.8	553.8	0.43
Gypsum	60	2.35			52.5	172.3			
Anhydrite	61	2.98	56.1	29.1	54.0	177.2	97.5	319.9	0.28

		2.93			51.8	170.0			
Alunite	62								
Langbeinite	63	2.83			52.0	170.6			
Polyhalite	64	2.78			57.5	188.7			
Calcite	65	2.71	76.8	32.0	45.9	150.6	88.7	291.0	0.32
		2.71			47.5	155.8			
		2.70	63.7	31.7	48.7	159.8	89.0	292.0	0.29
		2.71	70.2	29.0	48.1	157.8	93.2	305.8	0.32
		2.70			49.2	161.4			
Siderite	66	3.96	123.7	51.0	43.8	143.7	84.9	278.6	0.32
		3.89			47.0	154.2			
Dolomite	67	2.87	94.9	45.0	41.5	136.2	77.0	252.6	0.30
		2.88	69.4	51.6	44.0	144.4	72.0	236.2	0.20
Ankerite	68								
Aragonite	69	2.92	44.8	38.8	53.0	173.9	83.6	274.3	0.16
Strontianite	70								

Berdasarkan Tabel 2.1 di atas, untuk batuan karbonat terdapat dua mineral utama yaitu, mineral kalsit (*Calcite* = $CaCO_3$) dan mineral dolomit (*Dolomite* = $CaMg(CO_3)_2$). Nilai konstanta kecepatan gelombang dari kedua mineral tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Konstanta Kecepatan gelombang pada Mineral Karbonat

Mineral	**Density gr/cm3 (ρ)**	**Modulus Bulk (GPa) (λ)**	**Modulus Geser (GPa) (μ)**	**Vp (m/s)**	**Vs (m/s)**
Calcite	2.71	76.8	32.0	6639,551252	3436,294237
	2.70	63.7	31.7	**6264,735715**	3426,36384
	2.71	70.2	29.0	6338,154441	3271,264297
Dolomite	2.87	94.9	45.0	7346,572357	3959,727758
	2.88	69.4	51.6	**6927,200813**	4232,808367

Tabel di atas menggunakan persamaan gelombang P, yang kecepatan perambatannya adalah [5] :

$$Vp = \sqrt{\frac{\lambda + \frac{4}{3} . \mu}{\rho}} \qquad \text{... ... ...} \quad (\text{II}.3)$$

Di mana :

λ = Modulus Bulk (GPa)

μ = Modulus Geser (GPa)

ρ = *Density* (gr/cm^3)

Untuk mineral kalsit digunakan data konstanta yang kedua yang akan dijadikan konstanta nilai kecepatan dari mineral tersebut, parameter yang dihitung mengambil dari nilai sampel ke dua. Perhitungannya adalah :

- Modulus bulk = 63,7 GPa = 63,7 x 10^9 Pa
- Modulus geser = 31,7 GPa = 31,7 x 10^9 Pa
- Densitas (*Density*) = 2,71 gr/cm^3 = 2,71 x 10^3 kg/m^3

$$1 gr/cm^3 = \frac{10^{-3}}{10^{-6}}\ kg/m^3$$

$$= 10^3 kg/m^3$$

- Kecepatan gelombang P

$$Vp = \sqrt{\frac{\lambda + \frac{4}{3}\,.\,\mu}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{63{,}7 + \frac{4}{3}\,.\,31{,}7}{2{,}70\ x\ 10^3}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{63{,}7 + 1{,}333333333\,.\,31{,}7}{2{,}70}\right) 10^9 . 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{63{,}7 + 42{,}26666666}{2{,}70}\right) 10^6}$$

$$= \sqrt{\frac{105{,}9666667}{2{,}70}\ 10^6}$$

$$= \sqrt{39{,}24691358\ x\ 10^6}$$

$$= 6{,}264735715\ x\ 10^3$$

$$= 6264{,}735715\ m/s$$

Sedangkan persamaan untuk gelombang S, kecepatan perambatannya adalah sebagai berikut [5] :

$$Vs = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \quad (II.4)$$

Di mana :

μ = Modulus Geser (GPa)

ρ = *Density* (gr/cm^3)

- Kecepatan gelombang S

$$Vs = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{31,7\ x\ 10^9}{2,70\ x\ 10^3}}$$

$$= \sqrt{\frac{31,7}{2,70} 10^9 . 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{11,74074074\ x\ 10^6}$$

$$= 3,426476432\ x10^3$$

$$= 3426,476432\ m/s$$

Begitu juga untuk mineral dolomit nilai konstantan kecepatan gelombang menggunakan perhitungan dengan persamaan (II.3) dan persamaan (II.4), nilai parameter-paramter yang dihitung mengambil nilai sampel yang kedua. Berikut ini adalah perhitungannya :

Diketahui :

- Modulus bulk = 69,4 GPa = 69,4 x 10^9 Pa
- Modulus geser = 51,6 GPa = 51,6 x 10^9 Pa
- Densitas (*Density*) = 2,88 gr/cm^3 = 2,88 x 10^3 kg/m^3

$$1gr/cm^3 = \frac{10^{-3}}{10^{-6}}\ kg/m^3$$

$$= 10^3 kg/m^3$$

- Kecepatan gelombang P

$$Vp = \sqrt{\frac{\lambda + \frac{4}{3}\ .\mu}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{69{,}4 + \frac{4}{3}\ .51{,}6\ x\ 10^9}{2{,}88\ x\ 10^3}\right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{69{,}4 + 1{,}333333333\ .51{,}6}{2{,}88}\right) 10^9 . 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{69{,}4 + 68{,}8}{2{,}88}\right)\ 10^6}$$

$$= \sqrt{\frac{138{,}2}{2{,}88}\ x\ 10^6}$$

$$= \sqrt{47{,}98611111\ x\ 10^6}$$

$$= 6{,}927200813\ x\ 10^3$$

$$= 6927{,}200813\ m/s$$

Untuk gelombang S, perhitungannya adalah :

$$Vs = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

$$= \sqrt{\frac{51{,}6\ x\ 10^9}{2{,}88\ x\ 10^3}}$$

$$= \sqrt{\frac{51,6}{2,88} 10^{9} \,.\, 10^{-3}}$$

$$= \sqrt{\frac{51,6}{2,88} x\ 10^{6}}$$

$$= \sqrt{17,91666667\ x\ 10^{6}}$$

$$= 4,232808367\ x\ 10^{3}$$

$$= 4232,808367\ m/s$$

Untuk pori-pori batuan diasumsikan merupakan kecepatan gelombang akustik di air, artinya pori-pori batuan di asumsikan seluruhnya diisi oleh air. Dengan demikian didapatkan konstanta kecepatan gelombang P pada air yaitu 1400 – 1600 m/s [5]. Sehingga dalam simulasi ini mengambil kecepatan pori-pori batuan sekitar 1500 m/s.

Sehingga nilai konstanta kecepatan gelombang yang akan digunakan dalam simulasi pada mineral kalsit adalah 6265 m/s, mineral dolomit adalah 6927 m/s dan pori-pori batuan adalah 1500 m/s.

2.8 *Thin Slices (Sayatan Tipis)*

Petrografi *thin slices*, salah satu ilmu geologi memiliki peranan yang sangat penting dalam mengkaji suatu batuan. Melalui petrografi dapat diketahui jenis, bentuk, tekstur dan komposisi suatu batuan. [4]. *Thin Slices* merupakan salah satu teknik petrografi yang umum dilakukan. *Thin slices* adalah proses pemotongan batuan menjadi sayatan tipis atau pipih.

Uji petrografi bertujuan untuk menguji sifat optik (penglihatan) mineral ataupun batuan. Gabungan dari sifat optik itu berguna untuk menentukan nama mineral ataupun batuan, sejarah pembentukannya, penentuan mineral atau kristal sekundernya, sejarah pengendapan batuan, sejarah perubahan batuan, dan sejarah keporian batuan. Secara garis besar pembuatan *image thin slices* ini meliputi pembuatan preparasi sampel (persiapan bahan agar dapat diolah) yaitu berupa

pembuatan sayatan tipis atau pipih, *staining* (pewarnaan) karbonat, uji petrografi batuan karbonat dan pembuatan mikrofoto digital.



(a) (b) (c)

Gambar 2.8 (a). Sampel bongkahan batuan. (b) Sampel setelah di potong-potong (c) sampel yang telah dihaluskan dan ditempelkan ke dalam kaca preparat [9].

Untuk pembuatan sayatan pipih akan dilakukan beberapa prosedur persiapan sampel, yaitu :

a. Potong sampel batuan dengan mesin pemotong batuan hingga menghasilkan bentuk balok yang berukuran kurang lebih 6 cm x 3 cm x 3 mm.
b. Haluskanlah salah satu permukaan terluas sampel secara berturut-turut dengan menggunakan bubuk karborundum mesh. Kemudian cuci sampel dengan pencuci *ultrasonic*, kemudian keringkan preparat (bahan atau sampel yang akan diolah).
c. Tempelkan permukaan sampel yang telah halus tersebut pada kaca preparat berukuran 2,5 cm x 7,5 cm dengan balsam kanada batangan atau cairan epoksi.

Setelah dihasilkan sampel dari proses sayatan pipih sampai proses penutupan sampel, kemudian dilakukan proses *staining* (pewarnaan). Pewarnaan ini adalah dengan membuat larutan *staining* yaitu Alizarin red-S dan Blue Dye. Proses *staining* ini adalah untuk melihat dan membedakan mineral yang dominan dalam batuan karbonat, yaitu mineral kalsit, mineral dolomit dan pori-pori batuan.

Setelah larutan disiapkan kemudian celupkan sampel sayatan pipih dalam larutan campuran tersebut selama 30 – 45 detik. Setelah dikeringkan dan cuci dengan air mengalir, kemudian keringkan kembali selama kurang lebih 24 jam.

Setelah itu dilakukan pengujian petrografi untuk melihat tekstur, komposisi mineral, kandungan yang terdapat dalam batuan sesuai dengan standar acuan. Kemudian dilakukan pembuatan foto digital agar dapat dihasilkan *image thin slices*. Pembuatan foto digital ini menggunakan mikroskop polarisasi yang terhubung ke dalam komputer. Setelah proses ini dilakukan sesuai dengan prosedur persiapan mikroskop maka dapat diatur pembesaran, pencahayaan sesuai dengan yang dibutuhkan.

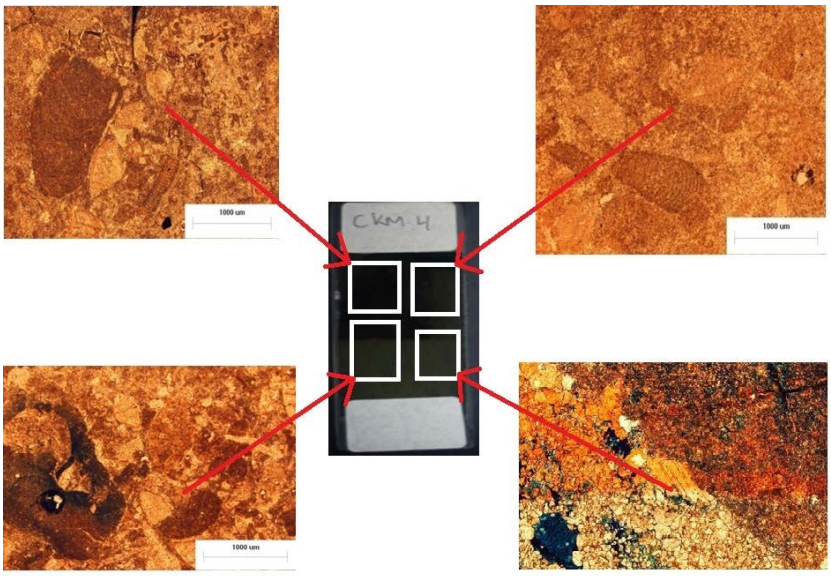


(a) (b)

Gambar 2.9 (a) Mikroskop polarisasi. (b) Komputer untuk mikrofoto digital. [9]

Pada Gambar 2.9 di atas merupakan perlengkapan untuk pembuatan mikrofoto digital. Objek yang akan dilihat oleh mikrofoto digital diletakan pada mikroskop polarisasi. Mikroskop polarisasi terhubung ke dalam mikrofoto digital, sehingga objek dapat terlihat dalam layar mikrofoto digital, selain itu mikrofoto digital disertai dengan pengatur arah terhadap titik objek yang akan dilihat, pembesaran, dan pengambilan foto (*capture*), yang kemudian disimpan ke dalam perangkat penyimpanan optik seperti *flashdisk.*

Hasil dari penampakan foto yang telah diproses dalam pembuatan mikrofoto digital dapat diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2.10 Sampel *Thin Slices* dalam kaca preparat dan dilihat menggunakan mikroskop polarisasi. [9]

Image thin slices yang dihasilkan disertai dengan catatan *file* pembesaran objek sebesar 1000 μm yang menyatu dengan mikrofoto. Citra-citra tersebut adalah citra yang akan dijadikan media perambatan gelombang.

2.9 *Pengertian Citra*

Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang dua dimensi, citra yang terlihat merupakan cahaya yang direfleksikan dari sebuah objek. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali sebagian dari berkas cahaya tersebut dan pantulan cahaya ditangkap oleh alat-alat optik, misalnya mata manusia, kamera, *scanner*, sensor satelit, dan sebagainya.

Citra sebagai keluaran dari suatu alat atau sistem perekaman data dapat bersifat :

1. Optik, berupa foto.
2. Analog, berupa sinyal video seperti pada monitor televisi.

3. Digital, yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik, seperti *hardisk*.

Citra yang dihasilkan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu :

1. Citra tampak, misalnya foto, gambar, lukisan, citra yang tampak pada monitor atau televisi dan lain-lain.
2. Citra tidak tampak, misalnya data foto atau gambar yang disimpan menjadi sebuah *file* dan dapat direpsentasikan dalam fungsi matematis.

2.9.1 Citra Digital

Citra digital adalah suatu citra f (*x,y*) yang memiliki koordinat spasial, dan tingkat kecerahan. Fungsi f (*x,y*) dapat dilihat sebagai fungsi dengan dua unsur, unsur yang pertama adalah kekuatan sumber cahaya yang melingkupi pandangan kita terhadap objek (*illuminnation*), sedangkan unsur yang kedua adalah besarnya cahaya yang direfleksikan oleh objek ke dalam pandangan kita (*reflectance components*).

Suatu citra agar bisa diolah komputer digital, maka harus direpresentasikan secara *numerik* dengan nilai-nilai diskrit. Digitalisasi merupakan representasi citra dari fungsi *continue* menjadi nilai-nilai diskrit. Suatu citra digital berukuran N (tinggi) x M (lebar) dapat dinyatakan sebagai matriks dengan ukuran N x M.

$$f\ (x,y) = \begin{bmatrix} f\ (0,0) & f\ (0,1) & \dots & f(0,M) \\ f\ (1,0) & f\ (1,1) & \dots & f(1,M) \\ | & | & | & | \\ f\ (N-1,0) & f\ (N-1,1) & \dots & f(N-1),(M-1) \end{bmatrix}$$

Citra digital terdiri dari sejumlah elemen tertentu, setiap elemen mempunyai lokasi dan nilai tertentu. Elemen-elemen ini disebut *picture elements* (*pixel*), *image elements*, dan *pels*. Piksel (*Pixel*) adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan elemen citra digital. Maka dapat dikatakan jika citra mempunyai ukuran N x M sama dengan NM piksel. Jika suatu citra memiliki ukuran 384 x 256 piksel maka apabila direpresentasikan secara numerik melalui suatu matriks

yang terdiri dari 384 kolom (indeks warna 0 sampai 255) dan 256 baris (indeks warna 0 sampai 255).

$$\begin{bmatrix} 143 & 152 & 173 & 137 & \ldots & 150 \\ 169 & 143 & 175 & 149 & \ldots & 137 \\ 180 & 128 & 168 & 151 & \cdots & 126 \\ | & | & | & | & | & | \\ 37 & 39 & 38 & 43 & \cdots & 44 \end{bmatrix}$$

Piksel pertama pada koordinat (0,0) mempunyai nilai intensitas 143, maka warna piksel tersebut adalah indeks warna 143, sedangkan piksel kedua pada koordinat (0,1) adalah 152, maka warna *pixel* tersebut berada pada indeks warna 152.

Komputer merupakan alat yang beroperasi dalam sistem digital yang menggunakan bit atau *byte* dalam pengukuran datanya, dan yang terpenting dalam sistem digital adalah sifatnya yang diskrit, bukan analog (*continue*). Tetapi tidak menutup kemungkinan komunikasi digital pun membutuhkan rangkaian-rangkaian analog seperti untuk telekomunikasi dalam siaran televisi, data digital dari komputer disampaikan menggunakan sinyal pembawa (*carrier*) sehingga membutuhkan rangkaian analog untuk komunikasinya.

2.9.2 Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Sebuah citra memiliki informasi dari data citra terebut, namun citra terkadang mengalami penurunan mutu (degradasi), misalnya mengandung cacat atau *noise*, hasil citra tidak sesuai dengan apa yang diharapkan dan sebagainya. Karena hal-hal tersebut citra menjadi lebih sulit diinterpretasi karena informasi yang disampaikan oleh citra tersebut menjadi berkurang.

Pengolahan citra adalah proses pengolahan data berupa citra atau gambar untuk melakukan transformasi suatu citra menjadi citra lain dengan teknik tertentu. Pengolahan citra khususnya dengan menggunakan komputer, pengolahan citra memiliki masukkan berupa gambar dan keluarannya juga gambar, pengolahan citra dilakukan untuk meningkatkan kualitas gambar atau

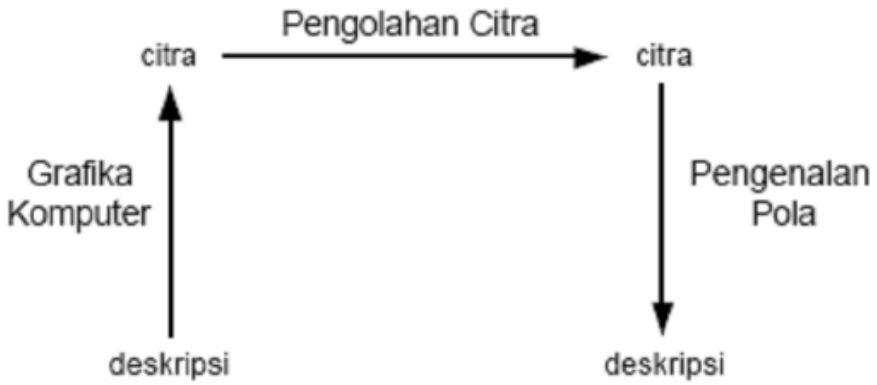
memperbaiki gambar, dan menghasilkan informasi yang lebih baik dari sebelumnya. Tujuan dari pengolahan citra adalah memperbaiki informasi pada suatu citra sehingga mudah terbaca, membuat suatu sistem yang dapat melihat suatu citra atau objek, dan dapat memperbaiki kualitas dari citra itu sendiri.

Pengolahan citra terdiri dari :

- Perbaikan Kualitas Citra (*Image Enhancement*), seperti perbaikan kontras gelap atau terang, perbaikan tepian objek (*edge enhanchement*), penajaman (*sharpening*), pemberian warna semu (*pseudocoloring*), penyaringan *noise* (*noise filtering*).
- *Color Image Processing*
- *Image Feature Extraction.*
- Segmentasi Citra (*Image Segmentation*), operasi ini bertujuan untuk memecah suatu citra ke dalam beberapa bagian, dan berkaitan erat dengan pengenalan pola.
- Kompresi Citra (*Image Compression*), operasi ini dilakukan dalam pengolahan citra agar represntasi dari citra memerlukan memori yang lebih sedikit.
- *Computer Vision*, merupakan penerapan ilmu pengolahan citra menjadi sebuah sistem mesin yang dapat meniru cara kerja sistem visual manusia. Interpretasi sebuah objek yang ditangkap manusia dengan pandangan matanya untuk mengambil sebuah keputusan, kemungkinan hal tersebut dapat diimplementasikan ke dalam sebuah sistem mesin komputer sehingga dapat meniru visual dari mata manusia.

Terdapat beberapa bidang yang berkaitan dengan pengolahan data berupa citra, yaitu :

1. Grafika Komputer (*Computer Graphics*)
2. Pengolahan Citra (*Image Processing*)
3. Pengenalan Pola (*Pattern Recognition / Image Interpretation*)



Gambar 2.11. Tiga bidang yang berkaitan dengan pengolahan data berupa citra.

Grafika komputer bertujuan menghasilkan citra dari data deskriptif seperti koordinat titik, panjang garis, jari-jari lingkaran, tebal garis, warna dan lain-lain. Grafika komputer merupakan peranan penting dalam visualisasi dan *virtual reality*.

Pengolahan citra bertujuan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia maupun oleh mesin (komputer). Teknik-teknik pengolahan citra mentransformasikan citra menjadi citra lain yang mempunyai kualitas lebih baik.

Pengenalan pola merupakan mengelompokkan data numerik dan simbolik (termasuk citra) secara otomatis oleh mesin (komputer). Tujuan dari pengelompokkannya adalah untuk mengenali suatu objek di dalam citra.

2.9.3 Kompresi Citra

Kompresi citra adalah kompresi data yang dilakukan terhadap citra digital dengan tujuan untuk mengurangi redudansi (data yang berlebihan) dari data-data yang terdapat dalam citra sehingga dapat disimpan, diolah, dan ditransmisikan secara efisien.

Teknik kompresi citra terdapat 2 cara dalam melakukannya, yaitu :

- *Lossy Compression*

  Biasanya ukuran *file* citra menjadi lebih kecil dengan menghilangkan beberapa informasi dalam citra asli. Teknik ini mengubah detail dan warna pada *file* citra menjadi lebih sederhana tanpa melihat perbedaan yang mencolok dalam pandangan manusia, sehingga ukurannya menjadi lebih kecil.

  Teknik ini digunakan pada citra foto atau *image* yang tidak memerlukan detail citra, karena kehilangan informasi berupa *bit rate* (panjang dari data citra) foto tidak akan berpengaruh pada citra yang akan diolah.

- *Lossless Compression*

  Teknik ini mengkompresi citra di mana hasil kompresi sama dengan citra aslinya, tanpa ada satupun informasi pada citra yang dihilangkan. Namun akan memperoleh ukuran citra yang lebih kecil dibandingkan dengan citra asli sebelum dikompresi.

2.10 *Seismic Unix*

Seismic Unix adalah sebuah perangkat lunak (*software*) untuk mengolah data seismik yang digagas oleh *Center for Wave Phenomena, Colorado School of Mines*. *Seismic Unix* atau yang lebih dikenal dengan *SU* merupakan *open source* yang bekerja dalam *platform Unix* atau *Linux.* Didalamnya terdapat ratusan *function* yang cukup lengkap yang diperlukan untuk pengolahan data seismik. Program ditulis menggunakan dasar bahasa C dan dilengkapi dengan beberapa *tools*.

Selain program ini *open source* kita juga dapat melihat *source code* yang terdapat didalamnya, bahkan dapat dimodifikasi atau ditambahkan ke dalam program yang sudah ada didalamnya. Kemudahan yang diberikan dalam pembuatan simulasi menggunakan *Seismic Unix* terletak pada fokusnya aplikasi

ini dalam mendalami tentang perambatan-perambatan gelombang dibawah permukaan bumi.

Secara garis besar beberapa bagian *processing* yang terdapat dalam *SU* antara lain adalah :

- *Data Compression*
- *Editing, Sorting* dan *Manipulation*
- *Filtering, Transform* dan *Attributes*
- *Gain, Stack* dan *Standard Process*
- dan lain-lain.

2.10.1 Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan untuk instalasi *Seismic Unix* (*SU*) sangat bergantung dengan tujuan penggunaannya. Perangkat keras yang digunakan dalam instalasi ini misalkan berupa PC (*Personal Computer*) lengkap. Dalam piranti ini, yang harus diperhatikan adalah berupa prosessor dan RAM dari PC tersebut. Hal ini berpengaruh pada kecepatan pengolahan data. Dan hal terpenting lainnya adalah media penyimpanan (*hard disk*). Kapasitas media penyimpanan yang digunakan harus memperhitungkan kapasitas untuk :

- Sistem Operasi
- Kapasitas Data Seismik
- *File* Instalasi *Seismic Unix*

2.10.2 Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan untuk *SU* meliputi sistem operasi serta paket-paket program yang dibutuhkan untuk instalasi *SU*. Kedua hal ini harus dipersiapkan sebelum melakukan instalasi *SU*. Sistem operasi yang digunakan dalam instalasi *SU* adalah *Linux*. Lisensi sistem ini dapat diperoleh secara gratis tanpa harus membayar, *Linux* mempunyai tingkat kestabilan yang lebih tinggi

dibandingkan dengan sistem *Microsoft Windows*. Paket-paket program yang harus dipersiapkan umumnya telah ada dan menjadi satu dalam paket sistem operasi *Linux*. Paket-paket program yang dibutuhkan adalah :

1. *X-Window*
2. *Open – motif*
3. *Mesa*/*OpenGL*
4. Kompiler C
5. Kompiler *Fortran*
6. GNU

2.10.3 Linux

Linux adalah sistem operasi yang *open source* yang pertama kali dikembangkan pada tahun 1960-an dan terus dikembangkan hingga sekarang. *Linux* adalah suatu sistem operasi yang bersifat *multiuser* dan *multitasking.* Satu hal yang membedakan *Linux* terhadap sistem operasi lainnya adalah harga. *Linux* lebih murah dan dapat diperbanyak serta didistribusikan kembali tanpa harus membayar *royalty* kepada sebuah perusahaan. Tetapi ada hal yang lebih utama selain pertimbangan harga yaitu *sorce code*. *Source code Linux* tersedia bagi semua orang sehingga setiap orang dapat terlibat langsung dalam pengembangannya.

Beberapa versi *Unix* terdapat banyak perbedaan, meskipun punya banyak juga kesamaan. Variasi *Unix* yang paling banyak dikenal adalah *Sun Solaris*, *MacOS X*, *Ubuntu*, *Debian*, *Red Hat,* dan sampai pada sistem operasi yang banyak digunakan dalam perangkat seluler (*Handphone*) yaitu *Android*.

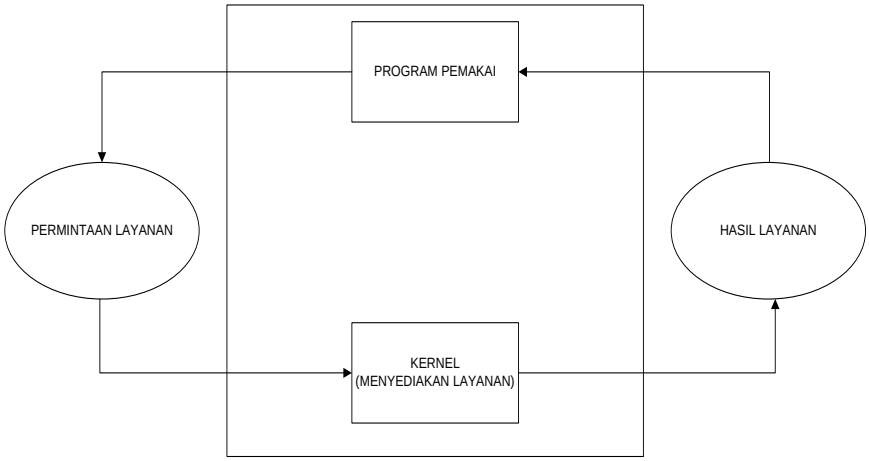
Sistem operasi *Unix* terdiri dari 3 bagian, yaitu :

1. *Kernel*

   Kernel Unix adalah pusat dari sistem operasi yang bertugas mengalokasikan waktu dan memori untuk program dan menangani

filestore dan komunikasi dalam menanggapi panggilan sistem. *Kernel* merupakan inti dari *System Unix* yang mengontrol perangkat keras dan membentuk beberapa fungsi, diantaranya :

- Pelayanan tanggal dan jam dalam sistem
- Manajemen berkas dan penanganan keamanan
- Pelayanan operasi *input* dan *output*
- Manajemen memori
- Melakukan kegiatan akuntansi sistem
- Melakukan penanganan kesalahan dan interupsi



Gambar 2.12. Mekanisme Pemanggilan Sistem

2. *Shell*

Shell bertindak sebagai antarmuka antara pengguna dan *kernel*. *Shell* adalah *Command Line Intrepreter* (*CLI*). *Shell* merupakan penerjemah pada sistem operasi *Unix*. Pemakai cukup memberikan perintah dan *shell* yang akan menanganinya. Perintah-perintah tersebut dapat berupa :

- *Built-in* merupakan perintah bagian internal dari *shell* melalui terminal atau *console* yang disediakan oleh *Unix*.
- Perintah eksternal yaitu perintah yang tidak melalui terminal atau *console* dapat melalui program atau aplikasi).

Beberapa jenis *shell* diantaranya :

- *Bourne Shell* adalah jenis *shell* yang tertua pada sistem *Unix*. Di ciptakan oleh Stephen R. Bourne dari laboratorium Bell, AT&T. Menggunakan program (**sh*).
- *C Shell* diciptakan oleh Bill Joy, *Shell* ini menjadi standar pada sistem *Unix* versi Barkeley. Format Perintahnya menyerupai Bahasa C. Menggunakan program (**csh*).
- *Korn Shell* adalah *shell* yang diciptakan oleh David Korn di laboratorium Bell AT&T pada tahun 1983, dan dipublikasikan pada tahun 1986. *Shell* ini kompatibel dengan *Bourne Shell* sehingga perintah-perintah yang didukung oleh *Bourne Shell* juga dapat dijalankan pada *Korn Shell*. Menggunakan program (**ksh*).
- *Bourne Again Shell* (*bash*) yang paling populer di lingkungan *Unix*. *Shell* ini dibuat dengan menyertakan fitur yang terdapat pada *Korn Shell* dan *C shell* dan tentu saja bersifat kompatibel dengan *Bourne Shell*. Menggunakan program (**bash*).

3. *Programs*

   Untuk melihat semua program yang terdapat dalam sistem operasi anda dapat masuk ke dalam direktori-direktori yang terdapat dalam $PATH. Dengan mengetikan $echo $PATH pada terminal.

2.10.3.1 Struktur Direktori *Linux*

Direktori *root Linux* memiliki beberapa direktori yang merupakan standar direktori pada banyak distro *Linux*. Direktori-direktori tersebut antara lain :

Tabel 2.3 Direktori *file system Linux*

Direktori	Isi
/bin	Berisi *file binary* standar yang dapat digunakan oleh seluruh *user*, baik *user* biasa maupun *super user*.

/boot	Berisi *file* yang digunakan untuk *booting Linux* termasuk *kernel image*.
/dev	Berisi *file system* khusus yang merupakan refleksi *device hardware* yang dikenali dan digunakan sistem.
/etc	Berisi *file* konfigurasi sistem, biasanya hanya boleh di ubah oleh *super user*.
/home	Berisi direktori-direktori yang merupakan direktori *home* untuk *user* biasa dan aplikasi tertentu
/lib	Berisi *file library* yang digunakan untuk mendukung kerja *kernel Linux*.
/mnt	Direktori khusus yang disediakan untuk *mounting* (mengaitkan) *device disk storage* ke sistem dalam bentuk direktori.
/proc	Berisi *file system* khusus yang menunjukkan data-data *kernel* setiap saat.
/root	Direktori *home* untuk *user root* (*user* khusus dengan *priviledges* hampir tak terbatas).
/sbin	Sama seperti direktori *bin*, tetapi hanya *super user* yang sebaiknya menggunakan *binary* tersebut, mengingat fungsi-fungsi *binary* yang terdapat di direktori ini *maintenance* sistem.
/tmp	Berisi *file* sementara yang dibutuhkan sebuah aplikasi yang sedang berjalan.
/usr	Berisi *library*, *binary*, dokumentasi dan *file* lainnya hasil instalasi *user*.
/var	Berisi *file log, mailbox* dan data-data aplikasi.

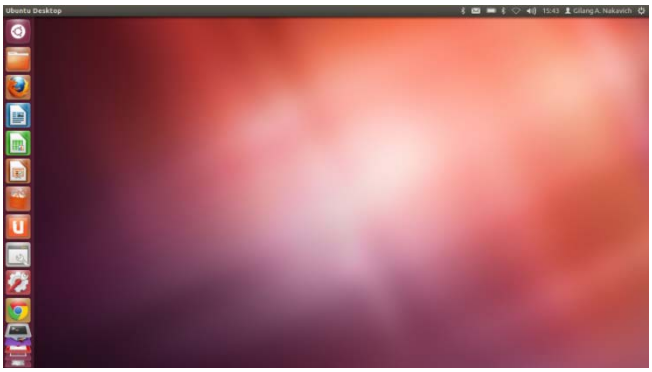
2.10.3.2 Struktur Data *Kernel*

Saat kernel melakukan sebuah proses, data-data prosestersebut disimpan secara periodik dalam bentuk *file*. Untuk melihat data-data kernel tersebut, maka file yang dimaksudkan harus parsing setiap saat karena datanya yang dinamis. Cara termudah yang dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan perintah *cat. File* ini tersimpan dalam direktori-direktori yang disimpan terstruktur dalam direktori */proc*.

2.10.4 Ubuntu

Pada pembuatan program *SU* ini sistem operasi yang digunakan adalah salah satu sistem operasi *Linux* yaitu *Ubuntu*. *Ubuntu* merupakan salah satu distribusi *Linux* yang berbasiskan *Debian* dan didistribusikan sebagai *software* bebas. *Ubuntu* didesain untuk kepentingan penggunaan personal, namun versi *Ubuntu Server* juga tersedia dan telah dipakai secara luas.

Proyek *Ubuntu* resmi disponsori oleh *Canonical Ltd*, yang merupakan sebuah perusahaan yang dimiliki oleh pengusaha Afrika Selatan yaitu Mark Shuttleworth. *Ubuntu* merupakan salah satu sistem operasi lengkap berbasis *Linux*, dan mempunyai dukungan yang baik yang berasal dari komunitas maupun tenaga ahli profesional.



Gambar 2.13. *Screenshot Ubuntu 12.04*

2.10.5 Sejarah dan Pengembangan *Ubuntu*

Ubuntu merupakan salah satu proyek andalan *Debian*. Sasaran awal *Ubuntu* adalah menciptakan sistem operasi dekstop *Linux* yang mudah dipakai. *Ubuntu* pertama kali dirilis pada 20 Oktober 2004, semenjak itu *Canonical* telah merilis versi *Ubuntu* yang baru setiap 6 bulan sekali. Setiap rilis didukung selama 18 bulan untuk pembaruan sistem, keamanan, dan kesalahan (*bug*).

Paket *software* ubuntu berasal dari paket yang tidak stabil di *Debian*. *Ubuntu* memakai format paket dan manajemen paket *Debian* (*APT* dan *Synaptic*). *Ubuntu* bekerja sama dengan *Debian* untuk berusaha agar perubahan-perubahan sistem *Ubuntu* mengarah kembali ke *Debian*. Saat ini *Ubuntu* dibiayai oleh oleh *Canonical Ltd*. Pada 8 Juli 2005, Mark Shuttleworth mendirikan yayasan *Ubuntu Foundation* dan memberikan pendanaan awal. Tujuan dari yayasan ini adalah untuk memastikan pengembangan dan dukungan semua versi *Ubuntu* dapat terus berjalan. Sehingga sampai saat ini *Ubuntu* terus berkembang dan dikembangkan ke dalam perangkat lain seperti *smartphone*, *tablet*, dan *smart TV*.

2.10.6 Fitur

Ubuntu terdiri dari banyak paket, kebanyakan berasal dari distribusi di bawah lisensi *software* bebas. Namun beberapa *software* khususnya *driver* menggunakan *Propritary Software*, yaitu perangkat lunak berbayar milik perorangan atau perusahaan penyedia perangkat keras. Lisensi yang digunakan secara umum adalah *GNU General Public License* (*GNU GPL*) dan *GNU Lesser General Public License* (*GNU LGPL*), dengan tegas menyatakan bahwa pengguna dengan bebas dapat menjalankan, menggandakan, mempelajari, memodifikasi dan mendistribusikan tanpa batas apapun. Dalam hal keamanan perangkat *sudo* yaitu sebuah perintah dalam terminal *Ubuntu*, dapat meningkatkan keamanan secara sementara, sehingga akun *root* dapat terus terkunci, dan mencegah orang yang tidak terdaftar melakukan perubahan-perubahan sistem atau membuka celah dari keamanan.