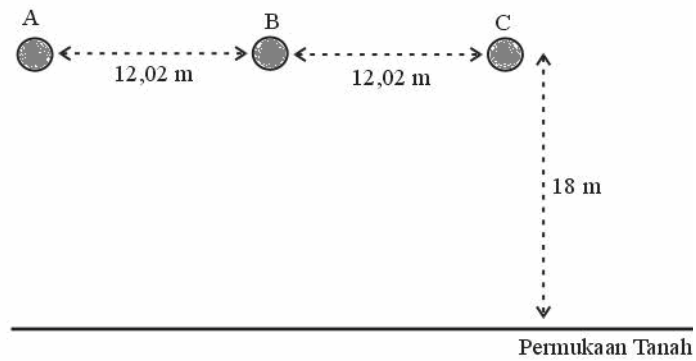


II. TINJAUAN PUSTAKA

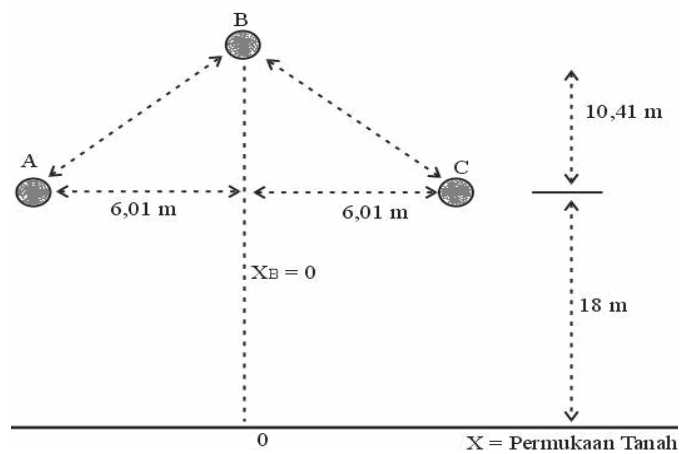
A. Penelitian Terkait

Beberapa penelitian mengenai pengukuran medan magnet ini pernah dilakukan sebelumnya diantaranya Pengaruh Perubahan Konfigurasi Saluran Jaringan SUTET 500 kV Terhadap Medan Magnet (Nugroho, 2009). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh konfigurasi saluran jaringan SUTET 500 kV terhadap medan magnet dan menghitung nilai perubahan medan magnet terhadap perubahan konfigurasi saluran jaringan SUTET 500 kV. Pembahasan dalam penelitian ini mengenai perubahan konfigurasi saluran yang berakibat pada perubahan nilai-nilai kerapatan medan magnet dari berbagai jarak pengukuran dan perhitungan kerapatan medan magnet didasarkan pemakaian metoda bayangan. Konfigurasi sistem saluran yang digunakan ada empat macam yaitu konfigurasi horizontal, delta, ganda standar, dan ganda dengan perubahan letak fasa pada salah satu sirkuitnya. Beberapa hal yang diasumsikan dalam pengambilan data yaitu sistem yang dianalisis dalam keadaan operasi normal dan beban dalam keadaan seimbang, tanah dianggap sebagai permukaan yang datar, bertegangan nol dan dianggap sebagai penghantar yang sempurna dan tinggi konduktor diambil dari titik terendah dengan tanah sesuai dengan data.

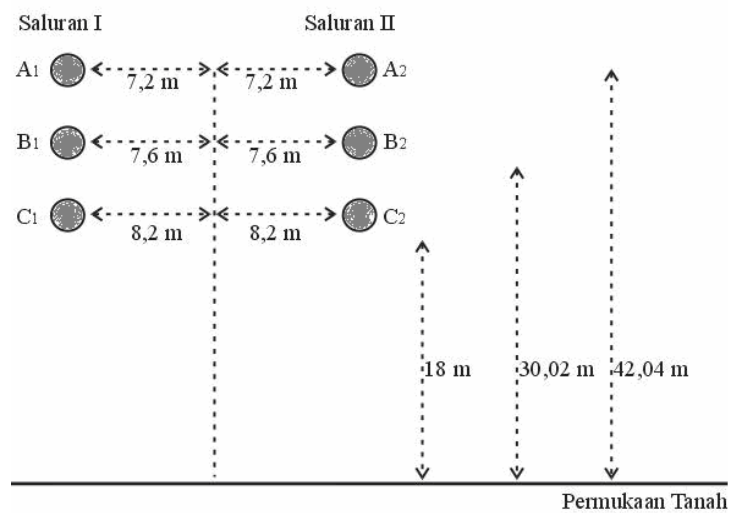
Ilustrasi gambar saluran transmisi dengan keempat macam konfigurasi yang akan diubah pada saluran transmisi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



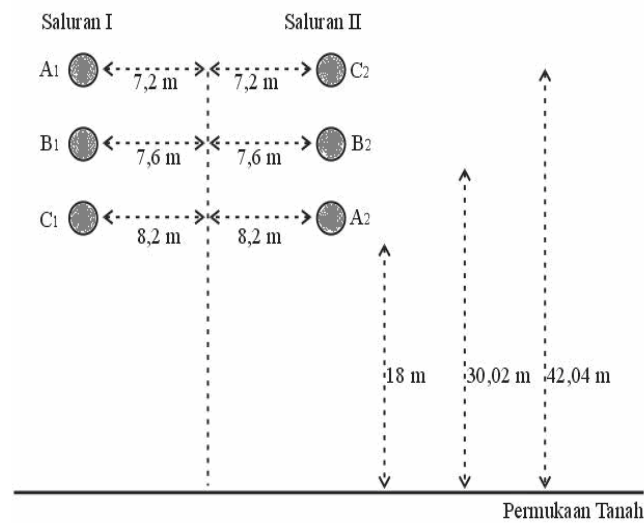
(a) Konfigurasi Saluran Sirkuit Tunggal Horizontal



(b) Konfigurasi Tunggal Delta



(c) Konfigurasi Ganda Standar



(d) Konfigurasi Ganda dengan Merubah Tata Letak Fasa

Gambar 2.1 Bentuk saluran transmisi dengan keempat macam konfigurasi

Berdasarkan hasil perhitungan ditunjukkan bahwa besarnya kerapatan medan magnet dipengaruhi oleh perubahan konfigurasi sistem saluran. Konfigurasi horizontal tunggal kerapatan medan magnet maksimum adalah $93,8 \mu\text{T}$, sedangkan berturut turut untuk susunan konfigurasi delta, ganda standar, dan ganda dengan perubahan letak fasa pada salah satu sirkuitnya adalah masing-masing $63,6 \mu\text{T}$, $63,2 \mu\text{T}$ dan $117,3 \mu\text{T}$. Karakteristik kerapatan medan listrik untuk saluran horizontal tunggal, delta dan ganda dengan mengubah tata letak fasa pada salah satu salurannya menunjukkan pola kecenderungan yang sama, namun karakteristik ini berbeda untuk susunan konfigurasi ganda standar.

Penelitian mengenai medan magnet lainnya yaitu Kajian Medan Magnet dan Medan Listrik pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Kampar-Pekanbaru (Suwitno dan Murdiyah, 2010). Dalam penelitian ini memberikan informasi kondisi kuat medan magnet dari hasil pengukuran langsung ke lapangan dan perhitungan kuat medan listrik dengan persamaan karakteristik impedansi,

kemudian dibandingkan dengan rekomendasi dari (*international radiation protection association*) IRPA/INIRC dan rekomendasi WHO 1990. Parameter lingkungan yang akan dipantau adalah kuat medan magnet pada jaringan saluran udara tegangan tinggi 150 kV (SUTT 150 kV) antara dua tiang (andongan) terendah. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan standar IRPA dan WHO. Kuat medan magnet dilakukan pemantauan langsung di lapangan dengan bantuan alat FH 51 Gaus (Teslameter). Alat di tempatkan pada ketinggian 1 (satu) meter dari permukaan tanah pada andongan terendah antara dua tiang, serta lokasi pemantauan adalah tersebar pada 3 (tiga) lokasi dengan jumlah titik pemantauan sebanyak 19 titik, yaitu; lokasi Koto Panjang - Bangkinang 4 titik, lokasi Bangkinang - Garuda Sakti 9 titik, dan lokasi Garuda Sakti - Teluk Lembu 6 titik. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan nilai medan magnet tertinggi yang ditimbulkan pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Kampar-Pekanbaru adalah 90 μT , masih di bawah ambang batas yang di rekomendasikan oleh IRPA/INIRC, WHO1990 dan SNI 04-6950-2003 yaitu 100 μT .

Selanjutnya penelitian Analisis Pejanan Medan Magnet Pada Lampu Hemat Energi (Assaffat, 2010). Pada penelitiannya Assaffat (2010) melakukan pengukuran medan magnet pada lampu hemat energi dari beberapa merk yang beredar di Indonesia. Penelitian ini secara khusus menganalisis pajanan medan magnet yang dihasilkan oleh lampu hemat energi dari beberapa merk dengan sampel setiap merk lampu diambil 6 variabel daya lampu yaitu sebesar 5 Watt, 8 Watt, 11 Watt, 13 Watt, 17 Watt dan 20 Watt. Dibandingkan dengan lampu jenis lain, lampu hemat energi mempunyai beberapa kelebihan yaitu cahaya yang

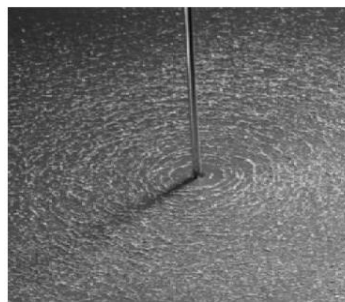
terang dan konsumsi energi yang sedikit. Namun lampu jenis ini mempunyai dampak negatif, yaitu dampak negatif dari penggunaan gas merkuri, pancaran sinar ultra violet, polutan listrik dan adanya pajanan medan listrik dan medan magnet. Beberapa penelitian mengatakan bahwa medan magnet yang dihasilkan oleh lampu hemat energi sudah mampu menginduksi manusia yang ada disekitarnya. Hasil penelitian yang telah dilakukan menyatakan bahwa pajanan medan magnet yang dihasilkan oleh lampu hemat energi pada umumnya di bawah $50 \mu\text{T}$, kecuali lampu Osram 5 watt sebesar $51 \mu\text{T}$. Hasil penelitian menyatakan bahwa pajanan medan magnet yang dihasilkan oleh lampu hemat energi masih di dalam batas yang diizinkan. Lampu yang berasal dari merk terkenal menghasilkan pajanan medan magnet lebih besar jika dibandingkan dengan lampu dari merk yang tidak terkenal.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu dalam penelitian ini nilai hasil pengukuran medan magnet di sekitar daerah Gardu Induk (GI) Teluk Betung Selatan-Bandar Lampung akan di olah menjadi bentuk peta kontur dengan menggunakan *Surfer Golden software*. Sebelumnya dilakukan dengan penentuan koordinat dari setiap posisis titik pengukuran sebelum kita mengambil data besar medan magnet pada suatu daerah tertentu menggunakan alat GPS (*Global Positioning System*) lalu mengukur medan magnet pada setiap titik pengukuran menggunakan alat Milli Gauss Meter *GU-3001*. Selanjutnya kita bandingkan besar medan magnet yang dihasilkan dengan rekomendasi WHO, Kemenkes No.1405/MENKES/SK/XI/2002 dan SPLN 112:119 apakah masih di bawah ambang batas aman dan tidak berpengaruh buruk bagi kesehatan manusia.

B. Teori Dasar

1. Medan Magnet

Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Medan magnet dapat dihasilkan dari arus listrik. Hal tersebut diketahui berdasarkan eksperimen sebuah kawat yang berarus listrik disekitarnya ditaburi serbuk-serbuk besi yang akan membentuk pola garis medan magnet.

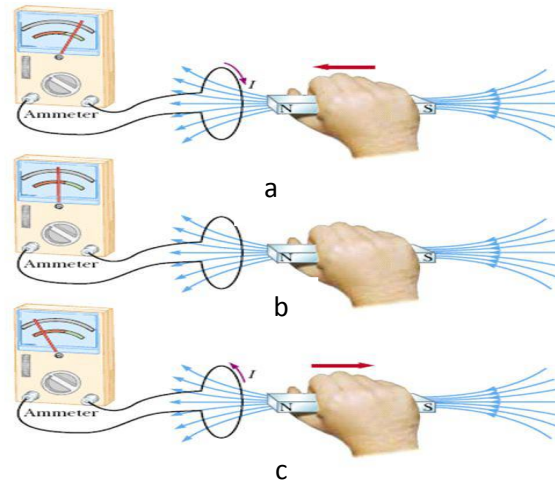


Gambar 2.2. Pola garis medan magnet (Serway dan Faughn, 1999).

Prinsip terjadinya medan magnet oleh arus listrik yaitu jika suatu ruang memiliki sebuah penghantar yang dialiri arus listrik maka ruang disekitar penghantar itu akan timbul medan magnet (Tipler, 1998). Pada percobaan Oersted yaitu kasus jarum kompas, yang menjadi sumber medan magnet adalah kawat yang dialiri arus listrik sedangkan gaya magnet yang dihasilkan merupakan interaksi antara kawat dan jarum kompas (Saleh dan Sutarto, 2014).

2. Induksi Magnet (Hukum Faraday)

Untuk melihat bagaimana suatu tegangan dapat diinduksi dengan merubah medan magnet, diperlihatkan dengan sebuah loop kawat terhubung ke ampere meter sensitif, seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3. Pengaruh perubahan medan magnet terhadap loop kawat (Serway dan Jewett, 2004).

Untuk melihat bagaimana suatu tegangan dapat diinduksi dengan merubah medan magnet, diperlihatkan dengan sebuah loop kawat terhubung ke ampere meter sensitif, seperti pada Gambar 2.2 Ketika magnet bergerak ke arah loop, jarum galvanometer membelok ke dalam suatu arah, dalam Gambar 2.2a diperlihatkan ke sebelah kanan. Ketika magnet diam dan ditahan untuk tidak bergerak relatif terhadap loop (Gambar 2.2b), tidak ada perubahan teramati. Ketika magnet dijauhkan dari loop, jarum membelok ke arah kebalikan, seperti diperlihatkan dalam Gambar 2.2c. Dari percobaan tersebut, disimpulkan bahwa loop mendeteksi magnet sedang bergerak relatif terhadapnya dengan suatu perubahan medan magnet. Dengan begitu, ada hubungan antara perubahan medan magnet dan arus.

“Apabila sebuah konduktor digerakkan di dalam medan magnet, maka akan timbul arus induksi pada konduktor tersebut”. Pernyataan tersebut dikenal dengan sebutan hukum Faraday. Faraday merumuskan bahwa perubahan (fluks) magnetik akan timbul menimbulkan gaya gerak listrik (GGL).

$$\varepsilon = -\frac{d\phi}{dt} \quad (2.1)$$

Artinya bahwa GGL yang dihasilkan adalah sama dengan negatif dari perubahan fluks magnetik terhadap waktu. Fluks magnetik (Φ) adalah banyaknya garis yang tegak lurus tiap satuan luas A . Untuk kumparan dengan banyak lilitan N , maka GGL induksinya adalah:

$$\varepsilon = -N \frac{d\Phi_m}{dt} \quad (2.2)$$

dengan: ε = ggl induksi (volt)

$$\frac{d\Phi}{dt} = \text{perubahan fluks magnetik (Ishaq, 2007)}.$$

Ggl yang dihasilkan oleh medan magnet yang berubah dan loop yang digerakkan adalah sama, yaitu:

$$\oint E \, dl = \varepsilon = -\frac{d\Phi_m}{dt} \quad (2.3)$$

Persamaan (2.7) tersebut adalah hukum Faraday dalam bentuk integral. Dengan menggunakan teorema Stokes, hukum Faraday dapat diturunkan dalam bentuk differensial, yaitu:

$$\oint E \, dl = \int (\nabla \times E) \, da = -\frac{d}{dt} \int B \, da = -\int \frac{\partial B}{\partial t} \, da \quad (2.4)$$

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (2.5)$$

Persamaan (2.9) tersebut adalah hukum Faraday dalam bentuk differensial (Wiyanto, 2008). Jadi, GGL induksi terjadi bukan karena adanya medan magnet B atau fluks magnetik, tetapi karena perubahan fluks magnetiknya (Ishaq, 2007).

3. Persamaan Maxwell

Pembahasan tentang kemagnetan dan kelistrikan mencakup beberapa persamaan penting yang dinyatakan dalam bentuk divergensi atau *curl* (Wiyanto, 2008).

Persamaan-persamaan yang dimaksud adalah:

$$\nabla \times H = J + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (2.6)$$

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (2.7)$$

$$\nabla \cdot D = \rho_v \quad (2.8)$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (2.9)$$

Masing-masing persamaan diperoleh dari pengamatan percobaan tertentu. Persamaan (2.6) adalah perluasan hukum Ampere; persamaan (2.7) adalah bentuk differensial hukum Faraday; persamaan (2.8) adalah bentuk differensial hukum Gauss pada medan listrik; persamaan (2.9) biasanya dikatakan menunjukkan kenyataan tentang tidak pernah teramatinya kutub magnet tunggal (Reitz dkk, 1993). Persamaan-persamaan tersebut adalah persamaan diferensial parsial dan menghubungkan medan listrik dan medan magnet. Persamaan-persamaan tambahan yang menghubungkan D dan E,

$$D = E \quad (2.10)$$

menghubungkan B dan H,

$$B = \mu H \quad (2.11)$$

mendefinisikan kerapatan arus konduksi,

$$J = \sigma E \quad (2.12)$$

Serta mendefinisikan kerapatan arus konveksi dalam fungsi kerapatan arus volume ρ_v ,

$$J = \rho_v V \quad (2.13)$$

Jika kita menggunakan bahan yang “berkelakuan baik”, kita harus mengganti persamaan (13) dan (14) dengan hubungan yang meliputi medan magnetisasi dan medan pengutuban (polarisasi),

$$D = \epsilon_0 E + P \quad (2.14)$$

$$B = \mu_0 (H + M) \quad (2.15)$$

(Hayt dan John, 2002).

Persamaan Max Well dalam bentuk integral yaitu:

1. Hukum Gauss pada Medan Listrik

$$\oint_s E \cdot dA = \frac{Q_{in}}{\epsilon_0} \quad (2.16)$$

2. Hukum Gauss pada Medan Magnetik

$$\oint_s B \cdot dA = 0 \quad (2.17)$$

3. Hukum Faraday

$$\oint_L E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int_s B \cdot dA \quad (2.18)$$

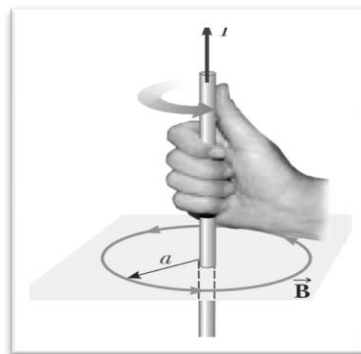
4. Hukum Ampere

$$\oint_L B \cdot dl = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d}{dt} \int_s E \cdot dA \quad (2.19)$$

(Ishaq, 2007).

4. Medan Magnet pada Kawat Berarus (Kawat Lurus dan Panjang)

Medan magnet hanya dapat dihasilkan oleh kawat jika ada arus listrik yang mengalir.



Gambar 2.4. Kawat yang dialiri arus listrik

Dengan aturan tangan kanan, ibu jari menunjukkan arah arus listrik sedangkan keempat jari lainnya menunjukkan arah medan magnet yang dihasilkan kawat tersebut. Pada kawat lurus, medan magnet yang dihasilkan memiliki arah melingkar seolah-olah menyelubungi kawat (Serway and Faughn, 1999). Secara umum, untuk kawat lurus panjang yang dialiri arus listrik I , daerah di sekitar kawat yang berjarak r dari kawat akan merasakan pengaruh medan magnet B yang besarnya:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \quad (2.20)$$

dengan: B = medan magnet yang dihasilkan oleh kawat (W/m^2)

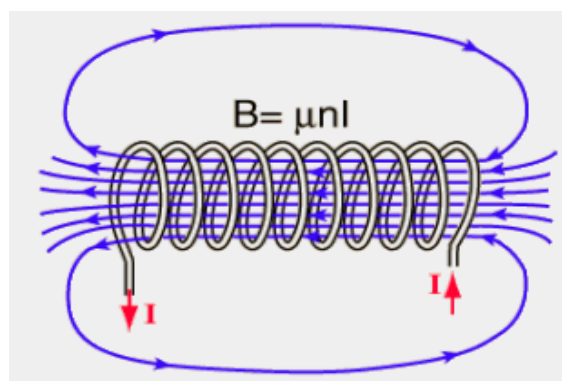
μ_0 = konstanta permeabilitas ruang hampa, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T m/A}$

r = jarak kawat

I = arus listrik (Ampere) (Saleh dan Sutarto, 2014).

5. Medan Magnet Pada Kumputan Kawat Berarus (Solenoida)

Solenoida adalah induktor yang terdiri dari gulungan kawat yang kadang di dalamnya dimasukkan sebuah batang besi berbentuk silinder dengan tujuan memperkuat medan magnet yang dihasilkan.



Gambar 2.5. Medan Magnet yang ditimbulkan oleh Solenoid (Kumputan)

Dengan panjang L , solenoida yang terdiri dari N buah lilitan maka jumlah per satuan panjang sebut saja n adalah $n=N/L$.

- induksi magnet ditengah solenoida

$$B = \frac{\mu_0 I N}{l} = \mu_0 I n \quad (2.21)$$

- induksi magnet pada ujung solenoida

$$B = \frac{\mu_0 I N}{2l} \quad (2.22)$$

Keterangan:

B = medan magnet yang dihasilkan oleh kawat (W/m^2)

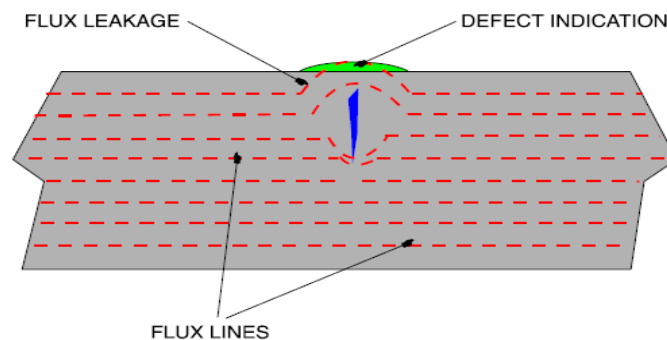
l = panjang solenoida (m)

I = arus pada solenoida (A)

N = banyaknya lilitan (Ishaq, 2007).

6. Magnet DC

Pada magnet DC tidak ada fenomena *skin effect*, fluks DC cenderung untuk memotong sudut pada bagian yang mengalami perubahan karena tidak ada *skin effect* pada magnet DC.



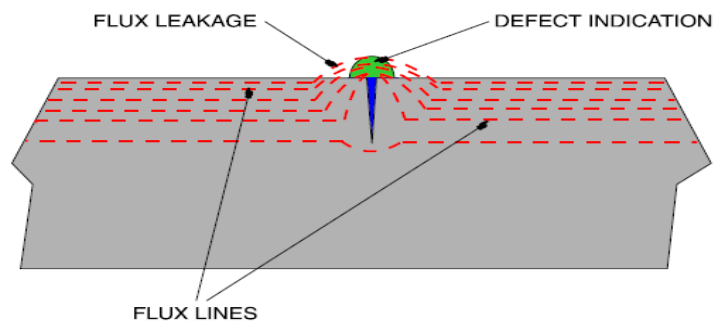
Gambar 2.6. Fluks magnet DC

Keterbatasan fluks AC adalah ketidakmampuannya untuk mendeteksi di bagian bawah permukaan. Sedangkan fluks DC dapat menembus hingga ke dalam

potongan penghantar, itu baik untuk mendeteksi cacat di bagian sub-permukaan. Untuk mengurangi kepadatan fluks yaitu dengan meningkatkan jarak dari bagian permukaan. Kebocoran fluks di permukaan tidak hanya tergantung pada kedalaman di bawah permukaan untuk diskontinuitas, tetapi juga pada ukuran dan bentuk cacat, arahnya, ketebalan bagian material dan tekstur permukaan.

7. Magnet AC

Magnet AC memiliki fenomena *skin effect* (efek kulit), di mana fluks magnetik tetap berada dekat dengan permukaan kontur.



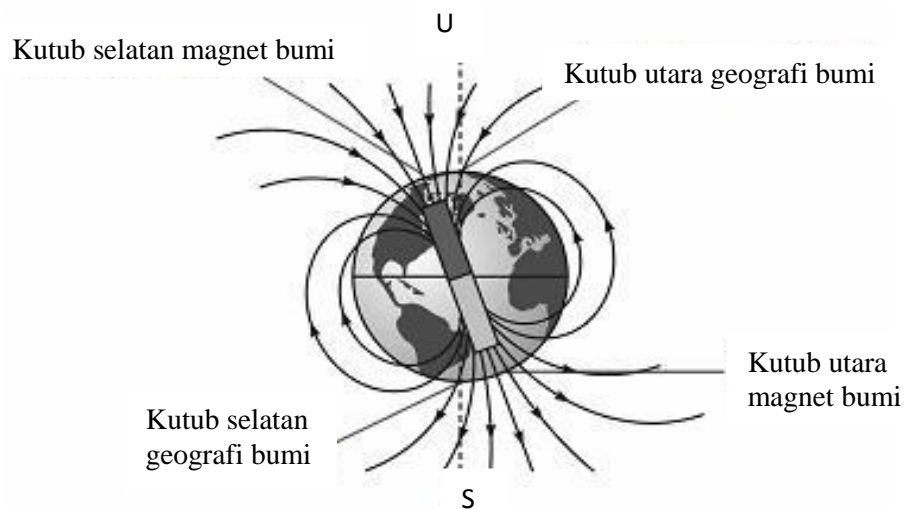
Gambar 2.7. Fluks magnet AC

Gambar 2.6 menunjukkan penggunaan fluks AC yang melanggar pada permukaan cacat. Karena fluks terkonsentrasi di dekat permukaan maka ada sejumlah besar kebocoran fluks sekitar bagian yang retak membentuk kutub yang saling menarik diperlukan untuk partikel-partikel mana yang ditunjukkan akan bermigrasi (Downes, 2003).

8. Medan Magnet Bumi

Diyakini bahwa arus listrik mengalir dalam inti besi cair dari bumi dan menghasilkan medan magnet seperti simpal arus. Kerapatan fluks magnet sekitar

$0,62 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$ di kutub utara magnet dan sekitar $0,5 \times 10^{-4} \text{ Wb/m}^2$ di garis lintang 40° . Sumbu simpal arus magnetik efektif berada pada inklinasi 11° dari sumbu rotasi bumi (Shen dan Jin, 2001). Kutub selatan magnet adalah di utara magnet bumi dan kutub utara magnet adalah di selatan magnet bumi. Keberadaan medan magnetik bumi inilah yang melindungi kita dari radiasi elektromagnetik matahari (Ishaq, 2007).



Gambar 2.8. Medan Magnet Bumi

Kompas kita tidak tepat menghadap ke utara geografi bumi karena ada perbedaan letak poros utara bumi dengan poros kutub selatan magnet. Perbedaan atau sudut penyimpangan antara keduanya dinamakan *sudut deklinasi*. Untuk sudut kemiringan medan magnet bumi juga dikenal dengan istilah *sudut inklinasi*. Besarnya medan magnet bumi antara $25 \mu\text{T}$ hingga $65 \mu\text{T}$ (0.25 sampai 0.65 Gauss) sedangkan besar medan listrik bumi yaitu antara 100 V/m hingga 500 V/m (Glatzmaier dan Roberts, 1995).

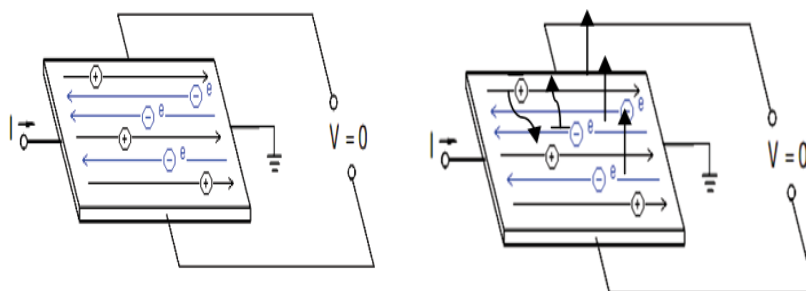
9. Gauss Meter

Gauss Meter merupakan alat instrumen yang menggunakan bagian probe untuk mengukur kepadatan fluks magnetik. Alat ini mampu mengukur statis (dc) medan bolak-balik (ac). Alat ini dapat digunakan untuk mengukur medan magnet pada kumparan peralatan elektronika rumah tangga sehingga dapat mengetahui bahwa kumparan tersebut dapat berjalan dengan baik atau tidak (Suprijanto, 2013).



Gambar 2.9. Milli Gauss Meter *GU-3001*

Komponen utama dalam alat ukur medan magnet adalah sensor UGN. Sensor Efek-Hall UGN dirancang untuk merasakan adanya objek magnetis dengan perubahan posisinya. Perubahan medan magnet yang terus menerus menyebabkan timbulnya pulsa yang kemudian dapat ditentukan frekuensinya (Suryono, 2009). Efek hall adalah suatu peristiwa berbeloknya aliran listrik (elektron) dalam pelat konduktor karena adanya pengaruh medan magnet.



Gambar 2.10. Efek Hall pada suatu pelat penghantar

Pada ilustrasi Gambar 2.9 sebuah penghantar berbentuk pelat yang dialiri arus I menunjukkan bahwa muatan yang positif akan bergerak lurus menuju arah sumbu x positif, sedangkan muatan negatif bergerak lurus berlawanan dengan muatan positif atau menuju sumbu x negatif. Bila pelat penghantar diberikan medan magnet B pada arah sumbu z positif maka muatan pada pelat penghantar akan menimbulkan gaya Lorentz ke arah sumbu y negatif, sebaliknya muatan negatif mengalami gaya Lorentz ke arah sumbu y positif (Sulaksono, 2011). Milli Gauss Meter *GU-3001* mempunyai karakteristik-karakteristik sebagai berikut:

a. Fitur-fitur

Beberapa fitur dasar yang dimiliki oleh alat ini antara lain:

1. Pengukuran magnet DC/AC
2. Menggunakan sensor sensitivitas tinggi , tersedia untuk presisi tinggi pengukuran medan magnet.
3. Aplikasi untuk bidang industri, mekanik, material, elektronika laboratorium untuk pengecekan bahan material.
4. Pengukuran medan magnet DC dan AC.
5. Range pengukuran : $\pm 3,000$ milligauss.

6. Pengukuran dapat mendeteksi medan magnet hingga paling kecil yaitu 0,1 milligauss.
7. Indikator kutub Utara (N) dan kutub Selatan (S).
8. Probe terpisah, pengoperasian yang mudah dan nyaman untuk pengukuran jarak jauh.
9. Presisi magnetometer tinggi, dapat mengukur mutlak medan magnet bumi dil sekitar lingkungan sebagai referensi.
10. Penyesuaian tombol nol untuk relatif pengukuran.
11. Tipe LCD S-TN dan memiliki tampilan cerah.
12. Fungsi perekaman data untuk menyimpan nilai yang diinginkan pada layar.
13. RS232/USB untuk antar muka komputer.
14. Sirkuit mikroprosesor menjamin dengan tinggi mengenai akurasi, menyediakan fungsi dan fitur khusus.
15. Tersedia teknik auto untuk mematikan sehingga menghemat baterai.
16. Power supply baterai DC 9V.

b. Spesifikasi

Beberapa spesifikasi dasar yang dimiliki Milli Gauss Meter *GU-3001* terlihat pada

Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Spesifikasi dasar Milli Gauss Meter *GU-3001*

Layar	LCD berukuran : 52 mm x 38 mm, dua fungsi tampilan LCD	
Jenis Pengukuran	mG : milligauss	
	uT : micro Tesla	
Range pengukuran	- 3,000 mG hingga 3,000 mG.	
	- 300 uT hingga 300 uT.	
Frekuensi Respon	DC	
	AC : 40 Hz - 10 KHz	
Resolusi	0.1 mG	- 199.9 mG to 199.9 mG.
	1 mG	≥ 200 mG, ≤ -200 mG
	0.01 uT	- 19.99 uT hingga 19.99 uT.

	0.1 uT \geq 20.0 uT, \leq -20.0 uT.
Akurasi	\pm (2 % + 2 mG)
	* -1,000 mG to 1,000 mG
	* -100.0 uT to 100.0 uT
Data Keluaran	Antarmuka serial PC RS 232/USB * Koneksi optimal kabel RS232, RS232 akan memperoleh UPCB-02. * Koneksi optimal kabel USB, USB akan memperoleh USB-01
Temperatur Operasi	0 hingga 50 °C.
Kelembapan Operasi	Kurang dari 85% R.H.
<i>Power Supply</i>	<i>battery DC 1.5 V (UM4, AAA) x 6 PCs, Alkalin / heavy duty type or equivalent.</i>
Konsumsi Daya	Approx. DC 20.5 mA .
Berat	<i>Main instrument : 321 g/0.71 LB. @ Battery is included.</i>
	<i>Probe : 78 g/0.17 LB.</i>
Dimensi	<i>Main instrument : 173 x 68 x 42 mm (7.9 x 2.7x 1.2 inci)</i>
Aksesoris Standar	Intruksi manual.....1 buah Probe..... 1 buah Pembungkus luar, CA-06.....1 buah
Aksesoris Tambahan	Kabel RS232, UPCB-02 Kabel USB, USB-01 Akuisisi data <i>software</i> , SW-U801-WIN

10. Gardu Induk (GI)

Gardu induk adalah suatu instalasi yang terdiri dari peralatan listrik yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik tegangan tinggi yang satu ke tegangan tinggi yang lainnya atau tegangan menengah dan pengukuran, pengawasan, operasi serta pengaturan pengamanan sistem tenaga listrik. Penyaluran energi listrik dari pusat listrik dilakukan dengan kabel dan saluran udara. Di Indonesia untuk transmisi dari pusat listrik ke gardu induk (GI) kebanyakan digunakan 150 kV. Untuk penyaluran dari gardu induk ke gardu transformator hanya digunakan tegangan 20 kV. Apabila kuat medan magnet antara dua kawat penghantar

melebihi suatu nilai kritis tertentu, udara di dekat kawat dapat tembus (ionisasi kejut) (Harten dan Setiawan, 1981).



Gambar 2.11. Gardu Induk (GI)

(Sumber: Doc GI PT PLN (Persero Teluk Betung Selatan Bandar Lampung)

Fasilitas suatu Gardu Induk pada umumnya adalah :

- a) Trafo tenaga.
- b) Peralatan tegangan tinggi (sisi primer), antara lain :

1. Lighting arrester

Berfungsi untuk mengamankan instalasi (peralatan listrik pada instalasi) dari gangguan tegangan lebih yang di akibatkan oleh sambaran petir.

2) Pemisah (PMS).

a) Pemisah tanah

Berfungsi untuk mengamankan peralatan dari sisa tegangan yang timbul sesudah SUTT di putuskan, atau induksi tegangan dari penghantar, hal ini perlu untuk keamanan dari orang yang bekerja pada instalasi.

b) Pemisah peralatan

Berfungsi untuk mengisolasi peralatan listrik dari peralatan yang bertegangan. Pemisah dioperasikan tanpa beban.

3). Pemutus tenaga (PMT)

Berfungsi untuk memutuskan hubungan tenaga listrik dalam keadaan gangguan maupun dalam keadaan berbeban dan harus dapat dilakukan dengan cepat.

4). Trafo tegangan

Berfungsi untuk menurunkan tegangan tinggi menjadi tegangan rendah, yang diperlukan untuk alat-alat ukur (pengukuran) dan alat pengaman (proteksi).

5). Trafo arus

Berfungsi menurunkan arus besar pada tegangan tinggi menjadi arus kecil pada tegangan rendah untuk keperluan pengukuran dan pengaman (proteksi).

6). Rail (busbar)

Berfungsi sebagai titik pertemuan/hubungan trafo-trafo tenaga, SUTT-SUTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga/daya listrik.

7). Trafo tenaga

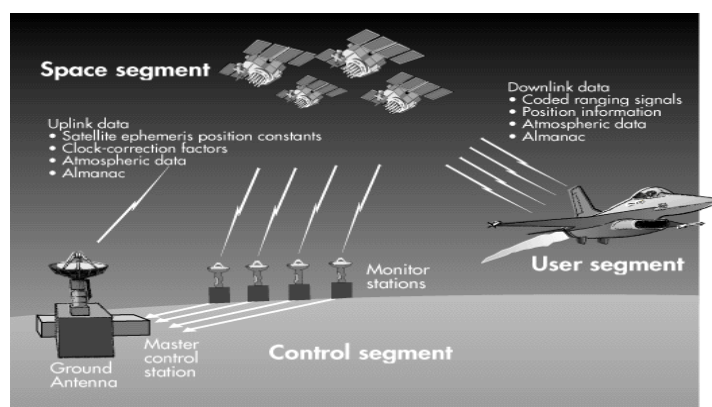
Trafo tenaga berfungsi menyalurkan tenaga/daya dari tegangan tinggi atau sebaliknya (mentransformasikan tegangan).

8). Panel kontrol

Jenis-jenis panel kontrol yang ada dalam suatu Gardu Induk terdiri dari panel kontrol utama, panel relay, panel pemakaian sendiri (Amin, 2014).

11. GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) atau NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*) adalah sistem untuk menentukan letak di permukaan bumi dengan menggunakan satelit (Abidin, 1995). Sistem ini menggunakan 24 satelit yang mengirimkan sinyal gelombang mikro ke bumi. Lalu sinyal ini diterima oleh bumi dan diterima oleh pengguna yang menggunakan alat *receiver* penerima sinyal gelombang mikro dari satelit yang digunakan untuk menentukan posisi, arah, letak, kecepatan dan waktu (Bagley and Lamons, 1992). Sistem GPS terbagi menjadi tiga sistem yakni Segmen angkasa/satelit (*Space Segment*), Semen Kontrol/Pengendali (*Control Segment*), dan Segmen Pengguna (*User Segment*).



Gambar 2.12. Komponen GPS (Hakim, 2014).

Setiap satelit mentransmisikan kode yang unik sehingga penerima (*GPS Receiver*) dapat mengidentifikasi sinyal dari setiap satelit.

Tabel 2.2. Spesifikasi Satelit GPS

Berat Satelit	$\pm 2,000$ pounds (hamper 1 ton)
Lebar antenna solar panel	± 17 feet (± 5 meter)
Power Transmisi	50 watts
Posisi orbit pada ketinggian	$\pm 12,000$ miles diatas permukaan bumi
Kecepatan jelajah	7,000 mph

Satelit GPS memancarkan dua sinyal yaitu pertama frekuensi L1 (1575,42 MHz) dan L2 (1227,60 MHz). Sinyal L1 dimodulasikan dengan dua sinyal *pseudorandom* yaitu kode P (*Protected*) dan kode C/A (*coarse/acquisition*). Sinyal L2 hanya membawa kode P. Kode C/A adalah kombinasi 2 LFSR (*Length limited feedback shift register*) dengan panjang maksimum 10 bit tiapnya. Pada kecepatan pulsa pewaktu 1.023 MHz, ini berarti panjang 1 mili detik untuk kode lengkap. Untuk kode P pada dasarnya sama, tetapi menggunakan LFSR dengan panjang maksimum 12 bit. Ini menunjukkan sebuah kode dengan durasi 266 hari pada kecepatan pulsa pewaktu 10.23 MHz.

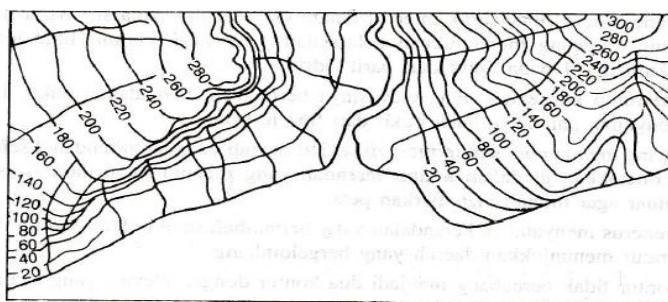
Tabel 2.3. Karakteristik Sinyal GPS

Sinyal	Modulasi	Frekuensi Tengah	
L1	QPSK	1575.42 MHz	~20 MHz (C/A Code 2 MHz + P-Code 20 MHz)
L2	BPSK/QPSK	1227.60 MHz	~20 MHz (P-Code 20 MHz or P-Code + C/A Code)

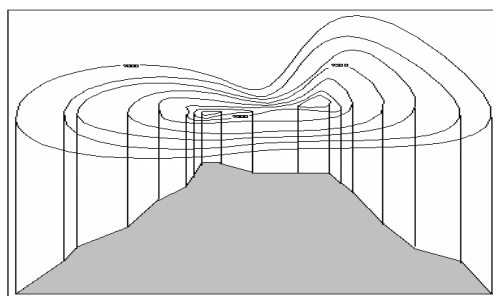
Sinyal GPS mengandung tiga informasi yaitu kode *pseudorandom*, data *ephemeris* dan data *almanak*. Sinyal transmisi dari satelit GPS merupakan sinyal identifikasi satelit saat sedang mengirim informasi terhadap GPS Receiver. Selanjutnya *receiver* GPS menghitung *timing* waktu rambatan gelombang dari satelit Navstar dengan menghitung selisih waktu pulsa antara "*pseudo random code*". Lebar frekuensi (*bandwidth*) yang dibutuhkan untuk mentransmisikan *pseudo random code* yaitu sekitar 1 MHz, sehingga transmisi sinyal GPS ditransmisikan pada gelombang 20 cm atau sekitar 1,2 -1,5 GHz (Muis, 2012).

12. Topografi

Peta topografi adalah peta yang memuat informasi umum mengenai keadaan permukaan tanah beserta informasi ketinggiannya menggunakan garis kontur (Handoyo, 2004). Garis kontur merupakan garis pembatas dan tempat kedudukan titik-titik dengan ketinggian sama terhadap bidang referensi (pedoman/acuan) tertentu. Pada peta topografi terdapat informasi topografi yang dapat digunakan untuk membuat model tiga dimensi dari permukaan tanah pada peta tersebut (Rostianingsih dan Gunadi, 2004).



Gambar 2.13. Penggambaran peta dengan garis kontur (Wirshing dan Wirshing, 1995)

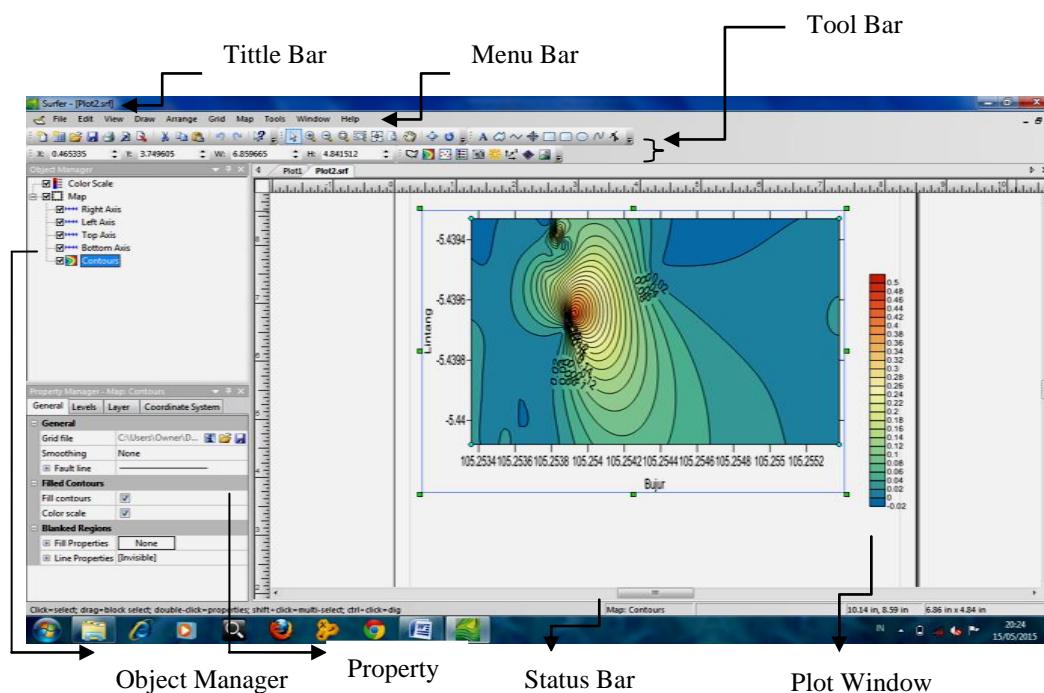


Gambar 2.14. Garis Kontur

Pada gambar 2.13 terlihat gambar garis ketinggian pada peta (bidang dua dimensi) dan di lapangan (ruang tiga dimensi). Pada peta, garis ketinggian membentuk garis yang berbelok-belok dan tertutup serta merupakan rangkaian dari titik-titik (Handoyo, 2004).

13. Surfer

Surfer merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang berdasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabular XYZ tak beraturan menjadi lembar titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horisontal. Dalam Surfer grid ini berbentuk segi empat dan digunakan sebagai dasar pembentuk kontur dan surface tiga dimensi. Garis vertikal dan horisontal ini memiliki titik-titik perpotongan. Pada titik perpotongan ini disimpan nilai Z yang berupa titik ketinggian atau kedalaman. Gridding adalah proses sebuah data XYZ yang dibentuk menjadi rangkaian nilai Z yang teratur. Hasil dari proses gridding ini adalah file grid yang tersimpan pada file .grd.



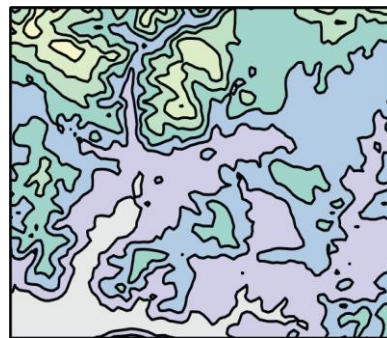
Gambar 2.15. Tampilan *Surfer*

Surfer secara luas digunakan untuk pemodelan medan, visualisasi *landscape*, analisis permukaan, pemetaan kontur, pemetaan cangkih interpolasi sebuah

pemodelan yang mengubah data XYZ anda ke publikasi peta berkualitas. Beberapa fasilitas yang dapat digunakan dengan *golden surfer software* ini yaitu:

1. *Contour maps*

Contour map merupakan representasi dua dimensi dari tiga buah data. Dalam peta kontur, untuk nilai z yang sama akan ditarik garis kontur. Garis kontur ini dapat ditampilkan dalam warna atau pola.



Gambar 2.16. Bentuk *Contour map*

2. *Image Map*

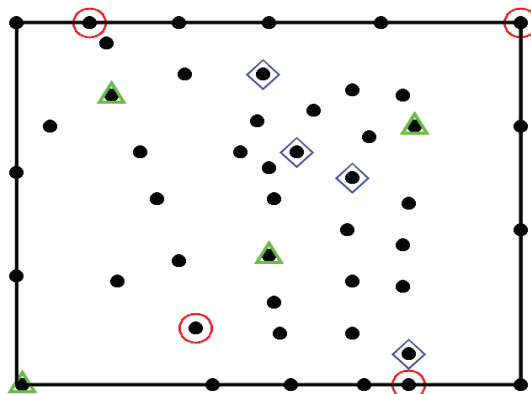
Pada peta yang dihasilkan dengan *Surfer* terdapat sebuah kotak yang berisi tingkatan warna kontur pada peta. Tampilan peta memiliki gradasi warna yang halus dengan memadukan warna antara nilai-nilai persentase data. Gambar peta dibuat secara independen dari peta lain. Selain itu, *Image Map* dapat mengubah rotasi dan kemiringan sudut peta kontur.



Gambar 2.17. Bentuk *Image Map*

3. *Post Map*

Post Map menunjukkan lokasi koordinat X dan Y dengan simbol ukuran tetap atau simbol proporsional dalam skala warna apapun. Pada setiap titik kontur peta diberikan simbol-simbol yang berbeda untuk setiap warna yang mengidentifikasi berbagai kisaran data.



Gambar 2.18. Bentuk *Post Map*

4. *Base Map*

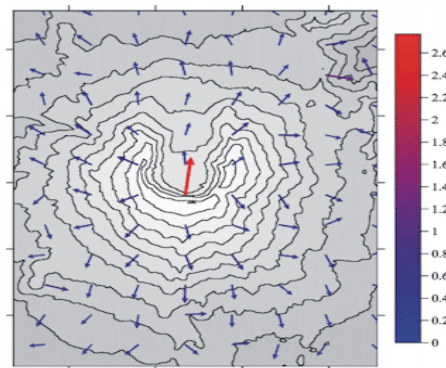
Base map menggabungkan peta dasar dengan peta lain dalam satu halaman peta kontur dan dapat menampilkan batas-batas pada peta yang berisi kurva, poin, teks, atau gambar. Dengan menggunakan *base map* kita dapat dengan mudah membuat overlay peta kontur yang menampilkan informasi geografis dalam kombinasi dengan data tiga dimensi.



Gambar 2.19. Bentuk *Base map*

5. *Vector Map*

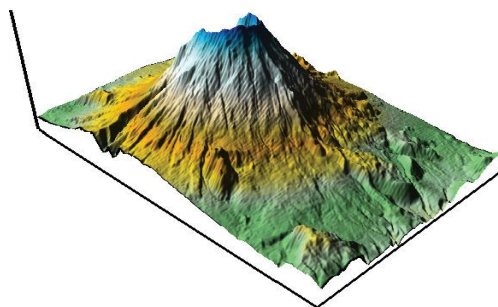
Vector Map memberikan fasilitas untuk membuat vektor untuk menunjukkan arah dan besarnya data pada titik-titik pada peta. Arah dan besar dari vektor peta secara otomatis dihasilkan dari grid tunggal dengan menghitung gradien dari permukaan yang diwakili. Pada setiap grid node yang diberikan, arah panah menunjukkan arah kecuraman. Besarnya perubahan arah panah tergantung pada kecuramannya.



Gambar 2.20. Bentuk *Vector Map*

6. *3D Surface Maps*

3D Surface Maps merupakan sebuah peta dalam bentuk tiga dimensi. *3D Surface Maps* menggunakan shading dan warna untuk menekankan fitur data kita dengan mengubah pencahayaan, sudut tampilan dan kemiringan peta kontur.



Gambar 2.21. Bentuk *3D Surface Mape* (User's Guide, 2012).

