



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian terkait

Penelitian terkait dengan Pengaruh Penambahan Zat Aditif pada Elektroda Batang Pararel di Uin Sultan Syarif Kasim Riau dengan Metode Parit Melingkar, terdapat pada penelitian Ramadhan (2016) dengan judul “Metode Parit Melingkar untuk Mereduksi Tahanan Pentanahan Elektroda Batang Pararel dengan Arang dan Garam di Uin Suska Riau”. Pada penelitian ini dengan memvariasikan jarak dua elektroda batang pentanah dengan jarak 0.2 m – 1.2 m dan penambahan jumlah elektroda sebanyak empat elektroda batang pentanahan kemudian dengan parit melingkar diisierang dan garam pada massa 60 kg. Dari hasil pengukuran didapatkan nilai tahanan pentanahan pada jarak 0.2 m – 1.2 m berturut – turut 569  $\Omega$ , 530.2  $\Omega$ , 495.2  $\Omega$ , 461  $\Omega$ , 456.6  $\Omega$  dan 434.4  $\Omega$  Kemudian dengan variasi jumlah elektroda didapatkan hasil pengukuran untuk dua elektroda batang pentanahan sebesar 622  $\Omega$ , tiga elektroda 513.2  $\Omega$  dan empat elektroda sebesar 434.4  $\Omega$ . Selanjutnya setelah parit melingkar diisi dengan arang dan garam pada massa 60 kg didapatkan nilai penurunan yang signifikan yaitu dua elektroda pentanahan sebesar 174.8  $\Omega$ , pada tiga elektroda 151.2  $\Omega$ , dan empat elektroda didapatkan nilai tahanan pentanahan elektroda batang paralel sebesar 103.9  $\Omega$ . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan melakukan penambahan jumlah batang elektroda dan pemberian bahan pereduksi arang dan garam menghasilkan penurunan nilai tahanan pentanahan lebih signifikan dibandingkan memvariasikan jarak dua elektroda serta penambahan variasi jumlah elektroda batang pentanahan.

Krishna, Bangun (2015) dengan Judul “Perbaikan sistem pentanahan pada gedung listrik Politeknik Negeri Semarang”. Pada penelitian ini, dua metode untuk memperkecil nilai resistansi pentanahan akan dibandingkan dan dianalisa. Metode pertama berdasarkan pada penambahan jumlah elektroda batang sampai empat batang secara paralel, yang ditanamkan dari kedalaman 25 cm sampai 200 cm, sedangkan metode kedua berdasarkan pada penambahan bentonit secara parit melingkar pada elektroda batang tunggal pada kedalaman 200 cm. Dari hasil pengukuran elektroda batang pentanahan pada kedalaman 25 cm untuk elektroda batang tunggal nilai resistans sebesar 69,0 5  $\Omega$ , sedangkan untuk dua elektroda paralel adalah 34,5  $\Omega$ , paralel tiga elektro dabatang sebesar 22,03  $\Omega$ , dan paralel



empat batang elektroda sebesar 17,89  $\Omega$ . Sedangkan untuk kedalaman 200 cm untuk elektroda batang tunggal sebesar 23,95  $\Omega$ , paralel dua batang elektroda 12,13  $\Omega$ , tiga elektroda batang paralel sebesar 8,36  $\Omega$ , dan empat batang elektroda yang diparalel sebesar 6,48  $\Omega$ . Sedangkan untuk elektroda batang tunggal yang diberi bentonit secara parit melingkar pada kedalaman 200 cm nilai pengukuran resistansi terendah diperoleh sebesar 11,85  $\Omega$  dan dari hasil teori dengan elektroda batang tunggal yang diberi bentonit sebesar 18,33  $\Omega$ . Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode penambahan batang paralel menghasilkan penurunan nilai resistansi pentanahan lebih signifikan dibandingkan dengan metode penambahan bentonit pada batang tunggal.

Putri, Raihan (2009) dengan judul “Analisis resistansi pentanahan elektroda batang paralel pada parit melingkar diisi bentonit”. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai resistansi pentanahan yang rendah pada daerah perbukitan dengan cara memperdalam penanaman elektroda, menambah jumlah elektroda serta memberikan zat aditif berupa bentonit type Na yang diisi dalam parit melingkar. Pengukuran tahanan pentanahan dilakukan tanpa bentonit dan dengan bentonit. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan memperdalam penanaman batang elektroda dan dengan menambah jumlah batang elektroda yang dipasang secara paralel serta mengisi bentonit dalam parit melingkar, nilai tahanan pentanahan yang terukur sebesar 4 ohm. Hal ini sesuai dengan yang ditetapkan dalam standar persyaratan umum instalasi listrik (PUIL) 2000.

George Eduful (2008) dengan judul “*Optimum Mix of Ground Electrodes and Conductive Backfills to Achieve a Low Ground Resistance*”. Dimana pada penelitian ini abu sisa pembakaran ban merupakan bahan konduktivitas tahanan pentanahan yang baik, dimana abu dari sisa pembakaran ban ini dapat menurunkan nilai resistansi tahanan pentanahan yang mencapai 80% dari empat batang elektroda.

Wattimena, Herman S (2006) dengan judul “Metode parit melingkar dengan bentonit untuk mereduksi nilai resistansi pentanahan satu batang pentanah”. Dalam penelitian ini metode tersebut dilakukan dengan cara, membuat parit secara melingkar di sekeliling batang pentanahan yang ditanam. Ukuran parit divariasikan terhadap jari-jari luar ( $r_2$ ) atau lebar (D) dan kedalaman (H), sedangkan jari-jari dalam ( $r_1$ ) tetap sesuai anjuran yang diberikan, untuk menjaga kondisi elektroda pentanahan dari perkaratan akibat pengaruh bahan kimia. Bentonit dimasukkan pada setiap variasi ukuran parit sambil menimbang massanya dan mengukur perubahan nilai Rp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa,



nilai  $R_p$  yang terukur sebelum diberikan bentonit, sebesar  $(66,97 \pm 0,01) \Omega$  hingga  $(98,20 \pm 0,04) \Omega$ . Setelah diberikan bentonit dengan metode parit melingkar, nilai  $R_p$  yang terukur sebesar  $(48,66 \pm 0,16) \Omega$  sampai  $(11,19 \pm 0,15) \Omega$ . Berdasarkan hasil tersebut, ternyata nilai  $R_p$  dapat direduksi antara 49,13 % sampai 85,64 %. Hal ini telah sesuai dengan IEEE Standard 142-1982, yaitu nilai reduksi antara 15 % hingga 90 %. Untuk mereduksi nilai  $R_p$  secara efektif dalam perencanaan suatu sistem pentanahan, diperlukan bentonit sebanyak 24,2 kg pada ukuran parit  $r_1 = 0,23$  m,  $r_2 = 0,83$  m atau  $D = 0,6$  m dan  $H = 0,2$  m, dengan pencapaian nilai  $R_p$  sebesar  $(17,41 \pm 0,17) \Omega$ , pada kondisi tanah dengan nilai  $\rho$  sebesar  $(115 \pm 0,20) \Omega m$ .

## 2.2 Landasan teori

Sistem pentanahan atau *grounding system* adalah sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga, dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkit listrik dengan bumi. Sistem pentanahan merupakan salah satu faktor penting dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik saat terjadi gangguan yang disebabkan oleh arus lebih dan tegangan lebih. Pada saat terjadi gangguan di sistem tenaga listrik, adanya sistem pentanahan menyebabkan arus gangguan dapat cepat dialirkan ke dalam tanah dan disebarkan kesegala arah

Sistem pentanahan yang digunakan baik untuk pentanahan netral dari suatu sistem tenaga listrik, pentanahan sistem penangkal petir dan pentanahan untuk suatu peralatan khususnya dibidang telekomunikasi dan elektronik perlu mendapatkan perhatian yang serius, karena pada prinsipnya pentanahan tersebut merupakan dasar yang digunakan untuk suatu system proteksi. Tidak jarang orang umum/ awam maupun seorang teknisi masih ada kekurangan dalam mengprediksikan nilai dari suatu hambatan pentanahan. Besaran yang sangat dominan untuk diperhatikan dari suatu sistem pentanahan adalah hambatan sistem suatu sistem pentanahan tersebut.

Sampai dengan saat ini orang mengukur hambatan pentanahan hanya dengan menggunakan earth tester yang prinsipnya mengalirkan arus searah ke dalam system pentanahan, sedang kenyataan yang terjadi suatu system pentanahan tersebut tidak pernah dialiri arus searah. Karena biasanya berupa sinusoidal (AC) atau bahkan berupa impuls



(petir) dengan frekuensi tingginya atau berbentuk arus berubah waktu yang sangat tidak menentu bentuknya

### 2.3 Karakteristik tanah dan tahanan jenis tanah

Karakteristik tanah merupakan salah satu faktor yang mutlak diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan dan sistem pentanahan yang akan digunakan. Sesuai dengan tujuan pentanahan bahwa arus gangguan harus secepatnya terdistribusi secara merata ke dalam tanah, maka penyelidikan tentang karakteristik tanah sehubungan dengan pengukuran tahanan dan tahanan jenis tanah merupakan faktor penting yang sangat mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan. Pada kenyataannya tahanan jenis tanah harganya bermacam-macam, tergantung pada komposisi tanahnya dan faktor faktor lain.

Tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ ) merupakan nilai resistansi dari bumi yang menggambarkan nilai konduktivitas listrik bumi dan didefinisikan sebagai tahanan, dalam ohm, antara permukaan yang berlawanan dari suatu kubus satu meter kubik.

Pentingnya tahanan jenis tanah ini untuk diketahui karena tahanan jenis tanah mempunyai beberapa manfaat yaitu :

1. Beberapa data yang diperoleh dari survey geofisika dibawah permukaan tanah dapat membantu untuk identifikasi lokasi pertambangan, kedalaman batu-batuan dan phenomena-phenomena geologi lainnya.
2. Tahanan jenis tanah mempunyai pengaruh langsung terhadap korosi pipa-pipa bawah tanah. Apabila tahanan jenis tanah semakin meningkat maka aktivitas korosi akan semakin meningkat pula.
3. Tahanan jenis lapisan tanah mempunyai pengaruh langsung dalam sistem pembumian. Ketika merencanakan sistem pembumian, sebaiknya dicari lokasi yang mempunyai tahanan jenis tanah yang terkecil agar tercapai instalasi pembumian yang paling ekonomis.



Faktor keseimbangan antara tahanan pembumian dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah yang direpresentasikan dengan  $\rho$ . Harga tahanan jenis tanah dalam kedalaman tertentu tergantung pada beberapa faktor yaitu :

1. Jenis tanah : liat, berpasir, berbatu dan lain-lain
2. Lapisan tanah : berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau uniform
3. Kelembaban tanah
4. Temperatur
5. Kepadatan tanah

Secara grafis pengaruh kandungan garam, kelembaban tanah dan temperatur terhadap tahanan jenis tanah dapat dilihat pada Gambar 2.1. Jenis tanah, seperti berpasir, berbatu, tanah liat dan lain-lain mempengaruhi besar tahanan jenis. Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) tahanan jenis tanah dari berbagai jenis tanah dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah ( $\Omega$ -m)
Tanah Rawa	30
Tanah Liat dan Tanah Ladang	100
Pasir Basah	200
Kerikil Basah	500
Pasir dan Kerikil kering	1000
Tanah Berbatu	3000

Sumber: PUIL 2000

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 Hal-hal yang Dilindungi Undang-Undang

Tabel 2.2 Tahanan Jenis Tanah ke-2

No	Jenis Tanah	Resistansi jenis tanah (ohm-m)
1	Tanah rawa	10 – 40
2	Tanah pertanian	20 – 100
3	Pasir basah	50 – 200
4	Kerikil basah	200 – 3000
5	Kerikir kering	<1000
6	Tanah berbatu	2000 – 3000

Sumber: SNI 04. 0225-2000, dalam Rajagukguk (2012)

Tabel 2.3 Tabel Resistansi Jenis Tanah ke-3

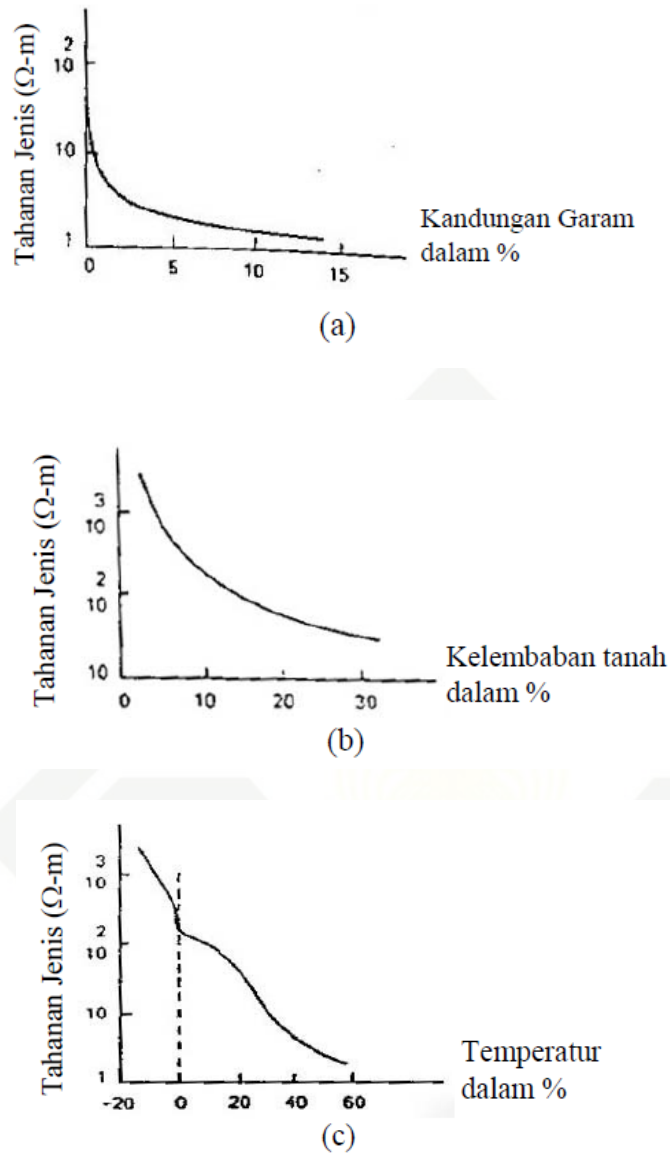
No	Jenis Tanah	Resistansi jenis tanah (ohm-m)
1	Tanah Organik	10
2	Tanah Basah	100
3	Tanah Kering	1000
4	Tanah Berbatu	10000

Sumber: IEEE std 81 – 1983, dalam Rajagukguk (2012)

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
  2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1 Variasi Tahanan Jenis Tanah

(a) Kandungan Garam ; (b) kelembaban tanah ; (c) Temperatur

Sumber : Simatupang (2011)



## 2.4 Elektroda pentanahan

Elektroda pentanahan adalah penghantar yang ditanam dalam bumi dan membuat kontak langsung dengan bumi. Penghantar bumi yang tidak berisolasi yang ditanam dalam bumi dianggap sebagai bagian dari elektroda bumi. Suatu sistem pentanahan batang tunggal memerlukan elektroda batang pentanahan yang ditanam dalam tanah sehingga akan membuat kontak langsung dengan tanah. Konduktor penghubung yang tidak berisolasi (seperti kawat tembaga) yang juga ditanam dalam tanah termasuk elektroda batang pentanahan.

Elektroda yang digunakan untuk pentanahan harus memenuhi beberapa persyaratan antara lain (Pasaribu, 2011):

- a. Memiliki daya hantar jenis (*conductivity*) yang cukup besar sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang berbahaya.
- b. Memiliki kekerasan (kekuatan) secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kerusakan fisik.
- c. Tahan terhadap peledakan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena *magnitude* arus gangguan dalam waktu yang lama.
- d. Tahan terhadap korosi.

Bahan yang digunakan untuk elektroda batang pentanahan adalah logam yang mempunyai konduktivitas cukup tinggi yaitu tembaga, selain itu untuk mendapatkan nilai yang lebih ekonomis dapat dipergunakan baja yang digalvanisasi atau baja berlapis tembaga. Elektroda batang terbuat dari batang logam bulat atau baja profil yang dipancangkan/ditancapkan kedalam tanah dan salah satu ujungnya lancip dengan kelancipan ( $45^\circ \pm 5^\circ$ ) serta harus dilengkapi dengan klem dan baut klem yang mampu menjepit penghantar seperti pada gambar 2.2.

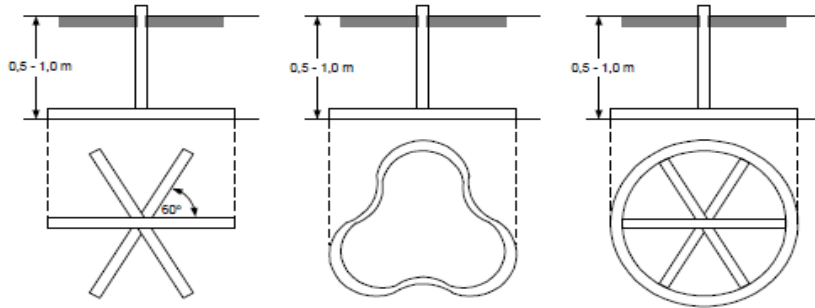
Menurut Tampubolon (2009) beberapa bentuk elektroda pembedaan adalah sebagai berikut:

1. Elektroda Pita

Elektroda pita dibuat dari penghantar berbentuk pita atau penampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Ukuran minimum elektroda



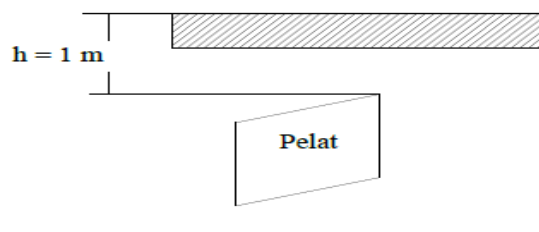
pita adalah  $2 \text{ mm}^2$  dan tebalnya 2 mm atau penghantar pilin  $35 \text{ mm}^2$ . Berbagai bentuk elektroda pita dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Bentuk Elektroda Pita, Tipe Cabang Enam, Cincin, dan Disk  
(Sumber : PUIL 2000)

## 2. Elektroda Pelat

Elektroda pelat terbuat dari besi dengan ukuran minimum tebal 3 mm, luas  $0.5 \text{ m}^2$ - $1 \text{ m}^2$  atau pelat tembaga dengan tebal 2 mm, luas  $0.5 \text{ m}^2$ - $1 \text{ m}^2$  yang ditanam secara vertical dengan sisi atas  $\pm 1 \text{ m}$  di bawah permukaan tanah seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2



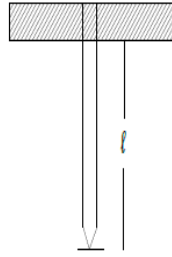
Gambar 2.3 Elektroda Pelat  
(Sumber: Tampubolon 2009)

## 3. Elektroda Batang

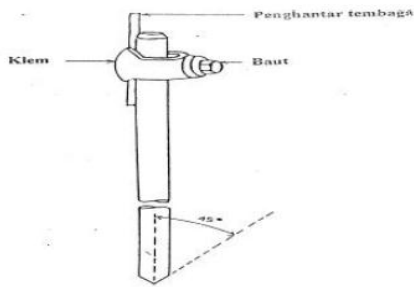
Elektroda ini dapat dibuat dari pipa besi, baja profil, batang tembaga, atau batang logam lainnya. Elektroda dipancangkan ke tanah sedalam L meter seperti gambar 2.3.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



(a)



(b)

Gambar 2.4 Elektroda Batang

(Sumber : a. Tampubolon, 2009 b. Rajagukguk 2012)

Pada umumnya elektroda batang menggunakan silinder yang terbuat dari tembaga murni, batang tembaga telanjang dan berlapis (*copper-clad steel*), batang besi tahan karat (*stainless rod*), kawat tembaga yang dimasukkan ke dalam batang pipa yang digalvanisasi dan dapat berupa baja yang sudah disepuh oleh tembaga.

Tabel 2.4 Luas Penampang Minimum Elektroda Batang Pentanahan Standar Berdasarkan Jenis Bahan

Jenis elektroda	Bahan		
	Baja berlapis seng dengan proses pemanasan	Baja berlapis tembaga	Tembaga
Elektroda batang	<p>Pipa baja berdiameter 1 inchi:</p> <p>Baja profil:</p> <p>L 65x65x7</p> <p>U 6 ½</p> <p>T 6</p> <p>X 50x3</p> <p>atau batang profil lain yang setara</p>	<p>Baja bulat:</p> <p>Berdiameter 15 mm dilapisi tembaga setebal 2,5 mm</p>	<p>Pipa tembaga:</p> <p>Luas penampang: 50 mm<sup>2</sup></p> <p>Tebal : 2 mm</p> <p>Hantaran pilin: (bukankawat halus)</p> <p>Luas penampangnya: 35 mm<sup>2</sup></p>

Sumber: Pedoman Pengawasan Instalasi Listrik (Disnaker-RI), 1987: 18

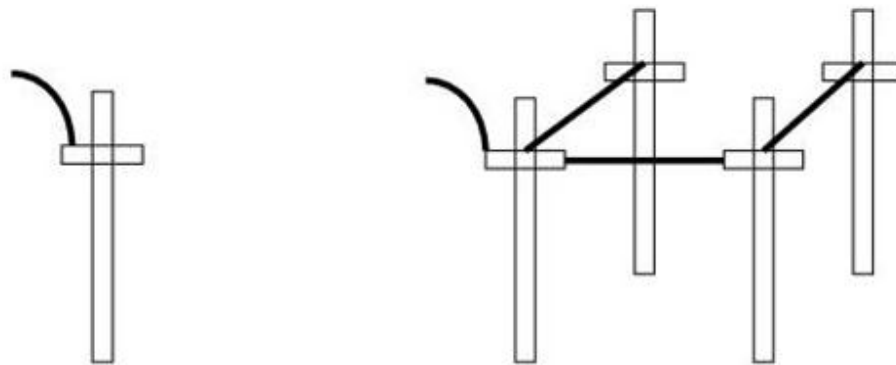
Kalau tanahnya sangat korosif sebaiknya digunakan ukuran-ukuran minimum 1,5x ukuran yang diberikan pada Tabel 2.3. Kalau elektroda yang dimaksudnya untuk mengatur gradient tegangan, luas penampang minimum yang boleh digunakan adalah sebagai berikut [DISNAKER RI, 1987: 18]:

1. Untuk baja berlapis tembaga : minimum 16 mm<sup>2</sup>
2. Untuk tembaga : minimum 10 mm<sup>2</sup>

Untuk memancangkan elektroda-elektroda ini sering digunakan *palu lantak*. Elektroda-elektroda tersebut dapat juga dimasukkan ke dalam tanah dengan getaran, dengan menggunakan *palu kango*. Kalau tanahnya kering, kadang-kadang sangat sulit untuk mencapai resistansi penyebaran yang cukup rendah. Dalam hal ini, ada kalanya sifat-sifat tanah itu dapat diperbaiki dengan mengolahnya dengan bahan-bahan kimia.

Adapun beberapa hal penting yang perlu diperhatikan dalam pemilihan elektroda batang dalam suatu sistem pentanahan antara lain:

1. Memiliki daya hantar jenis (*conductivity*) yang cukup baik sehingga tidak akan memperbesar beda potensial lokal yang bisa sangat membahayakan.
2. Memiliki kekuatan secara mekanis pada tingkat yang tinggi terutama bila digunakan pada daerah yang tidak terlindung terhadap kerusakan fisik.
3. Tahan terhadap peledakan dari keburukan sambungan listrik, walaupun konduktor tersebut akan terkena *magnitude* arus gangguan dalam waktu yang lama.
4. Tahan terhadap korosi.



a. Elektroda batang tunggal

b. Elektroda batang dalam grup

Gambar 2.5 Jenis – Jenis Elektroda Bentuk Batang

Sumber : Liliana (2009)

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda batang – Tunggal :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \left( \frac{4L}{a} \right) - 1 \right) \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana :

R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal ( $\Omega$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ )

L = Panjang elektroda (m)

a = Jari-jari elektroda (m)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



dimana:

- $R_b$  = tahanan pentanahan setelah diisi zat aditif parit melingkar ( $\Omega$ )
- $\rho_b$  = tahanan jenis zat aditif ( $\Omega m$ )
- $\rho$  = tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ )
- $D_b$  = diameter parit zat aditif (m)
- $d$  = diameter elektroda (m)
- $L$  = kedalaman elektroda yang ditanam (m)

atau dapat dinyatakan:

$$R_b = \frac{1}{2\pi L} \left( \rho \left( \ln \frac{4L}{r_b} - 1 \right) + \rho_b \left( \ln \frac{4L}{a} - 1 \right) - \rho_b \left( \ln \frac{4L}{r_b} - 1 \right) \right) \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana:

- $R_b$  = tahanan pentanahan setelah diisi zat aditif parit melingkar ( $\Omega$ )
- $\rho_b$  = tahanan jenis zat aditif ( $\Omega m$ )
- $\rho$  = tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ )
- $L$  = kedalaman elektroda yang ditanam (m)
- $r_b$  = jari-jari parit (m)
- $a$  = jari-jari elektroda (m)

Rumusan di atas menyatakan tahanan pentanahan yang didapatkan akan mengalami penurunan karena dipengaruhi oleh zat aditif yang secara langsung mengelilingi elektroda sepanjang L (m).

Pada penelitian ini, untuk kedalaman penanaman elektroda (L) sama dengan tinggi parit melingkar (H) yang akan diisi zat aditif, parit zat aditif ini berjarak  $r_1$  (m) dari elektroda utama. Secara pendekatan berdasarkan rumusan (2.6) menjadi

$$R_b = \frac{\rho}{2\pi L} \left( \ln \frac{4L}{r_b} - 1 \right) + \frac{\rho_b}{2\pi H_b} \left( \ln \frac{4H_b}{a} - 1 \right) - \frac{\rho_b}{2\pi H_b} \left( \ln \frac{4H_b}{r_b} - 1 \right) \dots\dots\dots(2-7)$$

Hal-hal yang dihindari dalam penulisan karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dimana:

- $R_b$  = tahanan pentanahan setelah diisi zat aditif parit melingkar ( $\Omega$ )
- $\rho_b$  = tahanan jenis zat aditif ( $\Omega m$ )
- $\rho$  = tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ )
- $L$  = kedalaman elektroda yang ditanam (m)
- $H_b$  = tinggi zat aditif (m)
- $r_b$  = jari-jari parit (m)
- $a$  = jari-jari elektroda (m)

Karena parit zat aditif berjarak  $r_1$  (m) dari elektroda utama maka terjadi perubahan nilai  $R_b$  sebesar  $x$ (%)

$$x(\%) = \frac{r_1}{r_b} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

sehingga:

$$R_x = x(\%) * R_b \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana:

- $r_1$  = jari-jari dalam parit melingkar (m)
- $r_b$  = jari-jari parit (m)
- $x(\%)$  = besarnya pertambahan  $R_b$  (%)
- $R_x$  = besarnya pertambahan  $R_b$  ( $\Omega$ )

maka nilai tahanan pentanahan totalnya menjadi:

$$R_1 = R_x + R_b \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana:

- $R_1$  = tahanan pentanahan total bila  $L=H$  ( $\Omega$ )
- $R_x$  = besarnya pertambahan  $R_b$  ( $\Omega$ )
- $R_b$  = tahanan pentanahan setelah diisi zat aditif parit melingkar ( $\Omega$ )

Jika kedalaman penanaman elektroda  $L$  (m), melebihi kedalaman parit zat aditif( $H$ ) maka untuk menentukan nilai tahanan pentanahan totalnya dapat dilakukan langkah perhitungan dengan rumus pendekatan.Pertama menghitung tahanan pentanahan elektroda

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.  
 Cipta Diindungi Undang-Undang







dimana:

$r_1$  = jari-jari dalam parit (m)

$r_2$  = jari-jari luar parit (m)

$H$  = tinggi parit (m)

Sesuai persamaan (2.14) dan (2.15), maka diperoleh massa zat aditif yang harus terisi secara penuh sebesar :

$$m = \rho_{ag} \times \pi \times (r_2^2 - r_1^2)H \dots \dots \dots (2.16)$$

**2.6 Pereduksi tahanan pentanahan**

Tahanan pentanahan untuk gedung diharapkan < 5 ohm dan tahanan pentanahan untuk peralatan diharapkan < 3 ohm (PUIL, 2000).Tahanan pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanah, lapisan tanah, kandungan elektrolit tanah. Oleh karena itu, agar mendapatkan tahanan pentanahan sekecil mungkin tidak cukup hanya dilakukan dengan menanam pasak saja, karena kandungan elektrolit pada tanah juga berpengaruh terhadap tahanan pentanahan (Munthe, 2009).

Kandungan elektrolit tanah dapat diubah dengan mengkondisikan tahanan jenis tanah yaitu melalui penambahan zat aditif pada tanah.Tinggian air tanah adalah kandungan air yang ada di dalam tanah. Kandungan air tanah sangat dipengaruhi oleh musim, saat penghujan permukaan air tanah akan dangkal dan disaat kemarau akan dalam. Jadi nilai tahanan tanah/ *grounding* sangat terpengaruh oleh debit tinggi air tanah, penghujan akan jauh lebih baik dibanding kemarau.

1. Abu cangkang kelapa sawit

Abu cangkang kelapa sawit (ACKS) adalah limbah padat yang berasal dari pembakaran cangkang kelapa sawit yang dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada proses penggilingan minyak sawit. Di Indonesia, dari 21,4 juta Ha areal perkebunan nasional, sekitar 42,39% atas lahan perkebunan itu ditanami kelapa sawit, Lahan seluas 9,07 Ha kelapa sawit menghasilkan CPO (crude palm oil) terbesar di dunia, yaitu sebesar 23,52 ton pada tahun 2012, Setiap 100 ton tandan buah segar yang diproses akan menghasilkan lebih kurang 20 ton cangkang, 7 ton serat dan 25 ton tandan kosong. Data pada tahun 2008 kebun kelapa sawit terluas di Indonesia masih dimiliki oleh Provinsi

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:



Riau. Luas kebun kelapa sawit di Provinsi ini mencapai 1.611.382 hektar, semuanya tersebar di semua kabupaten dan kota Provinsi Riau (Dirjen Perkebunan, 2012).

## 2. Arang dan Garam

Kandungan zat-zat dalam tanah terutama zat organik maupun organik yang dapat larut perlu untuk diperhatikan, didaerah yang mempunyai tingkat curah hujan yang tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas akan larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif yaitu dengan penanaman elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat, akan tetapi dapat juga ditambahkan garam sebagai zat aditif untuk menurunkan tahanan pentanahan agar penanaman elektroda tidak terlalu dalam (Pasaribu, 2012). Larutan garam dalam air merupakan larutan elektrolit, yaitu larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, tetapi sifat lainnya adalah korosif artinya bahwa kandungan garam tersebut mudah membuat keropos jenis logam apapun.

Arang tempurung kelapa memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah dari tanah serta memiliki struktur pori yang lebih besar sehingga dapat menyerap air lebih banyak dan memiliki sifat konduktif (Purwanto, dkk 2013). Perlakuan kimiawi terhadap tanah dirasa cocok dan murah diterapkan sebagai solusi pemecahan terhadap tingginya tahanan tanah. Metode tersebut dilakukan dengan memberikan bahan pereduksi, yang digunakan adalah arang untuk menurunkan resistivitas tanah. Sifat arang menyerap air dari udara lembab, kemudian melepaskannya pada kondisi yang kering, sehingga membuatnya berfungsi sebagai pengatur kelembaban yang baik.

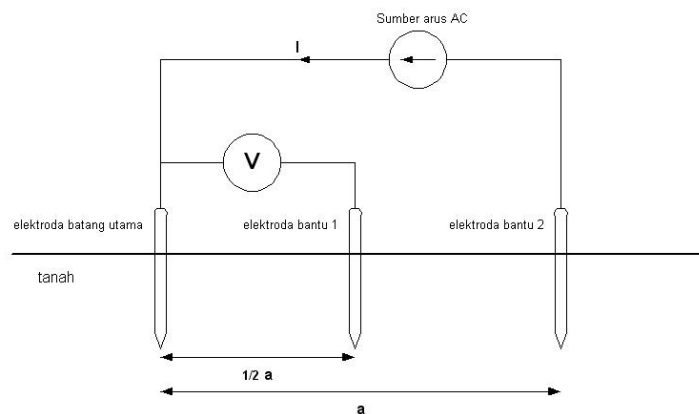
Faktor yang mempengaruhi sistem pentanahan dengan memanfaatkan arang, diantaranya adalah pengaruh peletakan arang arang disekitar elektroda batang, pengaruh volume arang yang ditanam konsentris elektroda batang, dan pengaruh konsentrasi air dalam arang memperoleh kesimpulan bahwa volume arang yang dicampurkan dalam tanah sangat berpengaruh terhadap nilai resistansi pentanahan. Semakin besar volume arang yang ditambahkan dalam suatu medium tanah dapat memperkecil nilai resistansi pentanahan.

### 3. Abu Ban

Abu ban merupakan bahan konduktivitas tahanan pentanahan yang baik, dimana abu dari sisa pembakaran ban dapat menurunkan nilai dari tahanan pentanahan (George, Eduful, 2008) dengan struktur tanah dan kondisi cuaca yang berbeda di Indonesia, Sedangkan dengan struktur tanah dan kondisi cuaca di Indonesia hasil dari sisa pembakaran abu ban hanya dapat mempertahankan nilai dari tahanan pentanahan, karena struktur tanah dan kondisi cuaca terutama di daerah kota penkanbaru merupakan jenis tanah kerikil kering dan memiliki nilai resistansi tanah 200-300 ( $\Omega$ m) dan kondisi cuaca yang panas.

#### 2.7 Pengukuran tahanan tanah

Untuk mengetahui besar tahanan tanah dapat menggunakan metode tiga titik, yaitu dengan memasang tiga buah elektroda batang yang terdiri satu buah elektroda batang utama dan dua buah elektroda batang bantu dengan jarak tertentu. Dengan memberikan sumber arus yang dipasang antara elektroda batang utama dengan elektroda batang bantu 2, serta memasang Voltmeter yang dipasang antara elektroda batang utama dengan elektroda batang bantu 1, seperti yang ditunjukkan Gambar 2.5



Gambar 2.6 Pengukuran Resistansi Tanah dengan Menggunakan Metode Tiga Titik  
(Sumber: T.S Hutauruk, 1987)

Pada gambar 2.4, **a** adalah jarak antara elektroda batang utama dengan elektroda batang bantu 2, dan elektroda batang bantu 1 dimasukkan ke tanah dengan jarak minimal  $\frac{1}{2}$  **a** dari elektroda batang utama.

Hak Cipta Diindungi Undang-Undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
2. Dilarang mengummumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Setelah menetapkan besar arus yang dialirkan ke tanah dan didapatkan hasil pengukuran pada Voltmeter, lalu untuk mendapatkan nilai resistansi tanahnya dapat dihitung dengan memakai persamaan (2.17):

$$U = R \cdot I$$

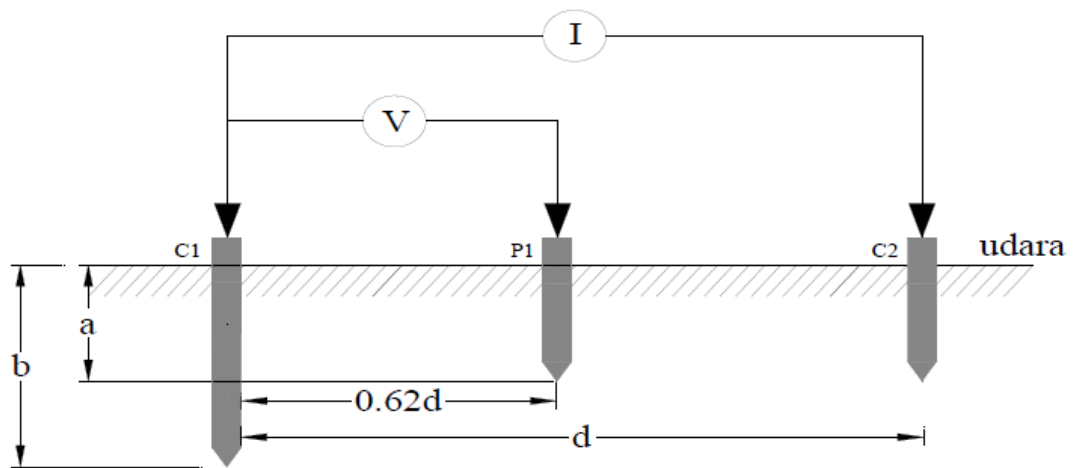
$$R = \frac{U}{I} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana:

- U= tegangan yang terukur oleh voltmeter (volt)
- I= arus yang terukur pada Amperemeter (ampere)
- R= resistansi tanah ( $\Omega$ )

### 3.8 Pengukuran tahanan jenis tanah dengan metode driven rod

Metode *Driven Rod* (tiga pancangan) atau Metode *Fall Of Potential* cocok digunakan dalam keadaan normal, seperti garis transmisi pada sistem pembumian atau permasalahan dalam area, kesemuanya ini disebabkan karena pemasangan yang dangkal, kondisi tanah, penempatan pengukuran area dan tidak samanya jenis tanah pada dua lapisan tersebut. Metode *Driven Rod* ditunjukkan seperti Gambar 2.7 di bawah ini:



Gambar 2.7 Metode *Driven Rod*

(Sumber: Siregar, 2010)

Hal-hal yang Diindungi Undang-Undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Metode *Driven Rod* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1} \dots\dots\dots(2.18)$$

dimana :

$\rho$  = tahanan jenis tanah ( $\Omega m$ )

$R$  = tahanan pentanahan elektroda batang ( $\Omega$ )

$L$  = panjang batang yang tertanam ( $m$ )

$a$  = jari-jari elektroda batang ( $m$ )

### 3.9 Pengaruh penambahan jumlah elektroda batang paralel dan pemberian zat aditif menggunakan metode SPSS

SPSS merupakan sebuah program statistik yang berfungsi untuk membantu dalam memproses data-data statistik secara tepat dan cepat, seperti untuk mengolah data nilai tahanan pentanahan elektroda batang paralel yang di uji menggunakan uji korelasi dan uji regresi untuk mempermudah pengolahan data statistiknya.

#### 2.9.1 Uji korelasi dan regresi

Korelasi merupakan suatu hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya. Hubungan antara variabel tersebut bisa secara korelasional dan bisa juga secara kausal. Jika hubungan tersebut tidak menunjukkan sifat sebab akibat, maka korelasi tersebut dikatakan korelasional, artinya sifat hubungan variabel satu dengan variabel lainnya tidak menunjukkan sifat sebab akibat, maka korelasinya dikatakan kausal, artinya jika variabel yang satu merupakan sebab, maka variabel lainnya merupakan akibat (Husaini, 2003).

Pembahasan korelasi minimal menyangkut dua kelompok nilai atau dua variabel. Variabel-variabel tersebut bisa berasal dari subjek penelitian yang sama, tetapi bisa juga terjadi pada atau berasal subjek penelitian yang sama (Husaini, 2003).

Dalam kehidupan sehari-hari sering kali kita menemui kejadian-kejadian, kegiatan-kegiatan atau masalah-masalah yang saling berhubungan satu sama lain, oleh karena itu kita juga memerlukan analisis hubungan antara kejadian-kejadian tersebut. Perumusan



koefisien korelasi dilakukan dengan memakai perbandingan antara variasi yang dijelaskan dengan variasi total (Koster, 2001).

Metode korelasi ini menggambarkan secara kuantitatif asosiasi ataupun relasi satu variabel interval dengan variabel interval lainnya. Sebagai contoh kita dapat lihat relasi hipotetikal antara lamanya waktu belajar dengan nilai ujian tinggi. Korelasi diukur dengan suatu koefisien ( $r$ ) yang mengindikasikan seberapa banyak relasi antar dua variabel. Daerah nilai yang mungkin adalah +1.00 sampai -1.00. Dengan +1.00 menyatakan hubungan yang sangat erat, sedangkan -1.00 menyatakan hubungan negatif yang erat.

Berikut ini adalah panduan untuk nilai korelasi tersebut (+ atau -) (Husaini, 2003):

- |                     |                        |
|---------------------|------------------------|
| 1. 0.80 hingga 1.00 | korelasi sangat tinggi |
| 2. 0.60 hingga 0.79 | korelasi tinggi        |
| 3. 0.40 hingga 0.59 | korelasi moderat       |
| 4. 0.20 hingga 0.39 | korelasi rendah        |
| 5. 0.01 hingga 0.19 | korelasi sangat rendah |

Satu hal yang perlu diingat adalah "korelasi tidak menyatakan hubungan sebab-akibat". Dari contoh di atas, korelasi hanya menyatakan bahwa ada relasi antara lamanya waktu belajar dengan nilai ujian tinggi, namun bukan "lamanya waktu belajar menyebabkan nilai ujian tinggi" (Husaini, 2003).

Seperti telah diuraikan sebelumnya, untuk mengetahui seberapa dekat hubungan antara variabel diperlukan suatu ukur yang menyatakan "kekuatan" relasi tersebut. Dalam statistik, ukuran tersebut diperoleh melalui suatu analisis korelasi (Harinaldi, 2005).

### 2.9.2 Uji regresi linier sederhana

Analisis regresi digunakan untuk mempelajari dan mengukur hubungan statistik yang terjadi antara dua atau lebih variabel, sedangkan di dalam regresi majemuk lebih dari dua variabel. Suatu persamaan regresi hendak ditentukan dan digunakan untuk menggambar pola atau fungsi hubungan yang terdapat dalam variabel. Variabel yang akan diestimasi nilainya disebut (*dependent variable*) dan biasanya di plot pada sumbu tegak (sumbu  $y$ ). Sedangkan variabel bebas (*explanatory variable*) adalah variabel yang diasumsikan memberikan pengaruh terhadap variasi variabel terikat dan biasanya diplot pada sumbu datar sumbu- $x$  (Harinaldi, 2005).



Regresi digunakan ketika periset ingin memprediksi hasil atas variabel-variabel tertentu dengan menggunakan variabel lain. Dalam bentuknya yang paling sederhana yang hanya melibatkan dua buah variabel, yaitu variabel *independent* dan variabel terikat *dependent*, misalnya lama waktu belajar dengan nilai ujian. Regresi sederhana berusaha memprakirakan nilai ujian dengan lamanya waktu belajar. Analisis regresi mengindikasikan kepentingan relatif satu atau lebih variabel dalam memprediksi variabel lainnya (Harinaldi, 2005).

Analisa korelasi bertujuan untuk mengukur “seberapa berupa” atau ‘derajat kedekatan”, suatu relasi yang terjadi antara variabel. Jadi analisis regresi, maka analisis korelasi ingin mengetahui kekuatan hubungan tersebut dalam koefisien korelasinya.

### 2.9.3 Hubungan koefisien korelasi dengan regresi

Untuk mengetahui derajat hubungan antara dua variabel dapat pula dilihat dari seberapa titik-titiknya. Koefisien korelasi ( $r$ ) dapat digunakan untuk (Supranto, 2008):

1. Mengetahui derajat (keeratan) hubungan (korelasi linear) antara dua variabel.
2. Mengetahui arah hubungan antara dua variabel.

Koefisien korelasi  $r$  ini perlu memenuhi syarat-syarat yaitu:

- a. Koefisien korelasi harus besar apabila kadar hubungan tinggi atau kuat, dan harus kecil apabila kadar itu kecil atau lemah.
- b. Koefisien korelasi harus bebas dari satuan yang digunakan untuk mengukur variabel-variabel, baik prediktor maupun respon.

Nilai koefisien korelasi ini paling sedikit  $-1$  dan paling besar  $1$ . Jadi, kalau  $r =$  koefisien korelasi, maka nilai  $r$  dapat dinyatakan sebagai berikut (Supranto, 2008)

Apabila artinya korelasinya negatif sempurna, artinya tidak ada korelasi dan berarti korelasinya sempurna positif (sangat kuat). Sedangkan  $r$  akan dikonsultasikan dengan tabel interpretasi.