

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai sistem pentanahan / *grounding* telah banyak dilakukan sebelumnya. Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait sistem pentanahan tersebut dijadikan sebagai acuan (referensi) dalam pengembangan pembahasan proyek akhir ini. Hal ini dilakukan bertujuan untuk menentukan batasan-batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini.

Hasan Mahmudi (Sekolah Tinggi Teknik – PLN, 2012) dalam tesisnya yang berjudul “Perhitungan Tahanan Pembedaan Elektroda Batang Kombinasi Dengan Elektroda Grid Pada Tanah Dua Lapis” melakukan penelitian tentang perhitungan tahanan pembedaan elektroda batang kombinasi dengan elektroda grid pada tanah dua lapis dengan metode kualitatif. Dalam penelitian ini diperoleh hasil analisa bahwa pembedaan elektroda kombinasi ini dapat menghasilkan tahanan pembedaan yang kecil.

Lusiana Siagian (Sekolah Tinggi Teknik – PLN, 2013) dalam tesisnya yang berjudul “Kajian Mengenai Tahanan Pembedaan Grid Dikombinasi Dengan Elektroda Batang Pada Tanah Tak Homogen” melakukan penelitian tentang kajian mengenai tahanan pembedaan grid dikombinasi dengan elektroda batang pada tanah tak homogen. Dalam penelitian ini diperoleh hasil analisa bahwa pemasangan tahanan pembedaan grid dikombinasi dengan elektroda batang pada tanah tak homogen dapat mengurangi angka tahanan pentanahan yang tinggi.

Sejalan dengan beberapa penelitian diatas maka pada penelitian ini akan dianalisa kembali memperbaiki tahanan pentanahan dengan metode *grounding* suntik yang ditanam pada GI Wates.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Tujuan Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan pada jaringan adalah untuk mengamankan peralatan / sistem dari lonjakan listrik, surja petir, dan sentuhan dari makhluk hidup. Menurut IEEE std 142 – 2007, tujuan dari pentanahan adalah :

1. Membatasi besarnya tegangan terhadap bumi agar berada dalam batasan yang diperbolehkan.
2. Menyediakan jalur bagi aliran arus yang dapat memberikan deteksi terjadinya hubungan yang tidak dikehendaki antara konduktor sistem dan bumi. Deteksi ini akan mengakibatkan beroperasinya peralatan otomatis yang memutuskan suplai tegangan dari konduktor tersebut.

2.2.2 Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan adalah besarnya tahanan pada kontak/hubung antara masa (*body*) dengan tanah. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan pentanahan, yaitu : **(TS. Hutaeruk, Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan)**

1. Tahanan jenis tanah
2. Panjang jenis elektroda pembumian
3. Luas penampang elektroda pembumian

Dalam instalasi listrik ada empat bagian yang harus dibumikan, yaitu :

1. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam dan dengan mudah bisa disentuh manusia, contohnya: menara atau tiang listrik yang terbuat dari besi. Hal ini diperlukan agar tegangan dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan tegangan tanah (bumi) tempat manusia berpijak

sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya pada saat terjadi gangguan.

2. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari *lightning arrester*. Hal ini diperlukan agar kinerja *lightning arrester* dapat berfungsi dengan baik, yaitu membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah dengan lancar.
3. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai *lightning arrester*. Karena letaknya yang ada disepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus dibumikan agar petir yang menyambar dapat disalurkan ke tanah dengan baik dan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
4. Titik netral trafo atau titik netral generator. Hal ini diperlukan dalam kaitannya dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

Nilai tahanan pembumian semakin kecil maka semakin baik. Untuk perlindungan keselamatan manusia dan peralatan perlu diusahakan tahanan pembumian lebih kecil dari 1 ohm. Tetapi dalam gardu induk, nilai tahanan yang diperbolehkan maksimum adalah 5 ohm sesuai dengan standar PLN (SPLN).

Secara teoritis tahanan dari tanah atau bumi adalah nol karena luas penampang bumi tak terhingga. Tetapi kenyataannya tidak demikian, artinya tahanan pembumian nilainya tidak nol. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya tahanan kontak antara alat pembumian dengan tanah dimana alat tersebut dipasang.

Tahanan pembumian selain ditimbulkan oleh tahanan kontak juga ditimbulkan oleh tahanan sambung antara alat pembumian dengan kawat penghubungnya. Unsur lain yang menjadi bagian dari tahanan pembumian adalah tahanan dari tanah yang ada disekitar alat pembumian yang menghambat

aliran muatan listrik yang keluar dari alat pembedaan tersebut. Arus listrik yang keluar dari alat pembedaan ini menghadapi bagian-bagian tanah yang berbeda tahanan jenisnya. Untuk jenis tanah yang sama, tahanan jenisnya dipengaruhi oleh kedalamannya. Semakin dalam letaknya, maka semakin kecil tahanan jenisnya, karena komposisinya semakin padat dan juga lebih basah. Oleh karena itu dalam memasang elektroda pembedaan, semakin dalam pemasangannya maka akan semakin baik hasilnya dalam arti akan didapat tahanan pembedaan yang semakin rendah.

2.2.3 Faktor-faktor yang Menentukan Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan suatu elektroda tergantung pada 3 faktor, yaitu :

1. Tahanan elektroda itu sendiri dan penghantar yang menghubungkan ke peralatan yang digunakan.
2. Tahanan kontak antara elektroda dan tanah.
3. Tahanan dari massa tanah di sekeliling elektroda.

Namun demikian dalam prakteknya tahanan elektroda dapat diabaikan , akan tetapi tahanan kawat penghantar yang menghubungkan ke peralatan akan mempunyai impedansi yang tinggi terhadap *impuls frekuensi* tinggi seperti misalnya pada saat terjadi *lightning discharger*. Untuk menghindarinya, sambungan ini diusahakan sependek mungkin. Dari ketiga faktor tersebut diatas yang dominan pengaruhnya adalah tahanan sekeliling elektroda atau dengan kata lain tahanan jenis tanah (ρ). **(TS. Hutaeruk, Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan)**

2.2.4 Tahanan Jenis Tanah (ρ)

Dari rumus untuk menentukan tahanan tanah dari suatu elektroda $R = \rho \frac{L}{A}$ terlihat bahwa tahanan pentanahan

berbanding lurus dengan besarnya tahanan jenis tanah (ρ). Untuk berbagai tempat harga ρ ini tidak sama dan tergantung pada beberapa faktor, yaitu :

1. Sifat geologi tanah

Sifat geologi tanah merupakan faktor utama yang menentukan tahanan jenis tanah. Bahan dasar dari tanah relative bersifat bukan penghantar. Tanah liat umumnya mempunyai tahanan jenis terendah, sedangkan batu-batuan bersifat sebagai insulator.

Dalam PUIL 2000, nilai tahanan jenis tanah sangat berbeda-beda tergantung pada jenis tanahnya. Tabel dibawah ini menunjukkan harga-harga tahanan jenis tanah (ρ) dari berbagai jenis tanah :

Tabel 2.1 Nilai Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tahanan Jenis Tanah (ohm-meter)
Tanah yang mengandung air garam	5-6
Tanah rawa	30
Tanah liat dan ladang	100
Pasir basah	200
Batu-batu kerikil basah	500
Pasir dan batu kerikil kering	1000
Tanah berbatu	3000

Sedangkan menurut IEEE *Commite Report* "IEEE *Guide for Safety in Ac Substation Grounding*" ANS/IEEE *Standard* 80-1986, besarnya tahanan jenis tanah pada

permukaan bumi digolongkan menjadi empat golongan, seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini :

**Tabel 2.2 Tahanan Jenis Tanah Menurut Standard
ANS/IEEE 80-1986**

Jenis Lapisan Tanah	Tahanan Jenis Tanah
Tanah basah organik	10
Tanah basah	100
Tanah kering	1000
Tanah berbatu	10000

2. Komposisi zat kimia dalam tanah

Kandungan zat-zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang dapat larut perlu diperhatikan pula. Didaerah yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi hal ini disebabkan karena garam yang terkandung pada lapisan atas larutan. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif yaitu dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam dimana larutan garam masih terdapat.

3. Kandungan air tanah

Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah (ρ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%. Dalam salah satu tes laboratorium untuk tanah merah penurunan kandungan air tanah dari 20% ke 10% menyebabkan tahanan jenis tanah naik sampai 30 kali. Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit sekali.

4. Temperatur tanah

Temperatur bumi pada kedalaman 1,5 meter biasanya stabil terhadap perubahan temperatur permukaan. Bagi Indonesia daerah tropik, perbedaan temperatur selama setahun tidak banyak, sehingga faktor temperatur boleh dikatakan tidak ada pengaruhnya.

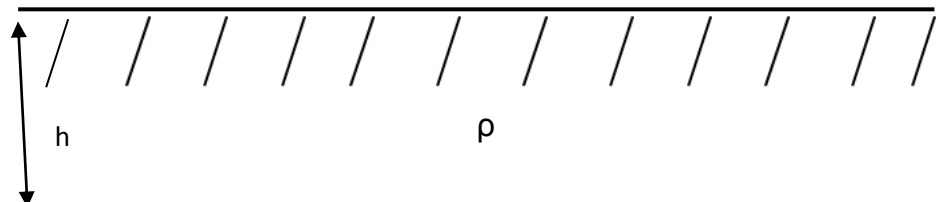
2.2.5 Hubungan Arrester dengan *Grounding*

Arrester adalah suatu alat penangkal petir pada jaringan. Sambaran petir itu sendiri dapat mengakibatkan tegangan lebih yang mengakibatkan gangguan. Sehingga dipasang *grounding* untuk mengalirkan arus lebih ke tanah yang disebabkan oleh sambaran petir tersebut. Tiga karakteristik dasar dari arrester yaitu :

1. Tegangan rated 50 c/s yang tidak boleh dilampaui.
2. Arrester mempunyai karakteristik yang dibatasi oleh tegangan (*voltage limiting*) bila dilalui oleh berbagai macam arus petir.
3. Batas termis.

2.2.6 Tanah Seragam (Homogen)

Tanah seragam (homogen) merupakan tanah yang terdiri dari satu lapisan tanah saja dan mempunyai tahanan jenis yang sama pada lapisan tanah tersebut.



Gambar 2.1 Struktur tanah satu lapis (homogen)

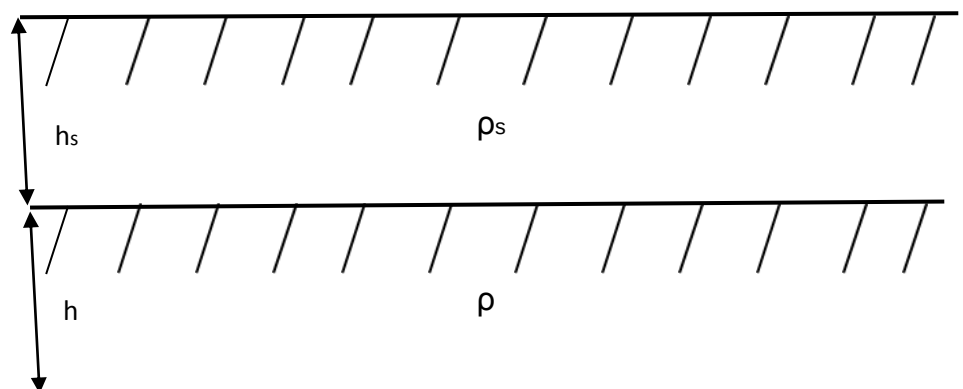
Dimana :

ρ = Tahanan jenis tanah lapisan dibawahnya (Ω)

h = Kedalaman tanah lapisan bawah (m)

2.2.7 Tanah Berlapis (non homogen)

Tanah berlapis merupakan tanah yang terdiri dari beberapa lapisan tanah (lebih dari satu lapisan tanah) dan mempunyai tahanan jenis yang berbeda-beda pada setiap lapisannya. Pada suatu lokasi tertentu sering dijumpai beberapa jenis tanah yang mempunyai tahanan jenis yang berbeda-beda, lapisan-lapisan tanah yang berbeda tersebut dapat terjadi karena faktor alami atau faktor buatan oleh manusia, sebagai contoh dari faktor buatan manusia adalah dengan menambahkan tanah urukan diatas tanah yang asli, sehingga lapisan tanah yang atas berbeda dengan lapisan tanah yang bawah, seperti terlihat pada gambar 2.3. Pada lapisan tanah tersebut, tanah mempunyai nilai tahanan jenis yang berbeda.



Gambar 2.2 Struktur tanah berlapis

Dimana :

ρ_s = Tahanan jenis tanah lapisan atas (Ω)

h_s = Kedalaman tanah lapisan atas (m)

ρ = Tahanan jenis tanah lapisan bawah (Ω)

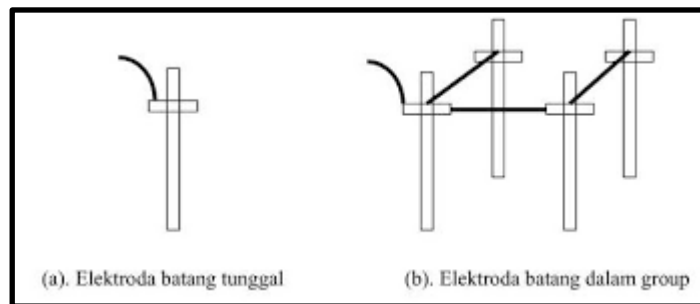
h = Kedalaman tanah lapisan bawah (m)

2.2.8 Macam-macam Sistem Pentanahan di Gardu Induk

Beberapa macam sistem pentanahan dalam Gardu Induk adalah sebagai berikut :

1. Sistem pentanahan dengan elektroda batang

Elektroda batang yaitu elektroda dari pipa atau besi baja profil yang dipancangkan ke dalam tanah. Elektroda ini merupakan elektroda yang pertama kali digunakan dan teori-teori berawal dari elektroda jenis ini. Elektroda ini banyak digunakan pada gardu induk. Secara teknis, elektroda jenis ini mudah pemasangannya dan tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda batang biasanya ditanam dengan kedalaman yang cukup dalam.



Gambar 2.3 Elektroda batang

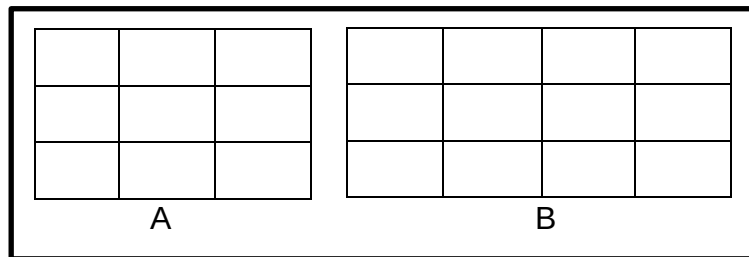
2. Sistem pentanahan dengan elektroda grid

Sistem pentanahan grid selama ini dianggap diletakkan pada tanah yang sejenis (homogen) padahal di lapangan menunjukkan bahwa tanah disekitar pentanahan grid adalah terdiri dua lapisan tanah yang berbeda tahanan jenisnya (non-homogen). Struktur dua lapisan tanah pembumian grid kadang-kadang berlapis horizontal dan kadang-kadang berlapis vertical.

Pentanahan grid merupakan bagian penting dalam sistim kelistrikan dari sudut pandang keselamatan manusia dan peralatan. Keselamatan, kehandalan, dan kontinuitas pelayanan listrik sangat tergantung pada desain pentanahan grid. Sistem pentanahan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah :

- a. Jumlah mesh
- b. Kedalaman penanaman

c. Tahanan jenis tanah



Gambar 2.4 Pentanahan dengan elektroda grid

Keterangan :

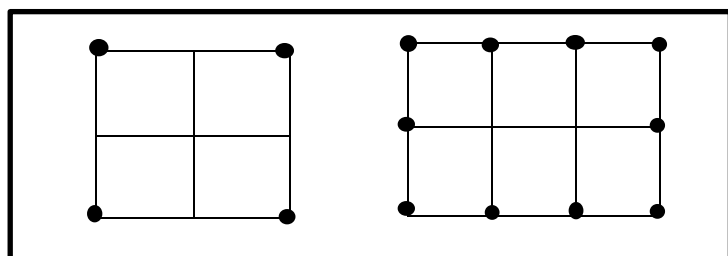
A = Pentanahan grid bujur sangkar 9 mesh

B = Pentanahan grid persegi panjang 12 mesh

3. Sistem pentanahan elektroda grid dikombinasi dengan elektroda batang (*grounding suntik*)

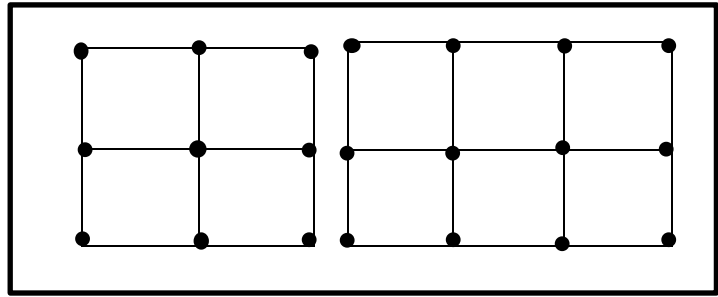
Grounding suntik adalah penambahan jumlah dan kedalaman elektroda batang. Kombinasi sistem pentanahan di suatu tempat sering kali menggunakan kombinasi pentanahan grid beserta elektroda batang yang ditanam pada kedalaman tertentu dari permukaan tanah, semakin dalam dan semakin banyak jumlah rods maka nilai tahanan *grounding* suntik (R_c) semakin bagus. Kombinasi sistem pentanahan ini diantaranya adalah :

- a. Kombinasi dengan elektroda batang dipasang di sekeliling dari *grounding* grid



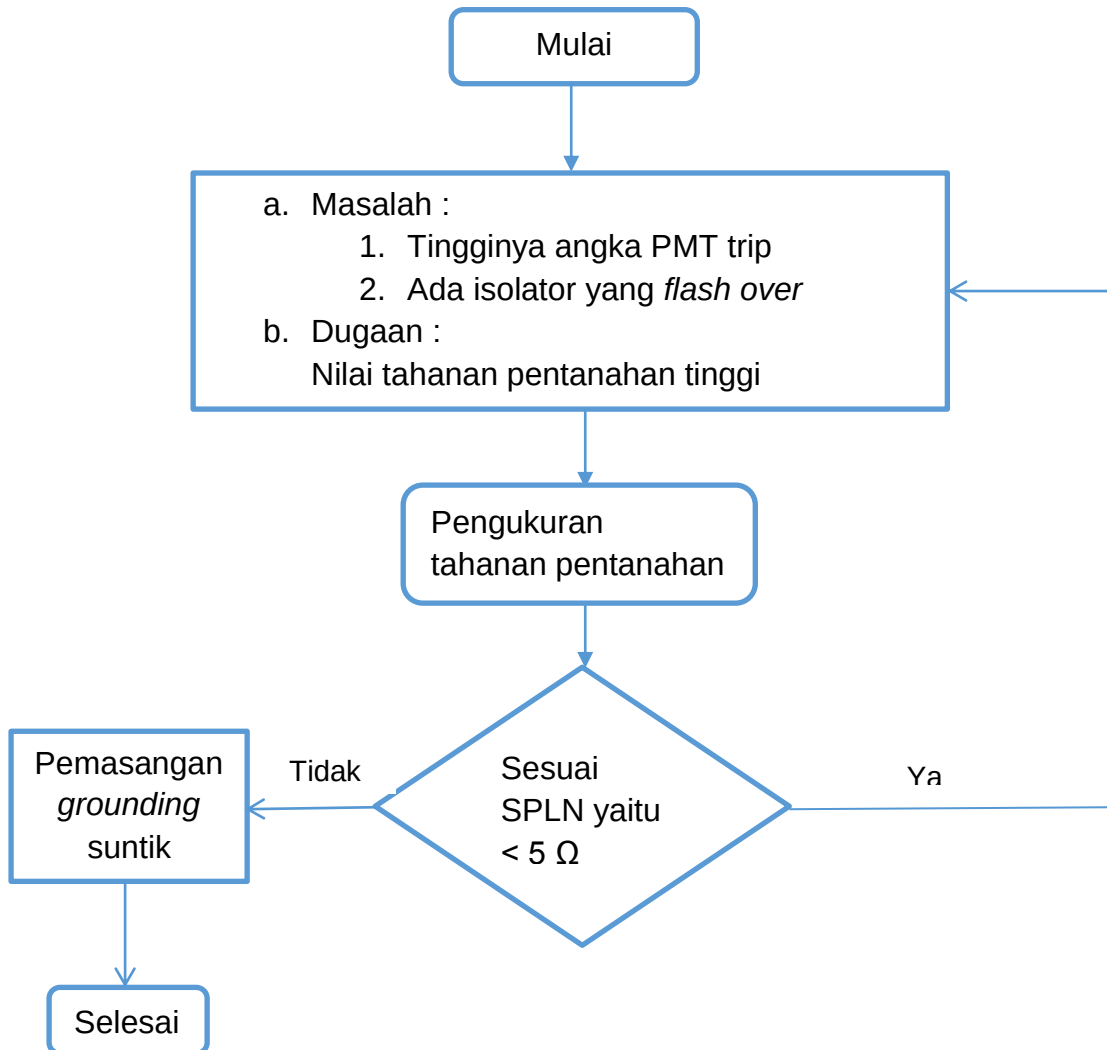
Gambar 2.5 *Grounding* grid bujur sangkar dan persegi panjang dengan elektroda batang di sekelilingnya

- b. Kombinasi dengan elektroda batang yang dipasang diagonal dari *grounding* grid



Gambar 2.6 *Grounding* grid bujur sangkar dan persegi panjang dengan elektroda batang di sekeliling dan diagonalnya

2.3 Kerangka Pemikiran



Gambar 2.7 Diagram kerangka pemikiran

Tahapan kerangka pemikiran ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Mulai

Pada tahap ini memulai kegiatan penelitian tentang sistem pentanahan dengan metode *grounding* suntik di Gardu Induk Wates.

2. Masalah

Pada tahap ini terdapat masalah yang ada yaitu tingginya angka PMT trip dan isolator yang *flashover*. Lalu terdapat dugaan bahwa yang menyebabkan masalah itu yaitu nilai tahanan pentanahan yang tinggi.

3. Pengukuran tahanan pentanahan

Pada tahap ini yaitu melakukan pengukuran terhadap tahanan pentanahan menggunakan *earth tester*.

4. Sesuai SPLN ($< 5 \Omega$)

Pada saat pengukuran apakah didapat hasil sesuai SPLN atau tidak. Jika sesuai maka kembali ke dugaan sebelumnya, jika tidak sesuai maka dilakukan tindak lanjut.

5. Pemasangan *grounding* suntik

Apabila tidak sesuai SPLN maka tindak lanjut yang dilakukan adalah memasang *grounding* suntik agar nilai tahanan pentanahan menjadi lebih rendah dan sesuai SPLN.

6. Selesai

Pada tahap ini adalah tahap terakhir dari penelitian tentang *grounding* suntik.