

LAMPIRAN A

PENURUNAN PERSAMAAN POTENSIAL PADA PERMUKAAN TANAH

Dalam lampiran ini potensial akan didefinisikan dengan anggapan-anggapan sebagai berikut :

1. Bawah permukaan tanah terdiri dari beberapa lapisan yang dibatasi oleh bidang batas horisontal, dan tiap lapisan mempunyai ketebalan tertentu kecuali untuk lapisan terbawah mempunyai ketebalan yang tidak terhingga.
2. Masing-masing lapisan mempunyai sifat kelistrikan homogen isotropik.
3. Medan listrik ditimbulkan oleh satu titik sumber arus yang ditempatkan di permukaan tanah.
4. Arus listrik yang dipancarkan oleh sumber adalah arus searah (direct current).

Anggapan-anggapan ini adalah umum dipakai sebagai dasar interpretasi pengukuran resistivitas sounding. (Koefoed,1979).

A.1. Potensial Listrik dalam Medium Homogen Isotropis

Jika arus listrik mengalir secara kontinu dalam medium homogen isotropis, jumlah arus yang mengalir tegak lurus permukaan elemen $d\bar{A}$ adalah $\bar{J} d\bar{A}$, dimana \bar{J} adalah rapat arus persatuan luas. Hubungan antara rapat arus \bar{J} dan medan listrik \bar{E} menurut hukum Ohm adalah :

$$\bar{J} = \left(\frac{1}{\rho}\right) \bar{E} \dots\dots\dots (A-1)$$

Medan listrik adalah merupakan gradient dari potensial skalar yang , yaitu :

$$\vec{E} = -\vec{\nabla} V \quad \dots\dots\dots (A-2)$$

Maka :

$$\vec{J} = -\left(\frac{1}{\rho}\right) \vec{\nabla} V \quad \dots\dots\dots (A-3)$$

Dari hukum kekekalan muatan , bahwa dalam keadaan umum muatan listrik tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan , maka jika dalam suatu volume V yang dibatasi oleh suatu luasan A tertutup tidak ada sumber arus listrik, berlaku :

$$\oint_A \vec{J} \cdot \vec{n} \, dA = 0 \quad \dots\dots\dots (A-4)$$

Menurut teorema Gauss, integral volume dari divergensi arus yang tersebar pada daerah tertentu adalah sama dengan jumlah total muatan yang dibatasinya, maka persamaan (A-4) dapat dituliskan dalam bentuk ;

$$\int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{J} \, dv = 0 \quad \dots\dots\dots (A-5)$$

$dv = 0$ maka divergensi rapat arus adalah :

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{J} = 0 \quad \dots\dots\dots (A-6)$$

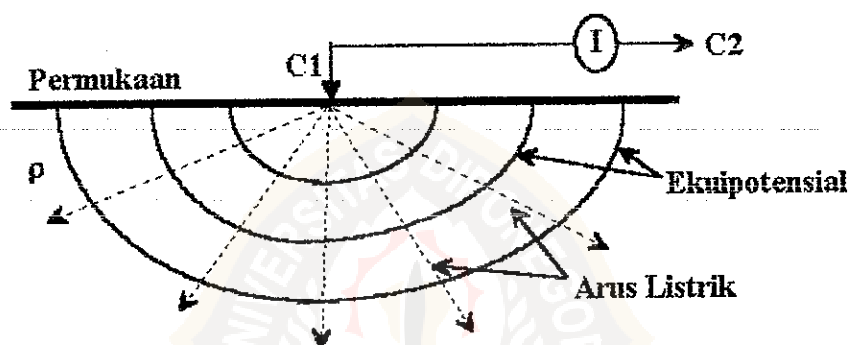
Dari persamaan (A-3) dan (A-6) kita peroleh persamaan :

$$\vec{\nabla} \sigma \cdot \vec{\nabla} V + \sigma \nabla^2 V = 0 \quad \dots\dots\dots (A-7)$$

Untuk medium yang homogen isotropis konduktivitas adalah konstan, maka kita peroleh persamaan Laplace ;

$$\nabla^2 V = 0 \quad \dots\dots\dots (A-8)$$

Jika suatu titik sumber arus ditempatkan pada suatu permukaan medium homogen isotropis seperti pada gambar A.1., potensial yang ditimbulkan oleh sumber tersebut bersifat simetris bola, yaitu hanya tergantung pada jarak r dari titik sumber.



Gambar A.1. Titik arus dipermukaan medium homogen isotropis

Persamaan Laplace dalam koordinat bola dapat dituliskan dalam bentuk :

$$\nabla^2 V = \left(\frac{1}{r^2} \right) \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V}{\partial r} \right)$$

maka

$$r^2 V = - \left(\frac{A}{r} \right) + B \quad \dots\dots\dots (A-9)$$

dimana A dan B adalah konstanta integrasi, sebab $V = 0$ untuk $r \rightarrow \infty$, maka diambil $B = 0$.

Untuk mendapatkan nilai A, kita perhatikan bahwa arus listrik ini mengalir menembus permukaan setengah bola, sehingga jumlah total arus listrik adalah ;

$$I = 2 \pi r^2 J = -2 \pi r^2 \sigma \left(\frac{\partial V}{\partial r} \right) = -2 \pi \sigma A$$

atau :

$$A = - \left(\frac{I \rho}{2 \pi} \right)$$

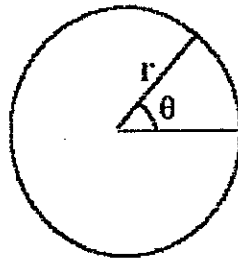
Jadi

$$V = \frac{I \rho}{2 \pi r}$$

$$\rho = \frac{2 \pi r V}{I} \dots \dots \dots (A-10)$$

A.2. Potensial dalam Medium Perlapisan (Koefoed, 1979)

Pada keadaan dimana arus listrik dipancarkan dari satu titik sumber yang ditancapkan pada permukaan medium yang terdiri dari lapisan-lapisan horisontal yang bersifat homogen isotropis, medan potensialnya akan bersifat simetris silinder terhadap sumbu vertikal yang melalui titik sumber arus. Sehingga persamaan Laplace lebih sesuai dinyatakan dalam sistem koordinat silinder z, r, θ , dimana z adalah koordinat kearah vertikal, sedangkan maksud koordinat r dan θ , adalah seperti nampak pada Gambar A.1.



Gambar A.2. Gambaran notasi untuk sistem koordinat dua silinder

Di dalam sistem koordinat silinder persamaan Laplace adalah ;

$$\left(\frac{\partial^2 V}{\partial r^2}\right) + \left(\frac{1}{r}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right) + \left(\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}\right) + \left(\frac{1}{r^2}\right)\left(\frac{\partial^2 V}{\partial \theta^2}\right) = 0 \quad \dots (A-11)$$

Untuk medium yang terdiri dari lapisan yang homogen isotropis, maka potensialnya tidak tergantung pada θ , sehingga :

$$\left(\frac{\partial^2 V}{\partial r^2}\right) + \left(\frac{1}{r}\right)\left(\frac{\partial V}{\partial r}\right) + \left(\frac{\partial^2 V}{\partial z^2}\right) = 0 \quad \dots (A-12)$$

Penyelesaian khusus dari persamaan (A-12) dapat diperoleh dengan metode pemisahan variabel. Dianggap bahwa ada penyelesaian yang mempunyai bentuk :

$$V(r,z) = U(r) \cdot W(z) \quad \dots (A-13)$$

Dari persamaan (A-10) dan (A-11) kita peroleh :

$$\left(\frac{1}{U}\right)\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2}\right) + \left(\frac{1}{U \cdot r}\right)\left(\frac{\partial U}{\partial r}\right) + \left(\frac{1}{W}\right)\left(\frac{\partial^2 W}{\partial z^2}\right) = 0 \quad \dots (A-14)$$

Persamaan ini berlaku juga jika kita ambil

$$\left(\frac{1}{U}\right)\left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2}\right) + \left(\frac{1}{U \cdot r}\right)\left(\frac{\partial U}{\partial r}\right) = -\lambda^2 \quad \dots (A-15)$$

dan

$$\left(\frac{1}{W}\right)\left(\frac{\partial^2 W}{\partial z^2}\right) = \lambda^2 \dots\dots\dots (A-16)$$

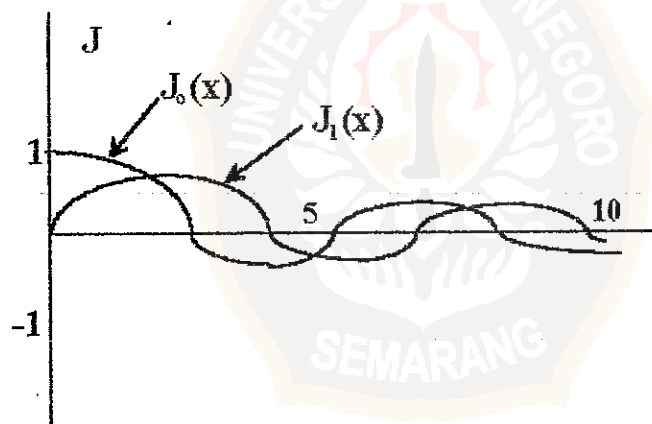
dimana λ adalah konstanta riil yang mempunyai dimensi 1/panjang. Penyelesaian persamaan (A-14) adalah :

$$W = C_1 e^{+\lambda z} \text{ dan } W = C_2 e^{-\lambda z} \dots\dots\dots (A-17)$$

Sedangkan penyelesaian persamaan (A-15) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$U = C_2 J_0(\lambda r) \dots\dots\dots (A-18)$$

dimana J_0 adalah fungsi Bessel orde nol.



Gambar A.3. Fungsi Bessel orde nol dan orde satu

Dengan menggabungkan persamaan (A-14), (A-17), dan (A-18) kita dapatkan penyelesaian khusus untuk medan potensial pada suatu lapisan :

$$V = C J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} \dots\dots\dots (A-19a)$$

$$V = C J_1(\lambda r) e^{-\lambda z} \dots\dots\dots (A-19b)$$

Dimana baik λ maupun C mempunyai harga sembarang. Jadi persamaan (A-19) merupakan pasangan tidak terhingga banyaknya dari penyelesaian persamaan Laplace. Meskipun demikian penyelesaian dapat diperluas dengan menganggap bahwa kombinasi linier dari penyelesaian khusus juga merupakan penyelesaian dari persamaan Laplace. Sebab baik λ maupun C dapat dianggap mempunyai harga sembarang dari nol sampai tak terhingga, maka penyelesaian umum yang merupakan penyelesaian dari penyelesaian khusus dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V = \int_0^{\infty} [A(\lambda) e^{-\lambda z} + B(\lambda) e^{-\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda \quad \dots\dots\dots (A-20)$$

Dalam persamaan ini integrasi terhadap λ adalah ungkapan bahwa λ dapat mempunyai harga dari 0 sampai ∞ , dan jumlah dari penyelesaian khusus yang tidak terhingga banyaknya dengan harga λ yang berbeda pasti juga merupakan salah satu dari penyelesaian persamaan Laplace. Penggantian konstanta dengan fungsi λ menyatakan bahwa kenyataan harga C dapat bervariasi tergantung dari harga λ . (Koefoed, 1968).

Potensial yang disebabkan oleh satu sumber titik arus yang ditempatkan pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas ρ_1 , didefinisikan oleh persamaan (A-10), yang dapat dituliskan dalam bentuk

$$V = \left(\frac{\rho_1 I}{2 \pi \sqrt{r^2 + z^2}} \right) \quad \dots\dots\dots (A-21)$$

Di dalam teori fungsi Bessel dikenal suatu integrasi yang disebut integral Lipschitz yang dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\int_0^{\infty} e^{-\lambda z} J_0(\lambda r) d\lambda = \frac{1}{\sqrt{r^2 + z^2}} \quad \dots\dots\dots (A-22)$$

dari persamaan (A-21) dan (A-22) kita peroleh persamaan potensial untuk medium homogen dalam bentuk :

$$V = \left(\frac{\rho \ 1^I}{2\pi} \right) \int_0^{\infty} J_0(\lambda r) e^{-\lambda z} d\lambda \quad \dots\dots\dots (A-23)$$

Apabila kita substitusikan fungsi-fungsi baru, $\phi(\lambda)$ dan $X(\lambda)$ yang didefinisikan dengan persamaan :

$$A(\lambda) = \left(\frac{\rho \ 1^I}{2\pi} \right) [1 + \phi(\lambda)] \quad \dots\dots\dots (A-24a)$$

dan

$$B(\lambda) = \left(\frac{\rho \ 1^I}{2\pi} \right) X(\lambda) \quad \dots\dots\dots (A-24b)$$

Dengan memasukkan persamaan (A-24) ke dalam persamaan (A-20) akan diperoleh :

$$V = \left(\frac{\rho \ 1^I}{2\pi} \right) \int_0^{\infty} [e^{-\lambda z} + \phi(\lambda) e^{-\lambda z} + X(\lambda) e^{-\lambda z}] J_1(\lambda r) d(\lambda) \dots\dots\dots (A-25)$$

$$\int_0^{\infty} \left[e^{-\lambda h} + \phi_i(\lambda)e^{-\lambda h} + X_i(\lambda)e^{-\lambda h} \right] J_0(\lambda r) d\lambda =$$

$$\int_0^{\infty} \left[e^{-\lambda h} + \phi_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h} + X_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h} \right] J_0(\lambda r) d\lambda \quad \dots (A-27)$$

Persamaan (A-27) hanya akan berlaku untuk semua harga r jika integral suku-suku ruas sebelah kiri sama dengan integral suku-suku ruas sebelah kanan, maka dapat dituliskan bahwa :

$$\phi_i(\lambda)e^{-\lambda h} + X_i(\lambda)e^{-\lambda h} - \phi_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h} + X_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h} = 0$$

..... (A-28)

Syarat batas yang kedua adalah komponen vertikal rapat arus harus berubah secara kontinyu melintasi bidang batas atau $\left(\frac{1}{\rho_i}\right)\left(\frac{\partial V_i}{\partial z}\right) = \left(\frac{1}{\rho_{i+1}}\right)\left(\frac{\partial V_{i+1}}{\partial z}\right)$, sehingga dengan memasukkan persamaan (A-26) ke dalam persamaan ini akan kita peroleh persamaan yang berlaku untuk semua harga ρ jika :

$$\phi_i(\lambda)e^{-\lambda h} + X_i(\lambda)e^{\lambda h} + \left(\frac{\rho_i}{\rho_{i+1}}\right)\phi_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h} -$$

$$\left(\frac{\rho_i}{\rho_{i+1}}\right)X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h} = \left(\frac{1-\rho_i}{\rho_{i+1}}\right)e^{-\lambda h} \quad \dots (A-29)$$

Untuk syarat batas pada bidang permukaan medium/tanah, karena rapat arus di udara adalah nol, maka $\left(\frac{\partial V_i}{\partial z}\right) = 0$, atau :

$$\tilde{\int}_0^{\infty} \left[-\lambda - \lambda\phi_1(\lambda) + \lambda X_1(\lambda) \right] J_0(\lambda r) d\lambda = 0 \quad \text{..... (A-30)}$$

Harus diingat bahwa integral yang berhubungan dengan suku pertama dari persamaan (A-30) menunjukkan medan yang disebabkan oleh salah satu titik sumber arus di dalam tanah homogen. Komponen vertikal dari medan ini adalah nol di setiap titik pada permukaan, dan akibatnya integral dari suku pertama persamaan (A-30) sama dengan nol. Maka akhirnya didapat :

$$\phi_1(\lambda) = X_1(\lambda) \quad \text{..... (A-31)}$$

Potensial pada lapisan terbawah (lapisan ke-n) adalah :

$$V = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \tilde{\int}_0^{\infty} \left(e^{-\lambda z} + \phi_n(\lambda) e^{-\lambda z} + X_n(\lambda) e^{-\lambda z} \right) J_0(\lambda r) d\lambda$$

Sebab potensial yang ditimbulkan oleh sumber arus pada permukaan harus menjadi nol pada kedalaman yang tidak terhingga, maka :

$$X_n(\lambda) = 0 \quad \text{..... (A-32)}$$

Persamaan potensial pada permukaan tanah diperoleh dengan memasukkan persamaan (A-31) ke dalam persamaan (A-26a) dimana $i = 1$ dan $z = 0$ yang menghasilkan :

$$V = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \tilde{\int}_0^{\infty} \left(1 + 2\phi_1(\lambda) \right) J_0(\lambda) d\lambda \quad \text{..... (A-33)}$$

Dimana $\phi_1(\lambda)$ dikenal sebagai fungsi "Kernel Stefanescu" yang dapat ditentukan

dari syarat-syarat batas di atas. Fungsi $\phi_1(\lambda)$ selain tergantung pada λ , juga tergantung pada ketebalan dan resistivitas tiap-tiap lapisan

A.4. Penyebaran Potensial Listrik Pada Permukaan Perlapisan Tanah Horisontal

(Koefoed, 1979)

Untuk memahami hubungan antara besaran-besaran yang diukur dan parameter-parameter yang menentukan tingkatan-tingkatan resistivitas di bawah permukaan tanah, dan untuk membuka jalan interpretasi secara kuantitatif dari hasil-hasil pengukuran, diperlukan pemahaman mengenai hubungan potensial listrik pada permukaan.

Potensial pada permukaan tanah yang terdiri dari perlapisan-perlapisan horisontal, dimana masing-masing lapisan mempunyai sifat kelistrikan homogen isotrop dan ketebalan tertentu, dan dianggap tidak terhingga.

Dalam persamaan (A-33) V adalah potensial pada suatu titik di permukaan, I adalah kuat arus yang dipancarkan oleh sumber arus, ρ_1 menunjukkan resistivitas lapisan pertama, merupakan suatu variabel integral, dan r jarak dari sumber arus ke titik pengukuran dan J_0 adalah fungsi yang Bessel orde nol. $\phi_1(\lambda)$ adalah suatu fungsi yang disebut fungsi kernel Stefanuscu.

Fungsi kernel Stefanuscu merupakan fungsi parameter-parameter lapisan (ketebalan/kedalaman dan resistivitas) yang dinyatakan oleh persamaan linier dibawah ini yang diperoleh dari penurunan syarat-syarat batas. Untuk medium yang terdiri dari n lapisan dapat dituliskan :

$$(u_1 + v_1)\phi_1 - u_1\phi_2 - v_1X_2 = 0$$

$$(u_1 + v_1)\phi_1 + p_1 u_1 \phi_2 - p_1 v_1 X_2 = (1 - p_1)u_1$$

$$u_2 \phi_2 + v_2 X_2 - u_2 \phi_3 - v_2 X_3 = 0$$

$$-u_2 \phi_2 + v_2 X_2 + p_2 u_2 \phi_3 - p_2 v_2 X_3 = (1 - p_2)u_2$$

$$u_{n-1} \phi_{n-1} + v_{n-1} X_{n-1} - u_{n-1} \phi_n = 0$$

$$-u_{n-1} \phi_{n-1} + v_{n-1} X_{n-1} + p_{n-1} u_{n-1} \phi_n = (1 - p_{n-1})u_{n-1}$$

..... (A-34)

Dimana $\phi_i(\lambda)$ dan $X_i(\lambda)$ adalah fungsi-fungsi bebas, dan

$$u_1 = e^{-\lambda}$$

$$v_1 = \frac{1}{u_i} = e^{\lambda h_i}$$

$$p_i = \frac{\rho_i}{\rho_{i+1}} \dots\dots\dots (A-35)$$

h_i adalah kedalaman puncak lapisan ke-i

ρ_i adalah resistivitas lapisan ke-i

n adalah jumlah perlapisan

Fungsi kernel Stefasnuscu ϕ ;

dapat ditentukan dari persamaan linier (A-34) yang mana menurut toeri determinan :

$$\phi_1(\lambda) = \frac{p_n}{D_n} \dots\dots\dots (A-36)$$

Dengan :

$$\begin{matrix}
 (u_1+v_1) & & -u_1 & -v_1 \\
 (v_1-u_1) & -p_1 u_1 & -p_1 v_1 \\
 & u_2 & v_2 & -u_2 & -v_2 \\
 D_n = & -u_2 & v_2 & p_2 v_2 & -p_2 v_2 & \dots\dots\dots (A-37) \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 & & u_{n-1} & v_{n-1} & -u_{n-1} \\
 & & -u_{n-1} & v_{n-1} & p_{n-1} u_{n-1}
 \end{matrix}$$

$$\begin{matrix}
 0 & & -u_1 & -v_1 \\
 (1-p_1)u_1 & & p_1 u_1 & -p_1 v_1 \\
 & u_2 & v_2 & -u_2 & -v_2 \\
 P_n = & (1-p_2)u_2 & -u_2 & v_2 & p_2 v_2 & -p_2 v_2 & \dots\dots\dots (A-38) \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 0 & & u_{n-1} & v_{n-1} & -u_{n-1} \\
 (1-p_{n-1}) & & -u_{n-1} & v_{n-1} & p_{n-1} u_{n-1}
 \end{matrix}$$

Untuk keadaan dua lapisan matriks D dan P terdiri dari empat elemen disudut sebelah kiri atas dari persamaan (A-37) dan (A-38). Dengan menyelesaikan determinan-determinan di atas kita peroleh :

$$D_2 = (1 + p_1) - (1 - p_1)u_1^2 \dots\dots\dots (A-39a)$$

$$P_2 = (1 - p_1) u_1^2 \dots\dots\dots (A-39b)$$

Apabila persamaan (A-39) dimasukkan kepersamaan (A-36) akan kita peroleh

$$\phi_2(\lambda) = k_1 e^{-2\lambda h_1} / (1 - k_1 e^{-2\lambda h_1}) \dots\dots\dots (A-40)$$

Dimana k_1 adalah koefisien refleksi yang didefinisikan sebagai :

$$k_1 = \frac{(\rho_{i-1} - \rho_i)}{(\rho_{i-1} + \rho_i)} \dots\dots\dots (A-41)$$

Dengan cara yang sama, untuk medium yang terdiri dari tiga lapisan akan diperoleh :

$$\phi_1(\lambda) = \frac{k_1 e^{-2\lambda h_1} + k_2 e^{-2\lambda h_2}}{1 + k_1 k_2 e^{-2\lambda h_2 - h_1} - k_1 e^{-2\lambda h_1} - k_2 e^{-2\lambda h_2}} \dots\dots\dots (A-42)$$

A.5. Fungsi Kernel Dan Hubungannya Dengan Parameter - Parameter Bawah

Permukaan

Potensial pada permukaan tanah pada persamaan (A-33) dapat disederhanakan menjadi :

$$V = \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \int_0^{\infty} K(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda \dots\dots\dots (A-43)$$

Dimana $K(\lambda)$ disebut sebagai fungsi "Kernel Slichter" (1933) yang didefinisikan sebagai ;

$$K(\lambda) = 1 + 2\phi_1(\lambda) \text{ atau :}$$

$$K(\lambda) = \frac{N_n}{D_n} \dots\dots\dots (A-44)$$

Dimana $N_n = D_n + 2 P_n$, sedangkan D_n dan P_n adalah determinan-determinan yang didefinisikan oleh persamaan (A-37) dan persamaan (A-38). Dari persamaan (A-37) dan (A-38) didapatkan :

$$\begin{aligned}
 & (v_1 - u_1) \quad -u_1 \quad -v_1 \\
 & (u_1 + v_1) p_1 u_1 \quad -p_1 v_1 \\
 N_n = & \begin{array}{cccc}
 & u_2 & v_2 & -u_2 & -v_2 \\
 & -u_2 & v_2 & p_2 v_2 & -p_2 v_2 & \dots\dots\dots (A-45) \\
 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 & u_{n-1} & v_{n-1} & -u_{n-1} \\
 & -u_{n-1} & v_{n-1} & p_{n-1} u_{n-1}
 \end{array}
 \end{aligned}$$

Hubungan antara fungsi kernel Slichter dengan parameter-parameter bawah permukaan (kedalaman/ketebalan dan resistivitas) dinyatakan oleh persamaan (A-44), dan (A-32) dan (A-36). Walaupun demikian pernyataan yang lebih sesuai untuk hubungan ini adalah dalam bentuk hubungan rekursi (perulangan). Hubungan antara fungsi kernel Slichter dengan parameter-parameter lapisan dalam bentuk hubungan rekursi dikemukakan oleh Flathe (1955) dan Parkeris (1940).

$$\begin{aligned}
 V_{i+1} &= \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \int_0^{\infty} [e^{-\lambda z} + \phi_{i+1}(\lambda) e^{-\lambda z} + X_{i+1}(\lambda) e^{-\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda \\
 V_{i+1} &= \left(\frac{\rho_1 I}{2\pi} \right) \int_0^{\infty} [e^{-\lambda z} + \phi_{i+1}(\lambda) e^{-\lambda z} + X_{i+1}(\lambda) e^{-\lambda z}] J_0(\lambda r) d\lambda
 \end{aligned}$$

$$D_{i+1} = \begin{matrix} & D_i & -v_{i-1} & 0 \\ & & -p_{i-1}v_{i-1} & 0 \\ 0 & u_i & u_i & -u_i \\ 0 & -u_i & v_i & p_i u_i \end{matrix} \dots\dots\dots (B-2)$$

Penyederhanaan dari determinan di atas terutama pada suku-suku tambahan dapat dilakukan dengan mengikuti tiga langkah di bawah ini, dimana masing-masing langkah tidak mengubah harga determinan di atas.

Persamaan (B-2) dapat disederhanakan menjadi :

$$D_{i+1} = \begin{matrix} & D_i & -v_{i-1} & 0 \\ & & -p_{i-1}v_{i-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -u_i \\ 0 & -(1-p_i)u_i & (1+p_i)v_i & 0 \end{matrix} \dots\dots\dots (B-3)$$

Dari penjabaran persamaan B-3 ini akan diperoleh :

$$D_{i+1}(u) = (1 + p_i) D_i + (1 - p_i) u_i^2 D_i^*(u) \dots\dots\dots(B-4)$$

Dimana D_i^* adalah determinan dari matrik D_i yang elemen-elemen kolom terakhir digantikan dengan elemen-elemen yang bersesuaian pada kolom kedua dari kanan dari determinan D_{i+1}

$$\begin{array}{cccc}
 (u_1+v_1) & -u_1 & -v_1 & \\
 (v_1-u_2) & p_1u_1 & -p_1v_1 & \\
 & -u_2 & v_2 & -u_2 & -v_2 \\
 D_i = & -u_2 & v_2 & p_2u_2 & -p_2v_2 & \dots\dots\dots (B-5)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ccc}
 u_{i-1} & v_{i-1} & -v_{i-1} \\
 -u_{i-1} & v_{i-1} & p_{i-1}v_{i-1}
 \end{array}$$

Hubungan antara D_i^* dengan D_i dapat diperoleh dengan menukarkan elemen-elemen pada semua kolom ganjil di sebelah kananya dari elemen-elemen baris genap. Oleh masing-masing langkah di atas tanda dari determinan berubah, sebab jumlah operasi yang mengubah tanda dari determinan adalah ganjil. dari prosedur di atas akan diperoleh,

$$\begin{array}{cccc}
 (u_1+v_1) & -v_1 & -u_1 & \\
 (v_1-u_2) & p_1v_1 & -p_1u_1 & \\
 & v_2 & u_2 & -v_2 & -u_2 \\
 D_i^* = & -v_2 & u_2 & p_2v_2 & -p_2u_2 \\
 & & & & \dots\dots\dots \\
 & v_{i-1} & u_{i-1} & -v_{i-1} \\
 & -v_{i-1} & u_{i-1} & p_{i-1}v_{i-1}
 \end{array}$$

Dimana jika kita bandingkan dengan persamaan B-1 dan dengan mengiat bahwa $u_i = 1/v_i$ akan kita dapatkan :

$$D_i^*(u) = -D_i(1/u) \quad \dots\dots\dots (B-6)$$

Apabila persamaan B-6 dimasukkan kedalam persamaan B-4 :

$$D_{i+1}(u) = (1 + p_i) D_i(u) - (1 - p_i) u_i^2 N_i(1/u) \quad \dots\dots\dots (B-7)$$

Dengan cara yang serupa akan diperoleh hubungan antara N_{i+1} dengan N_i dimana ;

$$N_{i+1}(u) = (1 + p_i) N_i(u) - (1 - p_i) u_i^2 N_i(1/u) \quad \dots\dots\dots (B-8)$$

Persamaan B-7 dan B-8 adalah pernyataan hubungan rekursi filthe yang menggambarkan hubungan antara fungsi kerne Slichter dengan parameter-parameter lapisan, dimana untuk lapisan terdiri dari $(i + 1)$ lapisan :

$$K(\lambda) = N_{i+1}(u) / D_{i+1}(u)$$

Untuk n lapisan dapat dituliskan :

$$K(\lambda) = \frac{N_n}{D_n} = \frac{N_{n-1}(u) + k_{n-1} u_{n-1}^2 N_{n-1}(1/u)}{D_{n-1}(u) - k_{n-1} u_{n-1}^2 D_{n-1}(1/u)} \quad \dots\dots (B-9)$$

Dimana $k_{n-1} = (1 - p_{n-1}) / (1 + p_{n-1})$, atau

$$= (\rho_n - \rho_{n-1}) / (\rho_n + \rho_{n-1}) \quad \dots\dots\dots (B-10)$$

Dari persamaan B-9 dapat juga kita menyatakan fungsi kernel Slichter dalam bentuk :

$$K(\lambda) = N_n^* / D_n^* \quad \dots\dots\dots (B-11a)$$

dengan :

$$D_{i-1}^*(u) = D_i^*(u) - k_1 u_1^2 D_i^*(1/u)$$

$$N_{i+1}^*(u) = N_i^*(u) + k_1 u_1^2 N_i^*(1/u) \dots\dots\dots (B-11b)$$

Untuk dapat memakai hubungan rekursi ini, kita harus mengetahui pernyataan-pernyataan untuk fungsi-fungsi dengan subscript 1, yaitu fungsi-fungsi yang berhubungan dengan tanah yang homogen. cara yang sesuai untuk mendapat pernyataan-pernyataan ini adalah dengan penjabaran determinan D_2 dan N_2 . Dari persamaan A-40 dinyatakan bahwa :

$$D_2 = (1 + p_1) - (1 - p_1) u_1^2$$

$$P_2 = (1 - p_1) u_1^2$$

$$\text{Maka } N_2 = D_2 + 2 P_2 = (1 + p_1) + (1 - p_1) u_1^2$$

jadi untuk keadaan dua lapisan, dari persamaan A-45 didapatkan :

$$K = N_2 / D_2 = (1 + k_1 u_1^2) / (1 - k_1 u_1^2)$$

Jika persamaan ini kita bandingkan dengan persamaan b-11a dan B-11b akan kita dapatkan bahwa :

$$D_1^*(u) = D_1^*(1/u) = N_1^*(u) = N_1^*(1/u) = 1 \dots\dots\dots (B-12)$$

Dengan memasukkan harga awal seperti pada persamaan B-12 kedalam persamaan B-11, dan selanjutnya perhitungan dalam persamaan ini diulang terus-menerus sampai dengan $i = n-1$ akhirnya akan diperoleh fungsi kernel Slichter pada permukaan tanah yang terdiri dari n lapisan horisontal homogen isotropis.

B.2. Penurunan Hubungan rekursi Pekeris (1940)

Untuk mendapatkan hubungan antara fungsi kernel dengan parameter lapisan, pekeris pertama-tama dari syarat batas bahwa potensial dan rapat arus harus berubah secara kontinyu melintasi bidang batas, dimana persamaan A-28 dan A-30 dapat dituliskan ;

$$e^{-\lambda h} + \phi_i(\lambda)e^{-\lambda h} + X_i(\lambda)e^{\lambda h} = e^{-\lambda h} + \phi_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h} + X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h} \quad \dots\dots\dots (B-13)$$

dan

$$1/(\rho_i)(e^{-\lambda h} + \phi_i(\lambda)e^{-\lambda h} - X_i(\lambda)e^{\lambda h}) = 1/(\rho_{i+1})(e^{-\lambda h} + \phi_{i+1}(\lambda)e^{-\lambda h} - X_{i+1}(\lambda)e^{\lambda h}), \quad \dots\dots\dots (B-14)$$

Apabila persamaan B-13 dibagi dengan persamaan B-14 dan mengingat bahwa $v_i = \exp(\lambda h_i)$, akan diperoleh :

$$\rho_i \frac{1 + \phi_1(\lambda) + X_i(\lambda)v_i}{1 + \phi_i(\lambda) - X_i(\lambda)v_i} = \rho_{i+1} \frac{1 + \phi_{i+1}(\lambda) + X_{i+1}(\lambda)v_i}{1 + \phi_{i+1}(\lambda) - X_{i+1}(\lambda)v_i} \quad (B-15)$$

Dengan memasukkan fungsi baru K_i pada setiap lapisan yang didefinisikan dengan ;

$$K_i(\lambda) = \frac{1 + \phi_i(\lambda) + X_i(\lambda)v_{i-1}^2}{1 + \phi_i(\lambda) - X_i(\lambda)v_{i-1}^2} \quad \dots\dots\dots (B-16)$$

Nampak bahwa pada permukaan tanah ($i = 1$) dimana $h_{1,1} = 0$ atau $v_{1,1} = 1$ dan dari syarat batas dipermukaan $\phi_i(\lambda) = X_i(\lambda)$, fungsi K_i adalah :

$$K_j(\lambda) = 1 + 2\phi_j(\lambda) \dots\dots\dots (B-17)$$

Yang mana sama dengan fungsi kernel Slichter K yang didefinisikan A-22. Untuk lapisan terbawah $i = n$ menurut syarat batas persamaan A-33 $X_i(\lambda) = 0$ maka :

$$K_n(\lambda) = 1 \dots\dots\dots (B-18)$$

Dari definisi persamaan B-16 maka persamaan B-15 dapat dituliskan dalam

bentuk :

$$K_i(\lambda) = \left(\frac{\rho_i}{\rho_{i+1}} \right) \frac{1 + \phi_i(\lambda) + X_i(\lambda)v_{i-1}^2}{1 + \phi_i(\lambda) - X_i(\lambda)v_{i-1}^2}$$

Apabila fungsi $\phi_i(\lambda)$ dan $X_i(\lambda)$ dari pernyataan ini dinyatakan dalam K_i dengan mempergunakan persamaan B-16 dan selanjutnya kita jabarkan akan kita peroleh persamaan :

$$K_{i+1} = \frac{K_i - \tanh(\lambda t_i)}{\rho_i + K_{i+1} \tanh(\lambda t_i)} \dots\dots\dots (B-19)$$

$$K_i = \frac{K_{i+1} + \rho_i \tanh(\lambda t_i)}{1 - K_{i+1} \tanh(\lambda t_i)} \dots\dots\dots (B-20)$$

Dimana : $t_i = h_i - h_{i-1}$. ketebalan lapisan ke-i

$$\tanh(\lambda t_i) = (\exp(2\lambda t_i) - 1)/(\exp(2\lambda t_i) + 1)$$

Persamaan B-19 dan B-20 melukiskan hubungan antara fungsi kernel Slichter dengan parameter lapisan dalam bentuk hubungan rekursi Pekeris.

B.3. Perbandingan Antara Hubungan Rekursi Flathe dan Hubungan Rekursi Pekeris (Koefoed, 1979)

Hubungan rekursi pekeris melukiskan penambahan lapisan baru pada permukaan lapisan awal, disertai dengan pemindahan konfigurasi elektroda ke permukaan perlapisan yang baru terbentuk. Dalam bagian B-2 persamaan B-20.

K adalah fungsi kernel slichter, subcript dari persamaan ini menyatakan lapisan terdangkal dari perlapisan yang dipandang. Lebih jauh notasi $p_i = \rho_{i+1} / \rho_i$ dipakai, dan t_i adalah ketebalan dari lapisan ke- i . Nampak bahwa hubungan rekursi Pekeris hanya terdiri dari satu persamaan yang secara langsung menggambarkan perubahan dari fungsi kernel Slichter.

Baik hubungan rekursi Flathe maupun hubungan rekursi Pekeris mempunyai kekhususan sendiri-sendiri dalam pemakaian hubungan rekursi Pekeris lebih disukai, sebab strukturnya lebih sederhana dan ruang memori komputer lebih sedikit. kelebihan lain dari hubungan rekursi pekeris adalah dapat dibalik untuk menentukan fungsi kernel slichter pada lapisan di bawahnya (K_{i+1}), yaitu :

$$K_{i+1} = \rho \frac{K_i - \tanh(\lambda t_i)}{1 - K_i \tanh(\lambda t_i)}$$

Dalam bentuk ini hubungan rekursi Pekeris melukiskan penghapusan lapisan yang terdangkal dari suatu perlapisan, disertai dengan pemindahan konfigurasi elektroda ke permukaan perlapisan yang baru. Proses di atas disebut sebagai "Penurunan ke bidang batas yang lebih rendah". Jika akan mempergunakan hubungan rekursi Pekeris yang didefinisikan persamaan B-19, diperlukan pernyataan fungsi K yang

berhubungan dengan pengukuran pada permukaan perlapisan awal, yang mana harus diturunkan dari pengukuran lapangan. Koefoed pada tahun 1970 memperkenalkan fungsi "transformasi resistivitas" dengan notasi T_i , yang didefinisikan oleh persamaan :

$$T_i = \rho_i K_i$$

Dimana subscript dari fungsi transformasi resistivitas mempunyai arti sama seperti subscript untuk fungsi kernel Slichter dalam hubungan rekursi Pekeris> pernyataan untuk transformasi dalam bentuk hubungan rekursi Pekeris adalah :

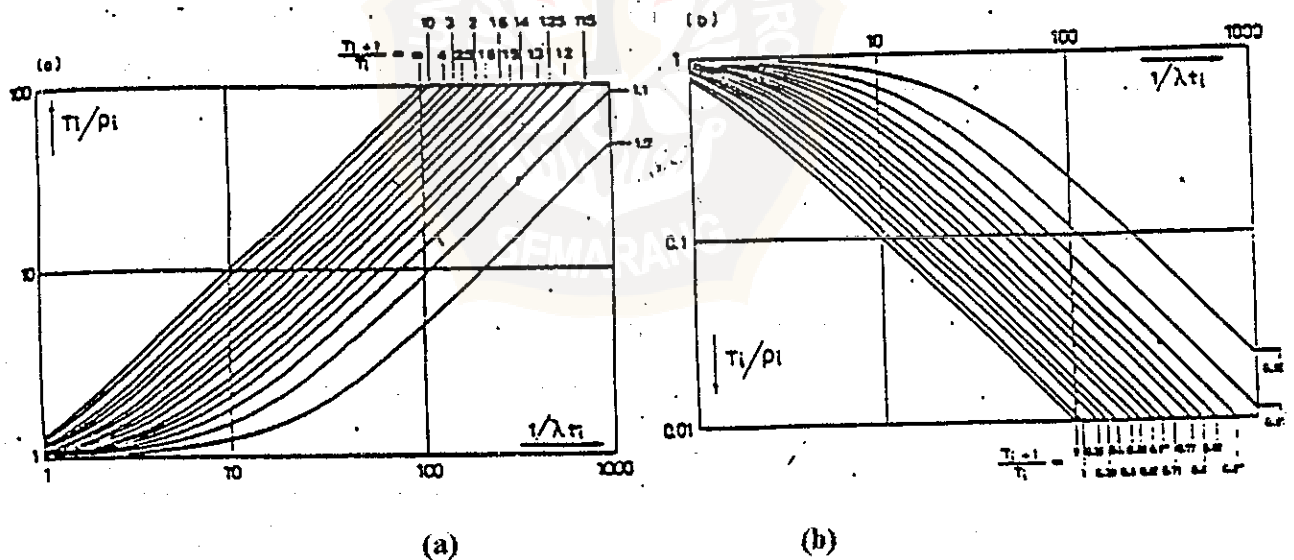
$$T_i = \frac{T_{i-1} + \rho_i \tanh(\lambda L_i)}{1 + T_{i-1} \tanh(\lambda L_i) / \rho_i} \quad \text{..... (B-21)}$$

$$T_{i-1} = \frac{T_i - \rho_i \tanh(\lambda L_i)}{1 - T_i \tanh(\lambda L_i) / \rho_i} \quad \text{..... (B-22)}$$

Transformasi resistivitas adalah fungsi dari parameter dan λ , dan mempunyai dimensi resistivitas. Ada beberapa analogi yang menarik antara transformasi resistivitas sebagai fungsi panjang $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ dan resistivitas semu sebagai fungsi spasi elektroda (s). Salah satu contoh dari analogi ini adalah sifat asyptotik dari kedua fungsi tersebut. Untuk $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ mendekati tak terhingga tangen hiperbolik dalam persamaan B-21 dan B-22 mendekati nol, sehingga $T_i \rightarrow T_{i-1}$. Ini berlaku untuk semua langkah dari hubungan rekursi, sehingga semua T_i termasuk T_1 mendekati secara asyptotik dengan T_n . Sedangkan untuk $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ mendekati nol, maka tangen hiperbolik mendekati satu, sehingga dari persamaan B-21 diperoleh $T_i \rightarrow \rho_i$. Maka untuk $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ kecil kita dapatkan T_1 mendekati ρ_1 .

Terlihat diatas bahwa fungsi transformasi menunjukkan sifat asymptotik seperti fungsi resistivitas semu, baik untuk harga absis kecil maupun besar. Secara umum pengaruh kenaikan $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ pada fungsi resistivitas semu adalah serupa dengan pengaruh kenaikan sapsi elektroda (s) pada fungsi resistivitas semu, keduanya berhubungan dengan kenaikan keadaan dimana informasi diperoleh.

pengaruh pada fungsi transformasi resistivitas dari penurunan ke bidang batas yang lebih rendah seperti didefinisikan pada persamaan B-22 dapat dinyatakan dengan baik dalam bentuk grafik. Jika kita bagi suku sebelah kanan dan kiri dari persamaan B-22 dengan T_i , maka kita peroleh hubungan T_{i+1} / T_i sebagai fungsi yang hanya tergantung pada dua variabel bebas (T_i / ρ_i) dan $(1/\lambda t_i)$. Persamaan ini dapat dinyatakan sebagai satu famili parameter dari kurve seperti pada Gambar b.1 berikut ini.



Gambar b.1. Perubahan relative transformasi resistivitas dengan penurunan ke bidang batas yang lebih rendah

- a). Untuk $T_i > \rho_i$
 b). Untuk $T_i < \rho_i$

LAMPIRAN C
RESISTIVITAS SEMU

(Koefoed, 1979)

Pada Lampiran A.1 didapatkan bahwa potensial pada suatu titik pada permukaan tanah homogen yang disebabkan oleh satu sumber arus yang ditempatkan di permukaan adalah :

$$V_r = \rho I / 2 \pi r \dots\dots\dots(C-1)$$

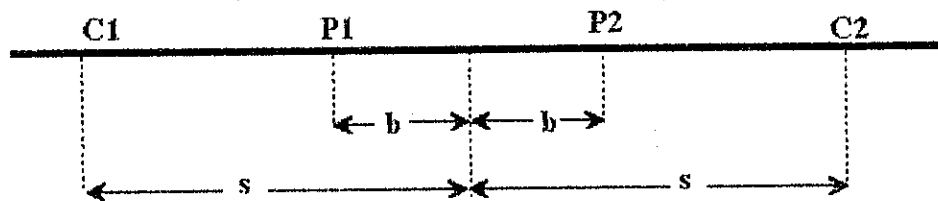
dimana V_r adalah potensial pada titik P, ρ adalah resistivitas dari tanah homogen, I adalah intensitas arus yang dimasukkan dalam tanah, r adalah jarak antara titik sumber arus dengan titik pengukuran.

Untuk suatu konfigurasi elektroda tertentu dengan persamaan C-1 dapat ditentukan beda potensial (ΔV) yang diukur pada permukaan tanah homogen. Selanjutnya akan diperoleh persamaan untuk ρ , dimana ρ dinyatakan sebagai fungsi ΔV , I dan jarak anantara elektroda-elektroda. Di dalam kenyataan tanah adalah tidak homogen, jika kita masukkan harga-harga ΔV dan I dalam persamaan untuk ρ di atas, besaran yang diperoleh didefinisikan sebagai resistivitas semu (apparent resistivity ρ_s).

Untuk konfigurasi elektroda Selhumberger seperti dilukiskan pada gambar d.1.

Beda potensial antara titik P_1 dan P_2 untuk tanah yang homogen adalah

$$\Delta V = 2 \left(\rho I / 2 \pi \right) \left\{ 1 / (s-b) - 1 / (s+b) \right\}$$



Gambar d.1. Konfigurasi Elektroda Schlumberger

Pernyataan untuk resistivitas semu, diperoleh dengan menyelesaikan persamaan ini untuk ρ , maka :

$$\rho_a = (\Delta V / I) (2 \pi s) [(s^2 - b^2) / 4 b s] \dots\dots\dots(C-2)$$

Faktor $(s^2 - b^2) / 4 b s$ sebagai faktor geometri.

Interpretasi pada sistem konfigurasi elektroda Schlumberger adalah berdasarkan pada anggapan bahwa jarak antara elektroda pengukuran potensial kecil sekali dibandingkan dengan jarak elektroda arus. Dengan anggapan ini faktor geometri dapat diturunkan menjadi $s / 4 b$. Dari anggapan jarak elektroda potensial kecil sekali, maka kuat medan listrik pada permukaan dapat dipandang konstan dalam daerah antara elektroda potensial. Akibatnya perbandingan $\Delta V / 2 b$ dapat diganti dengan perbandingan diferensial, yaitu dengan menyatakan :

$$V = 2 [V(s - b) - V(s + b)] \text{ -----} \rightarrow 2 dV$$

dan $2b \text{ -----} \rightarrow dr$

sehingga

$$(\Delta V / 2 b) \text{ -----} \rightarrow -2 \frac{\partial V}{\partial r}$$

Dengan memasukkan persamaan ini kedalam persamaan C-2 akan diperoleh :

$$\rho_a = -(2\pi s^2/I)(\partial V/\partial r) \dots\dots\dots(C-3)$$

Dimana V adalah potensial yang disebabkan oleh satu titik sumber, seperti didefinisikan oleh persamaan A-45 .

$$V = (\rho_1 I/2\pi) \int_0^{\infty} K(\lambda) J_0(\lambda r) d\lambda$$

menurut teori fungsi Bessel

$$\frac{\partial J_0(x)}{\partial x} = -J_1(x) \dots\dots\dots(C-4)$$

Maka jika persamaan A-45 dan persamaa C-4 kita masukkan kedalam persamaan C-3 akan kita peroleh hubungan antara fungsi resistivitas semu dengan dengan fungsi kernel dalam bentuk ;

$$\rho_a(s) = \rho_1 s^2 \int_0^{\infty} K(\lambda) J_0(\lambda s) d\lambda \dots\dots\dots(C-5a)$$

$$\rho_a(s) = s^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda s) d\lambda \dots\dots\dots(C-5b)$$

LAMPIRAN D
PENENTUAN FUNGSI TRANSFORMASI RESISTIVITAS
DARI FUNGSI RESISTIVITAS SEMU

Pada lampiran B didapatkan suatu proses yang disebut sebagai proses penurunan fungsi transformasi resistivitas ke bidang batas yang lebih rendah, yang didefinisikan pada persamaan b-22/ Untuk dapat mempergunakan persamaan ini diperlukan pernyataan dari fungsi T yang berhubungan dengan pengukuran pada permukaan tanah, yang mana harus ditentukan dari resistivitas semu lapangan.

Hubungan antara transformasi resistivitas dengan resistivitas semu dilukiskan oleh persamaan C-5b . Menurut teorema Transformasi Hankel menyatakan bahwa :

$$\text{Jika : } \int_0^{\infty} h(\lambda) J_n(\lambda s) \lambda d\lambda = H(s)$$

$$\text{Maka : } \int_0^{\infty} H(s) J_n(\lambda s) s ds = \lambda s \dots\dots\dots(D-1)$$

Apabila Transformasi Hankel kita kenakan pada persamaan C-5b kita peroleh

$$T(\lambda) = \int_0^{\infty} (\rho_a(s)/s) J_1(\lambda s) ds \dots\dots\dots(D-2)$$

Dengan memasukkan variabel baru x dan y dimana $s = \exp(x)$ dan $\lambda = \exp(-y)$ kedalam persamaan D-2 maka :

$$T(e^{-y}) = \int_{-\infty}^{\infty} \rho_a(e^x) J_1(e^{-(y-x)}) dx \dots\dots\dots(D-3)$$

Kita dapat menyatakan fungsi transformasi resistivitas dalam persamaan D-3 kedalam bentuk digital, yaitu :

$$T(e^{-\gamma_0}) = \int \sum_{n=-\infty}^{\infty} \rho_a(e^{n\Delta x}) \frac{\text{Sin}(\pi(x - n\Delta x)/\Delta x)}{\pi(x - n\Delta x)/\Delta x} J_1(e^{-(\gamma_0 - x)}) dx$$

atau dapat ditulis juga dalam bentuk

$$T(e^{-\gamma_0}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \rho_a(e^{n\Delta x}) \int \frac{\text{Sin}(\pi v/\Delta x)}{\pi v/\Delta x} J_1(e^{-(\gamma_0 - n)\Delta x - v}) dv \quad \text{.....(D-4)}$$

Dimana, $v = x - n \Delta x$ dan $\gamma_0 = n_0 \Delta x$

Persamaan D-4 menjadi :

$$T(e^{-\gamma_0}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \rho_a(e^{n\Delta x}) f_2((n_0 - n) \Delta x) \quad \text{.....(D-5)}$$

Dimana

$$f_2((n_0 - n)\Delta x) = \int \frac{\text{Sin}(\pi v/\Delta x)}{\pi v/\Delta x} J_1(e^{-(\gamma_0 - n)\Delta x - v}) dv \quad \text{.....(D-6)}$$

$f_2((n_0 - n)\Delta x)$ dikenal sebagai koefisien filter digital untuk menentukan harga sample fungsi transformasi resistivitas dari fungsi resistivitas semu yang disebut sebagai filter langsung.

Apabila kita substitusikan $k = n - i$ kedalam persamaan D-5 maka :

$$T(e^{-\gamma_0}) = \sum_{k=-K}^{k=L} (e^{((n_0 - k)\Delta x}) f_2((k) \Delta x) \quad \text{.....(D-7)}$$

Dimana $f(k \Delta x)$ adalah koefisien filter linier ke $-k$ dan $(K+L+1)$ adalah jumlah koefisien yang dipandang.

Yang perlu diperhatikan disini bahwa dari persamaan D-7 diperlukan data tambahan ρ_a agar dapat diperoleh data T yang lengkap sesuai data ρ_a yang akan diinterpretasikan. Jadi kita harus extrapolasikan dari kurve ρ_a ke kiri sebanyak L data dan ke kanan sebanyak K data, agar diperoleh harga sample transformasi resistivitas yang sesuai dengan harga sample resistivitas semu.



LAMPIRAN E
DAFTAR TAHANAN JENIS
DARI BEBERAPA MINERAL DAN BATUAN

Tabel 1. Tahanan Jenis Metal dan Elemen

Elemen	Tahanan Jenis (Ohm m)	Elemen	Tahanan Jenis (Ohm m)
Antimony	4.5×10^{-7}	Molybdenum	5.7×10^{-8}
Arsenic	2.2×10^{-7}	Nickel	7.8×10^{-8}
Bismuth	1.2×10^{-9}	Platinum	10^{-7}
Copper	1.7×10^{-5}	Silver	1.6×10^{-8}
Gold	2.4×10^{-8}	Sulphur	10^{+14}
Graphite	10^{-3}	Tellurium	10^{-3}
Iron	10^{-7}	Tin	1.1×10^{-7}
Lead	2.2×10^{-7}	Uranium	3.0×10^{-7}
Mercury	9.6×10^{-7}	Zinc	5.8×10^{-7}

Tabel 2. Tahanan Jenis Mineral

Mineral	Formula	Tahanan Jenis (Ohm m)
Argenite	Ag_2S	$2.1 \times 10^{-3} - 10^{-4}$
Bismuthinite	Bi_2S_3	18 - 570
Covellite	CuS	$3.0 \times 10^{-7} - 8 \times 10^{-5}$
Chalcopyrite	$CuFeS_2$	$1.2 \times 10^5 - 0.5$
Bornite	Cu_3FeS_4	$2.5 \times 10^{-5} - 0.3$
Pyrite	FeS_2	$2.9 \times 10^{-5} - 1.5$
Pyrrhotite	Fe_nS_m	$6.5 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-2}$
Molybdenite	MoS_2	$10^{-3} - 10^6$
Galena	Pbs	$3.0 \times 10^{-3} - 6.0 \times 10^{-2}$
Stannite	Cu_2FeSnS_2	$10^{-3} - 6.0 \times 10^3$
Sphalerite	ZnS	$1.5 \times 10^{-4} - 10^{-1}$
Cobaltite	$CoAsS$	$3.5 \times 10^{-4} - 10^{-1}$
Arsenopyrite	$FeAsS$	$2.0 \times 10^{-5} - 15$

Bauxite	$Al_2O_3 \cdot nH_2O$	$2.0 \times 10^2 - 10^3$
Cuprite	Cu_2O	$10^2 - 10^7$
Chromite	$FeCr_2O_4$	1 - 10^6
Hematite	Fe_2O_3	$3.5 \times 10^3 - 10^7$
limonite	$2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$	$10^2 - 10^7$
Magnetite	Fe_3O_4	$5.0 \times 10^5 - 5.7 \times 10^3$
Manganite	$MnO(OH)$	$10^2 - 0.3$
Quartz	SiO_2	$4.0 \times 10^{10} - 2.0 \times 10^{14}$
Calcite	$CaCO_3$	2.0×10^{12}
Fluorite	CaF_2	8.0×10^{13}
Diamond	C	$10 - 10^{13}$
Mica		$9.0 \times 10^2 - 10^{14}$
Coals		$10 - 10^{11}$
Lignite		9.0 - 200

Tabel 3. Tahanan Jenis Berbagai Bijih

Ore	Mineral Lain	Tahanan jenis (Ohm m)
Pyrite	2% (Chalco)	300
18%	20% (Chalco)	130
40%	5% (Zns)	1
Pyrrhotite		
41%		2.2×10^{-4}
58%		2.3×10^{-4}
95%		1.4×10^{-4}
Iron		
Fe_3O_4 60%		45
Fe_2O_3 (berbutir halus)		2.5×10
Fe_2O_4 (dalam pegmatite)		$7 \times 10 - 2 \times 10$
Zinc		
30%	5% PBS, 15% FeS	0.75
70%	3% Chalco, 17% PBS	20
90%	10% FeS	130
	5%	

CuS		$10^{-4} - 1$
CuFeS ₂ (80%)	10 % FeS	0.66
CuFeS ₂ (90%)	2 %	0.66

Tabel 4. Tahanan Jenis Batuan Beku dan Metamorf

Type Batuan	Tahanan Jenis (Ohm m)
Granite	$3 \times 10^2 - 10^6$
Albite	$3 \times 10^2 - 3.3 \times 10^3$
Synite	$10^2 - 10^6$
Diorite	$10^4 - 10^5$
Porphyrite	$10 - 5 \times 10^4$ (wet) -3.3×10^3 (dry)
Dacite	2×10^4
Andesite	4.5×10^4 -1.7×10^2
Diabase	$20 - 5 \times 10^7$
Gabro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1.3 \times 10^7$
Schists	$20 - 10^4$
Tuffs	2×10^3 (wet) -10^5 (dry)
Graphite Schists	$10 - 10^2$
Slates	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Gneis	$6.8 \times 10^4 - 3 \times 10^6$
Marble	$10^2 - 2.5 \times 10^8$

Tabel 5. Tahanan Jenis Batuan Sedimen

Type Batuan	Tahanan Jenis (Ohm m)
Conglomerat	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstones	$1 - 6.4 \times 10^8$
Limestone	$50 - 10^7$
Dolomite	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Maris	$3 - 70$

LAMPIRAN F
DATA SURVEY GEOLISTRIK TAHANAN JENIS
KONFIGURASI SCHLUMBERGER
TERMINAL TRANSIT LOMANIS CILACAP

No. Titik 01

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_a (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	54	400	400	402	401	87.42
	2.5	18.85	55	254	255	256	255	87.39
	3	27.49	55	161.5	166.2	166.7	166.5	83.33
	4	49.48	72	59	58.9	58.3	58.7	40.36
	5	77.75	73	31	31.2	32	33.3	33.68
	6	112.31	65	15.7	14.9	15	15.2	26.26
	8	200.28	142	19.3	19.4	19	19.2	27.11
	10	313.37	108	7.6	7.9	7.7	7	21.91
2	10	75.4	120	28.7	29	27.3	29.3	17.95
	12	109.96	110	18.6	19	19.1	19.1	18.94
	16	197.92	100	10.8	11	11	11	21.67
	20	311.02	112	6.9	6.7	6.8	6.6	18.74
	25	487.73	126	5.7	5.6	5.5	5.3	21.39
	30	703.72	132	3.3	3.6	3.7	3.4	18.66
	40	1,253.5	202	5	5	4.7	4.9	30.41
	50	1,960.35	210	4	4.9	4.3	4.2	31.27
10	50	376.99	236	12	12	12.3	12.1	19.65
	60	549.78						
	80	989.78						
	100	1,555.09						
	120	2,246.24						

No. Titik : 02

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_a (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	63	184.4	183.3	184.3	184	34.4
	2.5	18.85	65	60.6	60.7	61.2	60	17.73
	3	27.49	58	25.7	25.9	26	27.2	12.42
	4	49.48	87	19.2	19.7	19.8	19.3	8.49
	5	77.75	110	16.7	16.8	16.3	16.1	11.64
	6	112.31	117	16.8	16.9	16.3	16.7	16.01
	8	200.28	187	13.2	13.1	13	13.3	14.08
	10	313.37	250	26.3	24.7	25.2	26	32.03
2	10	75.4	267	37.4	37.9	37.5	37	10.57
	12	109.96	325	51.7	51.6	51.3	51.3	17.47
	16	197.92	360	41.3	44.2	43.1	44.7	23.82
	20	311.02	300	14.7	14.3	14	14.1	14.8
	25	487.73	231	4.3	4	4.1	4.7	9.03
	30	703.72	217	3	3.5	3.6	3.6	11.11
	40	1,253.5	201	1.1	0.9	1	1.3	6.7
	50	1,960.35	211	1.1	0.8	0.7	0.6	7.43
10	50	376.99	200	3.4	3.1	3.5	3.7	6.45
	60	549.78	236	2.1	2.5	2.7	2.9	5.94
	80	989.78						
	100	1,555.09						
	120	2,246.24						

No. Titik : 03

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_s (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	92	262	261	260	261	33.42
	2.5	18.85	78	165.5	165.1	165.9	164.9	39.96
	3	27.49	78	55.1	56	55.4	55.3	19.54
	4	49.48	75	29.3	29.7	30.6	31.1	19.89
	5	77.75	63	15.2	14.8	14.9	15	18.84
	6	112.31	69	8.3	8.7	9.2	9.7	14.61
	8	200.28	93	5.6	5.9	6	6	9.74
	10	313.37	110	4.7	4.8	4.2	4.1	12.68
2	10	75.4	123	13.7	13.8	13.2	13.3	8.27
	12	109.96	202	14.8	14.9	14.7	14.9	8.07
	16	197.92	292	14.1	14	14	14	9.51
	20	311.02	329	10.3	10.1	9.9	9.8	9.48
	25	487.73	256	4.6	4.7	4.3	4.5	8.62
	30	703.72	297	4.9	4.7	4.9	4.8	11.55
	40	1,253.5	325	3.1	3.5	4	4.3	14.37
	50	1,960.35	343	4.1	4.5	4.3	4.3	25.57
10	50	376.99	293	6.8	6.8	6.8	6.5	8.65
	60	549.78	334	5.9	5.6	5.7	5.7	9.42
	80	989.78	362	4.8	4.7	4.1	4.2	12.16
	100	1,555.09						
	120	2,246.24						

No. Titik : 04

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_a (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	67	677	667	669	670	117.93
	2.5	18.85	48	236	236	237	236	92.77
	3	27.49	79	676	680	684	676	236.27
	4	49.48	108	684	658	680	681	309.59
	5	77.75	230	274	276	275	276	93.05
	6	112.31	223	152.7	152.7	152.6	152.9	76.92
	8	200.28	222	57.8	57.8	57.8	57.9	52.17
	10	313.37	206	436	43.4	43	44	66.17
2	10	75.4	227	137.1	137.4	137.3	137.9	45.65
	12	109.96	304	227	228.3	227.9	228	82.4
	16	197.92	356	96.8	96.7	97	97	53.86
	20	311.02	297	23.7	23.5	24	23.1	24.69
	25	487.73	301	24.1	24.6	24.5	24.3	39.5
	30	703.72	235	9.6	9.7	9.8	10	29.27
	40	1,253.5	292	3.7	3.3	3.2	3	14.17
	50	1,960.35	313	1.9	2	2.5	2	13.5
10	50	376.99	359	9.8	9.6	10.1	8.9	10.08
	60	549.78	365	4.3	4.1	4.6	4.2	6.48
	80	989.78						
	100	1,555.09						
	120	2,246.24						

No. Titik : 05

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_a (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	88	189	185	187	186	24.99
	2.5	18.85	110	176.8	176	176	176.3	30.21
	3	27.49	125	132.7	132.1	132.3	133.4	29.17
	4	49.48	96	39.7	40.1	39.7	39.8	20.57
	5	77.75	156	42.6	43.1	42.7	42.4	21.28
	6	112.31	100	20.9	21.4	20.3	21.7	23.67
	8	200.28	107	10.5	10.6	10.9	10.7	19.98
	10	313.37	150	7.9	8	8	8.5	16.92
2	10	75.4	171	30.7	30.4	31.7	31.7	13.72
	12	109.96	188	18.9	18.9	18.8	18.8	11.03
	16	197.92	158	17	17.6	17.2	17.1	21.58
	20	311.02	100	5.6	5.7	5.8	5.8	17.81
	25	487.73	149	4.2	4.1	4.1	4	13.42
	30	703.72	167	2.3	2.3	2.1	2.4	9.59
	40	1,253.5	166	1	0.8	0.9	0.8	6.61
	50	1,960.35	264	1	1.9	1.9	1.9	12.25
10	50	376.99	127	4.8	4.7	4.8	4.6	14.03
	60	549.78	284	1.5	2.3	1.9	1	3.24
	80	989.78	245	1.7	1.8	1.6	1.5	6.66
	100	1,555.09	347	3.3	3.1	3	3.2	14.12
	120	2,246.24						

No. Titik : 06

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_a (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	66	246	244	244	244	43.64
	2.5	18.85	122	245	243	241	241	37.47
	3	27.49	107	154.6	152.4	151.6	150.7	39.13
	4	49.48	99	86.6	85.5	85.8	85.9	42.96
	5	77.75	98	53.7	52.3	52.5	52.1	41.77
	6	112.31	165	56	55.6	55.8	55.8	37.98
	8	200.28	187	40.1	39.9	40	40	42.84
	10	313.37	182	19.5	20	19.7	19.9	34.05
2	10	75.4	197	69.3	69.9	69.1	68.8	26.51
	12	109.96	175	16.7	17.6	17.9	17.9	11.01
	16	197.92	168	8.5	9.1	8.8	8.5	10.28
	20	311.02	227	8.5	8.6	8.7	8	11.58
	25	487.73	144	5.6	5.6	5.8	6	19.47
	30	703.72	153	2.6	2.8	2.8	3	12.88
	40	1,253.5	162	1.3	1.3	1.4	1.5	10.64
	50	1,960.35	143	1	0.8	0.8	0.9	8.89
10	50	376.99	99	4	4	3.5	3.7	14.47
	60	549.78	139	3	3	2.5	2.9	8.6
	80	989.78	151	2	2	1.9	1.9	12.78
	100	1,555.09	204	0.9	0.7	0.4	0.5	4.76
	120	2,246.24	213	0.3	0.2	0.3	0.4	3.16

No. Titik : 07

MN/2	AB/2	K	I (mA)	V (mV)				ρ_a (Ω m)
				1	2	3	4	
0.5	2	11.78	84	588	587	586	586	82.28
	2.5	18.85	96	188.7	187.8	188.6	187.6	36.95
	3	27.49	174	290	291	292	292	46.01
	4	49.48	114	143.2	142.8	142.4	142.9	61.99
	5	77.75	125	99.5	99.5	99.4	98.2	61.67
	6	112.31	137	78.3	78.6	78.5	79.6	64.56
	8	200.28	221	57.6	57.2	57.4	57.4	52.01
	10	313.37	262	32.3	31.6	32.5	32.3	38.48
2	10	75.4	284	118.6	117.6	117.5	117.6	31.28
	12	109.96	295	61.2	60	59.9	58.7	22.34
	16	197.92	4,102	4,106	4,103	40.9	30.92	
	20	311.02	298	23.3	22.9	23.1	23.3	24.42
	25	487.73	275	12.5	12.9	13.5	12.5	22.73
	30	703.72	259	6.7	6.4	6.8	7.2	18.41
	40	1,253.5	300	8.6	8.5	8.6	8.6	35.83
	50	1,960.35	252	6.1	6.4	6.2	6.3	48.62
10	50	376.99	104	701	701	7	608	25.37
	60	549.78	114	2.5	2.5	2.4	2.5	11.94
	80	989.78	170	1.2	1.1	1.4	1.2	6.98
	100	1,555.09						
	120	2,246.24						

LAMPIRAN G

INTERPRETASI DATA DENGAN CURVE MATCHING

IV.1.1. Titik Sounding 1

Langkah pertama :

$$P_1 (2.1, 61)$$

$$t_1 = d_1 = 2.1 \text{ m}$$

$$r_1 = 61 \Omega \text{m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 0.2 \text{ (Kurva Standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 0.2 \times 61 = 13.8 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 = (19, 17)$$

$$t_2 = 19 \text{ m}$$

$$\rho_a = 17 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_a = 5 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu K)}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_a \times \rho_a = 5 \times 17 = 85 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu H dihipitkan pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 10$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 10 \times 2.1 = 21 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 2.1 + 21 = 23.1 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (43, 27)$$

$$t_{a1} = 43 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 27 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_{41} / \rho_{a1} = 0.111 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_4 = \rho_{41} / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 0.111 \times 27 = 2.997 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu K dihipit pada P_2 didapat P_3 pada $t_2 / t_1 = 0.5$

$$t_3 = t_2 / t_1 \times t_1$$

$$= 0.5 \times 19 = 9.5 \text{ m}$$

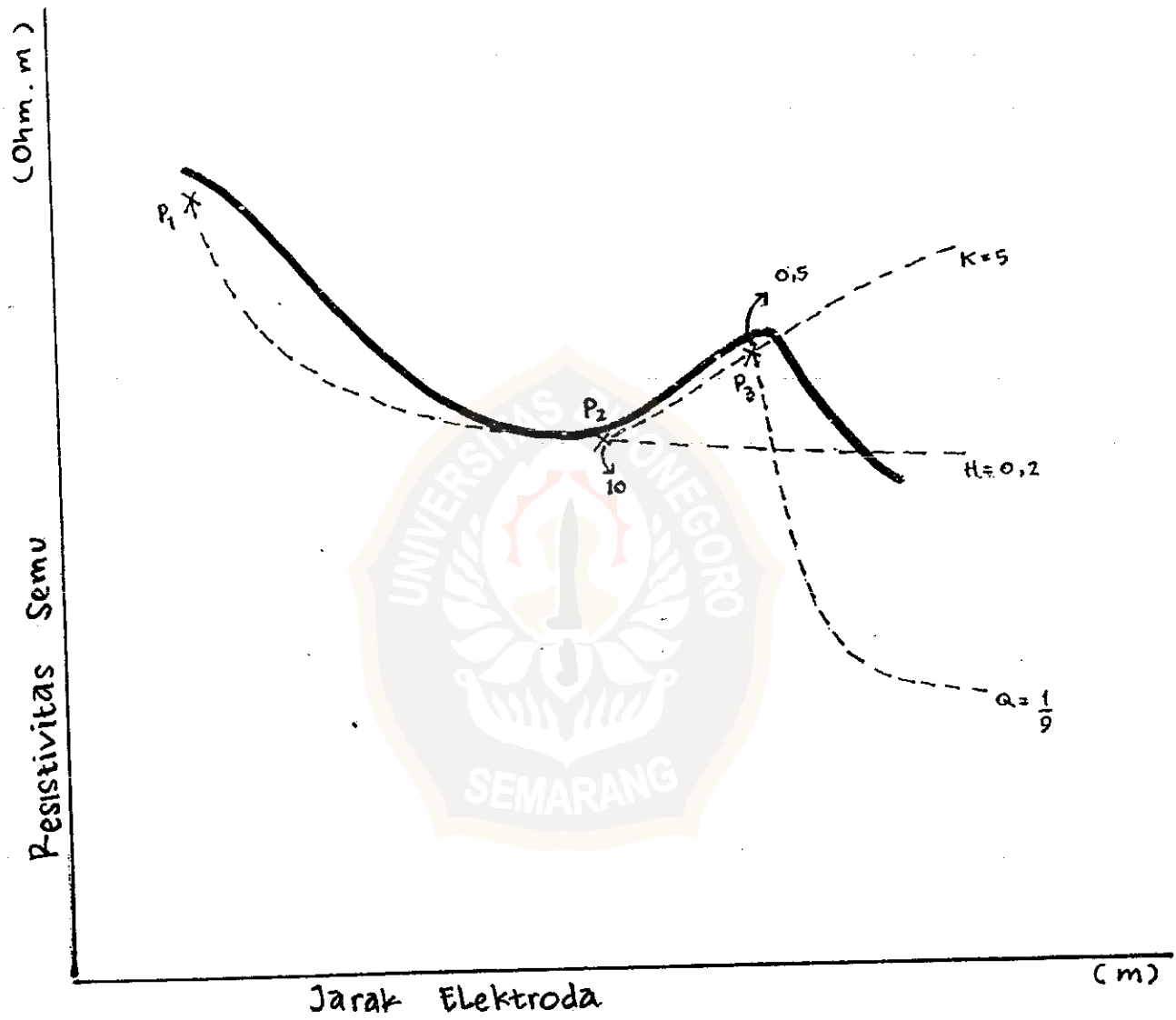
$$d_3 = d_2 + t_3$$

$$= 23.2 + 9.5 = 32.7 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses didapat :

Lapisan	Resistivitas ($\Omega \text{ m}$)	Kedalaman (m)
1	61	2.1
2	13.8	23.2
3	85	32.7
4	3	~





Gambar g.1. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 1 dengan "Curve Matching"

IV.1.2. Titik Sounding 2

Langkah pertama :

$$P_1 (1.1 , 40)$$

$$t_1 = d_1 = 1.1 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 40 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 0.111 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 0.111 \times 40 = 4.444 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 (3.4 , 7.8)$$

$$t_2 = 3.4 \text{ m}$$

$$\rho_a = 7.8 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_a = 9 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_a \times \rho_a = 9 \times 7.8 = 70.2 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva H dihipit pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 2.5$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 2.5 \times 1.1 = 2.75 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 1.1 + 2.75 = 3.85 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (12 , 23)$$

$$t_{a1} = 12 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 23 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_4 / \rho_{a1} = 0.2 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu Q)}$$

$$\rho_4 = \rho_4 / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 0.2 \times 23 = 4.6 \Omega \text{ m}$$

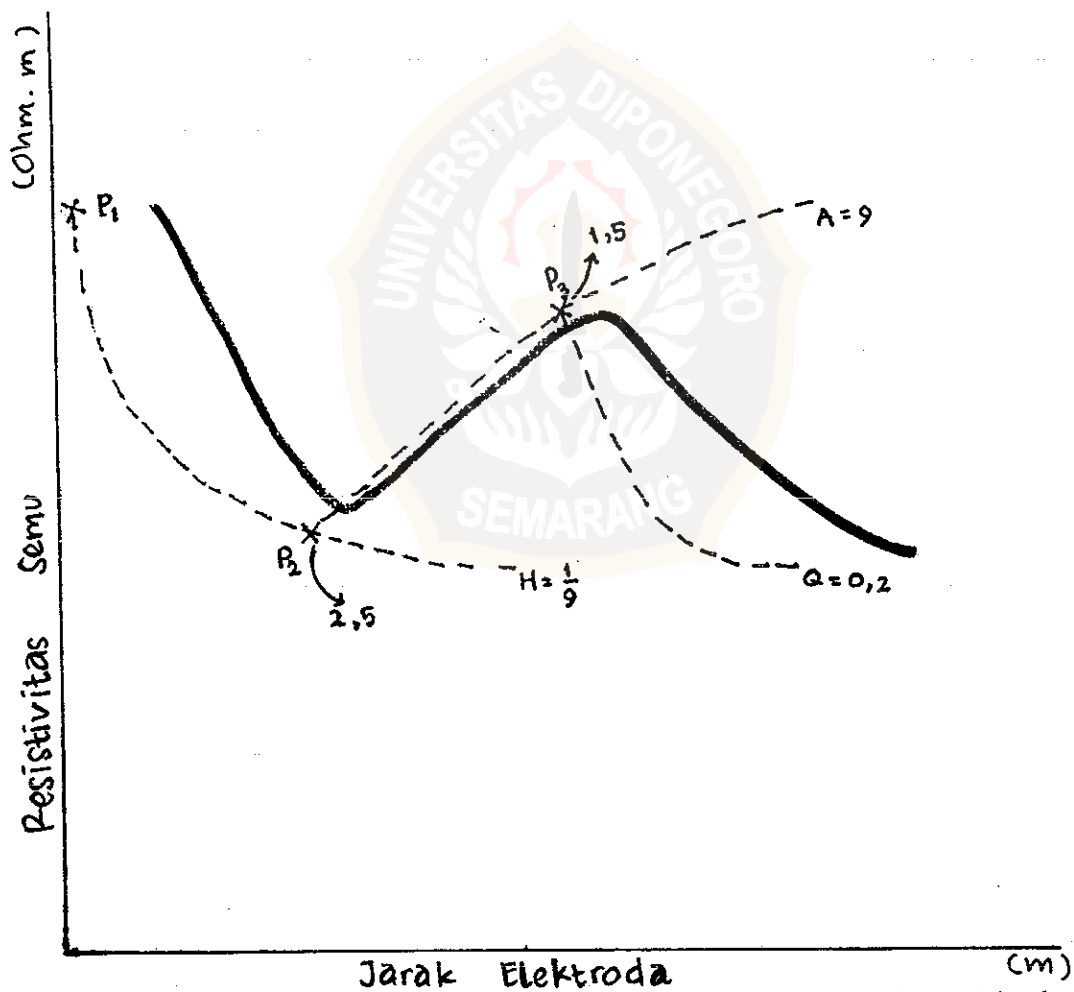
Sumbu kurva bantu A dihimpit pada P_2 didapat P_3 pada $t_2 / t_1 = 10$

$$t_3 = t_2 / t_1 \times t_1 = 10 \times 3.4 = 34 \text{ m}$$

$$d_3 = t_3 + d_2 = 34 + 5.1 = 22.1 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses didapat :

Lapisan	Resistivitas ($\Omega \text{ m}$)	Kedalaman (m)
1	40	1.1
2	4	3.85
3	70.2	39.1
4	4.6	~



Gambar g.2. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 2 dengan "Curve Matching"

IV.1.3. Titik Sounding 3

Langkah pertama

$$P_1 (2.1, 36)$$

$$t_1 = d_1 = 2.1 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 36 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 0.143 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 0.143 \times 36 = 5.14 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 (13, 8)$$

$$t_a = 13 \text{ m}$$

$$\rho_a = 8 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_a = 10 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu K)}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_a \times \rho_a = 10 \times 8 = 80 \Omega \text{ m}$$

sumbu kurva bantu H dihipit pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 6$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 6 \times 2.1 = 12.6 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 2.1 + 12.6 = 14.7 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (40, 14)$$

$$t_{a1} = 40 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 14 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_4 / \rho_{a1} = 0.2 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_4 = \rho_4 / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 0.2 \times 14 = 2.8 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu K dihipit pada P_2 didapat P_3 pada $t_2/t_1 = 1.2$

$$t_3 = t_2/t_1 \times t_2 = 1.2 \times 13 = 15.6 \text{ m}$$

$$d_3 = t_3 + d_2 = 15.6 + 14.7 = 30.3 \text{ m}$$

Langkah keempat

$$P_4 (50, 8.5)$$

$$t_{a2} = 50 \text{ m}$$

$$\rho_{a2} = 8.5 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_5 / \rho_{a2} = 19 \text{ (Kurva standar dan bantu A)}$$

$$\rho_5 = \rho_5 / \rho_{a2} \times \rho_{a2} = 19 \times 8.5 = 161.5 \Omega \text{ m}$$

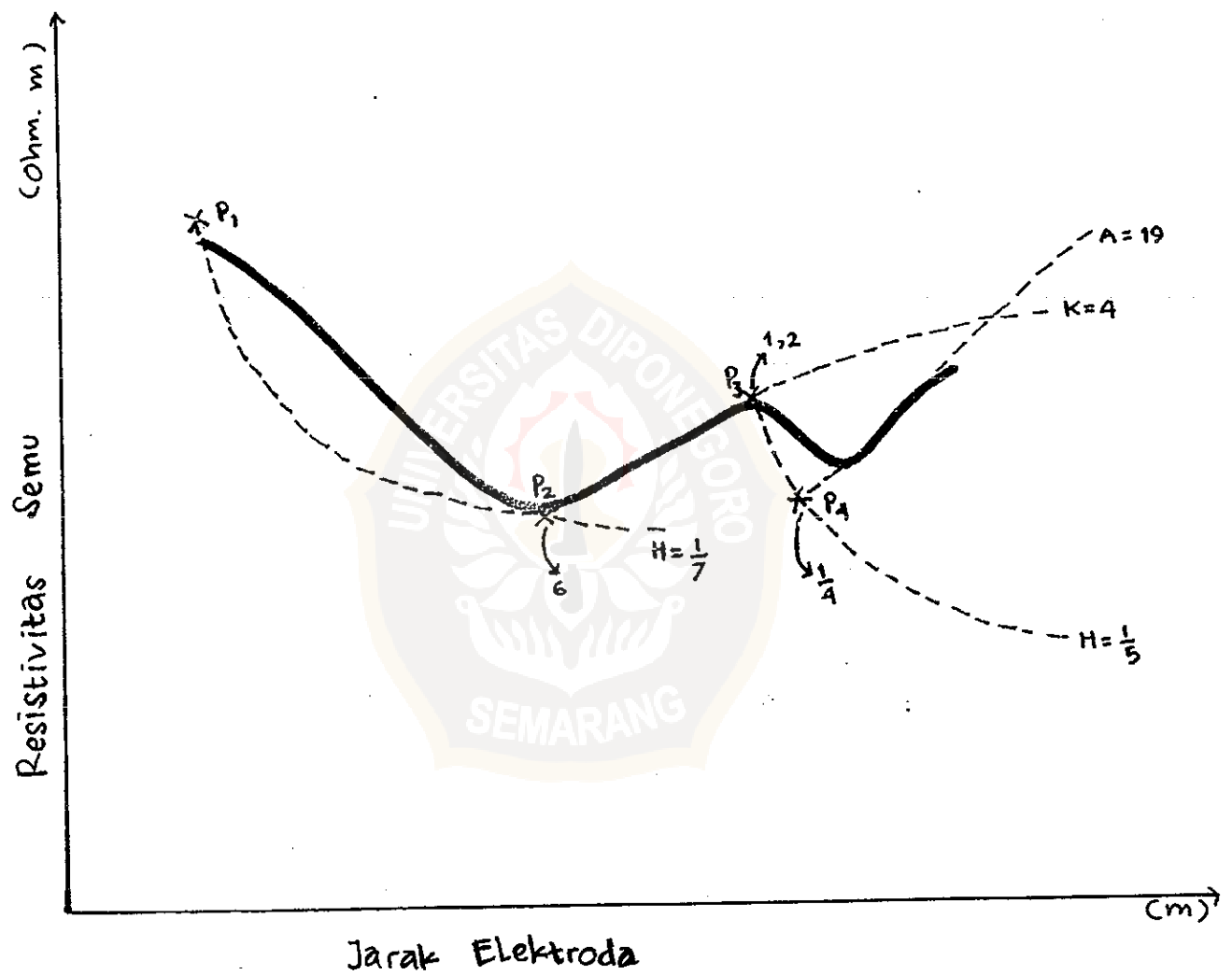
Sumbu kurva H dihipit pada P_3 didapat P_4 pada $t_2/t_1 = 0.25$

$$t_4 = t_2/t_1 \times t_{21} = 0.25 \times 40 = 10 \text{ m}$$

$$d_4 = t_4 + d_3 = 10 + 30.3 = 40.3 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses diperoleh :

Lapisan	Resistivitas ($\Omega \text{ m}$)	Kedalaman (m)
1	36	2.1
2	5.14	14.7
3	80	30.3
4	2.8	40.3
5	161.5	~



Gambar g.3. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 3 dengan "Curve Matching"

IV.1.4. Titik Sounding 4

Langkah pertama

$$P_1 (1.5, 120)$$

$$t_1 = 1.5 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 120 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 39 \text{ (kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 39 \times 120 = 4680 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 (2.3, 190)$$

$$t_2 = 2.3 \text{ m}$$

$$\rho_2 = 190 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_2 = 0.143 \text{ (kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_2 \times \rho_2 = 0.143 \times 190 = 27.14 \Omega \text{ m}$$

Sumbu Kurva bantu A dihipit pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 0.333$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 0.333 \times 1.5 = 0.5 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 1.5 + 0.5 = 2 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (8, 44)$$

$$t_{a1} = 8 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 44 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_4 / \rho_{a1} = 4 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_4 = \rho_4 / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 4 \times 44 = 176 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu H dihimpit pada P_2 didapat P_3 pada $t_2/t_1 = 2.5$

$$t_3 = t_2/t_1 \times t_1 = 2.5 \times 2.3 = 5.75 \text{ m}$$

$$d_3 = t_3 + d_2 = 5.75 + 2 = 7.75 \text{ m}$$

Langkah keempat

$$P_4 (12, 65)$$

$$t_{a2} = 12 \text{ m}$$

$$\rho_{a2} = 65 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_5 / \rho_{a2} = 0.111 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu Q)}$$

$$\rho_5 = \rho_5 / \rho_{a2} \times \rho_{a2} = 0.111 \times 65 = 7.2 \Omega \text{ m}$$

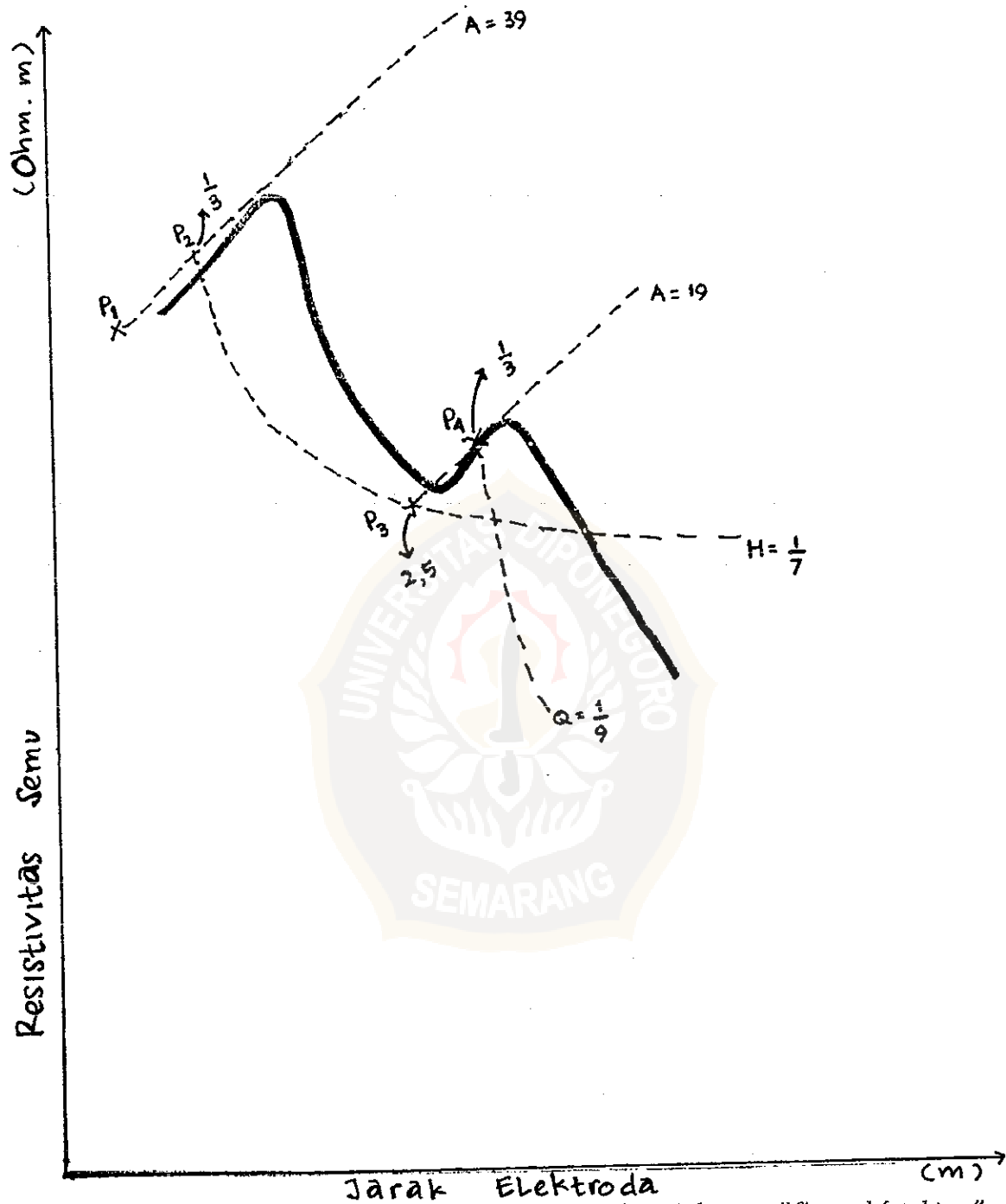
Sumbu kurva A dihimpit pada P_3 didapat P_4 pada $t_2/t_1 = 0.333$

$$t_4 = t_2/t_1 \times t_{a1} = 0.333 \times 8 = 2.67 \text{ m}$$

$$d_4 = t_4 + d_3 = 2.67 + 7.75 = 10.12 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses diperoleh :

Lapisan	Resistivitas ($\Omega \text{ m}$)	Kedalaman (m)
1	120	1.5
2	4,680	2
3	27.14	7.75
4	176	10.12
5	7.2	~



Gambar g.4. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 4 dengan "Curve Matching"

IV.1.5. Titik Sounding 5

Langkah pertama

$$P_1 (2.7, 36)$$

$$t_1 = 2.7 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 36 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 0.25 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 0.25 \times 36 = 9 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 (12, 13)$$

$$t_2 = 12 \text{ m}$$

$$\rho_2 = 13 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_2 = 19 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_2 \times \rho_2 = 19 \times 13 = 247 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva H dihipit pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 3.5$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 3.5 \times 2.7 = 9.45 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 2.7 + 9.45 = 12.15 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (19, 18)$$

$$t_{a1} = 19 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 18 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_4 / \rho_{a1} = 0.077 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_4 = \rho_4 / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 0.077 \times 18 = 1.38 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu A dihipit pada P_3 didapat P_4 pada $t_2/t_1 = 0.25$

$$t_3 = t_2/t_1 \times t_2 = 0.25 \times 12 = 3 \text{ m}$$

$$d_3 = t_3 + d_2 = 3 + 12.15 = 15.15 \text{ m}$$

Langkah keempat

$$P_4 (20, 7)$$

$$t_{22} = 20 \text{ m}$$

$$\rho_{22} = 7 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_5 / \rho_{22} = 7 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu K)}$$

$$\rho_5 = \rho_5 / \rho_{22} \times \rho_{22} = 7 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu A dihipit pada P_3 didapat P_4 pada $t_2/t_1 = 0.143$

$$t_4 = t_2/t_1 \times t_{21} = 0.143 \times 19 = 2.7 \text{ m}$$

$$d_4 = t_3 + d_3 = 2.7 + 15.15 = 17.86 \text{ m}$$

Langkah kelima

$$P_5 (40, 10)$$

$$t_{23} = 40 \text{ m}$$

$$\rho_{23} = 10 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_6 / \rho_{23} = 0.111 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_6 = \rho_6 / \rho_{23} \times \rho_{23} = 0.111 \times 10 = 1.11 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu K dihipit pada P_4 didapat P_5 pada $t_2/t_1 = 0.2$

$$t_5 = t_2/t_1 \times t_{22} = 0.2 \times 20 = 4 \text{ m}$$

$$d_5 = t_5 + d_4 = 4 + 17.86 = 21.86 \text{ m}$$

Langkah keenam

$P_6 (55, 4.2)$

$$t_{a4} = 55 \text{ m}$$

$$\rho_{a4} = 4.2 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_7 / \rho_{a4} = 39 \text{ (kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_7 = \rho_7 / \rho_{a4} \times \rho_{a4} = 39 \times 4.2 = 163.8 \Omega \text{ m}$$

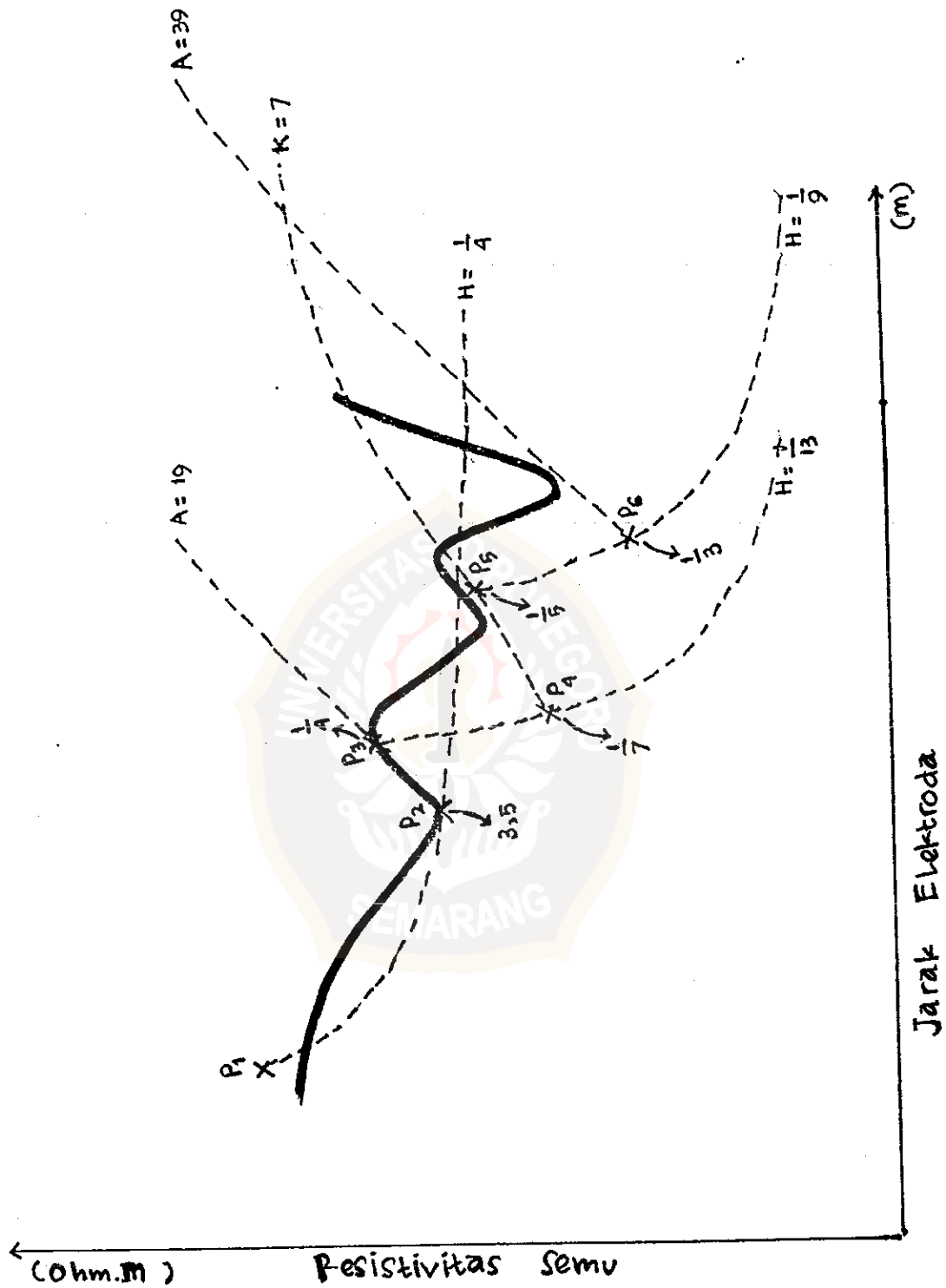
Sumbu kurva bantu H dihipit pada P_5 didapat P_6 pada $t_2 / t_1 = 0.333$

$$t_6 = t_2 / t_1 \times t_{23} = 0.333 \times 40 = 13.33 \text{ m}$$

$$d_6 = t_6 + d_5 = 13.33 + 21.86 = 35.19 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses diperoleh :

Lapisan	Resistivitas ($\Omega \text{ m}$)	Kedalaman (m)
1	36	2.7
2	9	12.15
3	247	15.15
4	1.38	17.86
5	49	21.86
6	1.1	35.19
7	163.8	~



Gambar g.5. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 5 dengan "Curve Matching"

IV.1.6. Titik Sounding 6

Langkah pertama

$$P_1 (2.2, 36)$$

$$t_1 = 2.2 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 36 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 2.33 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 2.33 \times 36 = 83.88 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 (4.8, 50)$$

$$t_2 = 4.8 \text{ m}$$

$$\rho_2 = 50 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_2 = 0.077 \text{ (Kurva standar dan bantu H)}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_2 \times \rho_2 = 0.077 \times 50 = 3.85 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu A dihipit pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 1.2$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 1.2 \times 2.2 = 2.64 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 2.2 + 2.64 = 4.84 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (8.3, 8)$$

$$t_{a1} = 8.3 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 8 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_4 / \rho_{a1} = 9 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_4 = \rho_4 / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 9 \times 8 = 72 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu H dihipit pada P_2 didapat P_3 pada $t_2 / t_1 = 0.8$

$$t_3 = t_2 / t_1 \times t_1 = 0.8 \times 4.8 = 3.84 \text{ m}$$

$$d_3 = t_3 + d_2 = 3.84 + 4.84 = 8.68 \text{ m}$$

Langkah keempat

$$P_4 (21, 17)$$

$$t_{22} = 21 \text{ m}$$

$$\rho_{22} = 17 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_5 / \rho_{22} = 0.25 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_5 = \rho_5 / \rho_{22} \times \rho_{22} = 0.25 \times 17 = 17 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu A dihipit pada P_3 didapat P_4 pada $t_2 / t_1 = 0.5$

$$t_4 = t_2 / t_1 \times t_{21} = 0.5 \times 8 = 4 \text{ m}$$

$$d_4 = t_4 + d_3 = 4 + 8.68 = 12.68 \text{ m}$$

Langkah kelima

$$P_5 (44, 6.7)$$

$$t_{23} = 44 \text{ m}$$

$$\rho_{23} = 6.7 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_6 / \rho_{23} = 19 \text{ (Kurva standar dan bantu A)}$$

$$\rho_6 = \rho_6 / \rho_{23} \times \rho_{23} = 19 \times 6.7 = 127.3 \Omega \text{ m}$$

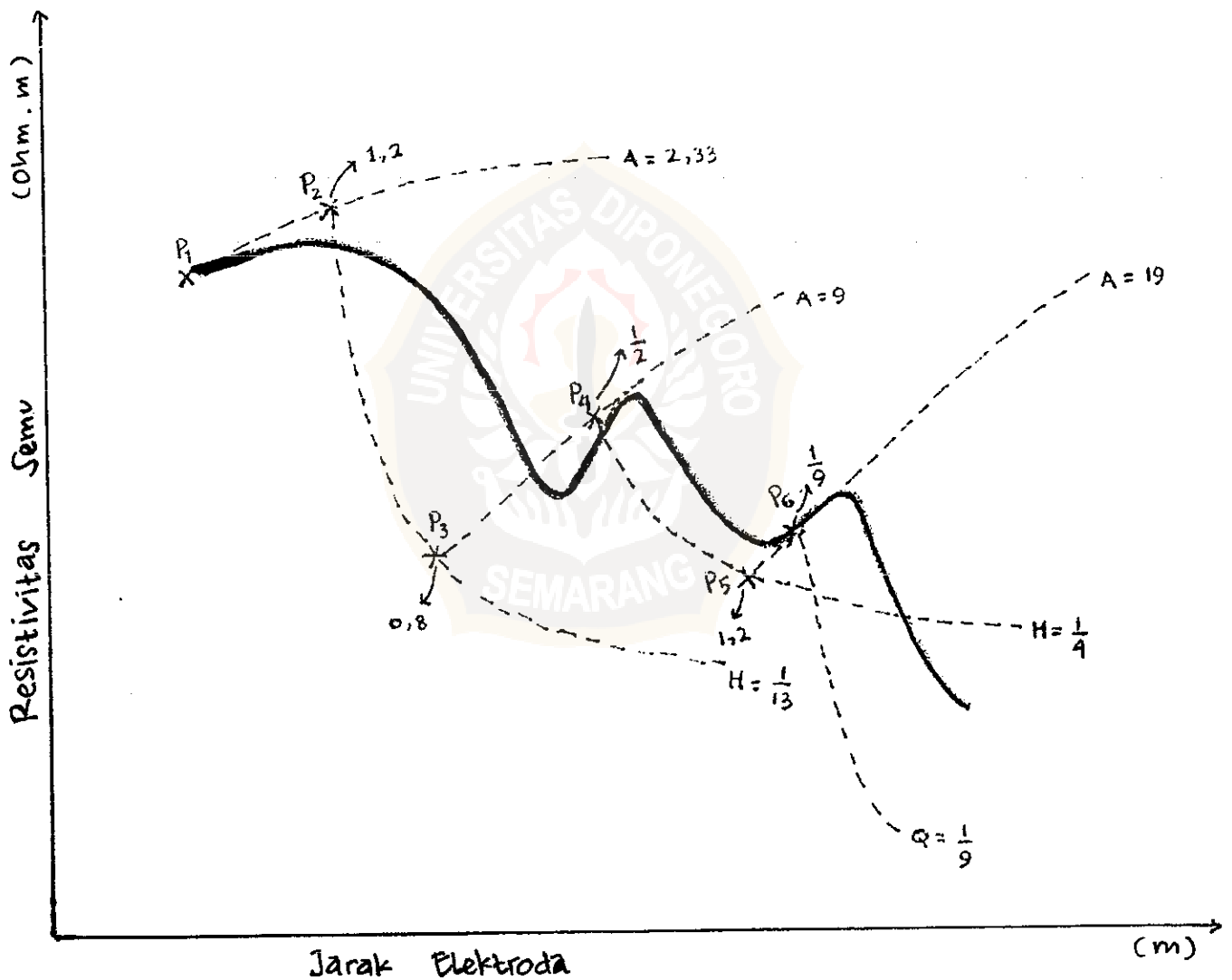
Sumbu kurva bantu H dihipit pada P_4 didapat P_5 pada $t_2 / t_1 = 1.2$

$$t_5 = t_2 / t_1 \times t_{22} = 1.2 \times 21 = 25.2 \text{ m}$$

$$d_5 = t_5 + d_4 = 25.2 + 12.68 = 37.88 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses diperoleh :

Lapisan	Resistivitas (Ω m)	Kedalaman (m)
1	36	2.2
2	83.88	4.48
3	3.85	8.68
4	72	12.68
5	4.25	37.88
6	1.97	~



Gambar g.6. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 6 dengan "Curve Matching"

IV.1.7. Titik Sounding 7

Langkah pertama

$$P_1 (1.2, 95)$$

$$t_1 = 1.2 \text{ m}$$

$$\rho_1 = 95 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_2 / \rho_1 = 0.026 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_2 = \rho_2 / \rho_1 \times \rho_1 = 0.026 \times 95 = 2.43 \Omega \text{ m}$$

Langkah kedua

$$P_2 (1.4, 26)$$

$$t_2 = 1.4 \text{ m}$$

$$\rho_2 = 26 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_3 / \rho_2 = 9 \text{ (Kurva standar dan bantu A)}$$

$$\rho_3 = \rho_3 / \rho_2 \times \rho_2 = 9 \times 26 = 234 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu A dihimpit pada P_1 didapat P_2 pada $t_2 / t_1 = 0.143$

$$t_2 = t_2 / t_1 \times t_1 = 0.143 \times 1.2 = 0.2 \text{ m}$$

$$d_2 = t_1 + t_2 = 1.2 + 0.2 = 1.4 \text{ m}$$

Langkah ketiga

$$P_3 (5.1, 70)$$

$$t_{a1} = 5.1 \text{ m}$$

$$\rho_{a1} = 70 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_4 / \rho_{a1} = 0.2 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu H)}$$

$$\rho_4 = \rho_4 / \rho_{a1} \times \rho_{a1} = 0.2 \times 70 = 14 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu H dihipit pada P_2 didapat P_3 pada $t_2 / t_1 = 1.6$

$$t_3 = t_2 / t_1 \times t_2 = 1.6 \times 1.4 = 2.24 \text{ m}$$

$$d_3 = t_3 + d_2 = 2.24 + 1.4 = 3.64 \text{ m}$$

Langkah keempat

$$P_4 (23, 20)$$

$$t_{a2} = 23 \text{ m}$$

$$\rho_{a2} = 20 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_5 / \rho_{a2} = 39 \text{ (Kurva standar dan kurva bantu A)}$$

$$\rho_5 = \rho_5 / \rho_{a2} \times \rho_{a2} = 39 \times 20 = 780 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu A dihipit pada P_3 didapat P_4 pada $t_2 / t_1 = 4$

$$t_4 = t_2 / t_1 \times t_{a1} = 4 \times 5.1 = 20.4 \text{ m}$$

$$d_4 = t_4 + d_3 = 20.4 + 3.64 = 24.04 \text{ m}$$

Langkah kelima

$$P_5 (30, 24)$$

$$t_{a3} = 30 \text{ m}$$

$$\rho_{a3} = 24 \Omega \text{ m}$$

$$\rho_6 / \rho_{a3} = 0.111 \text{ (Kurva standar dan bantu Q)}$$

$$\rho_6 = \rho_6 / \rho_{a3} \times \rho_{a3} = 0.111 \times 24 = 2.7 \Omega \text{ m}$$

Sumbu kurva bantu H dihipit pada P_4 didapat P_5 pada $t_2 / t_1 = 1.7$

$$t_5 = t_2 / t_1 \times t_{a2}$$

$$= 1.7 \times 23 = 39.1 \text{ m}$$

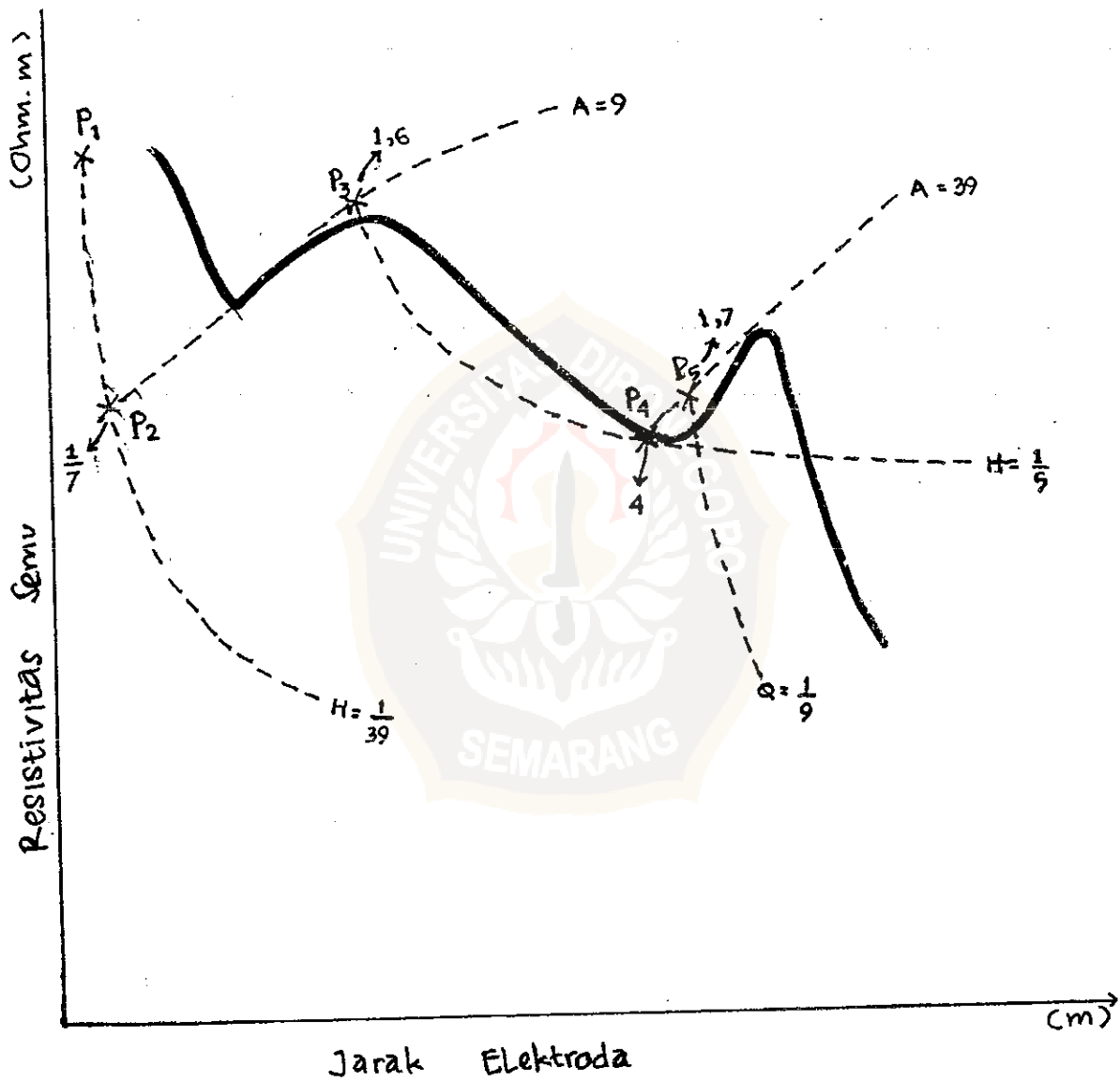
$$d_5 = t_5 + d_4$$

$$= 39.1 + 24.04 = 37.88 \text{ m}$$

Dari keseluruhan proses diperoleh :

Lapisan	Resistivitas ($\Omega \text{ m}$)	Kedalaman (m)
1	95	1.2
2	2.43	1.4
3	234	3.64
4	14	24.04
5	780	63.14
6	2.7	~





Gambar g.7. Kurva Hasil Interpretasi Titik Sounding 7 dengan "Curve Matching"

LAMPIRAN H

LISTING PROGRAM

```

{*****}
* PROGRAM   : DIRECT INTERPRETAION RESISTIVITY SOUNDING   *
* OLEH      : HERU WINARKO                               *
* TANGGAL   : JANUARI 1997                               *
* COMPILER  : TURBO PASCAL VER 5.10                       *
* S. OPERASI : MS-DOS VERSION 6.20                       *
*****}

```

```
Uses Crt,Graph,InitGrp,Font,WinOne1,Jendela2,Video;
```

```
Type
```

```

BARIS1 = Array[1..1000] Of Real;
BARIS2 = Array[1..20] Of Real;
BARIS3 = Array[1..25] Of Real;
BARIS4 = Array[1..50] Of Real;

```

```
Var
```

```

FLAMDA,HJ,TF,RALAT,ABSIS,IM,RM,ROAF   : BARIS1;
R,T                                     : BARIS2;
RF,UUN                                  : BARIS4;
FT                                       : BARIS3;
G,D,H,W,F,FK,AP,AM,ULANG              : Real;
X,XA,XF                                 : Real;
S1,S2,S3,S4,S5,ST,SOS,SRMS,SMAX      : Real;
THO,TESTR,TT,TP,TR,TA,TB,TH          : Real;
PT,PA,PB,PC,PM                         : Real;
E,ET,ERMS,EMAX                         : Real;
N,ND,NR                                  : Integer;
M,MI                                     : Integer;
IA,II,IM,IS,IU,IW,IQ                  : Integer;
L,LI,L1                                  : Integer;
K,KO,KE                                  : Integer;
J,J1,JF,JA,JMAX                         : Integer;
Driver,Mode,Baris                       : Integer;
IYA                                       : Char;
Judul1,Judul2                            : STRING;

```

```
LABEL
```

```

5,10,15,20,30,40,50,60,70,80,90,100,110,120,130,140,
150,160,170,180,190,200,210,220,230,240,250,260,
270,280,290,300,310,320,330,340,350,510,400;

```

```
Procedure TAMPILAN_AWAL;
```

```
Var
```

```

i                                     : Longint;
maxx,maxy                             : Integer;
judul1,judul2,judul3,judul4,judul5    : String[225];

```

```
begin
```

```

driver := detect;siapkangrafik(driver,mode);
maxx:=getmaxx;maxy:=getmaxy;
judul1:='D I R S';
judul2:='DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING';
judul3:='PERHITUNGAN DENGAN KOMPUTER DIGITAL';

```



```

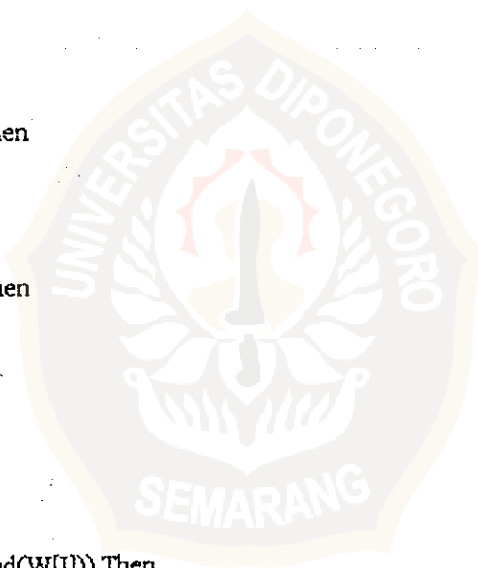
judul4:='MENGGUNAKAN METODE';
judul5:='DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING';
setbkcolor(3);
BuatKotak(20,50,maxx-40,maxy-100,10,7,15,8);
BuatKotak(40,70,maxx-80,maxy-140,1,7,15,15);
setcolor(1);settextstyle(1,0,0);setusercharsize(7,2,4,1);
For i:= 1 to 20 do
Begin
  setcolor(9);
  outtextXy(170+i,75+i,judul1);
  setcolor(1);
  outtextXy(155+i,60+i,judul1);
End;
setcolor(14);settextstyle(3,0,0);setusercharsize(8,10,2,4);
For i:= 1 to 3 do
  outtextXy(55+i,210+i,judul2);
BuatKotak(60,250,maxx-120,maxy-335,5,7,15,8);
settextjustify(0,0);settextstyle(3,0,0);setcolor(5);
SetUserCharSize(8,13,2,5);
For i:= 1 to 2 do
Begin
  outtextXy(140+i,275+i,judul3);
  outtextXy(230+i,290+i,judul4);
  outtextXy(115+i,305+i,judul5);
End;
settextstyle(3,0,2);setcolor(1);SetUserCharSize(5,7,3,5);
For i:= 1 to 3 do
  outtextXy(350+i,335+i,'BY HERU WINARKO');
Setcolor(9);Setlinestyle(0,0,1);Line(85,345,555,345);
settextstyle(2,0,0);setcolor(6);setusercharsize(6,4,8,6);
For i:= 1 to 2 Do
Begin
  outtextxy(120+i,363,'(C) 1997 PROGRAM STUDI GEOFISIKA');
  outtextxy(120+i,375,' JURUSAN FISIKA FAKULTAS MIPA UNDIP SEMARANG');
End;
Readln;Closegraph
end;
Procedure BACKGROUND;
Var j:longint;
Begin
  window(1,1,80,25);TEXTBACKGROUND(0);CLRSCR;
  gotoxy(1,2);textcolor(7);
  for j:=1 to 920 do
  write('²');
  Bikinshadow(' DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO
',5,3,75,22,5,'',$1F,$3F,$08);
  Bikinshadow(' ENTER YOUR ANSWER ',10,8,70,14,1,'',$7F,$7F,$08);
End;
Procedure SUARA(FREK,LAMA:LONGINT);
Begin
  SOUND(FREK);DELAY(LAMA);NOSOUND;
End;
Procedure GRAFIK(JUDUL:STRING;N:Integer;V,W:BARIS1);

```

```

Var
  SBX,SBY                : Array[1..100] Of Integer;
  i,k,j                  : Longint;
  maxx,maxy,sbmaxyM,SBMAXYL : Integer;
  maksYm,maksyL         : Double;
  Simp : Real;
  STRMAKXSX,STRMAKSY:STRING[10];
  warna1,warna2 : word;
  STRJ,STRJK:String[8];
  aj : Real;
Begin
  driver := detect;siapkangrafik(driver,mode);
  maxx:=getmaxx,maxy:=getmaxy;
  setfillstyle(7,1);Bar(10,5,maxx-10,maxy-5);Setlinestyle(0,0,1);
  Line(10,5,10,maxy-10);Line(10,maxy-10,maxx-10,maxy-10);
  Line(maxx-10,5,maxx-10,maxy-10);Line(10,5,maxx-10,5);
  setcolor(3);Setlinestyle(0,0,3);Line(180,50,180,maxy-20);
  Line(30,maxy-50,maxx-30,maxy-50);Settextstyle(1,0,1);Setcolor(11);
  Outtextxy((MAXX-TEXTWIDTH(JUDUL)) div 2 ,20,JUDUL);
  Settextstyle(3,0,1);Setcolor(15);Outtextxy(190,50,'Resistivitas');
  Settextstyle(0,0,0);setlinestyle(0,0,1);
  MAKSYM:=V[1];
  MAKSYL:=W[1];
  For i:= 1 to N do
  Begin
    If(MaksYM<V[i]) Then
    Begin
      MaksyM:=V[i];
      SbmaxyM:=i;
    End;
    If(MaksYL<W[i]) Then
    Begin
      MaksyL:=W[i];
      SbmaxyL:=i;
    End;
  End;
  K:=0;
  For i:= 1 to N-1 Do
  Begin
    If(Round(V[i])=Round(W[i])) Then
    Begin
      Warna1:=10;
      Warna2:=10;
    End
    Else
    Begin
      Warna1:=15;
      Warna2:=12;
    End;
    setcolor(warna1);
    line(180+K,maxy-50-Round(V[i]*5),180+K+6,maxy-50-Round(V[i+1]*5));
    setcolor(warna2);
    line(180+K,maxy-50-Round(W[i]*5),180+K+6,maxy-50-Round(W[i+1]*5));
  End;

```



```

    INC(K,6);
End;
Setcolor(15);
k:=100;
j:=10;
For i:= 1 to 3 Do
Begin
    Str(j:7,strj);
    Outtextxy(180,MAXY-50-k,'-');
    Outtextxy(120,MAXY-50-k,strj);
    inc(k,100);
    j:=10*j;
End;
Settextstyle(2,0,4);Setcolor(15);
Outtextxy(350,70,'* = Kurva Transformasi Resistivitas Model');
Setcolor(12);
Outtextxy(350,85,'* = Kurva Transformasi Resistivitas Lapangan');
Setcolor(10);
Outtextxy(350,100,'* = Kurva Model dan Kurva Lapangan Berimpit');
Readln;Closegraph;
End;
Procedure DATFIL(N:Integer;Var FT:BARIS3);
Const
    A : Array[1..14] Of Real
        =(0.0119,-0.1099,0.2589,0.3224,0.2152,0.1309,0.0735,
          0.0425,0.0233,0.0136,0.0073,0.0044,0.0022,0.0032);
Var
    i,l : Integer;
Begin
    For i:= 1 to N do
        Begin
            L:=N+1-I;
            FT[I]:=A[L];
        End;
    End;
Procedure SMOOTH(Var N :Integer;Var X,Y:BARIS1);
Var
    K,K1,K2,K3,K4,K5,K6      : Integer;
    L,M,N3                    : Integer;
    A                          : Double;
    I                           : Integer;
Begin
    L:=N-1;
    K:=N-2;
    N3:=N-3;
    M:=N-4;
    Y[N]:=X[N];
    Y[1]:=X[1];
    A:=0.25*(Ln(X[1]*X[3])+2.*Ln(X[2]));
    Y[2]:=exp(A);
    A:=0.1*(Ln(X[1]*X[5])+2.*Ln(X[2]*X[4])+4.*Ln(X[3]));
    Y[3]:=exp(A);
    A:=0.25*(Ln(X[N]*X[K])+2.*Ln(X[L]));

```

```

Y[L]:=exp(A);
A:=0.1*(Ln(X[N]*X[M])+2.*Ln(X[N3]*X[L])+4.*Ln(X[K]));
Y[K]:=exp(A);
For i:=4 to N3 do
Begin
  K1:=I-3;
  K2:=I+3;
  K3:=I-2;
  K4:=I+2;
  K5:=I-1;
  K6:=I+1;
  A:=(Ln(X[K1]*X[K2])+2*Ln(X[K3]*X[K4])+4*Ln(X[K5]*X[K6])+8*Ln(X[I]))/22.;
  Y[I]:=exp(A);
End;
End;
Procedure TRMHRP(K,N:Integer;Var FLAMDA:BARIS1;Var R,T:BARIS2;Var TRO:BARIS4);
Var
  Y,A      : Real;
  N1,I,J,L  : Integer;
Begin
  For L:= 1 to K do
  Begin
    Y:=R[N];
    N1:=N-1;
    For i:= 1 to N1 do
    Begin
      J:=N-I;
      A:=(exp(FLAMDA[L]*T[J])-1)/(exp(FLAMDA[L]*T[J])+1);
      Y:=(Y+R[J])/(1+Y*A/R[J]);
    End;
    TRO[L]:=Y;
  End;
End;
Procedure SAMPLE(Var ND,N:Integer;F:Real; Var X,R,Y,Z : BARIS1);
Var
  I,J      : Integer;
  A        : Real;
LABEL
  100,200,300;
Begin
  J:=1;
  I:=1;
  R[1]:=F;
  A:=Ln(Y[2]-(Ln(X[2]/R[1])/Ln(X[2]/X[1]))*Ln(Y[2]/Y[1]));
  Z[1]:=exp(A);
100: J:=J+1;
  R[J]:=R[J-1]+R[1];
200: IF(R[J] > X[ND]) Then GOTO 300;
  IF(R[J] > X[I]) Then
  Begin
    I:=I+1;
    GOTO 200;
  End;
End;

```

```

A:=Ln(Y[I]-(Ln(X[I]/R[J])/Ln(X[I]/X[I-1]))*Ln(Y[I]/Y[I-1]));
Z[J]:=exp(A);
N:=j;
GOTO 100;
300:
  End;
Procedure DATAFILE(Var ND:INTEGER);
Type
  RecordData = RECORD
    BARISX    : Real;
    BARISY    : Real;
  END;
  TipeData = File of RecordData;
Procedure MasukData(Var FileData : TipeData; NomorRecord : Integer);
Var
  DataLapangan : RecordData;
Begin
  With DataLapangan Do
  Begin
    textcolor(14);writeln;write(' Masukkan ABSIS = ');
    textcolor(12);readln(BARISX);
    textcolor(14);write(' Masukkan RALAT = ');
    textcolor(12);readln(BARISY);
  end;
  write(FileData,DataLapangan);
End;
Procedure RekamData;
Var
  FileData      : TipeData;
  NomorRecord,NmrKomp : Integer;
  Nama_File     : String;
Begin
  Clrscr;
  Textcolor(14);SUARA(500,200);Clrscr;
  GOTOXY(8,3);write(' INPUT NAMA FILE < 8 KARAKTER : ');
  Readln(NAMA_FILE);Clrscr;
  ASSIGN(FileData,NAMA_FILE);
  REWRITE(FileData);
  NmrKomp:=filesize(FileData);
  Seek(FileData,NmrKomp);
  NomorRecord:=NmrKomp+1;
  Repeat
    MasukData(FileData,NomorRecord);
    Inc(NomorRecord);
  Until NomorRecord > ND;
End;
Begin
  RekamData;
End;
Procedure BacaData(Var ABSIS,RALAT : BARIS1 ;Var ND:Integer);
Type
  RecordData = RECORD
    BARISX    : Real;

```

```

        BARISY      : Real;
    END;
    TipeData = File of RecordData;

Var
    FileData          : TipeData;
    DataLapangan      : RecordData;
    J,k               : Integer;
    Nama_File         : String;
    Lagi              : Boolean;
    YA                : Char;
Begin
    Repeat
        SUARA(500,200);Clrscr;TEXTCOLOR(14);
        GOTOXY(8,3);write('INPUT NAMA FILE YG MAU DIBUKA : ');
        Textcolor(12);Readln(NAMA_FILE);
        LAGI:=FALSE;
        ASSIGN(FILEDATA,NAMA_FILE);
        {$I-}
        reset(FILEDATA);
        {$I+}
        if ioread <> 0 then
            Begin
                Clrscr;Textcolor(14);
                GOTOXY(7,3);write('FILE TIDAK DITEMUKAN, COBALAGI [Y][N] ');
                Readln(YA);
                IF((YA='N') OR (YA='n')) THEN
                    HALT
                Else
                    LAGI:=TRUE;
            End;
        Until(LAGI=FALSE);
        J:=1;
        While NOT EOF (FileData) Do
            With DataLapangan Do
                Begin
                    Read(FileData,DataLapangan);
                    ABSIS[J]:=BARISX;
                    RALAT[J]:=BARISY;
                    ND:=J;
                    J:=J+1;
                End;
            Close(FileData);
        End;
    Begin
        JUDUL1 :='KURVA RESISTIVITAS SEMU';
        JUDUL2 :='KURVA TRANSFORMASI RESISTIVITAS';
        MUAT;
        TAMPILAN_AWAL;
    REPEAT
        BACKGROUND;Textcolor(14);GOTOXY(10,3);
        write(' PROSES FILE DATA BARU ATAU LAMA ? [B][L] ');
        textcolor(12);readln(IYA);

```

```

If((IYA='B') or (IYA='b')) Then
Begin
  Clrscr;GOTOXY(12,3);write(' INPUT JUMLAH DATA LAPANGAN : ');
  textcolor(12);readln(ND);
  DATAFILE(ND);
End;
If((IYA='L') or (IYA='l')) Then
  BACADATA(ABSIS,RALAT,ND);
textcolor(14);SUARA(600,300);
Clrscr;GOTOXY(8,3);write(' APAKAH SEMUA INPUT DATA SUDAH BENAR ? [Y][T] ');
textcolor(12);readln(IYA);
If((IYA='Y') or (IYA='y')) Then GOTO 5;
If((IYA='T') or (IYA='t')) Then
Begin
  SUARA(500,200);textcolor(14);
  BACKGROUND;
  writeln;write(' JUMLAH DATA YANG DI PERBAIKI : ');
  textcolor(12);readln(KO);Textcolor(14);
  For i:= 1 to KO do
  Begin
    SUARA(500,200);writeln;write(' Pembetulan Data Ke : ');
    readln(KE);
    writeln;writeln(' Data Yang LAMA');
    writeln(' ABSIS : ',ABSIS[KE]:10:6,' RALAT : ',RALAT[KE]:10:6);
    writeln;writeln(' Masukkan Data Yang BARU');
    write(' Masukkan ABSIS ke -',KE:3,' = ');
    readln(ABSIS[KE]);
    write(' Masukkan RALAT ke -',KE:3,' = ');
    readln(RALAT[KE]);
  End;
End;
5: BACKGROUND;
DATFIL(14,FT);
G:=Ln(10)/12.;
F:=exp(G);
SUARA(500,200);Textcolor(14);Clrscr;
GOTOXY(3,3);write(' INPUT MAXIMUM ERROR YANG ANDA INGINKAN : ');
textcolor(12);readln(E);
textcolor(14);SUARA(600,300);Clrscr;
SAMPLE(ND,N,F,ABSIS,FLAMDA,RALAT,RM);
AP:=ABSIS[1];
ULANG:=ABSIS[1];
textcolor(14);SUARA(600,300);
Clrscr;GOTOXY(10,3);write(' APAKAH DATA PERLU DI-SMOOTH ? [Y][T] ');
readln(IYA);
If((IYA='Y') or (IYA='y')) Then GOTO 40;
If((IYA='T') or (IYA='t')) Then GOTO 50;
40: SMOOTH(N,RM,ROAF);
GOTO 80;
50: For I:=1 to N do
  Begin
    ROAF[I]:=RM[I];
  End;

```

```

80: K:=N-3;
   SOS:=1.0;
   R[1]:=ROAF[1];
   For i:= 1 to 37 do
     RF[i]:=ROAF[1];
   For i:= 38 to 40 do
     Begin
       I1:=I-36;
       RF[i]:=ROAF[I1];
     End;
   For i:= 1 to K do
     Begin
       ST:=0.0;
       For LI:= 1 to 14 do
         Begin
           NR:=3*LI-2;
           ST:=ST+FI[LI]*RF[NR];
         End;
       TF[I]:=ST;
       If(I = K) Then GOTO 90;
       For L:=1 to 39 do
         Begin
           L1:=L+1;
           RF[L]:=RF[L1];
         End;
       I1:=I+4;
       RF[40]:=ROAF[I1];
90: End;
   If(SOS = 5) Then GOTO 20;
20: AP:=ULANG;
   T[1]:=0.0;
   For i:= 2 to 20 do
     Begin
       T[i]:=0.0;
       R[i]:=0.0;
     End;
   X:=1/AP;
   For i:= 1 to K do
     Begin
       FLAMDA[i] := X;
       X:=X/F;
     End;
   I:=0;
   J:=1;
70: I:=I+1;
     M:=J;
     JF:=K;
     JA:=M;
     S1:=0;
     S2:=0;
     S3:=0;
     S4:=0;
     S5:=0;

```




```

For J:=M to K do
Begin
  L:=J+1-JA;
  TR:=TF[J];
  TA:=TF[J]*(1+E);
  TB:=TF[J]/(1+E);
  If(I<=1) Then GOTO 110;
  MI:=I-1;
  For IM:=1 To MI Do
  Begin
    TH:=(exp(T[IM]*FLAMDA[J]-1)/(exp(T[IM]*FLAMDA[J]+1)));
    TR:=(TR-TH*R[IM])/(1-TR*TH/R[IM]);
    TA:=(TA-TH*R[IM])/(1-TA*TH/R[IM]);
    TB:=(TB-TH*R[IM])/(1-TB*TH/R[IM]);
  End;
  If(TB <= 0) Then GOTO 120;
  If(TA <= 0) Then GOTO 120;
110: TESTR:=(TB-R[I])/(TA-R[I]);
  If(TESTR > 0) Then GOTO 130;
120: JA:=J+1;
  GOTO 140;
130: If(J > JA) Then GOTO 150;
  TP:=TR;
150: PT:=Ln(Abs((TR-R[I])/(TR+R[I])));
  PA:=Ln(Abs((TA-R[I])/(TA+R[I])));
  PB:=Ln(Abs((TB-R[I])/(TB+R[I])));
  If(PA >= PB) Then GOTO 160;
  PC:=PB;
  PB:=PA;
  PA:=PC;
160: W:=1/(Sqr(PA-PB));
  S1:=S1+W;
  S2:=S2+W*FLAMDA[J];
  S3:=S3+W*PT;
  S4:=S4+W*FLAMDA[J]*PT;
  S5:=S5+W*Sqr(FLAMDA[J]);
  PM:=0.5*(PA+PB);
  If(L < 2) Then GOTO 170;
  D:=(S3*S5-S2*S4)/(S1*S5-Sqr(S2));
  FK:=EXP(D);
  T[I]:=0.5*(S1*D-S3)/S2;
  PM:=D-2*T[I]*FLAMDA[J];
170: If((PM-PA) < 0) Then GOTO 180;
  If((PM-PA) = 0) Then GOTO 190;
  If((PM-PA) > 0) Then GOTO 200;
180: If(PB > PM) Then GOTO 200;
190: TT:=TR;
140: End;
  If((JA-K) < 0) Then GOTO 210;
  If((JA-K) = 0) Then GOTO 230;
  If((JA-K) > 0) Then GOTO 230;
200: JF:=J-1;

```

```

S1:=S1-W;
S2:=S2-W*FLAMDA[J];
S3:=S3-W*PT;
S4:=S4-W*FLAMDA[J]*PT;
S5:=S5-W*Sqr(FLAMDA[J]);
D:=(S3*S5-S2*S4)/(S1*S5-Sqr(S2));
FK:=Exp(D);
T[I]:=0.5*(S1*D-S3)/S2;
210:  If(FK < 1) Then GOTO 240;
      FK:=0.98;
      T[I]:=0.5*(S1*Ln(FK)-S3)/S2;
240:  If(IT >= TP) Then GOTO 250;
      FK:=-FK;
250:  I1:=I+1;
      R[I1]:=R[I]*(1+FK)/(1-FK);
XA:=1/FLAMDA[JA];
XF:=1/FLAMDA[JF];
If(T[I] > 0) Then GOTO 260;
SOS:=T[I];
260:  If(J < K) Then GOTO 70;
      I:=I+1;
230:  IS:=I;
      If(SOS > 0) Then
      BEGIN
        WINDOW(1,1,80,25);CLRSCR;MODEKURSOR(SEMBUNYT);
Bikinjendela(' DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO
'1,1,80,25,2,';,$1F,$1F);
GOTOXY(12,2);write('KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS');
      GOTOXY(15,4);write('LAPISAN    RESISTIVITAS    KETEBALAN');
GOTOXY(15,5);write('-----');
      For IW:=1 to I Do
      BEGIN
        GOTOXY(15,IW+5);
        write(IW:3,'    ',R[IW]:3,'    ',T[IW]:3);
      END;
GOTOXY(15,I+5);write('-----');
      GOTOXY(25,20);write('CONGRATULATION FOR YAUR SUCCES');
      GOTOXY(25,22);write('Press ENTER To Continue ...');
      Readln;
      GOTO 270;
END;
SOS:=5;
WINDOW(1,1,80,25);TEXTBACKGROUND(9);CLRSCR;
Bikinjendela(' M A S S A G E ',10,8,70,16,1,';,$2F,$2F);
SUJARA(900,400);textcolor(4);Textbackground(7);MODEKURSOR(NORMAL);
GOTOXY(7,2);write(' MAXIMUM ERROR TERLALU KECIL ATAU TERLALU BESAR ');
textcolor(14);textbackground(2);
GOTOXY(14,4);write('1. Data Ingin DI-SMOOTH Lagi atau');
GOTOXY(14,5);write('2. MAXIMUM ERROR Di Rubah');
Textcolor(11);GOTOXY(14,6);write(' Type Your Choice [1][2] ');
readln(IQ);
If (IQ = 2) Then GOTO 5;
If (IQ <> 1) Then GOTO 270;

```

```

SMOOTH(N,ROAF,RM);
Clrscr;SUARA(800,300);textcolor(15+blink);MODEKURSOR(SEMBUNYI);
GOTOXY(20,2);write(' WAIT PLEASE');
textcolor(4);textbackground(7);
GOTOXY(15,4);write(' DATA SEDANG DI - S M O O T H ');
textbackground(7);gotoxy(16,6);write(' ');
for baris:= 1 to 20 Do
Begin
textcolor(1);gotoxy(40,6);write((Baris/20.0)*100:2:0,'%');
gotoxy(17+Baris,6);write(' ');DELAY(400);
End;
For IU:= 1 To N Do
ROAF[IU]:=RM[IU];
GOTO 80;
270: X:=AP;
XA:=X;
ERMS:=0;
EMAX:=0;
For J:= 1 To K Do
Begin
THO:=R[I];
If(I <= 1) Then GOTO 280;
For IA:=2 To I Do
Begin
IW:=I+1-IA;
TH:=(exp(T[IW]/X)-1)/(exp(T[IW]/X)+1);
THO:=(THO+TH*R[IW])/(1+TH*THO/R[IW]);
End;
TM[J]:=THO;
280: FLAMDA[J]:=(TM[J]-TF[J])/TF[J];
ET:=FLAMDA[J];
ERMS:=ERMS+ET*ET;
IF(Abs(EMAX) > Abs(ET)) Then GOTO 290;
EMAX:=ET;
L:=J;
290: X:=X*F;
End;
ERMS:=Sqrt(ERMS/K);
Modekursor(Sembunyi);
WINDOW(1,1,80,25);CLRSCR;
Bikinjendela(' DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU
WINARKO ',1,1,80,25,2,'',$1F,$1F);
GOTOXY(18,3);Write('KETERANGAN MENGENAI TRANSFORMASI RESISTIVITAS');
GOTOXY(22,4);Write('ERROR RELATIVE R.M.S :',ERMS:3);
GOTOXY(22,5);write('ERROR RELATIVE MAXIMUM :',EMAX:3);
GOTOXY(22,6);writeln('PADA TITIK SAMPLE KE :',L:3);
writeln;
writeln('=====');
writeln(' NO ABSIS TR.HITUNG TR.DAT.LAP REL.ERROR ');
writeln('=====');
Baris:=0;
For J:= 1 To K Do
Begin

```

```

textcolor(12);
writeln(' ',J:3, 'XA:3, 'TM[J]:3, 'TF[J]:3, 'FLAMDA[J]:3);
If(j=10) Then
Begin
  Gotoxy(35,23);writeln('Press ENTER To Continue ...');
  Readln;
  Clrscr;
End;
XA:=XA/F;
End;
writeln('-----');
Readln;
Grafik(JUDUL2,K,TM,TF);
IF(SOS > 0) Then GOTO 300;
writeln('SORRY DATA HANYA BISA DIPROSES SAMPAI DISINI!');
GOTO 400;
300: H:=1/AP;
For I:=1 To 39 Do
Begin
  ABSIS[I]:=H;
  H:=H/F;
End;
TRMHRP(39,IS,ABSIS,R,T,RF);
H:=ABSIS[39];
For I:=1 To N Do
Begin
  AM:=(-0.000318*RF[1]+0.002072*RF[3]-0.004978*RF[5]+0.01125*RF[7]-
    0.02521*RF[9]+0.05812*RF[11]-0.1436*RF[13]+0.393*RF[15]-
    0.1324*RF[17]+2.7044*RF[19]-3.4507*RF[21]+0.4284*RF[23]);
  RM[I]:=(AM+1.1817*RF[25]+0.6194*RF[27]+0.2374*RF[29]+
    0.08688*RF[31]+0.0235*RF[33]+0.01284*RF[35]-
    0.001198*RF[37]+0.003042*RF[39])/10;
  For J:=1 To 38 Do
  Begin
    J1:=J+1;
    RF[J]:=RF[J1];
  End;
  H:=H/F;
  HJ[1]:=H;
  TRMHRP(1,IS,HJ,R,T,UUN);
  RF[39]:=UUN[1];
310: End;
SRMS:=0;
SMAX:=0;
For J:=1 To N Do
Begin
  ABSIS[J]:=AP;
  RALAT[J]:=1-(RM[J]/ROAF[J]);
  ET:=RALAT[J];
  SRMS:=SRMS+ET*ET;
  If(Abs(SMAX) > Abs(ET)) Then GOTO 320;
  SMAX:=-ET;
  JMAX:=J;

```

```

320: AP:=AP*F;
    End;
    SRMS := Sqrt(SRMS/N);
    WINDOW(1,1,80,25);CLRSCR;
    Bikinjendela(' DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO
    ;,1,80,25,2,','$1F,$1F);
    GOTOXY(22,3);writeln('KETERANGAN MENGENAI RESISTIVITAS SEMU');
    GOTOXY(22,4);writeln('ERROR RELATIVE R.M.S      :',SRMS:3);
    GOTOXY(22,5);writeln('ERROR RELATIVE MAXIMUM    :',SMAX:3);
    GOTOXY(22,6);writeln('PADA TITIK SAMPLE KE      :',JMAX:3);
    writeln;
    writeln('=====');
    writeln('      NO  ABSIS  RS.HITUNG  RSTD.LAP  REL.ERROR  ');
    writeln('=====');
    For J:= 1 To N Do
    Begin
        Textcolor(12);
        writeln('      ',J:3,' ',ABSIS[J]:3,' ',RM[J]:3,' ',ROAF[J]:3,' ',RALAT[J]:3);
        If(j=10) Then
        Begin
            Gotoxy(35,23);writeln('Press ENTER To Continue ...');
            Readln;
            Clrscr;
        End;
    End;
    writeln('=====');
    Readln;
    Grafik(JUDUL1,N,RM,ROAF);
400: BACKGROUND;
    SUARA(1000,500);
    GOTOXY(20,2);WRITE('THANK FOR YOUR SUPPORT');
    GOTOXY(10,4);write('INGIN MEMPROSES DATA YANG LAIN ? [Y][N]');
    Readln(IYA);
    UNTIL( (IYA='N') OR (IYA='n') );
    End.

```

LAMPIRAN I

OUTPUT PROGRAM

I.1. CARA KERJA

Program yang dipakai adalah Fisika9.pas

1. Data lama atau baru (l/b)?..... (enter)
2. Lama : nama file (enter)
Baru : 1. input jumlah data : (enter)
2. input nama file : (enter)
3. a. absis = (jarak elektroda) (enter)
b. ralat = (resistivitas semu) (enter)
4. data sudah benar (y/t)? (enter)
3. Maksimum error = (enter)
nb: bisa dicoba sampai dicapai hasil yang terbaik mulai dari 0.0009 sampai 0.1
4. Data perlu di-smooth (y/t) ? (enter)
5. Ouput program (enter)

L2. OUTPUT PROGRAM

TITIK SOUNDING 01

== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO ==

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	8.7E+0001	1.9E+0000
2	7.1E+0001	3.2E+0000
3	4.0E+0001	2.0E+0001
4	2.1E+0000	3.2E+0000

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...

TITIK SOUNDING 02

== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO ==

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	2.0E+0001	4.3E+0000
2	1.2E+0001	5.1E+0000
3	2.8E+0001	1.0E+0001
4	1.9E+0001	7.7E+0001
5	8.6E+0000	5.0E+0002

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...

TITIK SOUNDING 03

===== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO =====

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	3.9E+0001	4.4E+0000
2	2.4E+0001	1.1E+0001
3	8.7E+0000	1.7E+0002
4	1.4E+0001	2.6E+0003
5	4.4E+0001	3.1E+0003
6	9.7E+0000	1.5E+0004

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...

TITIK SOUNDING 04

==== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO =====

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	9.4E+0001	3.0E+0000
2	1.5E+0002	2.5E+0000
3	6.8E+0001	3.2E+0001
4	3.2E+0001	4.1E+0002

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...

TITIK SOUNDING 05

==== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO =====

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	3.0E+0001	6.6E+0000
2	1.8E+0001	1.7E+0002
3	7.0E+0000	1.3E+0003
4	1.1E+0001	7.5E+0003
5	4.1E+0000	2.9E+0004
6	6.3E+0000	1.1E+0006

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...

TITIK SOUNDING 06

===== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO =====

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	3.4E+0002	4.5E+0000
2	5.8E+0001	9.3E+0000
3	2.6E+0001	5.9E+0001
4	7.8E+0000	5.8E+0001
5	1.2E+0001	2.1E+0003

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...

TITIK SOUNDING 07

==== DIRECT INTERPRETATION RESISTIVITY SOUNDING By HERU WINARKO =====

KETERANGAN MENGENAI JUMLAH LAPISAN DAN RESISTIVITAS

LAPISAN	RESISTIVITAS (OHM M)	KETEBALAN (M)
1	3.7E+0001	1.1E+0000
2	3.2E+0001	9.4E-0001
3	4.4E+0001	7.8E+0000
4	2.1E+0001	3.4E+0001
5	5.7E+0001	1.1E+0002

CONGRATULATION FOR YOUR SUCCES

Press ENTER To Continue ...