



**LAMPIRAN A :**  
**TEORI GELOMBANG SEISMIK**

## TEORI GELOMBANG SEISMIK

### 1. Pendahuluan

Salah satu cara untuk mengetahui sifat-sifat fisika dari batuan adalah dengan melakukan pengukuran pada batuan tersebut, baik pengukuran *in-situ* (langsung ditempat batuan itu berada) maupun dengan menggunakan sampel-sampel di laboratorium. Untuk mengukur kecepatan perambatan gelombang dalam batuan, dalam bidang eksplorasi minyak dan gas bumi biasanya menggunakan suatu alat "*logging*" yang dimasukan kedalam sumur bor. Prinsip dasar dari alat ini adalah dengan merambatkan suatu gelombang mekanik yang dihasilkan oleh transmiter yang diletakkan pada ujung alat logging dan kemudian gelombang tersebut ditangkap oleh penerima (*receiver*) setelah melalui formasi disekitar sumur bor. Penerima tersebut juga diletakan dalam alat logging tersebut.

Untuk membahas mengenai gelombang seismik ini maka kita menganggap bahwa bumi adalah isotropis. Disamping itu diambil gelombang yang amplitudonya relatif kecil. Karena perambatan gelombang seismik tergantung dari sifat-sifat elastis dari batuan yang dilaluinya maka akan berhubungan dengan teori elastisitas.

## 2. Teori Elastisitas

Benda padat dapat mengalami perubahan bentuk maupun ukurannya (*deformasi*) apabila dikenai oleh suatu gaya luar. Gaya luar ini akan dilawan oleh gaya dari dalam benda yang berasal dari gaya tarik-menarik antar molekul dari benda padat tersebut. (Supaya benda secara keseluruhan berada dalam keadaan kesetimbangan statis, maka gaya total maupun jumlah total dari kopel yang bekerja pada benda tersebut harus sama dengan nol).

Sebagai akibatnya, benda akan cenderung kembali pada keadaan semula apabila gaya luar tersebut dihilangkan. Sifat untuk melawan deformasi dan kembali pada keadaan semula bila gaya luarnya dihilangkan disebut dengan *elastisitas*. Suatu benda dikatakan *elastis sempurna* apabila setelah mengalami deformasi, akan kembali pada keadaan semula secara sempurna jika gaya luarnya dihilangkan. Dalam hal ini gaya luar yang bekerja dianggap tidak terlalu besar.

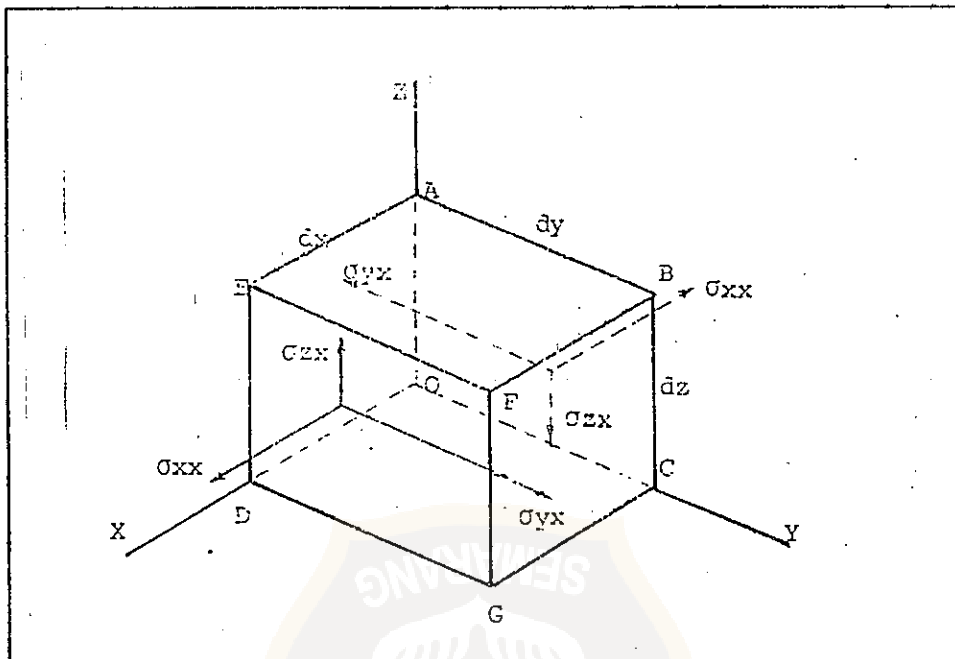
Apabila gaya luar besar sekali, melampaui *batas elastis* ada kemungkinan benda tidak akan kembali pada keadaan semula setelah gayanya dihilangkan, sehingga benda mengalami deformasi tetap. Dalam pembahasan ini gaya luar dianggap cukup kecil sehingga batas elastis dari benda tidak terlampaui.

Teori elastisitas menghubungkan gaya-gaya luar yang bekerja pada permukaan benda dan deformasi yang dihasilkannya. Untuk menjelaskan hubungan tersebut maka digunakan konsep *tegangan (stress)* dan *regangan (strain)*.

### 3. Tegangan (*Stress*)

Tegangan didefinisikan sebagai gaya per satuan luas. Jadi apabila gaya dikenakan pada suatu benda, maka tegangannya adalah perbandingan dari gaya tersebut terhadap luas permukaan dimana gaya bekerja. Jika gaya bervariasi dari satu titik ke titik lainnya, maka tegangan juga bervariasi dan nilainya pada suatu titik diperoleh dengan mengambil elemen kecil dari luasan pada titik pusat bekerjanya gaya dan kemudian membagi gaya total yang bekerja dengan besarnya luasan.

Apabila gaya yang bekerja tegak lurus dengan bidang permukaan luasan maka tegangan tersebut dinamakan dengan *tegangan normal (normal stress)*. Sedangkan apabila gayanya membentuk arah tangensial atau menyinggung permukaan bidang luasan maka dinamakan dengan *tegangan geser (shear stress)*. Dan jika gayanya tidak tegak lurus maupun menyinggung permukaan bidang luasan maka gaya tersebut dapat diuraikan kedalam komponen normal dan komponen tangensial sehingga diperoleh tegangan normal dan tegangan geser.



Gambar-1 : Komponen tegangan yang bekerja pada elemen ABCDEFGD (Sheriff, 1983).

Jika kita mengambil sebuah elemen volume pada benda yang mengalami tegangan, maka tegangan-tegangan yang bekerja pada keenam permukaan elemen volume tersebut dapat diuraikan kedalam komponen normal dan komponen tangensial seperti terlihat pada gambar-1. (Pada gambar tersebut hanya diperlihatkan gaya-gaya yang bekerja pada permukaan OABC dan EFGD). Indeks dari  $\sigma$  masing-masing menyatakan sumbu-x, -y dan -z; misalnya  $\sigma_{yx}$  berarti tegangan yang bekerja sejajar dengan sumbu-y dan tegak lurus dengan sumbu-x. Bila dua indeksnya sama (misalnya  $\sigma_{xx}$ ), berarti tegangan yang bekerja adalah tegangan normal; sedangkan

jika indeksnya berbeda (misalnya  $\sigma_{yx}$ ), berarti tegangan yang bekerja adalah tegangan geser.

Bila medium dalam kesetimbangan statis, maka tegangan- tegangan juga harus dalam keadaan kesetimbangan. Ini berarti bahwa tiga tegangan,  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yx}$  dan  $\sigma_{zx}$  yang bekerja pada bidang permukaan OABC harus sama besar dan berlawanan arah dengan tegangan-tegangan yang bekerja pada permukaan DEFG. Hal ini akan identik untuk permukaan-permukaan lainnya dan pasangan dari tegangan geser seperti  $\sigma_{yx}$  akan menimbulkan kopel sebesar :

$$\text{Gaya} \times \text{Panjang lengan} = (\sigma_{yx} dy dz) dx \dots\dots\dots (1)$$

Dengan cara yang sama dapat dihitung kopel-kopel yang timbul oleh pasangan tegangan geser yang lainnya. Karena benda berada dalam kesetimbangan statis, maka jumlah total kopel yang terjadi akan sama dengan nol, sehingga  $\sigma_{xy} = \sigma_{yx}$ . Dan dapat dituliskan dengan persamaan :

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ji} \dots\dots\dots (2)$$

#### 4. Regangan (Strain).

Bila benda elastis dikenakan tegangan, maka akan terjadi perubahan bentuk dan ukurannya (perubahan ini

tentunya sangat kecil). Perubahan tersebut disebut dengan regangan. Untuk melukiskan regangan yang terjadi kita perhatikan pada gambar-2. Segi empat PQRS terletak pada bidang-xy dan untuk sementara kita hanya memandang benda tersebut dalam dua dimensi. Akibat adanya tegangan yang bekerja, maka titik P akan berpindah ke P', Q ke Q', R ke R' dan S ke S'. Misalkan perpindahan titik-titik P, Q, R dan S pada arah sumbu-x dapat dinyatakan dengan persamaan  $u = u(x,y)$  dan pada arah sumbu y dapat dinyatakan dengan  $v = v(x,y)$ , maka koordinat P', Q', R' dan S' dapat ditulis sebagai :

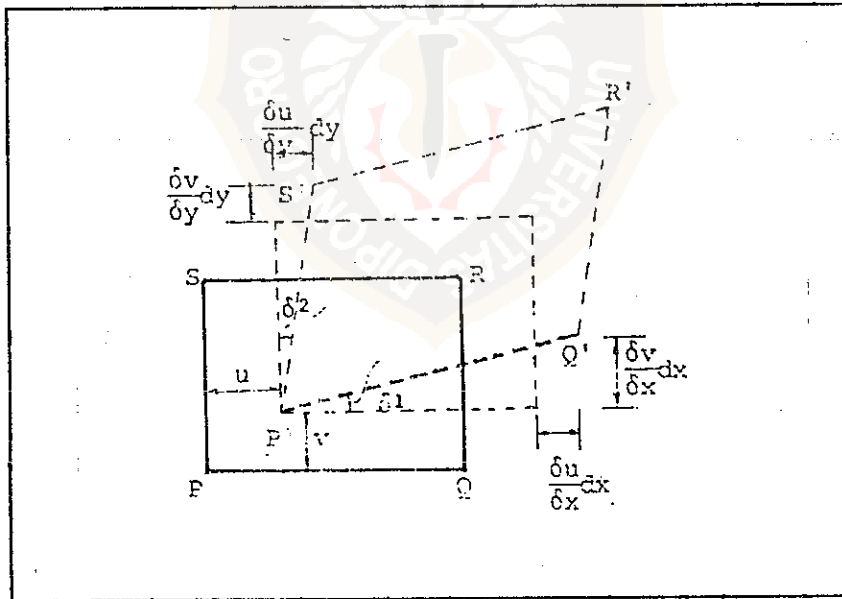
$$\begin{aligned}
 P(x,y) & \quad P'(x+u, y+v) \\
 Q(x+dx, y) & \quad Q'(x+dx+u+\frac{\partial u}{\partial x} dx, y+v+\frac{\partial v}{\partial x} dx) \\
 S(x, y+dy) & \quad S'(x+u+\frac{\partial u}{\partial y} dy, y+v+\frac{\partial v}{\partial y} dy) \\
 R(x+dx, y+dy) & \quad R'(x+dx+u+\frac{\partial u}{\partial x} dx+\frac{\partial u}{\partial y} dy, y+dy+v+\frac{\partial v}{\partial x} dx+\frac{\partial v}{\partial y} dy)
 \end{aligned}$$

Umumnya perubahan u dan v lebih kecil dari dx dan dy, sehingga kita dapat menganggap bahwa  $(\partial u/\partial x)$  dan  $(\partial u/\partial y)$  cukup kecil dan dapat diabaikan.

Dari anggapan ini dapat dilihat bahwa :

1. Dengan menggunakan rumus pythagoras dan mengabaikan suku-suku yang mengandung faktor perkalian dari  $(\partial u/\partial x)$  dengan  $(\partial v/\partial y)$  dan kuadrat dari suku-suku tersebut akan diperoleh :

- PQ bertambah panjang sebesar  $(\partial u/\partial x)dx$ .
  - PS bertambah panjang sebesar  $(\partial v/\partial y)dy$ .
2. Sudut  $\delta_1$  dan  $\delta_2$  sangat kecil dan mendekati nilai tangennya, yaitu masing-masing sebesar  $(\partial v/\partial x)$  dan  $(\partial u/\partial y)$ .
  3. Sudut pada titik P yang mula-mula adalah siku-siku sekarang akan berkurang sebesar  $(\delta_1 + \delta_2) = (\partial v/\partial x + \partial u/\partial y)$ .
  4. Secara keseluruhan segi empat PQRS telah berputar sebesar  $(\delta_1 - \delta_2) = (\partial v/\partial x - \partial u/\partial y)$ .



Gambar-2 : Benda dua dimensi PQRS menjadi P'Q'R'S' setelah mendapat tegangan (Sheriff, 1983).



Besarnya regangan didefinisikan sebagai perubahan relatif ukuran maupun bentuk dari sebuah benda yang dikenai oleh tegangan. Perubahan panjang relatif sebesar  $\partial u/\partial x$  dan  $\partial v/\partial y$  pada arah sumbu-x dan sumbu-y disebut dengan regangan normal (*normal strain*) yang dinyatakan dengan simbol  $\epsilon_{xx}$ . Sedangkan besaran  $(\partial v/\partial x + \partial u/\partial y)$  menunjukkan perubahan sudut dari PQRS yang disebut dengan regangan geser (*shearing strain*) dan dinyatakan dengan simbol  $\epsilon_{xy}$ . Besaran  $(\partial v/\partial x - \partial u/\partial y)$  menunjukkan besarnya rotasi benda mengelilingi sumbu-z yang menyebabkan diagonal P'Q'R'S' akan kembali pada kedudukan semula, dan dinyatakan dengan simbol  $\theta_z$ .

Keterangan untuk benda dua dimensi seperti tersebut diatas dapat diperluas untuk benda tiga dimensi. Bila perubahan posisi P(x,y,z) dinyatakan dengan fungsi u, v dan w maka dapat ditulis sebagai :

Regangan normal :

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{xx} &= \frac{\partial u}{\partial x} \\ \epsilon_{yy} &= \frac{\partial v}{\partial y} \\ \epsilon_{zz} &= \frac{\partial w}{\partial z} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

Regangan geser :

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_{xy} = \epsilon_{yx} &= \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \\ \epsilon_{yz} = \epsilon_{zy} &= \frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \\ \epsilon_{zx} = \epsilon_{xz} &= \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \end{aligned} \right\} \dots\dots (4)$$

Dan sudut rotasinya :

$$\left. \begin{aligned} \theta_x &= \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \\ \theta_y &= \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \\ \theta_z &= \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \end{aligned} \right\} \dots\dots (5)$$

Perubahan dimensi sebagai yang dinyatakan dengan regangan normal akan mengakibatkan terjadinya perubahan volume benda. Perubahan volume per satuan volume sebelum terjadinya deformasi disebut dengan *dilatasi* dan dilambangkan dengan simbol  $\phi$ .

Setelah terjadinya regangan, elemen segi empat  $dx dy dz$  masing-masing sisinya akan berubah menjadi  $dx(1+\epsilon_{xx})$ ,  $dy(1+\epsilon_{yy})$  dan  $dz(1+\epsilon_{zz})$  dan volume hasilnya adalah :

$$\begin{aligned} dx dy dz &= (1 + \epsilon_{xx})(1 + \epsilon_{yy})(1 + \epsilon_{zz}) \\ &= dx dy dz \{1 + (\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}) + \\ &\quad (\epsilon_{xx} \epsilon_{yy} + \epsilon_{xx} \epsilon_{zz} + \epsilon_{yy} \epsilon_{zz}) + \epsilon_{xx} \epsilon_{yy} \epsilon_{zz}\} \end{aligned}$$

Suku ketiga dan keempat masing-masing merupakan orde kedua dan ketiga, jika dibandingkan dengan suku pertama nilainya sangat kecil dan dapat diabaikan, sehingga

dilatasi  $\phi$  dapat ditulis sebagai :

$$\phi = \frac{dx dy dz (1 + \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}) - dx dy dz}{dx dy dz}$$

$$\phi = \epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz} \dots \dots \dots (6)$$

5. Hukum Hooke.

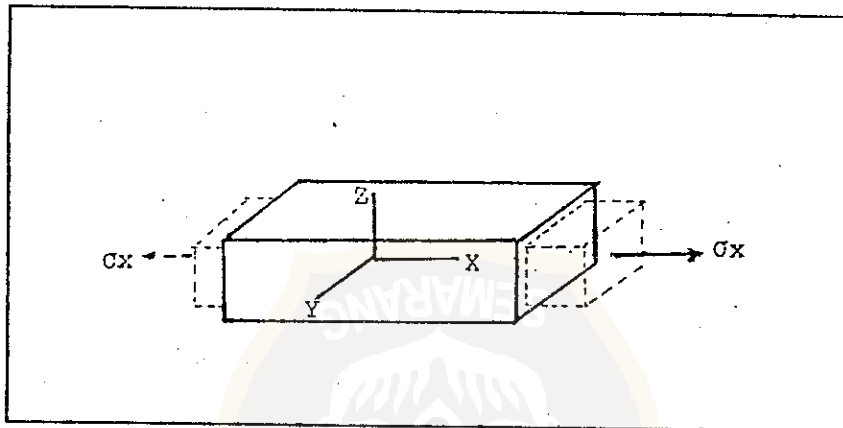
Untuk menghitung regangan suatu benda apabila tegangan nya diketahui, maka kita harus mengetahui hubungan antara tegangan dan regangan. Bila regangan yang terjadi cukup kecil, hubungan keduanya diberikan oleh *hukum Hooke* yang menyatakan bahwa regangan yang terjadi secara langsung sebanding dengan tegangan yang menyebabkannya. Bila ada beberapa tegangan, maka masing-masing akan menghasilkan regangan yang tidak tergantung antara yang satu dengan yang lainnya. Oleh karena regangan totalnya adalah jumlah dari regangan yang dihasilkan oleh tegangan-tegangan individual. Ini berarti bahwa masing-masing regangan merupakan fungsi linear dari semua tegangan.

Secara umum hukum Hooke dapat dinyatakan dalam bentuk yang lebih sederhana yaitu :

$$\sigma_{ii} = \lambda \phi + 2 \mu \epsilon_{ii} \quad i = x, y, z \dots \dots \dots (7)$$

$$\sigma_{ij} = \mu \epsilon_{ij} \quad i, j = x, y, z \quad i \neq j \dots \dots (8)$$

dimana  $\lambda$  dikenal sebagai konstanta *Lame* dan  $\mu$  adalah modulus geser atau modulus kekakuan dari medium.



Gambar-3 : Sebuah balok segi empat mendapat tegangan tarik satu arah (Dobrin, 1988).

#### 6. Hubungan antara Tegangan, Regangan dan Konstanta Elastis

Kita meninjau sebuah benda elastis yang mendapat tegangan pada satu arah. Hubungan antara tegangan kompresi (atau tegangan tarik) yang dikenakan pada benda tersebut dan regangan yang dihasilkannya dapat ditulis sebagai :

$$\sigma_{xx} = E \epsilon_{xx} \dots \dots \dots (9)$$

dimana E merupakan konstanta perbandingan yang disebut dengan *modulus Young* (gambar-3).

Akibat dari tegangan kompresi pada arah sumbu-x, benda akan mengerut pada arah sumbu-y dan sumbu-z; dan besarnya pengerutan ini sebanding dengan regangan yang timbul pada arah sumbu-x. Hubungannya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\left. \begin{aligned} E \epsilon_{xx} &= \sigma_{xx} \\ E \epsilon_{yy} &= -\sigma \sigma_{yy} \\ E \epsilon_{zz} &= -\sigma \sigma_{zz} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

dimana  $\sigma$  adalah konstanta pembanding yang dikenal sebagai *Poisson ratio*. Tanda minus (-) menunjukkan pengerutan benda.

Untuk tegangan kompresi yang bekerja pada ketiga sumbu koordinat-x, -y dan -z, dapat dinyatakan dengan  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yy}$ , dan  $\sigma_{zz}$ . Masing-masing regangan dapat dituliskan sesuai dengan komponen tegangannya yaitu :

$$\left. \begin{aligned} E \epsilon_{xx} &= \sigma_{xx} - \sigma \sigma_{yy} - \sigma \sigma_{zz} \\ E \epsilon_{yy} &= -\sigma \sigma_{xx} + \sigma_{yy} - \sigma \sigma_{zz} \\ E \epsilon_{zz} &= -\sigma \sigma_{xx} - \sigma \sigma_{yy} + \sigma_{zz} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

Apabila tegangan tersebut berasal dari kelebihan tekanan hidrostatis P maka ketiga komponen masing-masing akan sama dengan P. Jika ketiga persamaan (11)

dijumlahkan, akan diperoleh :

$$\begin{aligned}
E(\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy} + \epsilon_{zz}) &= (1 - 2\sigma)(\sigma + \sigma + \sigma) \\
&= (1 - 2\sigma) 3P \\
E \phi &= (1 - 2\sigma) 3P \dots\dots\dots (12)
\end{aligned}$$

Kompresibilitas,  $\beta$  suatu benda didefinisikan sebagai :

$$\beta = \frac{\phi}{P} \dots\dots\dots (13)$$

Sedangkan modulus bulk, k merupakan kebalikan dari kompresibilitasnya, atau ditulis dengan :

$$k = \frac{1}{\beta} = \frac{P}{\phi} \dots\dots\dots (14)$$

Dari persamaan (12) dapat diperoleh :

$$k = \frac{E}{3(1 - 2\sigma)} \dots\dots\dots (15)$$

Dengan mensubstitusikan konstanta-konstanta diatas kedalam hukum Hooke akan diperoleh :

$$E = \frac{\mu(3\lambda + 2\mu)}{(\lambda + \mu)} \dots\dots\dots (16)$$

$$\sigma = \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)} \dots\dots\dots (17)$$

$$k = \frac{(3\lambda + 2\mu)}{3} \dots\dots\dots (18)$$

Untuk tegangan geser, hubungannya dengan regangan geser dapat ditulis sebagai :

$$\sigma_{xy} = \sigma_{yx} = \mu \left[ \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right] \dots\dots (19)$$

Modulus geser  $\mu$  dapat dinyatakan dalam modulus Young E dan Poisson ratio  $\sigma$ , yaitu :

$$\mu = \frac{E}{2(1 + \sigma)} \dots\dots\dots (20)$$

Dari persamaan (7) dan (8) akan diperoleh generalisasi yaitu

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{xx} &= 2\mu\epsilon_{xx} + \lambda\phi \\ \sigma_{yy} &= 2\mu\epsilon_{yy} + \lambda\phi \\ \sigma_{zz} &= 2\mu\epsilon_{zz} + \lambda\phi \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (21)$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{xy} &= \sigma_{yx} = \mu\epsilon_{xy} = \mu\epsilon_{yx} \\ \sigma_{xz} &= \sigma_{zx} = \mu\epsilon_{xz} = \mu\epsilon_{zx} \\ \sigma_{yz} &= \sigma_{zy} = \mu\epsilon_{yz} = \mu\epsilon_{zy} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (22)$$

dimana :  $\lambda = \frac{E\sigma}{(1 + \sigma)(1 - 2\mu)}$

**7. Persamaan Gelombang Bunyi**

Pembicaraan diatas hanya berlaku untuk benda yang dalam keadaan kesetimbangan statis. Sekarang akan ditinjau keadaan dimana tegangan bekerja pada benda yang tidak dalam keadaan setimbang. Pada gambar-1 diatas, misalkan tegangan-tegangan pada bidang elemen volume yang ditinjau adalah  $\sigma_{xx}$ ,  $\sigma_{yx}$  dan  $\sigma_{zx}$ , maka pada bidang elemen volume sebelah yang lain diperoleh :

$$\sigma_{xx} + \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} dx, \quad \sigma_{yx} + \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} dx \quad \text{dan} \quad \sigma_{zx} + \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} dx \quad \dots (23)$$

(Untuk pasangan bidang yang lain, indeksnya harus disesuaikan dengan bidang yang ditinjau). Dengan demikian tegangan nettoanya berturut-turut adalah :

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} dx, \quad \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} dx \quad \text{dan} \quad \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} dx \quad \dots (24)$$

Tegangan-tegangan tersebut bekerja pada elemen volume  $dx dy dz$  dengan luas  $dy dz$ . Jadi gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu-z, -y dan -x persatuan volume berturut-turut adalah :

$$\frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x}, \quad \frac{\partial \sigma_{yx}}{\partial x} \quad \text{dan} \quad \frac{\partial \sigma_{zx}}{\partial x} \quad \dots (25)$$

Untuk bidang-bidang lain dari elemen volume yang



ditinjau diperoleh dengan mengganti indeks dari suku-suku tersebut diatas. Maka gaya total yang bekerja pada arah sumbu-x adalah :

$$\left( \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \right) \dots \dots \dots (26)$$

Menurut hukum kedua Newton, gaya ini akan menimbulkan percepatan elemen volume sebesar :

$$\rho \frac{\partial^2 x}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \dots \dots \dots (27)$$

dimana  $\rho$  adalah massa jenis benda padat yang ditinjau (dianggap konstan).

Dengan menggunakan hukum Hooke, persamaan (27) dapat ditulis dengan :

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_{xz}}{\partial z} \\ &= \lambda \frac{\partial \phi}{\partial x} + 2\mu \frac{\partial \epsilon_{xx}}{\partial x} + \mu \frac{\partial \epsilon_{xy}}{\partial y} + \mu \frac{\partial \epsilon_{xz}}{\partial z} \\ &= \lambda \frac{\partial \phi}{\partial x} + \mu \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left[ \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 x}{\partial y^2} \right] \right. \\ &\quad \left. + \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \right\} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \lambda \frac{\partial \phi}{\partial x} + \mu \nabla^2 u + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right] \\
 &= (\lambda + \mu) \frac{\partial \phi}{\partial x} + \mu \nabla^2 u \dots\dots\dots (28)
 \end{aligned}$$

dimana : 
$$\nabla^2 = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2}$$

Analogi dengan persamaan (28) dapat diperoleh persamaan untuk v dan w sebagai berikut :

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \phi}{\partial x} + \mu \nabla^2 v \dots\dots\dots (29)$$

$$\rho \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = (\lambda + \mu) \frac{\partial \phi}{\partial z} + \mu \nabla^2 w \dots\dots\dots (30)$$

Bila persamaan (28), (29) dan (30) dideferensialkan terhadap x dan kemudian dijumlahkan akan diperoleh :

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right) = (\lambda + \mu) \left( \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} \right) + \mu \nabla^2 \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} \right)$$

atau  $\rho \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = (\lambda + 2\mu) \nabla^2 \phi$

atau  $\frac{1}{\alpha^2} \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = \nabla^2 \phi \dots \dots \dots (31)$

dimana  $\alpha^2 = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho} \dots \dots \dots (32)$

Dengan mengurangi turunan persamaan (29) terhadap z dengan turunan persamaan (30) terhadap y, akan diperoleh persamaan lain yaitu :

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right) = \mu \nabla^2 \left( \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$

$$\frac{1}{\beta^2} \frac{\partial^2 \theta_x}{\partial t^2} \nabla^2 \theta_x$$

dimana :  $\beta^2 = \frac{\mu}{\rho} \dots \dots \dots (33)$

Kita juga dapat memperoleh persamaan yang sejenis untuk  $\theta_y$  dan  $\theta_z$ . Persamaan (32) dan (33) merupakan persamaan gelombang.

Dalam bentuk umum persamaan gelombang dapat ditulis sebagai :

$$\frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \nabla^2 \psi \dots\dots\dots (34)$$

dengan V adalah suatu konstanta perbandingan.

Untuk menyelesaikan atau mencari solusi dari persamaan (34) diatas kita menganggap bahwa y hanya merupakan fungsi dari x dan t. Karena y bukan merupakan fungsi dari y dan z maka fungsi y merupakan gelombang bidang, sehingga setiap fungsi dari (x-Vt) adalah merupakan solusi dari persamaan (34) asalkan y dan dua turunan pertamanya terhingga dan kontinyu. Karena yang kita hadapi dalam kenyataan adalah gelombang harmonik maka fungsi yang diambil berbentuk sinus dan cosinus. Fungsi dari (x-Vt) menggambarkan gelombang yang merambat kearah sumbu-x positif, sedangkan fungsi (x+Vt) menggambarkan gelombang yang merambat kearah sumbu-x negatif, sehingga fungsi ini juga memenuhi persamaan (34). Jadi solusi umum dari persamaan gelombang tersebut dapat ditulis dengan :

$$\psi = f(x - Vt) + g(x + Vt) \dots\dots\dots (35)$$

Besaran  $(x-Vt)$  dan  $(x+Vt)$  dikenal sebagai fase

*gelombang*. Pada saat gelombang bidang tersebut merambat, ada bagian dari benda yang berada pada fase yang sama pada suatu harga  $t$  tertentu. Bagian dari benda ini akan membentuk permukaan yang sefase yang disebut dengan *muka gelombang*. Untuk gelombang bidang, muka gelombangnya akan membentuk bidang yang tegak lurus pada sumbu- $x$ . Gelombang yang menjalar pada arah tegak lurus dengan muka gelombang, berupa garis-garis yang menggambarkan penjalaran energi gelombang dinamakan dengan *lintasan gelombang*.

Dalam koordinat bola persamaan (34) ditulis menjadi :

$$\frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{1}{r^2} \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left[ r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right] + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left[ \sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right] + \frac{1}{\sin^2 \theta} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} \right\} \dots \dots \dots (36)$$

Kita ambil suatu fungsi gelombang yang tidak tergantung pada  $\theta$  dan  $\phi$ , sehingga fungsi tersebut hanya terdiri dari  $r$  dan  $t$ . Dengan demikian persamaan (36) akan menjadi lebih sederhana, yaitu :

$$\frac{1}{V^2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial r^2} \left[ r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right] \dots \dots \dots (37)$$

Maka bentuk fungsi yang memenuhi persamaan ini adalah  $1/r(f(r-Vt))$  atau  $1/r(f(r+Vt))$  dimana  $1/r(f(r-Vt))$  menggambarkan gelombang yang merambat pada arah +r (keluar meninggalkan titik pusat bola), sedangkan  $1/r(f(r+Vt))$  menggambarkan gelombang yang merambat pada arah -r (masuk menuju titik pusat bola). Dengan demikian solusi umumnya berbentuk :

$$\psi = \frac{1}{r} f(r - Vt) + g(r + Vt) \dots\dots\dots (38)$$

Bila r dan t mempunyai nilai tertentu maka (r-Vt) akan konstan dan karenanya y juga konstan. Oleh karena itu, pada t sesaat gelombang mempunyai nilai yang sama pada semua titik pada permukaan bola dengan jari-jari r. Permukaan bola merupakan muka gelombangnya, sedangkan jari-jari merupakan lintasan gelombangnya. Sehingga jelas bahwa gelombang sferis tersebut tegak lurus terhadap muka gelombangnya seperti halnya pada gelombang bidang. Untuk r yang sangat besar dan kita hanya mengambil bagian kecil dari permukaan bola, maka muka gelombang pada bagian permukaan ini dapat dianggap datar, sehingga dapat dianggap sebagai penjalaran gelombang bidang.

Bila diambil gelombang harmonis maka fungsi tersebut untuk gelombang bidang dan sferis dapat dituliskan dalam bentuk persamaan :

$$\psi = A \cos 2\pi x (x - Vt) \dots\dots\dots (39)$$

$$\psi = \frac{B}{r} \cos 2\pi x (r - Vt) \dots\dots\dots (40)$$

Fungsi gelombang tersebut dapat juga ditulis dalam fungsi sinus, hal ini tergantung dari syarat batas pada saat  $t = 0$ . Untuk persamaan (39), gelombang bidang tersebut mempunyai *amplitudo* yang konstan sama dengan  $A$ . Sedangkan untuk gelombang sferis pada persamaan (40), amplitudonya akan mengecil sebesar  $1/r$ .  $x$  disebut dengan *bilangan gelombang* yang sama dengan  $2\pi/\lambda$ , dimana  $\lambda$  disebut dengan *panjang gelombang*. Besaran  $V$  menunjukkan *kecepatan fase gelombang* tersebut.

Jika koordinat ruang pada persamaan (39) dan (40) mempunyai nilai tertentu dan  $t$  bertambah nilainya, maka  $y$  akan mengalami pengulangan setiap kenaikan waktu  $t$  sebesar  $T$  dimana :

$$x V T = 2\pi\omega = \frac{2\pi ft}{\lambda}$$

Sehingga :

$$T = \frac{\lambda}{V}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{V}{\lambda} \dots\dots\dots (41)$$

$$V = f \lambda = \frac{\omega}{x}$$

dimana  $T$  disebut dengan *perioda*,  $f$  adalah *frekuensi*

gelombang, dan  $\omega$  adalah frekuensi angular yang didefinisikan sebagai  $\omega = 2\pi f = \kappa V$ .

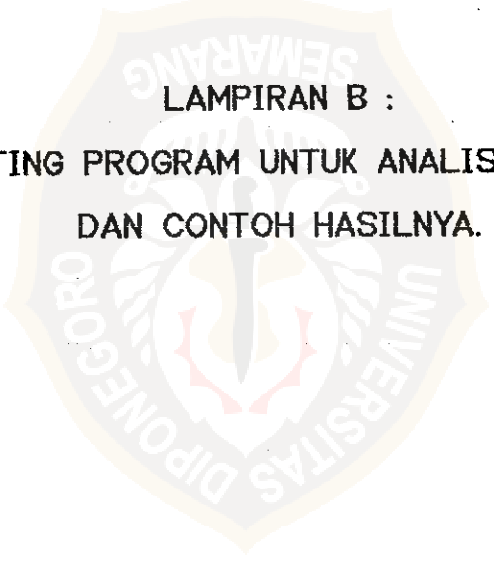
Dengan menggunakan simbol-simbol ini maka persamaan (39) dapat ditulis dalam bentuk yang ekuivalen yaitu :

$$\begin{aligned} \psi &= A \cos \kappa (x - Vt) = A \cos (2\pi/\lambda)(x - Vt) \\ &= A \cos (\kappa x - \omega t) = A \cos \omega \left[ \frac{x}{V} - t \right] \\ \psi &= A \cos (\kappa x - 2\pi ft) = A \cos 2\pi \left[ \frac{x}{\lambda} - ft \right] \dots (42) \end{aligned}$$

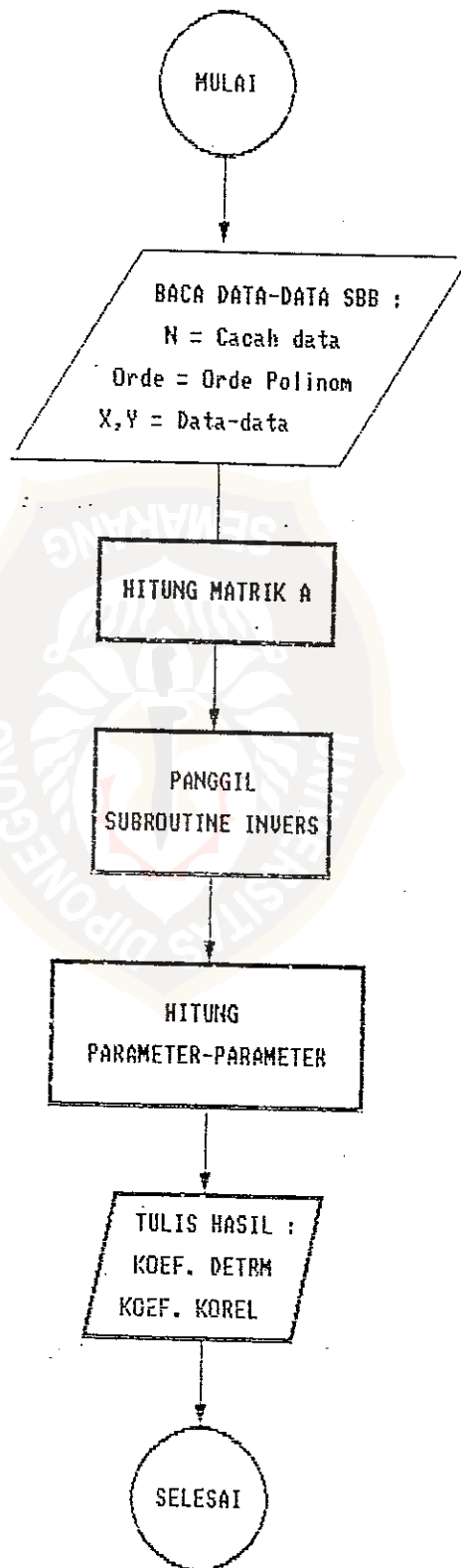
Persamaan (42) diatas akan lebih cocok ditulis dalam bentuk eksponensial yaitu :

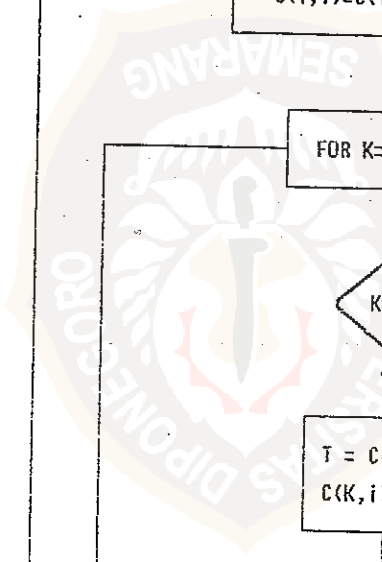
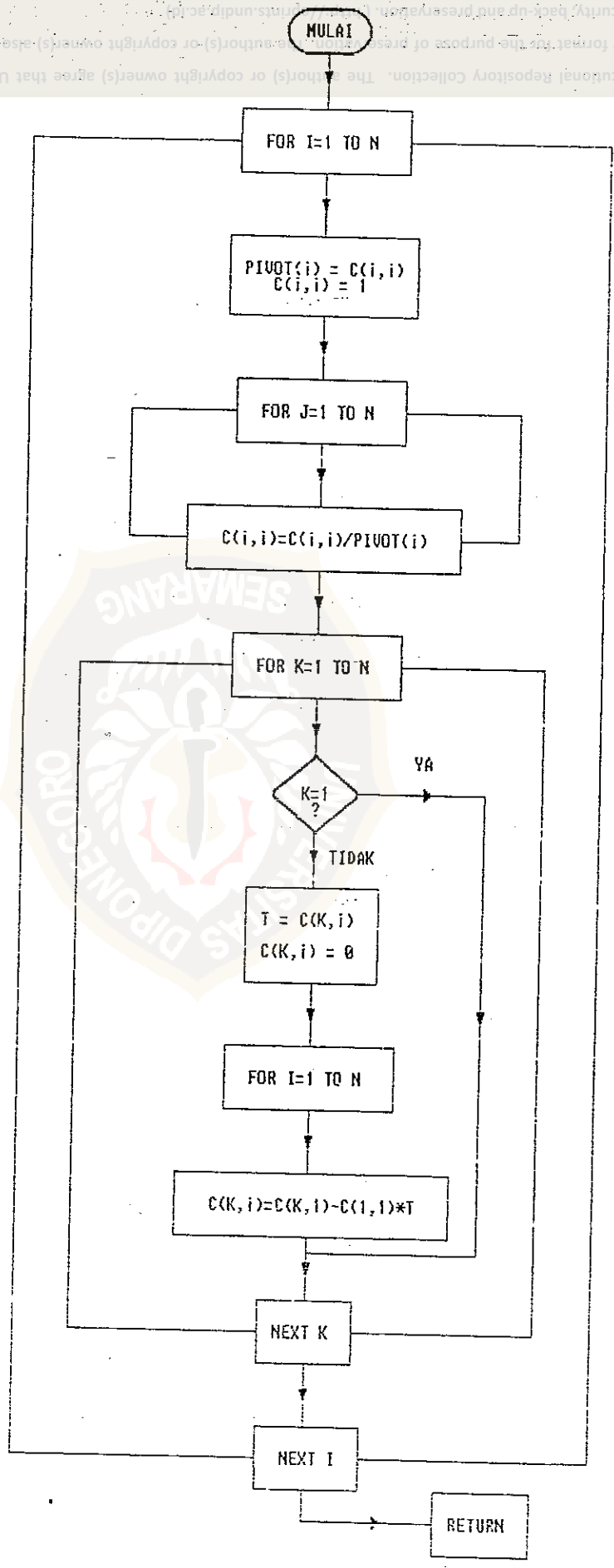
$$\begin{aligned} \psi &= A e^{j\omega \left\{ \frac{x}{V} - t \right\}} \\ &= A e^{j(\kappa x - \omega t)} \dots \dots \dots (43) \end{aligned}$$





**LAMPIRAN B :**  
**LISTING PROGRAM UNTUK ANALISA DATA**  
**DAN CONTOH HASILNYA.**





```

{*****}
* PROGRAM UNTUK Mencari Hubungan (POLA Distribusi) *
* Kecepatan Rambat Gelombang-P (V) Terhadap Kedalaman (Z) *
* Batuan pada Formasi Talang Akar di Cekungan Arjuna *
* Dengan Pendekatan Fungsi Regresi Polinomial *
* DIBUAT OLEH : *
* SYAMSUDDIN NIM : J.401.90.0494 *
* JURUSAN Fisika FMIPA UNDIP Semarang *
*****}

```

```
PROGRAM Regresi_Polinomial;
```

```
USES crt;
```

```

CONST Orde = 1;  { * Orde polinomial * }
      Orde1 = 2; { * Orde polinomial + 1 * }
      Cacah = 4; { * Jumlah pasangan data Z dan V * }
      Garis = '-----';

```

```

TYPE Vektor = Array[1..Cacah] of Real;
      Vektor1 = Array[1..Orde1] of Real;
      Tabel = Array[1..Orde1] of Vektor1;

```

```

VAR Z, V : Vektor; { * Vektor data Z dan V * }
     C : Vektor1; { * Vektor koef. ruas kanan * }
     Matrika : Tabel; { * Matriks koef./inversnya * }
     Koef_Reg,
     SB : Vektor1; { * Ralat baku koef. regresi * }
     Korel_Sdhn,
     Korelasi,
     Koef_Deter,
     SSR,
     SST,
     SSD,
     MSR,
     MSD,
     FHitungan,
     RataZ,
     RataV : Real; { * Rata-rata elemen vektor V * }
     I, Cacah : Integer; { * Konter * }
     Orde, Orde1 : Integer;

```

```

{ [=====]
  [ PROSEDUR UNTUK MEMBACA DATA VEKTOR KECEPATAN (V) ]
  [ DAN KEDALAMAN (Z) ]
  [=====] }

```

```
PROCEDURE BACA_DATA      (var VektorZ, VektorV : Vektor);
```

```
VAR      I      : Integer;
```

```
Begin
```

```
  Clrscr;
  Writeln('MENGHITUNG KOEFISIEN REGRESI POLINOMIAL');
  Writeln('-----');
  Writeln;
  Writeln('AKAN DIHITUNG REGRESI ORDE : ',Orde:2);
  Writeln('CACAH DATANYA ADALAH      : ',Cacah:3);
  Writeln;
  Writeln('MASUKKAN DATANYA DIBAWAH INI:');
  Writeln;
```

```
  For I := 1 to Cacah do
```

```
  Begin
```

```
    Write('DATA KE ',I:3, ' : NILAI Z = ');
    Readln(Z[I]);
    GotoXY(45,whereY-1); Write ('NILAI V = ');
    Readln(V[I]);
```

```
  End
```

```
End;
```

```
{[=====]
 [ PROSEDUR UNTUK MENGHITUNG KORELASI SEDERHANA ]
 [=====]}
```

```
PROCEDURE Korelasi_sederhana
      (var Korel_Sdhn, RataZ,RataV      : Real;
       Z,V      : Vektor);
```

```
VAR      I      : Integer;
         JumZ,JumV,
         JumZV,JumZ2,
         JumV2      : Real;
```

```
Begin
```

```
  JumZ := 0; JumV := 0; JumZV := 0;
  JumZ2 := 0; JumV2 := 0;
  For I := 1 to Cacah do
    Begin
      JumZ := JumZ + Z[I];
      JumV := JumV + V[I];
    End;
  RataZ := JumZ/Cacah;
  RataV := JumV/Cacah;
  For I := 1 to Cacah do
```

```

Begin
    JumZV := JumZV + (Z[I] - RataZ) * (V[I] - RataV);
    JumZ2 := JumZ2 + Sqr(Z[I] - RataZ);
    JumV2 := JumV2 + Sqr(V[I] - RataV)
End;
Korel_Sdhn := JumZV / Sqrt(JumZ2 * JumV2)
End;

```

```

{[=====]}
[ FUNGSI UNTUK MENGHITUNG PANGKAT SUATU BILANGAN ]
{[=====]}

```

```
Function Pangkat (N : integer; Bil : Real) : Real;
```

```

VAR
    I      : Integer;
    P      : Real;

```

```

Begin
    P := 1;
    For I := 1 to N do
        P := P * Bil;
    Pangkat := P
End;

```

```

{[=====]}
[ PROSEDUR UNTUK MENYUSUN MATRIK KOEFISIEN DAN ]
[ VEKTOR RUAS KANAN UNTUK PERHITUNGAN ]
{[=====]}

```

```

PROCEDURE Susun_Matrik_Vektor (var A      : Tabel;
                                var C      : Vektor1;
                                Z,V      : Vektor);

```

```

VAR
    I,J,K,N      : Integer;
    Bil          : Real;

```

```

Begin
    A[1,1] := Cacah;
    For I := 1 to Ordel do
        For J := 1 to Ordel do
            If not ((I=1) and (J=1)) Then
                Begin
                    A[I,J] := 0;
                    For K := 1 to Cacah do
                        Begin
                            Bil := Z[K];

```

```

        N := I + J - 2;
        A[I,J] := A[I,J] + Pangkat (N,Bil)
    End
End;
For J := 1 to Orde1 do
    Begin
        C[J] := 0;
        For I := 1 to Cacah do
            Begin
                Bil := Z[I];
                N := J - I;
                C[J] := C[J] + V[I] * Pangkat(N,Bil);
            End
        End
    End;
End;

```

```

{[ ===== ]
 [ PROSEDUR UNTUK MENGHITUNG INVERS MATRIKS ]
 [ ===== ]}

```

```

PROCEDURE      Invers (var A : Tabel);

```

```

VAR            I,J,L           : Integer;
               Koef12, Koef21  : Vektor1;
               Skalar           : Real;

```

```

Begin
    A[1,1] := 1/a[1,1];
    For L := 1 to Orde do
        Begin

```

```

{[ =====]
 [ MENGHITUNG INVERS A22 ]
 [ ===== ]}

```

```

For I := 1 to L do
    Begin
        Koef21[I] := 0.0;
        For J := 1 to L do
            Koef21[I] := Koef21[I] + A[L+1,J] * A[J,I];
        End;
        Skalar := 0.0;
        For I := 1 to L do
            Skalar := Skalar + Koef21[I] * A[I,L+1];
        Skalar := 1/(A[L+1,L+1]-Skalar);
        A[L+1,L+1] := Skalar;
    End;

```

```

{[ ===== ]
 [ MENGHITUNG INVERS A21 ]
 [ ===== ]}

For I := 1 to L do
A[L+1,I] := -Koef21[I] * Skalar;

{[ ===== ]
 [ MENGHITUNG INVERS A12 ]
 [ ===== ]}

For I := 1 to L do
  Begin
    Koef12[I] := 0.0;
    For J := 1 to L do
      Koef12[I] := Koef12[I] + A[I,J] * A[J,L+1]
    End;
  For I := 1 to L do
    A[I,L+1] := -Koef12[I] * Skalar;

{[ ===== ]
 [ MENGHITUNG INVERS A11 ]
 [ ===== ]}

For I := 1 to L do
  For J := 1 to L do
    A[I,J] := A[I,J] + Koef12[I] * Koef21[I] * Skalar
  End
End;

{[ ===== ]
 [ PROSEDUR UNTUK MENGHITUNG BESARAN YANG LAIN ]
 [ ===== ]}

PROCEDURE      Hitung_besaran;

VAR            I,J      : Integer;
              F         : Vektor;

Begin
  For I := 1 to Orde1 do
    Begin
      Koef_Reg[I] := 0;
      For J := 1 to Orde1 do

```



```

    Koef_reg[I] := Koef_reg[I] + MatrikA[I,J] * C[J]
End;
For I := 1 to Cacah do
    Begin
        F[I] := Koef_reg[1];
        For J := 2 to Orde1 do
            F[I] := F[I] + Koef_reg[J] * Pangkat(J-1,Z[I])
        End;
        SST := 0;
        SSR := 0;
        For I := 1 to Cacah do
            Begin
                SST := SST + Sqr(V[I] - RataV);
                SSR := SSR + Sqr(F[I] - RataV);
            End;
        SSD := SST - SSR;
        MSR := SSR / Orde1;
        MSD := SSD / (Cacah - Orde);
        FHitungan := MSR / SST;
        Koef_Deter := SSR / SST;
        Korelasi := Sqrt(Koef_deter);
        For I := 1 to Orde1 do
            SB[I] := Sqrt(Abs((SSD*MatrikA[I,I]))/(Cacah-Orde1))
        End;

{[ ===== ]
 [ PROGRAM UTAMA ]
 [ ===== ]}

Begin
    Baca_Data(Z,V);
    Korelasi_sederhana(Korel_Sdhn,RataZ,RataV,Z,V);
    Susun_Matrik_Vektor(MatrikA,C,Z,V);
    Invers(MatrikA);
    Hitung_Besaran;
    Clrscr;
    Writeln('ANALISA FUNGSI REGRESI POLINOMIAL');
    Writeln('-----');
    Writeln;
    If Orde1 = 1 Then
        Begin
            Writeln('FUNGSI REGRESI POLINOMIAL ORDE : ',Orde:2);
            Writeln;
            Writeln('KOEFSISIEN FUNGSI REGRESI YANG DIPEROLEH :');
            Writeln;
            For I := 1 to Orde1 do

```

```
Begin
  Writeln('HARGA A(',I-1:1,') = ',Koef_Reg[I]:12:3);
End;
Writeln;
Writeln('KOEFSISIEN DETERMINASI (R^2) = ',Koef_deter:10:3);
Writeln('KORELASI GANDA (R) = ',Korelasi:10:3);
Writeln('KORELASI SEDERHANA = ',Korel_sdh:10:3);
End
End.      {* Akhir Program *}
```



**CONTOH HASIL PROGRAM YANG DIPEROLEH :**

**MENGHITUNG KOEFISIEN REGRESI POLINOMIAL**

---

AKAN DIHITUNG REGRESI ORDE : 2  
CACAH DATANYA ADALAH : 14

MASUKKAN DATANYA DI BAWAH INI :

DATA KE 1	:	NILAI Z = 6486	NILAI V = 9216
DATA KE 2	:	NILAI Z = 6548	NILAI V = 8959
DATA KE 3	:	NILAI Z = 6606	NILAI V = 9561
DATA KE 4	:	NILAI Z = 6652	NILAI V = 9626
DATA KE 5	:	NILAI Z = 6705	NILAI V = 9172
DATA KE 6	:	NILAI Z = 6850	NILAI V = 10006
DATA KE 7	:	NILAI Z = 6943	NILAI V = 10096
DATA KE 8	:	NILAI Z = 6950	NILAI V = 11525
DATA KE 9	:	NILAI Z = 7006	NILAI V = 10260
DATA KE 10	:	NILAI Z = 7099	NILAI V = 11124
DATA KE 11	:	NILAI Z = 7114	NILAI V = 9997
DATA KE 12	:	NILAI Z = 7147	NILAI V = 11152
DATA KE 13	:	NILAI Z = 7185	NILAI V = 12417
DATA KE 14	:	NILAI Z = 7509	NILAI V = 13257

**ANALISA FUNGSI REGRESI POLINOMIAL**

---

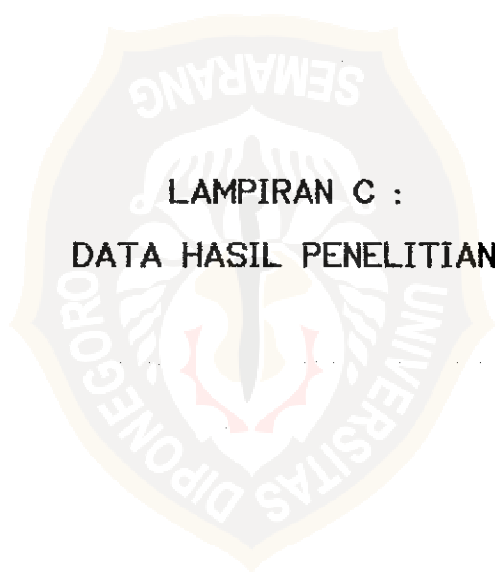
FUNGSI REGRESI POLINOMIAL ORDE : 2

KOEFISIEN REGRESI YANG DIPEROLEH :

HARGA  $A(0) = 8790.148$   
HARGA  $A(1) = -1001.405$   
HARGA  $A(2) = 9286.744$

SEDANGKAN KOEFISIEN DETERMINASI/KORELASI :

KOEFISIEN DETERMINASI ( $R^2$ ) = 0.848  
KORELASI FUNGSI (R) = 0.921



**LAMPIRAN C :**  
**DATA HASIL PENELITIAN**

Sumur	ND	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
SH-1	1	6413	6442	6427	10695
	2	6445	6458	6451	10361
	3	6651	6656	6653	9098
	4	6717	6720	6718	11974
	5	6771	6782	6776	10361
	6	6783	6788	6785	9351
	7	6948	6966	6957	11004
	8	6998	7002	7000	12276
	9	7004	7034	7019	10724
	10	7068	7071	7069	12676
	11	7089	7094	7091	9548
	12	7095	7130	7112	10639
	13	7310	7361	7335	11103
	14	7394	7403	7398	11859
	15	7457	7461	7459	13732
	16	7545	7556	7550	11057
	17	7572	7629	7600	11653
	18	7670	7674	7672	10006
	19	7736	7746	7741	11111
	20	7929	7932	7930	10298
	21	7944	7948	7846	10762
	22	8155	8169	8162	11597
	23	8375	8411	8393	11261
	24	8627	8630	8628	11740
	25	8701	8712	8706	11633
	26	8778	8833	8805	11788
	27	9105	9112	9108	12583
	28	9305	9374	9339	11809
	29	9404	9413	9408	12808
	30	9533	9559	9546	11647
	31	9791	9817	9804	12929
	32	9818	9847	9832	11751
	33	9954	9987	9970	13110
	34	9991	10096	10043	12771
	35	10104	10150	10127	13265
	36	10219	10251	10235	13824
	37	10300	10402	10351	14272
	38	10404	10414	10409	14513
	39	10501	10548	10524	13956
	40	10709	10717	10713	15227
	41	11020	11086	11053	15106
	42	11123	11167	11145	15354
	43	11219	11230	11224	15321
	44	11375	11396	11385	15521
	45	11452	11501	11476	15734

Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
LU-1	1	8845	8997	8921	10848
	2	9265	9270	9267	11397
	3	9286	9319	9302	10847
	4	9431	9470	9450	11575
	5	9723	9740	9731	12290
	6	9866	9870	9868	11712
	7	9908	9938	9923	12094
	8	9950	9967	9958	12069
	9	10231	10344	10287	12226
	10	10368	10410	10389	12169
	11	10547	10556	10551	12097
	12	10565	10589	10577	13243
	13	10661	10719	10690	11600
	14	10783	10815	10799	12429
	15	10819	10853	10836	12374
	16	11162	11169	11165	12802
	17	11637	11650	11643	13269
	18	11653	11682	11667	12526
	19	12126	12143	12134	13016
	20	12350	12376	12363	13204
	21	12547	12564	12555	13492
TY-1	1	4811	4815	4813	9005
	2	4820	4839	4829	8244
	3	4842	4845	4843	7602
	4	5041	5056	5048	8729
	5	5107	5109	5108	7877
	6	5112	5158	5135	9308
	7	5217	5242	5229	9620
	8	5253	5257	5255	8644
	9	5367	5391	5379	9454
	10	5413	5427	5420	9657
	11	5500	5512	5506	9783
	12	5556	5559	5557	8319
	13	5710	5721	5715	9449
	14	5835	5848	5841	9879
	15	5865	5869	5867	10408
	16	5880	5883	5881	9218
	17	5926	5934	5930	9717
	18	6062	6074	6068	11162
	19	6077	6100	6088	10579
	20	6262	6296	6279	10802
	21	6387	6414	6400	11002
	22	6435	6462	6448	11185
	23	6513	6531	6522	11233
	24	6777	6800	6788	11177
	25	7083	7145	7114	12183

Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
BZZ-2	1	6481	6492	6486	9216
	2	6547	6550	6548	8959
	3	6594	6618	6606	9561
	4	6645	6660	6652	9626
	5	6704	6707	6705	9172
	6	6837	6864	6850	10006
	7	6942	6945	6943	10096
	8	6946	6954	6950	11525
	9	7005	7008	7006	10260
	10	7095	7104	7099	11124
	11	7113	7116	7114	9997
	12	7119	7175	7147	11152
	13	7178	7193	7185	12417
	14	7479	7539	7509	13257
SZN-1	1	4628	4631	4629	8674
	2	4659	4684	4671	8260
	3	4688	4704	4696	8243
	4	4916	4920	4918	8452
	5	4986	5017	5001	8365
	6	5024	5027	5025	8974
	7	5029	5068	5048	8658
	8	5153	5203	5178	8789
	9	5212	5216	5214	9185
	10	5255	5262	5258	10792
	11	5341	5343	5342	9152
	12	5429	5430	5429	9370
	13	5437	5452	5444	9758
	14	5660	5700	5680	10711
	15	5876	5966	5921	10805
BTS-1	1	6414	6426	6420	9157
	2	6662	6678	6670	10301
	3	6779	6795	6787	10391
	4	6860	6862	6861	9863
	5	6970	6986	6978	11219
	6	7139	7142	7140	10135
	7	7269	7283	7276	11495
	8	7325	7329	7327	10273
	9	7353	7356	7354	10551
	10	7477	7519	7498	10925
	11	7552	7578	7565	11258
	12	7665	7689	7677	12976
	13	7707	7710	7708	10426
	14	7802	7817	7809	12905
	15	7836	7844	7840	11653
	16	7982	7998	7990	11679
	17	8063	8099	8081	13158

Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
SS-1	1	7123	7184	7153	10742
	2	7278	7305	7291	10939
	3	7401	7425	7413	11270
	4	7533	7554	7543	11897
	5	7557	7560	7558	11100
	6	7600	7603	7601	10564
	7	7656	7663	7659	11638
	8	7849	7852	7850	11040
	9	7854	7856	7855	11566
	10	8032	8034	8033	11044
	11	8033	8040	8037	11731
	12	8140	8143	8141	11457
	13	8415	8418	8416	11072
	14	8421	8431	8426	11581
	15	8587	8590	8588	11243
	16	8698	8703	8700	12219
	17	8782	8788	8785	11948
	18	8793	8818	8805	12182
	19	8923	8929	8926	12083
	20	8947	8950	8948	11794
	21	8972	8984	8978	12592
	22	9145	9151	9148	12115
	23	9301	9310	9305	12482
	24	9383	9386	9384	11883
	25	9398	9407	9402	13186
	26	9416	9463	9439	12171
	27	9548	9556	9552	13115
	28	9566	9568	9567	12129
	29	9629	9647	9638	12380
	30	9787	9794	9790	13493
	31	9862	9865	9863	12124
	32	9907	9919	9913	13651
	33	9922	9926	9924	11920
LX-1	1	4329	4361	4345	8823
	2	4398	4403	4400	8351
	3	4471	4517	4496	9503
	4	4566	4568	4567	9604
	5	4584	4648	4616	9984
	6	4662	4683	4672	10128
	7	4687	4758	4722	9357
	8	4766	4769	4767	9529
	9	4778	4792	4785	10754
	10	4795	4912	4853	10004
	11	4950	4978	4964	11573



Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
SD-1	1	6265	6366	6315	10020
	2	6480	6509	6494	10127
	3	6995	7028	7011	10630
	4	7035	7058	7046	10702
	5	7095	7109	7102	10122
	6	7320	7336	7328	11281
	7	7432	7467	7449	11578
	8	7624	7634	7629	11671
	9	7711	7760	7735	12341
	10	7968	8033	8000	12157
	11	8214	8250	8232	12158
	12	8394	8412	8403	12192
	13	8579	8594	8586	13438
	14	8747	8763	8755	12761
	15	9159	9327	9243	14060
	16	9356	9476	9416	14421
	17	9578	9598	9588	14799
	18	9780	9832	9806	14303
	19	9923	9932	9927	14505



Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
BLT-1	1	6548	6626	6587	9851
	2	6757	6788	6772	9991
	3	6892	6895	6893	8604
	4	6907	6922	6914	10651
	5	6867	6991	6979	10130
	6	7030	7069	7049	10796
	7	7106	7109	7107	9508
	8	7276	7290	7283	11544
	9	7384	7419	7401	11666
	10	7434	7454	7444	11245
	11	7524	7527	7525	10548
	12	7563	7565	7564	10305
	13	7600	7628	7614	11432
	14	7631	7636	7633	11835
	15	7669	7685	7677	11479
	16	7703	7706	7704	10236
	17	7745	7801	7773	11558
	18	7888	7903	7895	11809
	19	7906	7909	7907	10664
	20	7939	7941	7940	10305
	21	7984	7995	7989	11825
	22	8124	8130	8127	11957
	23	8199	8208	8203	11836
	24	8321	8324	8322	11312
	25	8359	8379	8369	12249
	26	8651	8659	8655	12226
	27	8714	8726	8720	12964
LLQ-1	1	5123	5142	5132	8783
	2	5169	5188	5178	8936
	3	5256	5259	5257	8585
	4	5265	5271	5268	8632
	5	5313	5330	5321	9476
	6	5352	5355	5353	9040
	7	5382	5394	5388	9655
	8	5448	5457	5452	11141
	9	5478	5481	5479	9860
	10	5528	5531	5529	10023
	11	5571	5579	5575	10706
	12	5617	5623	5620	11298
	13	5638	5641	5639	9972
	14	5773	5775	5774	10270
	15	5807	5811	5809	11202
	16	5817	5820	5818	10597
	17	5881	5890	5885	13319
	18	5891	5915	5903	12543
	19	5949	6038	5993	12946

Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
-1	1	7127	7189	7158	10670
	2	7365	7396	7380	10778
	3	7533	7566	7549	11207
	4	7623	7711	7667	11579
	5	7741	7789	7765	12041
	6	7810	7815	7812	12807
	7	7816	7845	7830	12350
	8	7846	7849	7847	10862
	9	7888	7955	7921	12471
	10	8053	8056	8054	10364
	11	8197	8200	8198	10848
	12	8233	8305	8269	13438
	13	8349	8361	8355	12586
	14	8364	8367	8365	11686
	15	8379	8409	8394	14253
	16	8410	8418	8414	13787
	17	8619	8681	8650	14677
	18	8767	8776	8771	15082
	19	8786	8837	8811	14747
	20	8887	8896	8891	15364
	21	8962	9031	8996	15364
LLX-1	1	6579	6592	6585	10096
	2	6654	6658	6656	10799
	3	6696	6699	6697	8486
	4	6758	6790	6774	10817
	5	6809	6814	6811	10820
	6	6918	6936	6927	10928
	7	6954	6957	6955	9168
	8	7135	7150	7142	11244
	9	7314	7328	7321	11580
	10	7420	7423	7421	9309
	11	7555	7558	7556	9446
	12	7594	7609	7601	11118
	13	7618	7622	7620	9933
	14	7733	7736	7734	9922
	15	7855	7881	7868	10994
	16	7979	7983	7981	9918
	17	8154	8174	8164	12297
	18	8394	8424	8409	11742
	19	8554	8601	8577	12179
	20	8604	8611	8607	12978
	21	8832	8841	8836	12505
	22	8935	8948	8941	12309
	23	8982	8994	8988	12965
	24	9193	9203	9198	12486

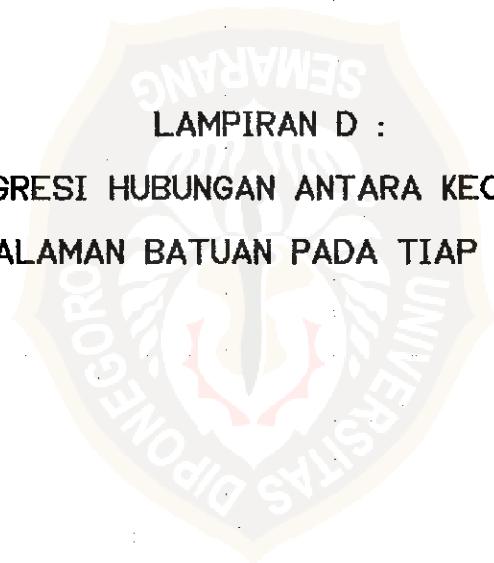
Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
-1	1	3130	3240	3185	7229
	2	3270	3278	3274	8050
	3	3408	3438	3423	8039
	4	3493	3502	3497	7646
	5	3616	3649	3632	8584
	6	3652	3658	3655	7908
	7	3671	3679	3675	8293
	8	3689	3695	3692	9607
	9	3779	3785	3782	8295
	10	3787	3799	3793	9324
	11	3800	3805	3802	9807
	12	3872	3878	3875	9475
	13	3881	3899	3890	9167
	14	3920	3995	3957	10576
KM-1	1	6935	6985	6960	9759
	2	7025	7028	7026	9264
	3	7083	7122	7102	10449
	4	7175	7178	7176	11970
	5	7242	7267	7254	11516
	6	7270	7273	7271	10129
	7	7361	7379	7370	11805
	8	7401	7406	7403	12268
	9	7544	7564	7554	12602
	10	7565	7576	7570	11424
	11	7622	7675	7648	11558
	12	7925	7928	7926	12811
	13	8254	8262	8258	13690
	14	8314	8331	8322	11662
	15	8524	8532	8528	12360
LL-3	1	5550	5577	5563	9324
	2	5614	5617	5615	9677
	3	5669	5680	5674	9919
	4	5692	5696	5694	10272
	5	5708	5716	5712	10377
	6	5822	5836	5829	10417
	7	5871	5904	5887	10741
	8	5908	5911	5909	10049
	9	5952	5961	5956	10783
	10	6048	6059	6053	10809
	11	6092	6094	6093	10068
	12	6140	6143	6141	10086
	13	6160	6168	6164	11574
	14	6169	6178	6173	10560
	15	6249	6261	6255	11530
	16	6397	6403	6400	10990

Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
SK-1	1	5373	5428	5400	9780
	2	5521	5526	5523	8880
	3	5569	5577	5573	9938
	4	5703	5732	5717	10412
	5	5736	5738	5737	9443
	6	5783	5839	5811	10684
	7	5919	5922	5920	9957
	8	5924	5957	5940	10434
	9	6030	6053	6041	10689
	10	6075	6078	6076	9931
	11	6108	6145	6126	10655
	12	6264	6275	6269	10959
	13	6460	6489	6474	10701
	14	6577	6582	6579	11603
	15	6708	6742	6725	11036
	16	6754	6757	6755	11891
	17	6870	6912	6891	12286
	18	6938	6960	6949	10545
	19	7365	7372	7368	10871
	20	7680	7694	7687	11059
	21	7959	7974	7966	11899
	22	8014	8095	8054	12591
	23	8173	8198	8185	12933
GP-1	1	4679	4697	4688	8371
	2	4858	4874	4866	8697
	3	4975	4999	4987	9146
	4	5072	5076	5074	10151
	5	5111	5162	5136	9543
	6	5290	5293	5291	8977
	7	5314	5347	5330	9979
	8	5371	5406	5388	9987
	9	5507	5528	5517	10179
	10	5599	5611	5605	11328
	11	5677	5678	5677	10036
	12	5680	5683	5681	11557
	13	5686	5696	5691	10027
	14	5729	5741	5735	11654
	15	5752	5755	5753	12747
	16	5767	5770	5768	10816
	17	5776	5780	5778	10174
	18	5795	5808	5801	11964
	19	5876	5877	5876	11254
	20	5929	5933	5931	11172
	21	5959	5972	5965	12050
	22	6096	6121	6108	11737

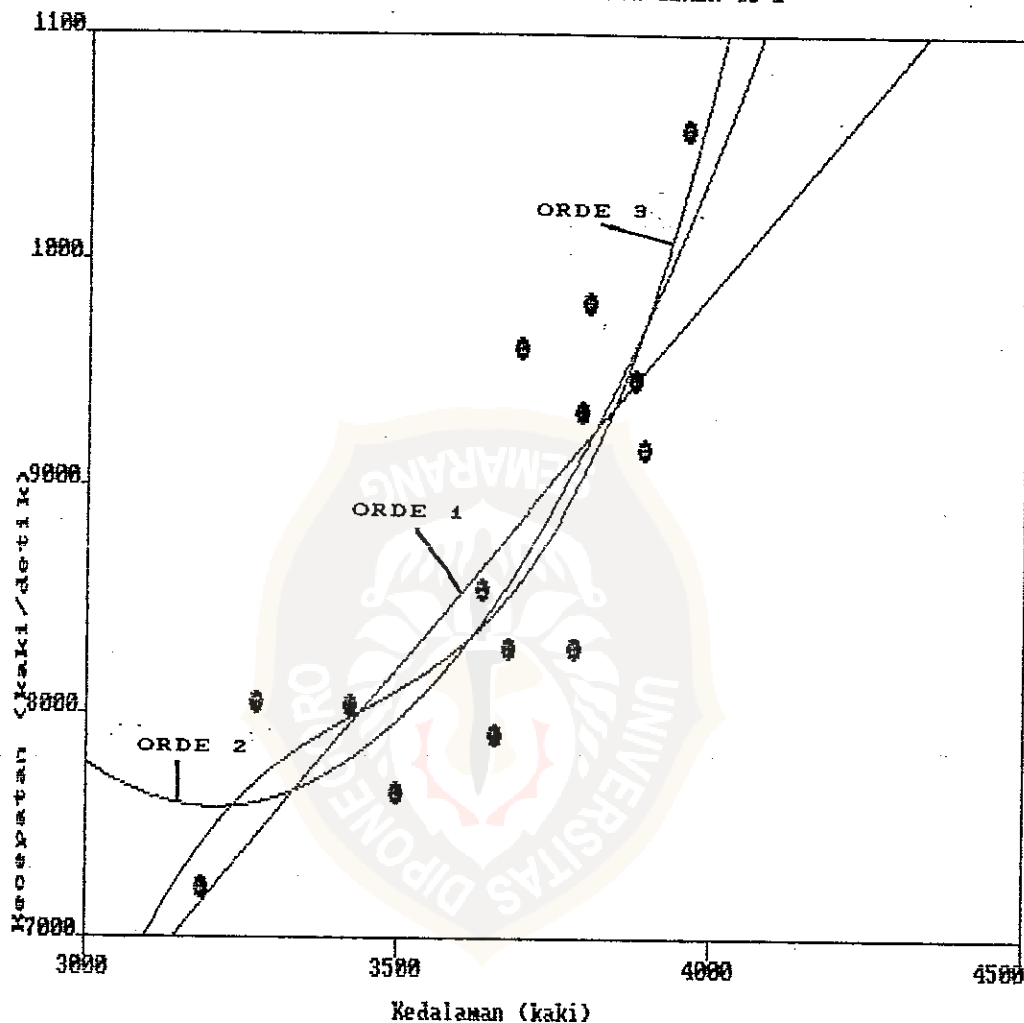
Sumur	NO	Kedalaman (Feet)			Kecepatan (Feet/det)
		Top	Bot	Mid	
KN-1	1	6363	6375	6369	9774
	2	6453	6476	6464	9840
	3	6635	6639	6637	11268
	4	6677	6680	6678	8779
	5	6727	6731	6729	10679
	6	6750	6772	6761	9872
	7	6972	6995	6983	11635
	8	7105	7132	7118	11883
	9	7271	7300	7285	11125
	10	7432	7456	7444	11317
	11	7491	7505	7498	11928
	12	7870	7887	7878	12718
	13	7896	7911	7903	12868
	14	7951	7960	7955	12472
	15	8156	8170	8163	13244
	16	8182	8189	8185	12782
	17	8240	8251	8245	13229
KL-6A	1	7313	7342	7327	9961
	2	7369	7373	7371	9185
	3	7379	7397	7388	10146
	4	7492	7526	7509	10339
	5	7573	7576	7574	9984
	6	7579	7628	7603	10772
	7	7672	7676	7674	10361
	8	7722	7725	7723	10143
	9	7865	7883	7874	11219
	10	7943	7948	7945	10215
	11	7957	7992	7974	11422
	12	8048	8061	8054	10940
	13	8094	8118	8106	10958
	14	8169	8172	8170	10451
	15	8175	8190	8182	11860
	16	8242	8245	8243	11332
	17	8355	8364	8359	11568
	18	8500	8524	8512	12398
	19	8549	8559	8554	11622
SEZ-1	1	7081	7115	7098	8005
	2	7234	7283	7258	8025
	3	7321	7324	7322	8207
	4	7409	7460	7434	8707
	5	7477	7509	7493	8681
	6	7680	7699	7689	9190
	7	7818	7835	7826	9495
	8	7933	7975	7954	10002
	9	7978	7981	7979	9757
	10	8164	8167	8165	9595

**LAMPIRAN D :**

**KURVA REGRESI HUBUNGAN ANTARA KECEPATAN DAN  
KEDALAMAN BATUAN PADA TIAP SUMUR**



KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SIMUR GS-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-3.480E+03) + (3.338E+00)*X$$

THE VARIANCE - 2.928E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(7.777E+03) + (-2.839E+03)*X + (1.027E+04)*X^2$$

THE VARIANCE - 2.415E+05

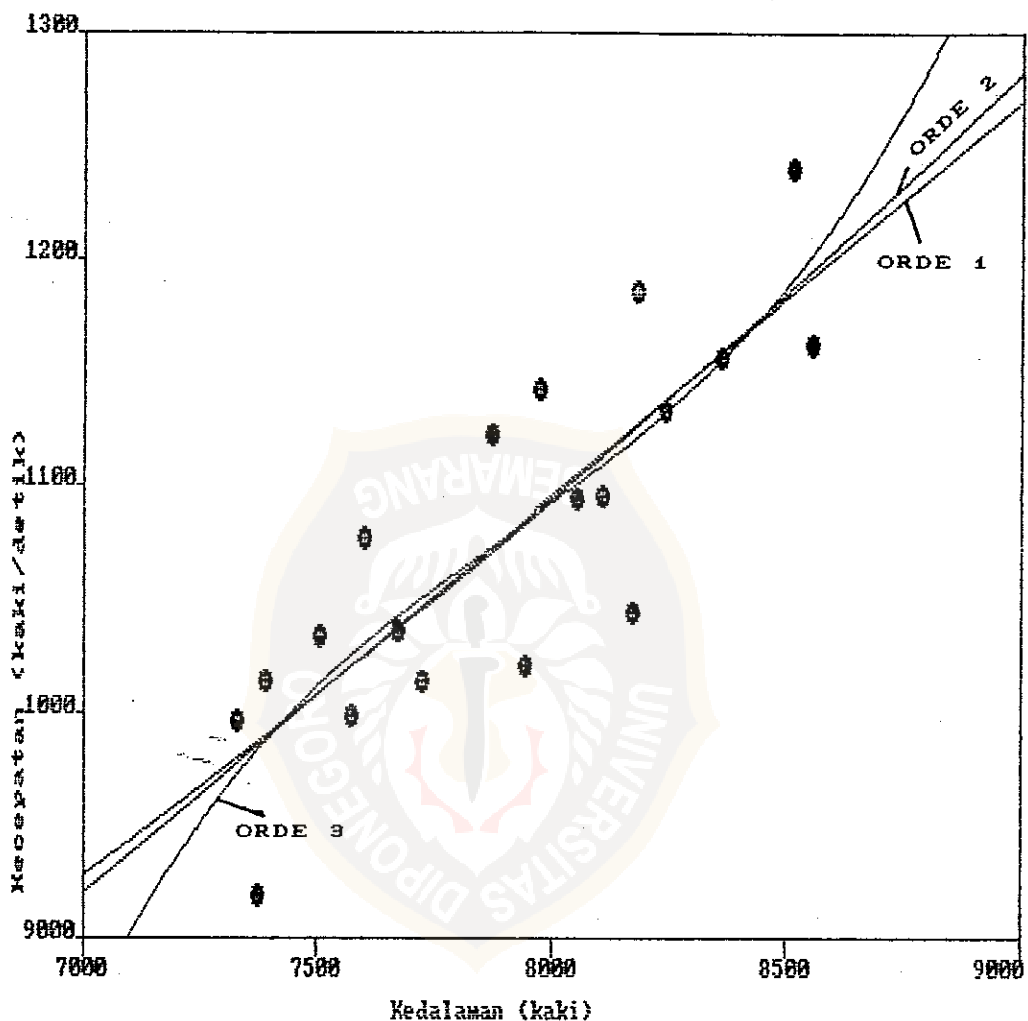
REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(6.359E+03) + (1.200E+04)*X + (-3.259E+04)*X^2 + (3.689E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 2.280E+05



KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR KL-6A



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-3.069E+03) + (1.753E+00)*X$$

THE VARIANCE - 1.772E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(9.282E+03) + (3.084E+03)*X + (4.615E+02)*X^2$$

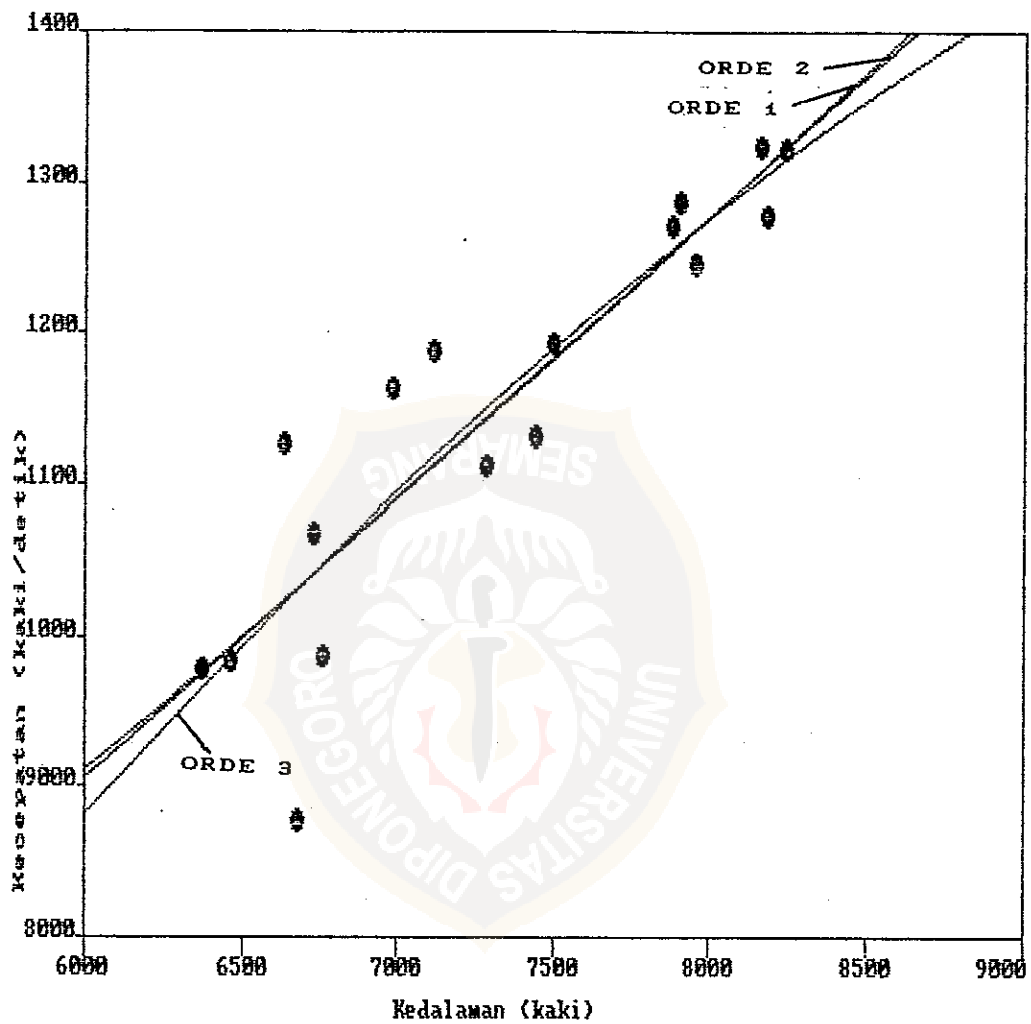
THE VARIANCE - 1.770E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(8.652E+03) + (8.219E+03)*X + (-1.158E+04)*X^2 + (8.488E+03)*X^3$$

THE VARIANCE - 1.749E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR KN-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-2.134E+03) + (1.864E+00)*X$$

THE VARIANCE - 3.273E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(9.113E+03) + (5.261E+03)*X + (3.509E+02)*X^2$$

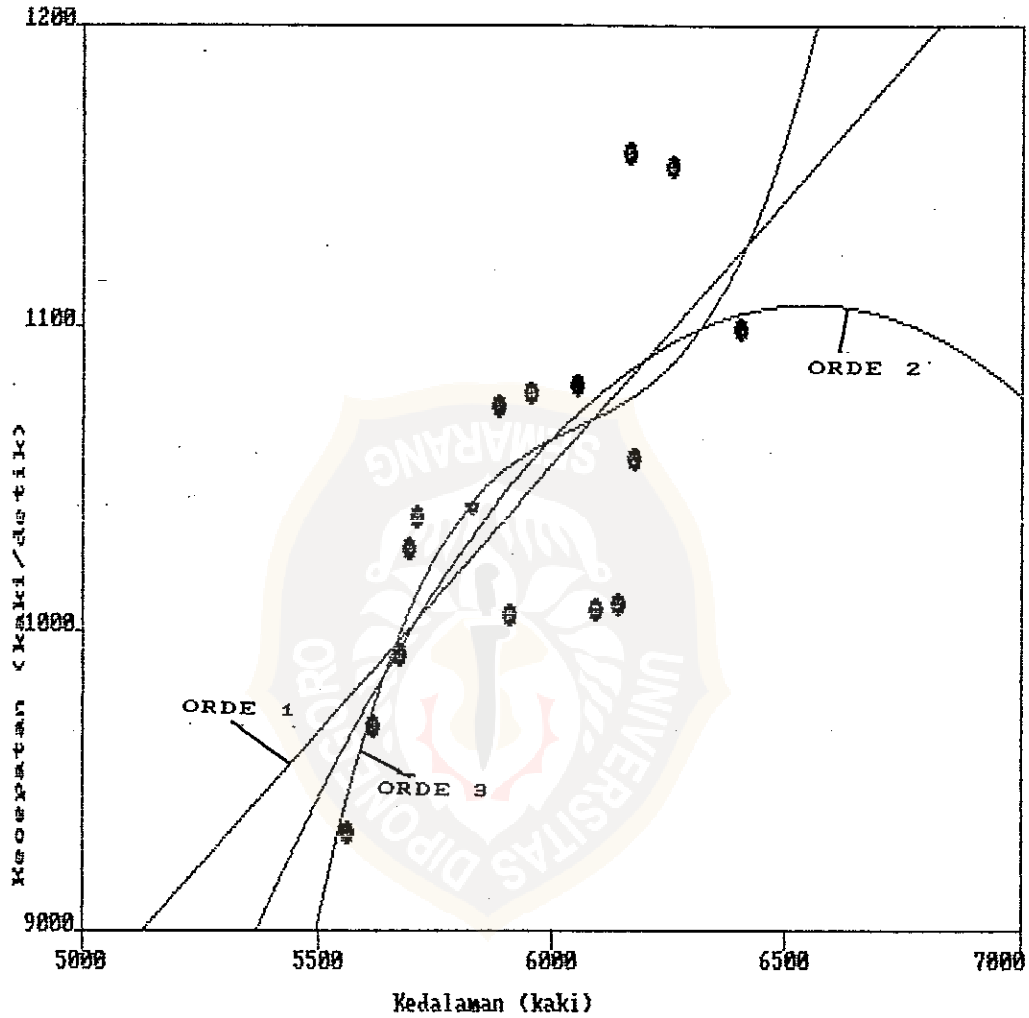
THE VARIANCE - 3.103E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(8.818E+03) + (6.926E+03)*X + (-1.469E+03)*X^2 + (-3.489E+01)*X^3$$

THE VARIANCE - 3.249E+05

KIRVA REGRESI POLINOMIAL PADA SIMIR LL-3



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-5.318E+01) + (1.767E+00)*X$$

THE VARIANCE - 1.721E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(7.514E+03) + (9.206E+03)*X + (-5.948E+03)*X^2$$

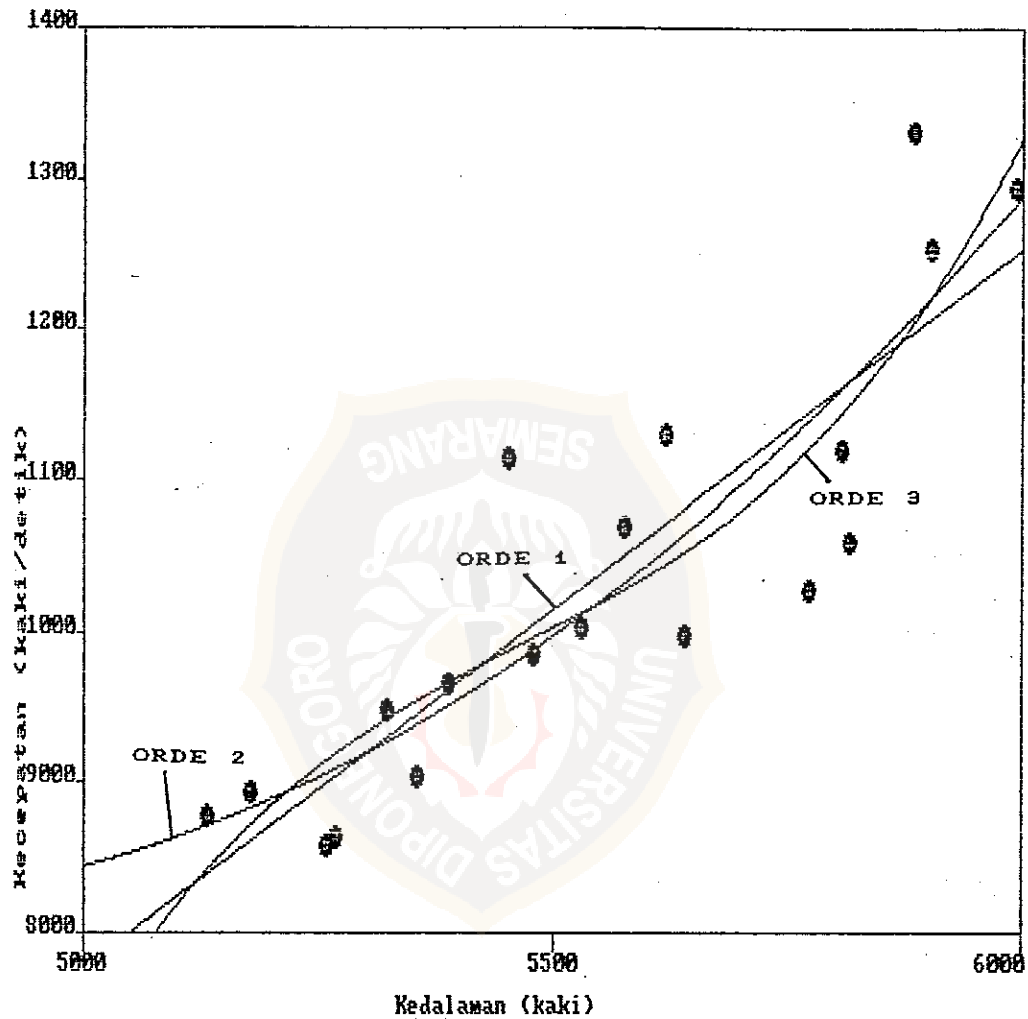
THE VARIANCE - 1.652E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(1.533E+03) + (4.899E+04)*X + (-9.012E+04)*X^2 + (5.703E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 1.557E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR LIQ-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-1.610E+04) + (4.773E+00)*X$$

THE VARIANCE - 4.415E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(8.444E+03) + (1.689E+03)*X + (2.753E+03)*X^2$$

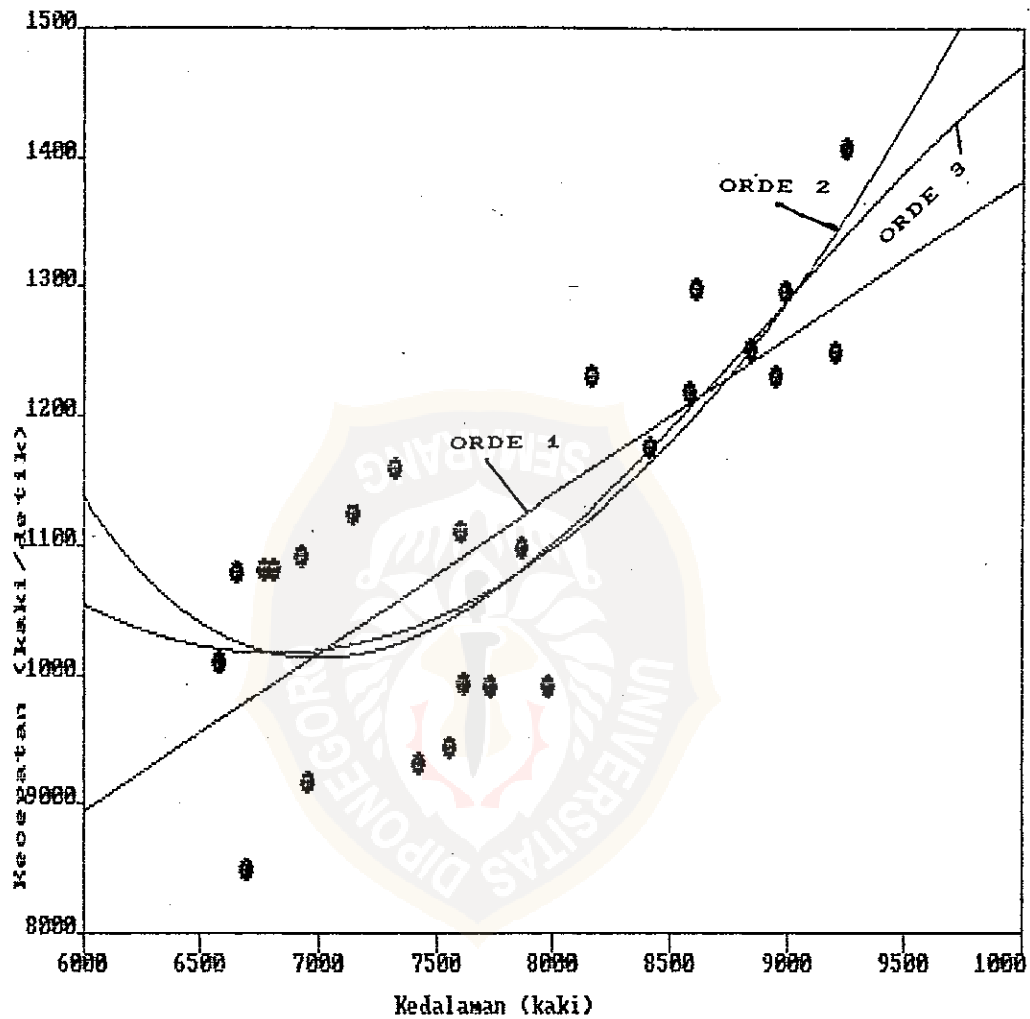
THE VARIANCE - 4.156E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(7.275E+03) + (1.057E+04)*X + (-1.566E+04)*X^2 + (1.109E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 3.924E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR LLX-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 1.609E+03 ) + ( 1.222E+00 ) * X$$

THE VARIANCE - 7.748E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 1.055E+04 ) + ( -3.692E+03 ) * X + ( 9.090E+03 ) * X^2$$

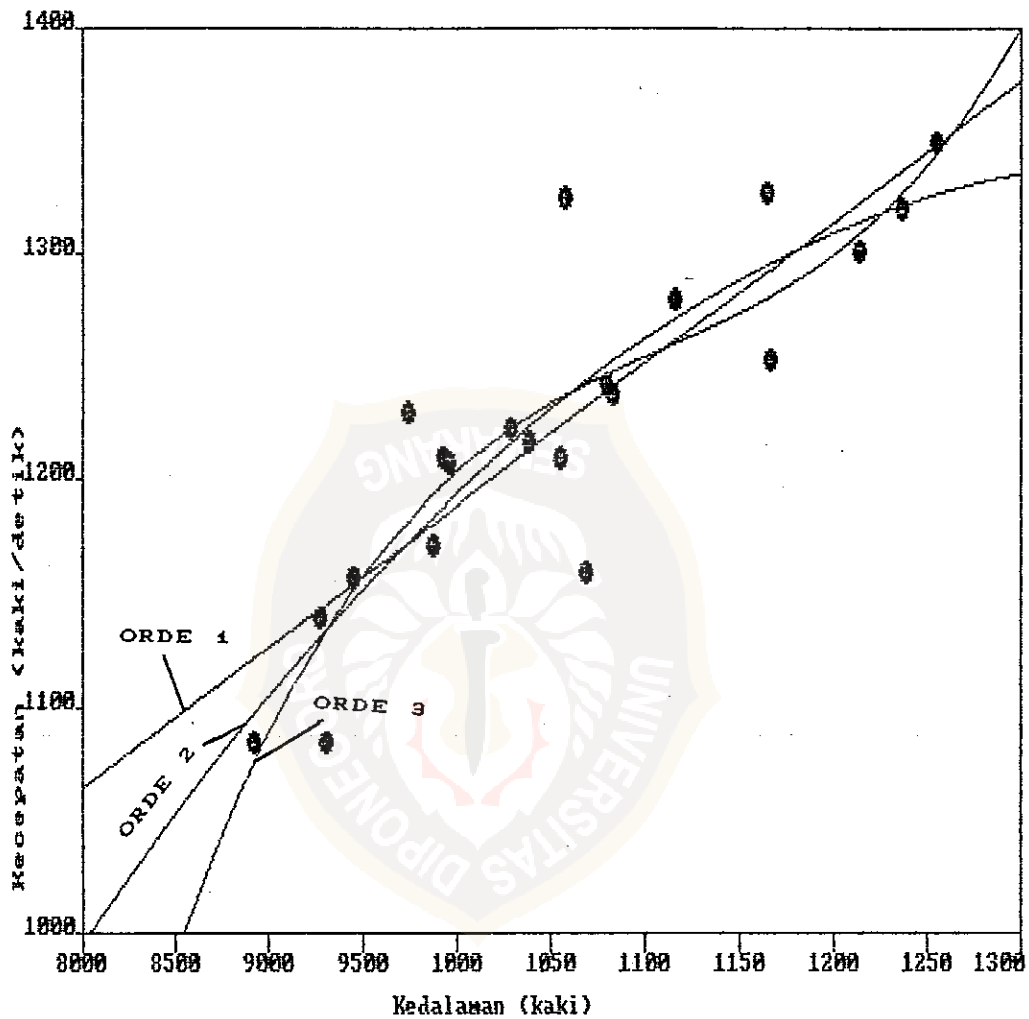
THE VARIANCE - 6.564E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 1.136E+04 ) + ( -1.062E+04 ) * X + ( 2.569E+04 ) * X^2 + ( -1.172E+04 ) * X^3$$

THE VARIANCE - 6.511E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR LI-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 5.644E+03) + ( 6.248E-01)*X$$

THE VARIANCE - 1.375E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 9.957E+03) + ( 6.011E+03)*X + (-2.610E+03)*X^2$$

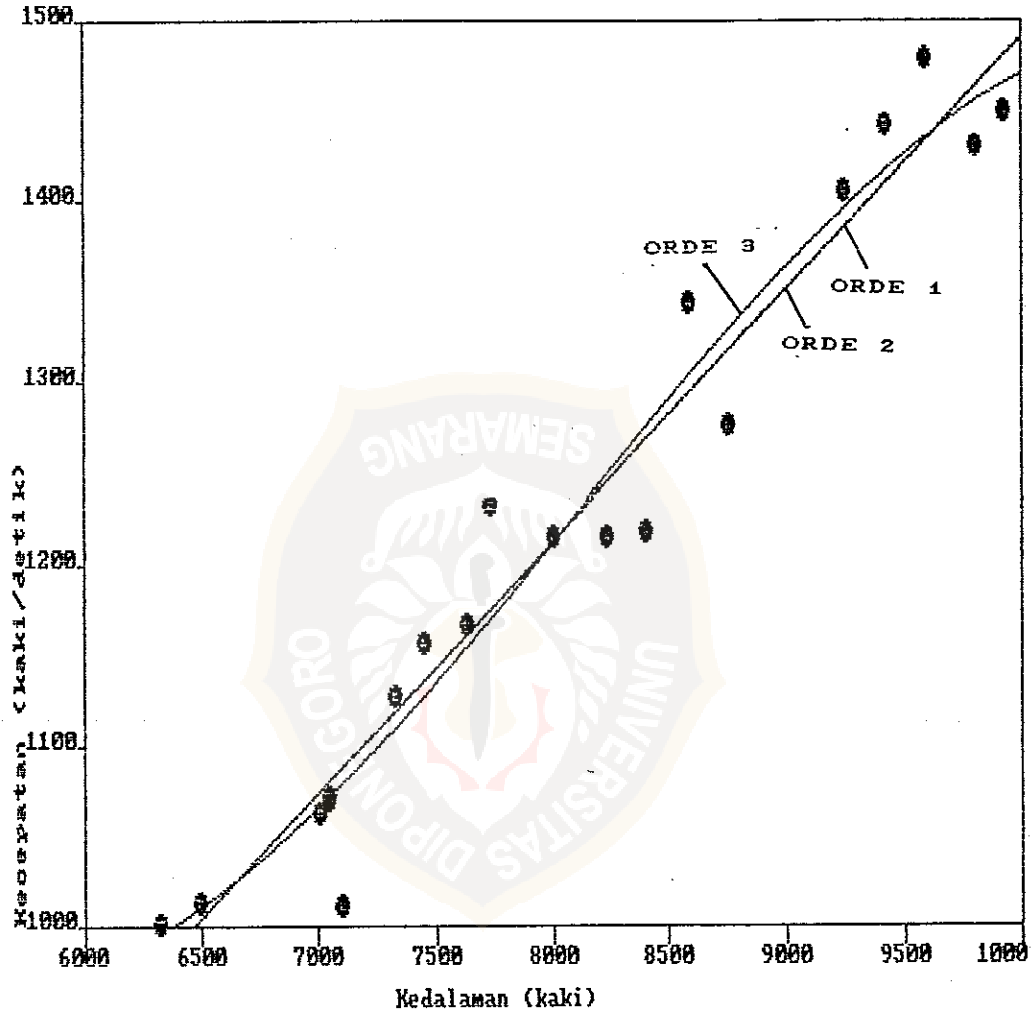
THE VARIANCE - 1.249E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 8.514E+03) + ( 1.597E+04)*X + (-2.285E+04)*X^2 + ( 1.236E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 1.158E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR SD-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 1.011E+03) + ( 1.389E+00)*X$$

THE VARIANCE - 1.250E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 9.353E+03) + ( 5.542E+03)*X + ( 1.111E+01)*X^2$$

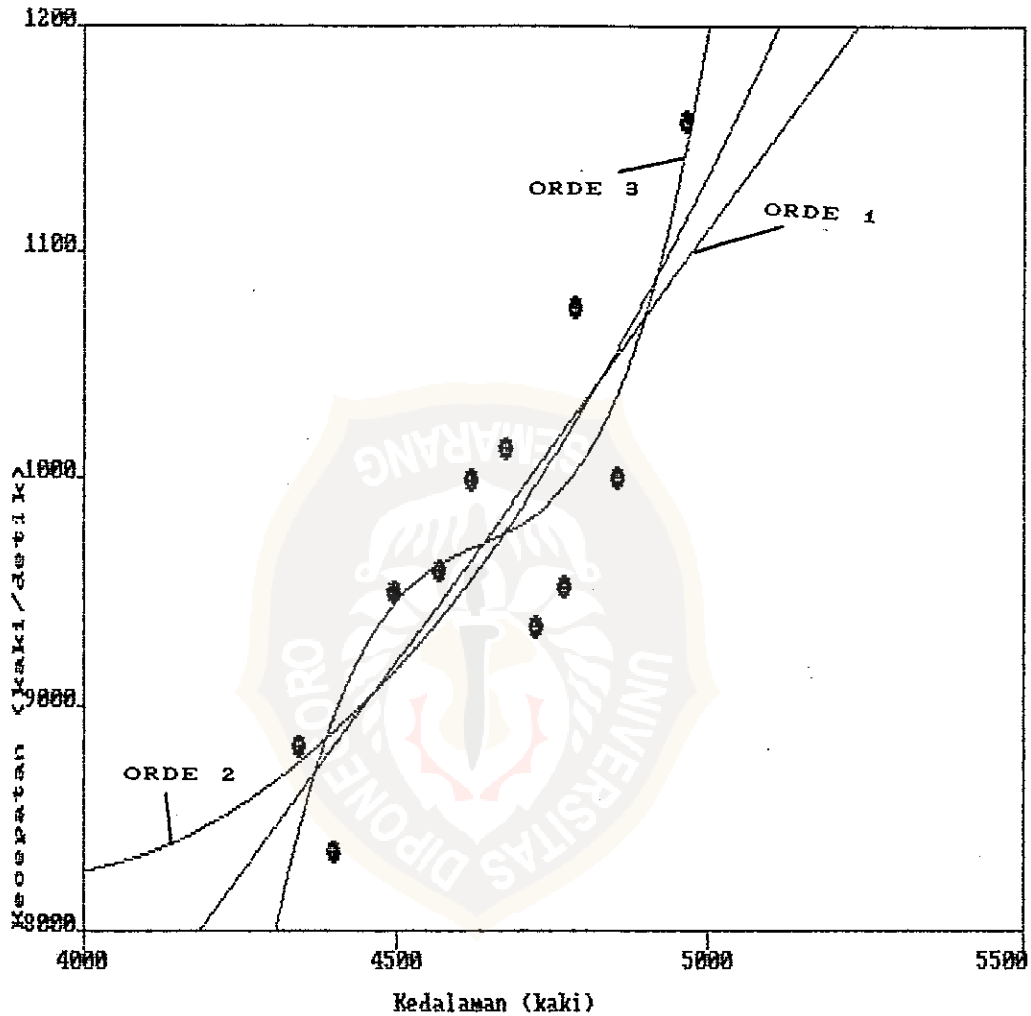
THE VARIANCE - 1.248E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 9.768E+03) + ( 1.746E+03)*X + ( 8.659E+03)*X^2 + (-5.470E+03)*X^3$$

THE VARIANCE - 1.170E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR LX-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-7.924E+03) + (3.805E+00)*X$$

THE VARIANCE - 2.187E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(8.268E+03) + (7.736E+02)*X + (5.763E+03)*X^2$$

THE VARIANCE - 2.110E+05

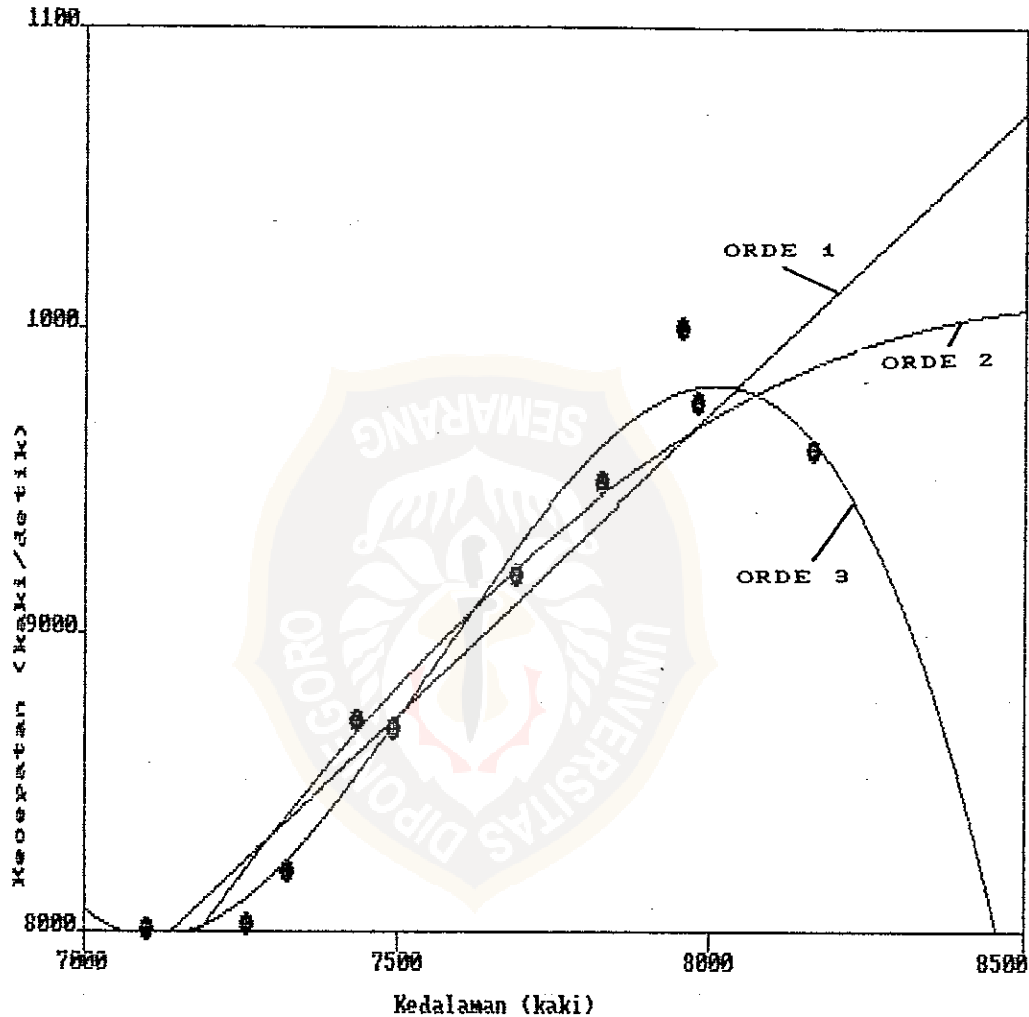
REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(-7.416E+02) + (7.052E+04)*X + (-1.623E+05)*X^2 + (1.277E+05)*X^3$$

THE VARIANCE - 1.655E+05



KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR SEZ-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-6.242E+03) + (1.995E+00)*X$$

THE VARIANCE - 4.685E+04

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(7.432E+03) + (4.936E+03)*X + (-2.305E+03)*X^2$$

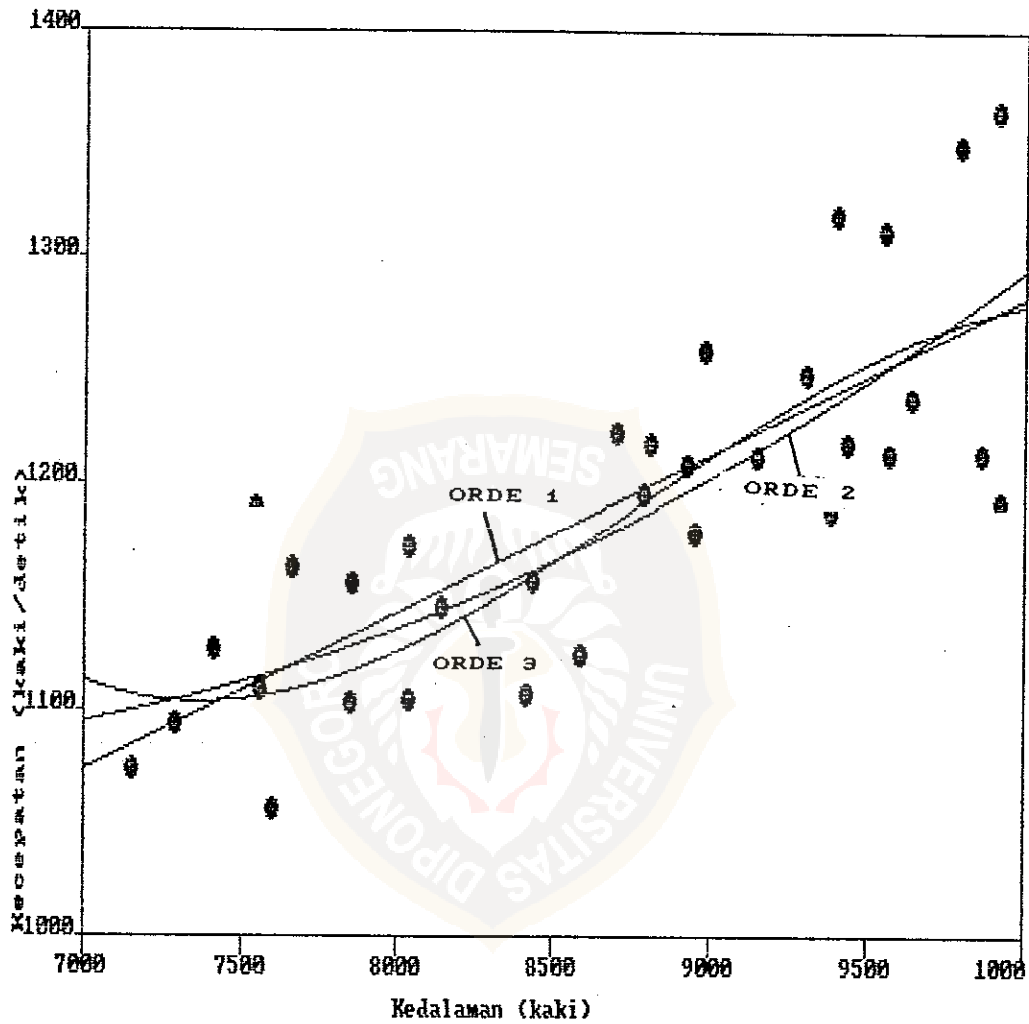
THE VARIANCE - 3.720E+04

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(8.076E+03) + (-2.583E+03)*X + (1.919E+04)*X^2 + (-1.711E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 1.136E+04

KIRVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR SS-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 5.884E+03 ) + ( 6.938E-01 ) * X$$

THE VARIANCE - 2.100E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 1.095E+04 ) + ( 8.511E+02 ) * X + ( 1.142E+03 ) * X^2$$

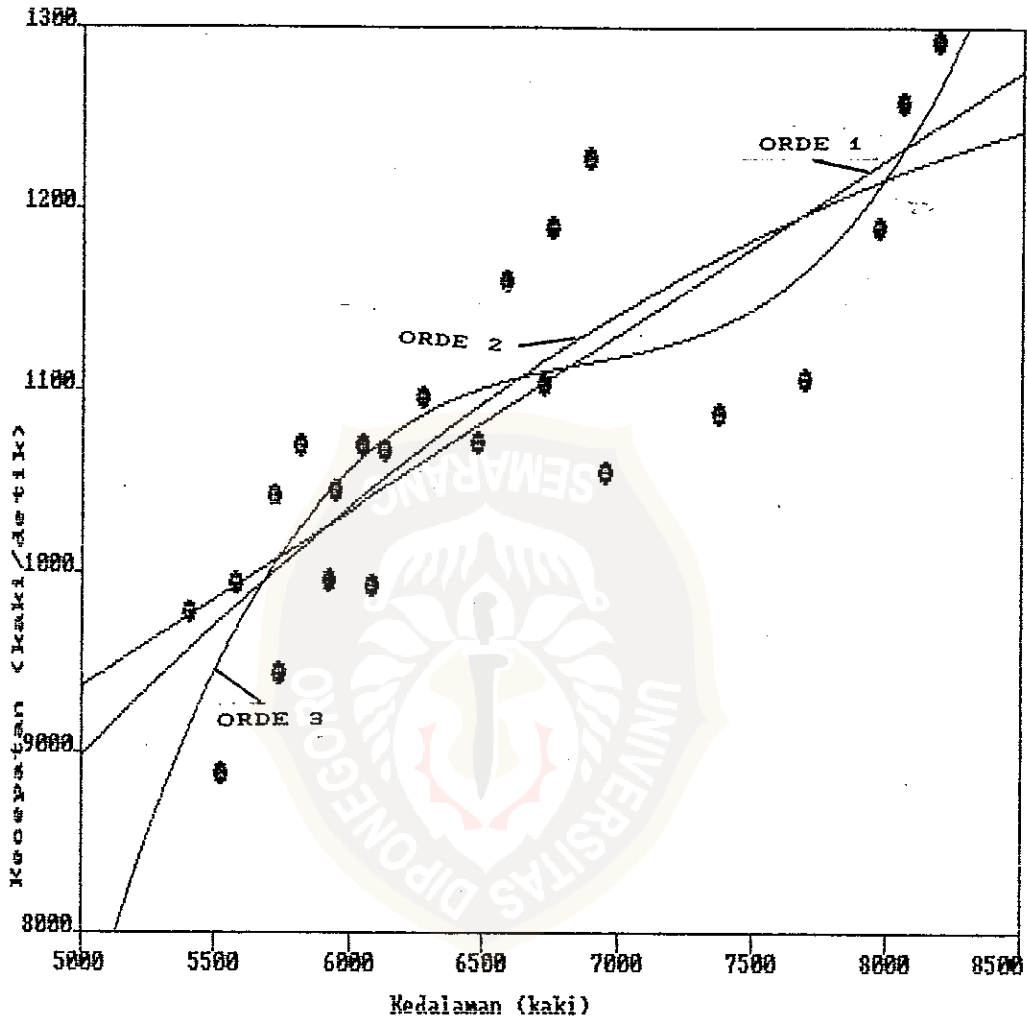
THE VARIANCE - 2.176E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 1.113E+04 ) + ( -1.621E+03 ) * X + ( 7.395E+03 ) * X^2 + ( -4.120E+03 ) * X^3$$

THE VARIANCE - 2.485E+05

### KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR SK-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 4.489E+03 ) + ( 9.744E-01 ) * X$$

THE VARIANCE - 3.112E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 8.981E+03 ) + ( 5.373E+03 ) * X + ( -1.924E+03 ) * X^2$$

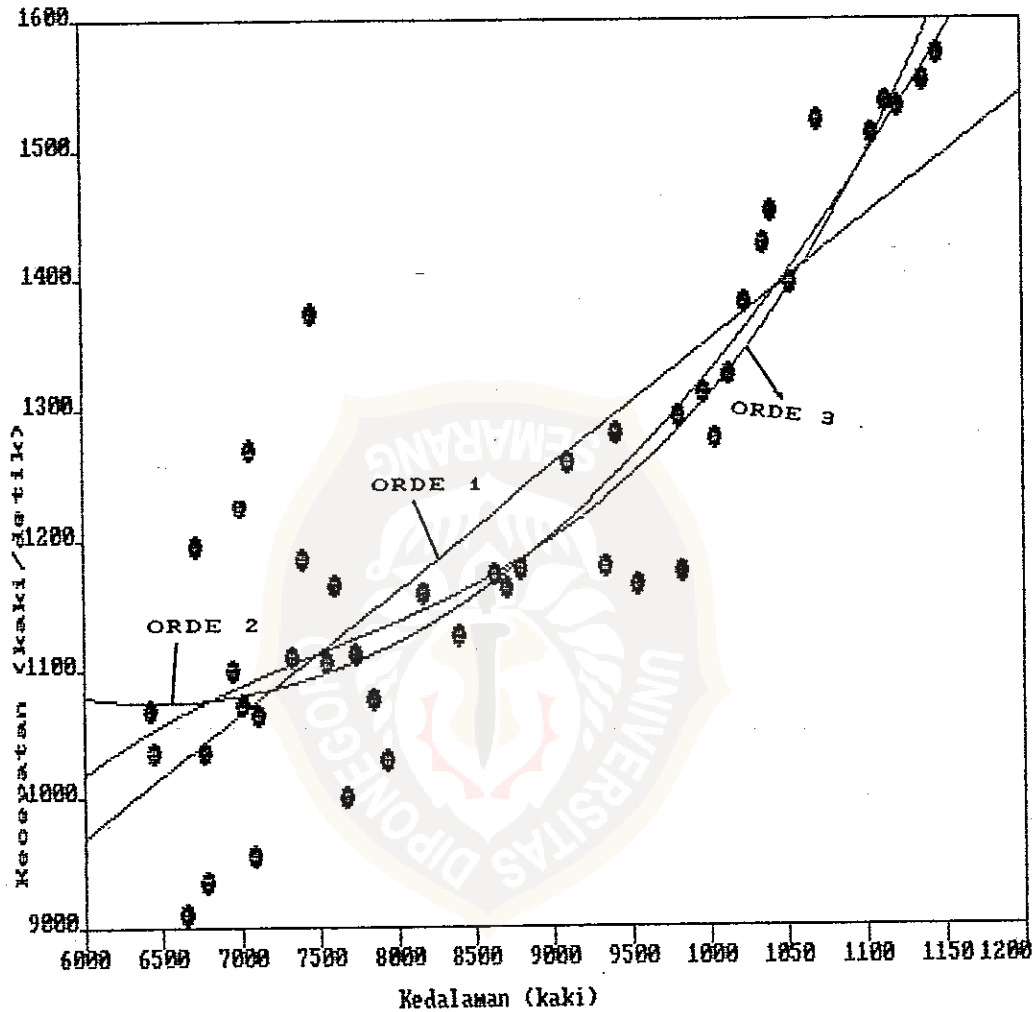
THE VARIANCE - 3.013E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 7.341E+03 ) + ( 1.931E+04 ) * X + ( -3.422E+04 ) * X^2 + ( 2.134E+04 ) * X^3$$

THE VARIANCE - 2.575E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR SH-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 3.968E+03) + ( 9.544E-01)*X$$

THE VARIANCE - 8.395E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 1.079E+04) + (-1.174E+03)*X + ( 7.324E+03)*X^2$$

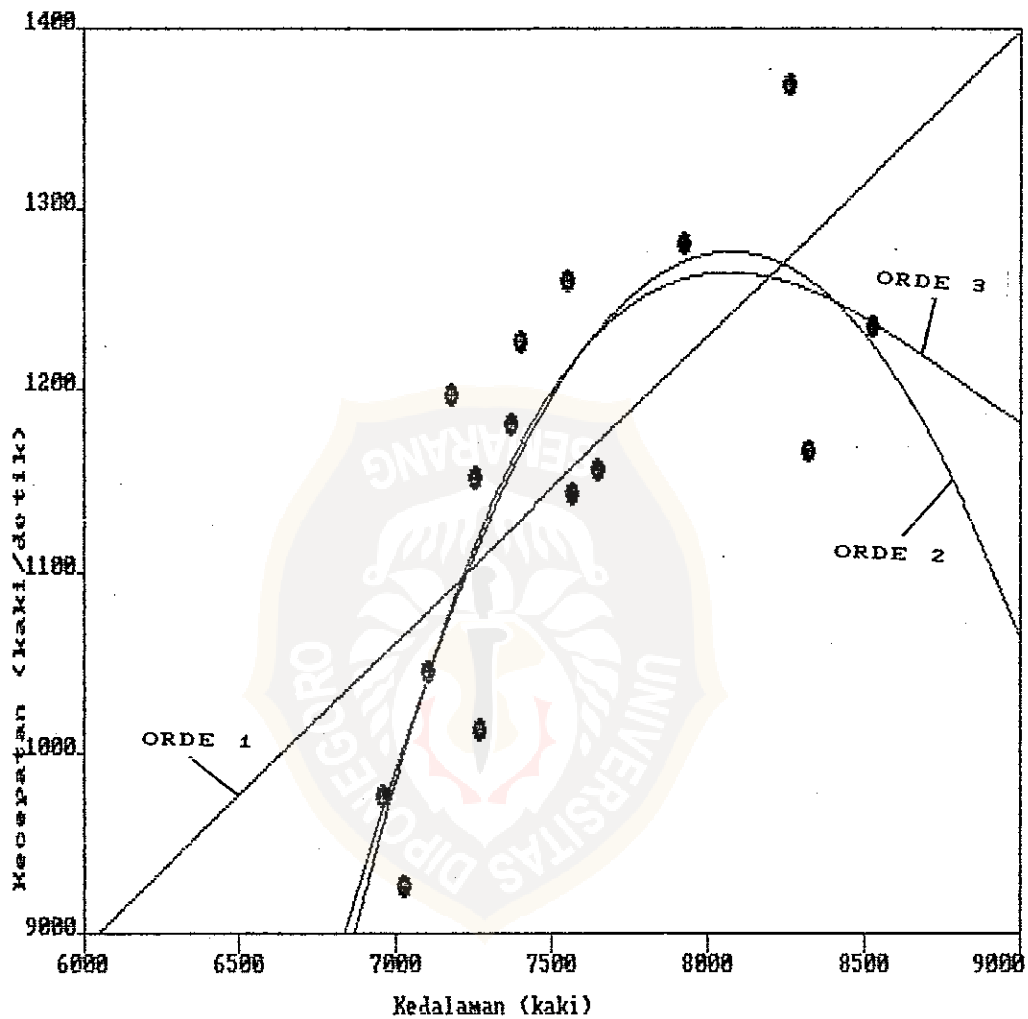
THE VARIANCE - 6.425E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 1.019E+04) + ( 5.280E+03)*X + (-8.895E+03)*X^2 + ( 1.125E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 6.511E+05

### KIRVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR KM-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-1.204E+03) + (1.688E+00)*X$$

THE VARIANCE - 7.158E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(2.129E+03) + (3.080E+04)*X + (-2.230E+04)*X^2$$

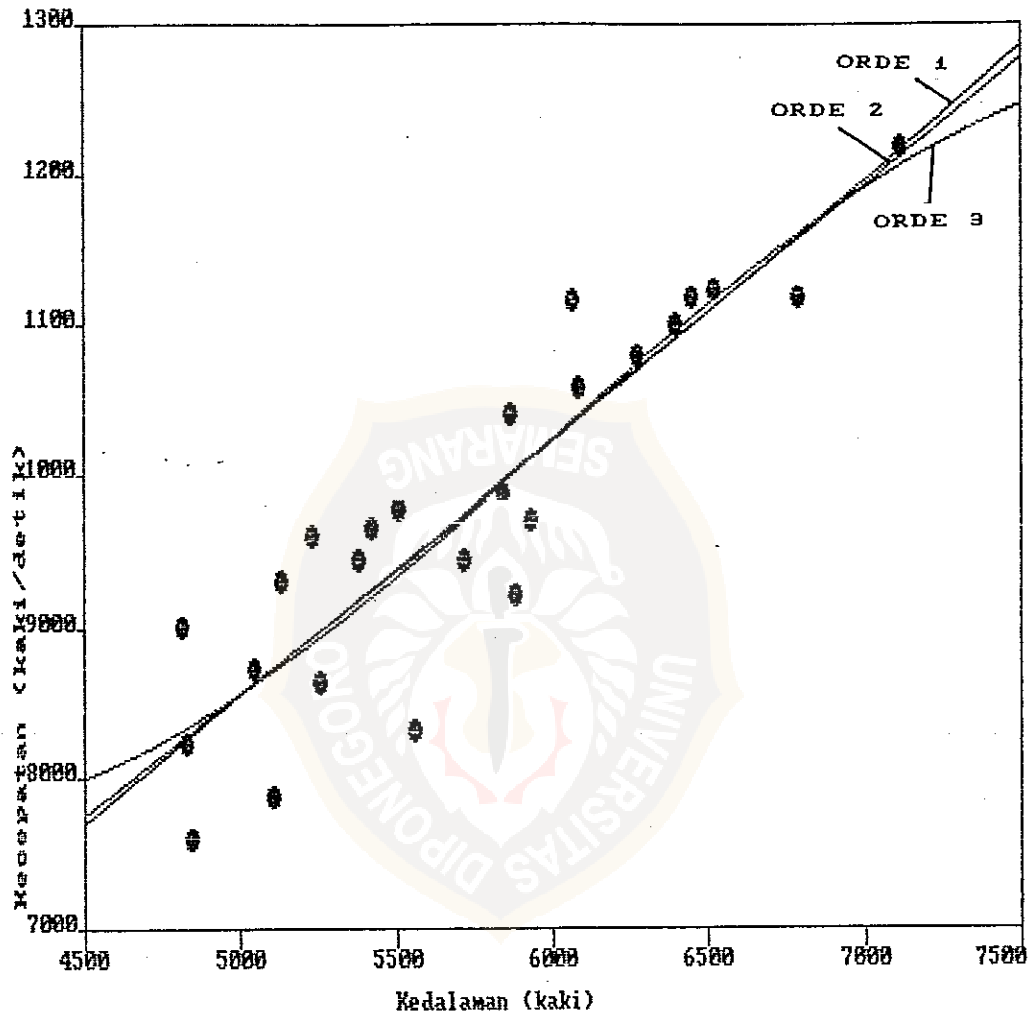
THE VARIANCE - 4.697E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(-1.051E+03) + (4.941E+04)*X + (-5.682E+04)*X^2 + (2.028E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 4.660E+05

### KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR TY-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 1.198E+02 ) + ( 1.686E+00 ) * X$$

THE VARIANCE - 2.565E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 7.761E+03 ) + ( 4.751E+03 ) * X + ( 3.455E+02 ) * X^2$$

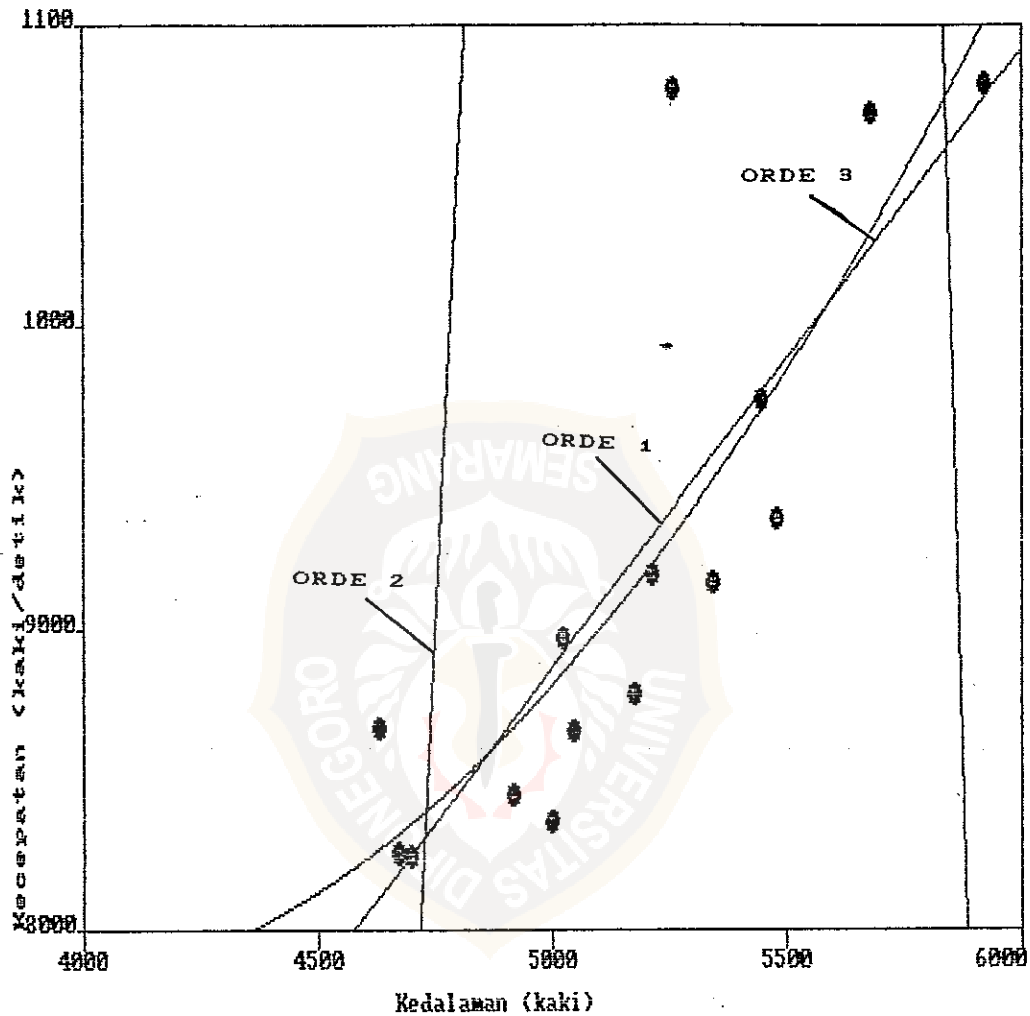
THE VARIANCE - 2.563E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 8.006E+03 ) + ( 2.422E+03 ) * X + ( 6.135E+03 ) * X^2 + ( -4.103E+03 ) * X^3$$

THE VARIANCE - 2.546E+05

### KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR SZN-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-1.361E+03) + (2.046E+00)*X$$

THE VARIANCE - 2.338E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(7.799E+03) + (5.980E+02)*X + (2.858E+03)*X^2$$

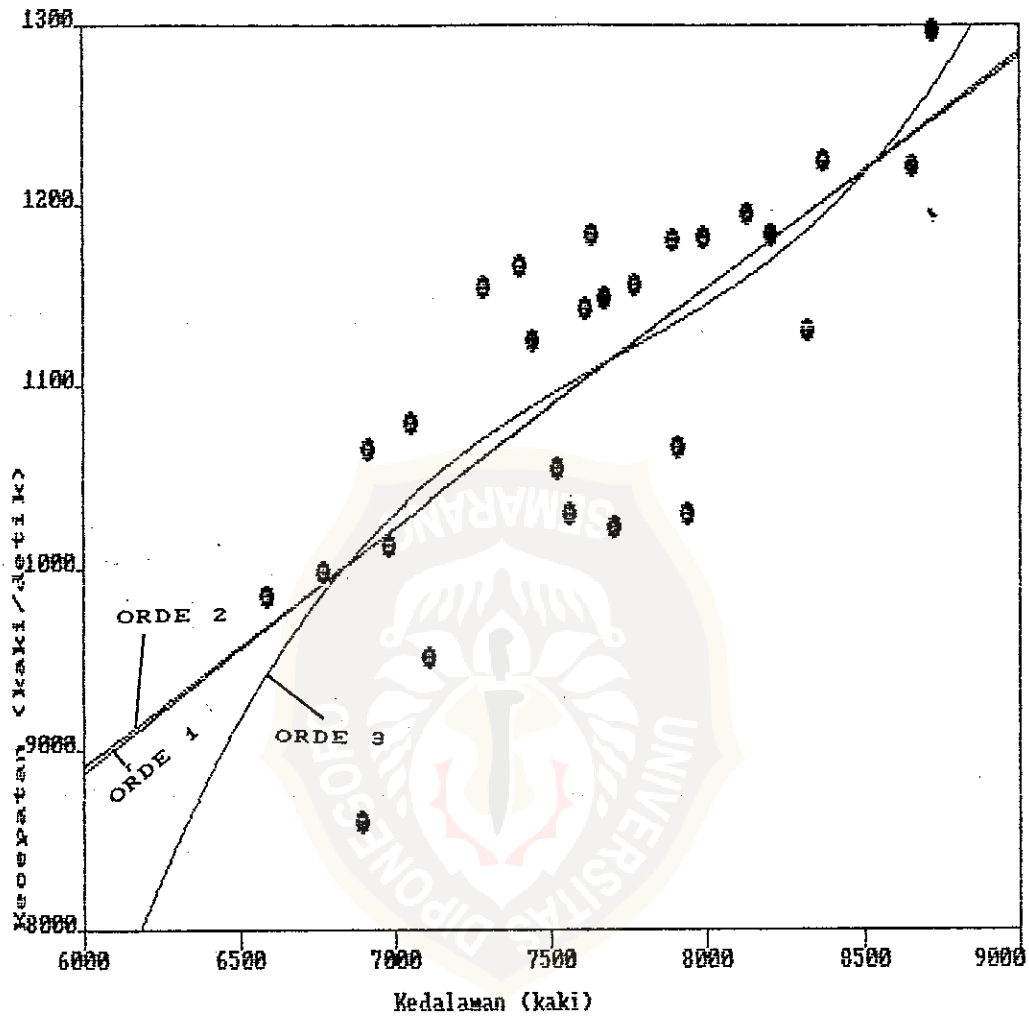
THE VARIANCE - 2.224E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(-5.347E+03) + (-1.130E+04)*X + (2.023E+05)*X^2 + (-1.860E+05)*X^3$$

THE VARIANCE - 5.707E+08

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR BLI-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 1.051E+03) + ( 1.311E+00)*X$$

THE VARIANCE - 4.001E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$( 8.875E+03) + ( 4.109E+03)*X + (-1.596E+02)*X^2$$

THE VARIANCE - 4.001E+05

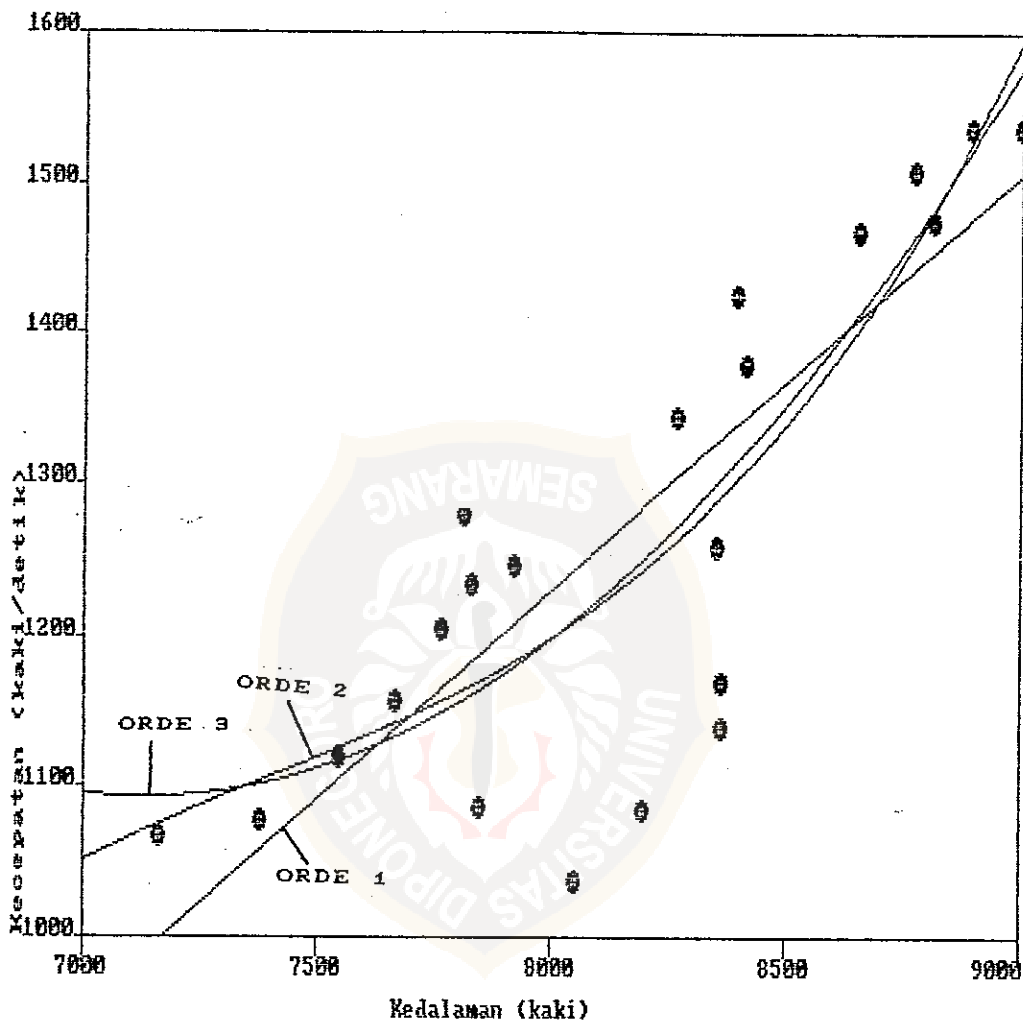
REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$( 7.173E+03) + ( 1.526E+04)*X + (-2.189E+04)*X^2 + ( 1.294E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 3.914E+05



### MURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR BS-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-9.849E+03) + (2.769E+00)*X$$

THE VARIANCE - 8.089E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(1.096E+04) + (-7.175E+02)*X + (5.531E+03)*X^2$$

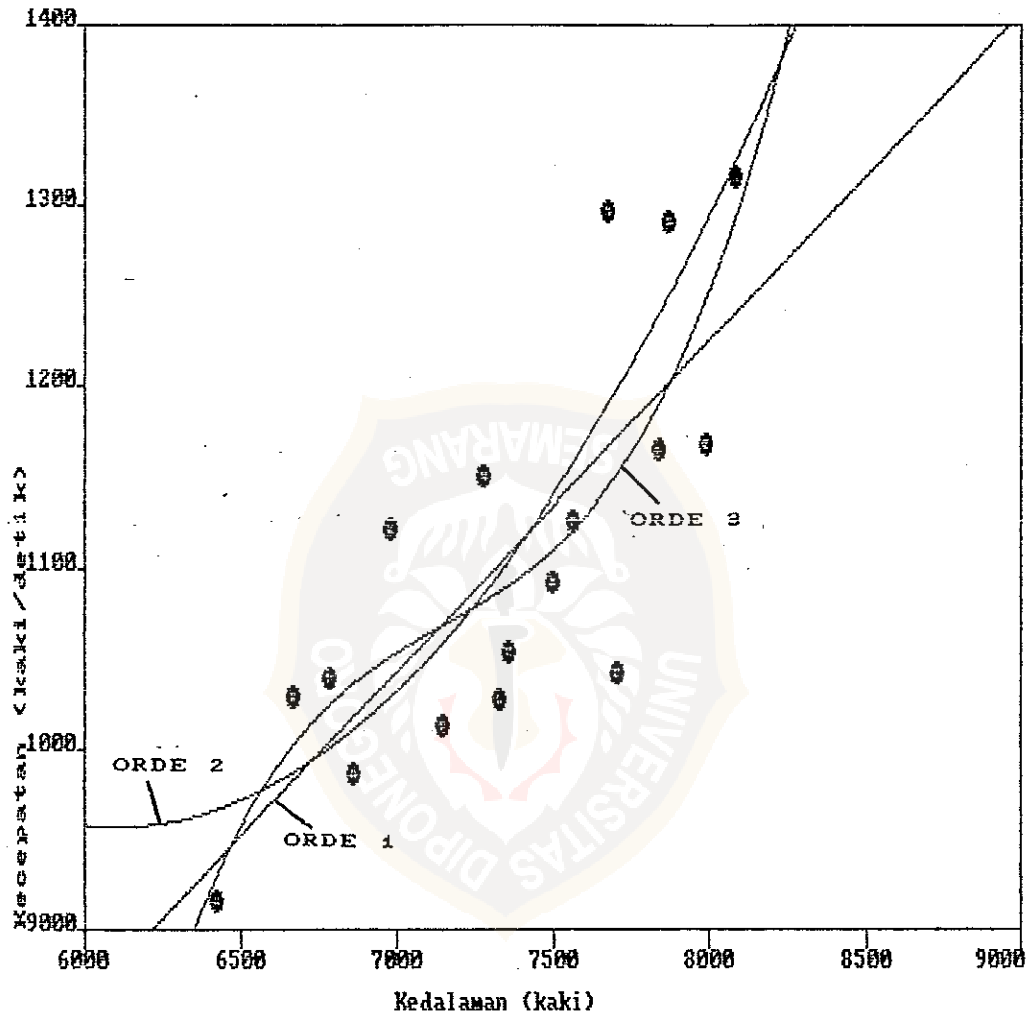
THE VARIANCE - 6.756E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(1.051E+04) + (3.234E+03)*X + (-3.346E+03)*X^2 + (5.555E+03)*X^3$$

THE VARIANCE - 7.096E+05

### MIRVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR BTS-1



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-2.303E+03) + (1.820E+00)*X$$

THE VARIANCE - 4.716E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

$$(9.582E+03) + (-5.803E+02)*X + (8.454E+03)*X^2$$

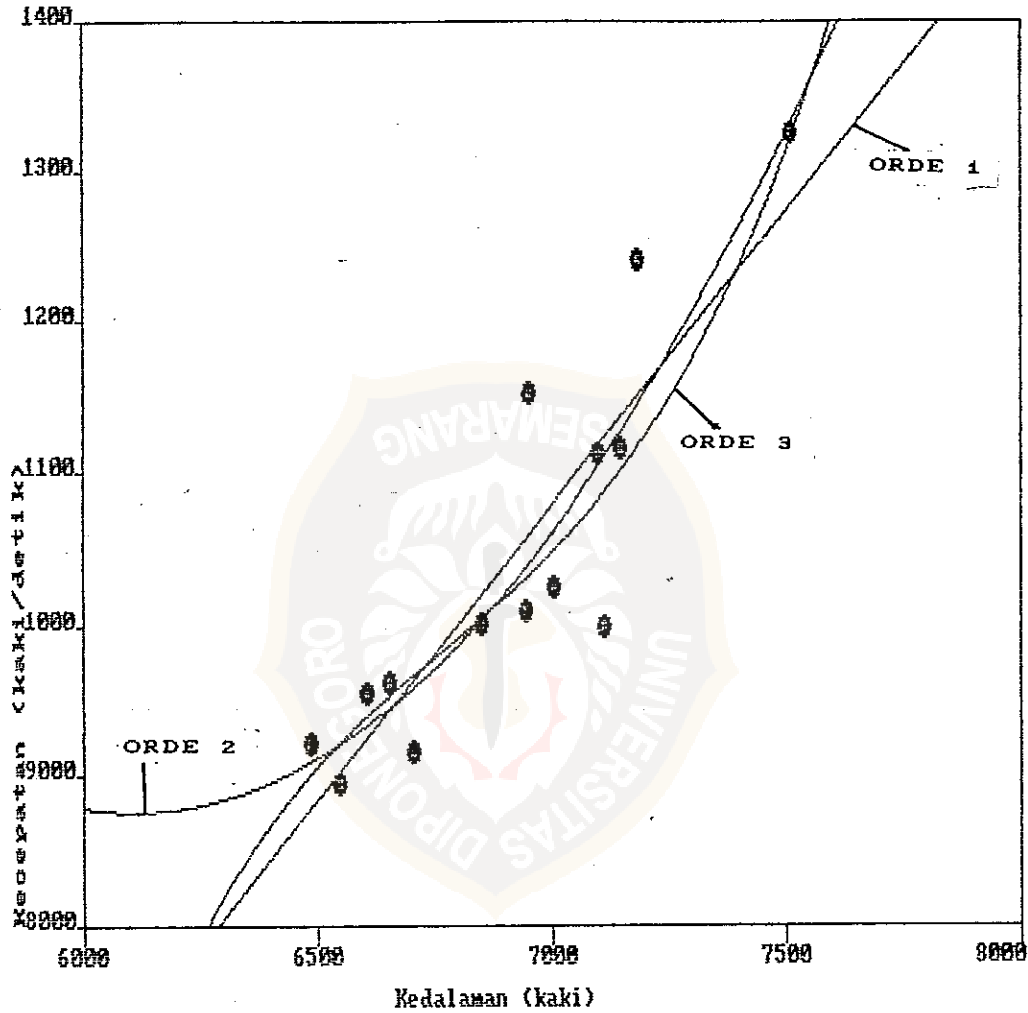
THE VARIANCE - 1.205E+06

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(6.933E+03) + (2.337E+04)*X + (-5.284E+04)*X^2 + (4.559E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 4.272E+05

KURVA REGRESI POLINOMIAL PADA SUMUR BZZ-2



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-1.651E+04) + (3.900E+00)*X$$

THE VARIANCE - 3.289E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

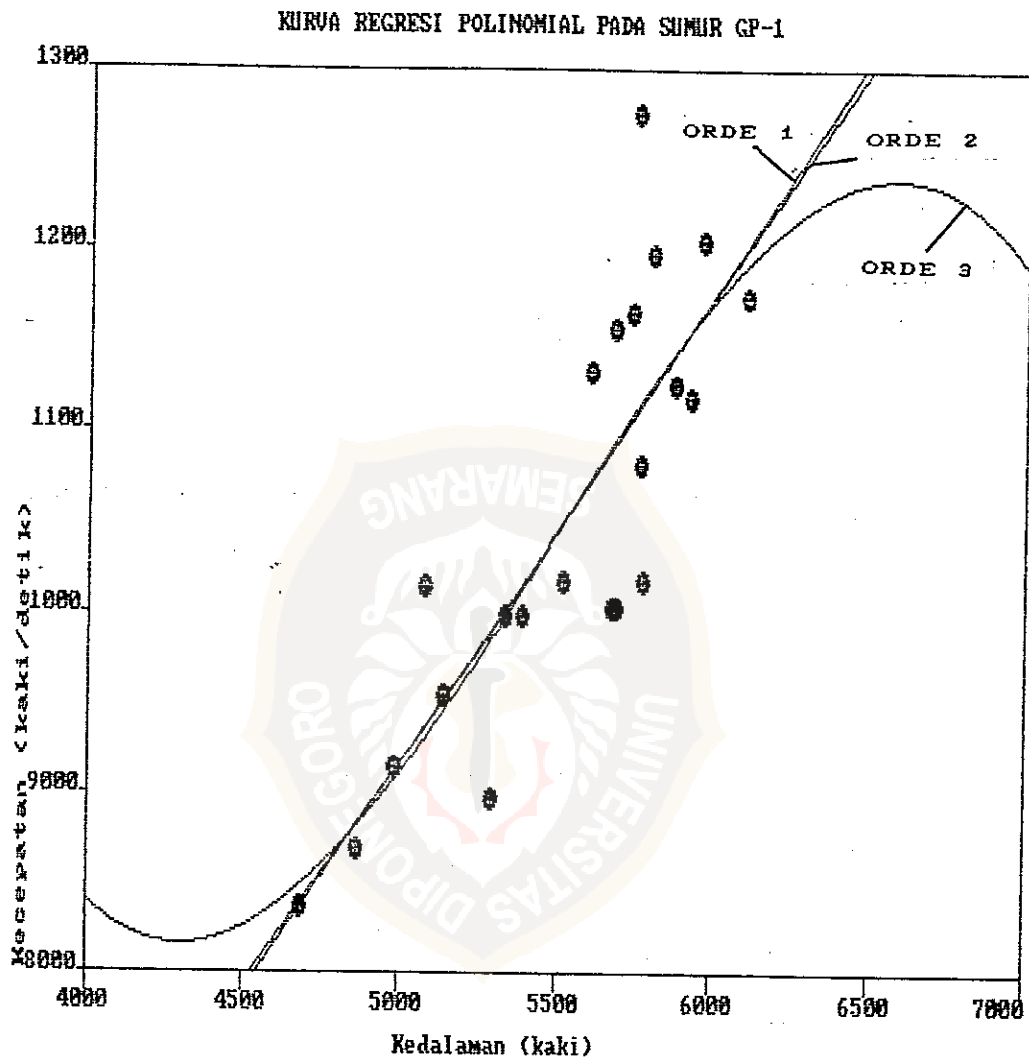
$$(8.790E+03) + (-1.001E+03)*X + (9.287E+03)*X^2$$

THE VARIANCE - 2.854E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(6.046E+03) + (1.899E+04)*X + (-3.524E+04)*X^2 + (3.006E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 2.016E+05



REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-3.677E+03) + (2.568E+00)*X$$

THE VARIANCE - 4.159E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 2 -

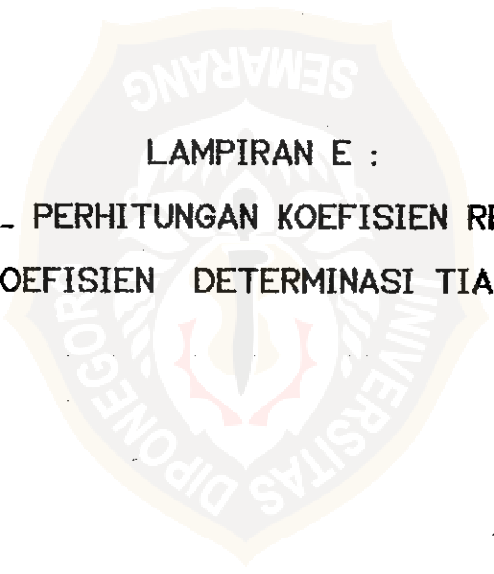
$$(6.716E+03) + (7.155E+03)*X + (5.871E+02)*X^2$$

THE VARIANCE - 4.158E+05

REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 3 -

$$(8.400E+03) + (-4.960E+03)*X + (2.773E+04)*X^2 + (-1.926E+04)*X^3$$

THE VARIANCE - 4.138E+05



**LAMPIRAN E :**  
**HASIL PERHITUNGAN KOEFISIEN REGRESI**  
**DAN KOEFISIEN DETERMINASI TIAP SUMUR**

No	Sumur	Orde Regresi	Koefisien Regresi	Koef. Determ.
01	BLT-1	1	$a_0 = 1,051 \times 10^3$ $a_1 = 1,311 \times 10^0$	0,723
		2	$a_0 = 8,875 \times 10^3$ $a_1 = 4,109 \times 10^3$ $a_2 = -1,596 \times 10^2$	0,728
		3	$a_0 = 7,173 \times 10^3$ $a_1 = 1,526 \times 10^4$ $a_2 = -2,189 \times 10^4$ $a_3 = 1,294 \times 10^4$	0,845
02	BS-1	1	$a_0 = -9,849 \times 10^3$ $a_1 = 2,769 \times 10^0$	0.812
		2	$a_0 = 1,096 \times 10^4$ $a_1 = -7,175 \times 10^2$ $a_2 = 5,531 \times 10^3$	0.832
		3	$a_0 = 1,051 \times 10^4$ $a_1 = 3,234 \times 10^3$ $a_2 = -3,346 \times 10^3$ $a_3 = 5,555 \times 10^3$	0.914
03	BTS-1	1	$a_0 = -2,303 \times 10^3$ $a_1 = 1,820 \times 10^0$	0.868
		2	$a_0 = 9,582 \times 10^3$ $a_1 = -5,803 \times 10^2$ $a_2 = 8,454 \times 10^3$	0.905
		3	$a_0 = 6,933 \times 10^3$ $a_1 = 2,337 \times 10^4$ $a_2 = -5,284 \times 10^4$ $a_3 = 4,559 \times 10^4$	0.936
04	BZZ-2	1	$a_0 = -1,651 \times 10^4$ $a_1 = 3,900 \times 10^0$	0.927
		2	$a_0 = 8,790 \times 10^3$ $a_1 = -1,001 \times 10^3$ $a_2 = 9,287 \times 10^3$	0.948
		3	$a_0 = 6,046 \times 10^3$ $a_1 = 1,899 \times 10^4$ $a_2 = -3,524 \times 10^4$ $a_3 = 3,006 \times 10^4$	0.962

No	Sumur	Orde Regresi	Koefisien Regresi	Koef. Determ.
05	GP-1	1	$a_0 = -3,677 \times 10^3$ $a_1 = 2,568 \times 10^0$	0.916
		2	$a_0 = 6,716 \times 10^3$ $a_1 = 7,155 \times 10^3$ $a_2 = 5,871 \times 10^2$	0.937
		3	$a_0 = 8,400 \times 10^3$ $a_1 = -4,960 \times 10^3$ $a_2 = 2,773 \times 10^4$ $a_3 = -1,926 \times 10^4$	0.959
06	GS-1	1	$a_0 = -3,480 \times 10^3$ $a_1 = 3,338 \times 10^0$	0.885
		2	$a_0 = 7,777 \times 10^3$ $a_1 = -2,839 \times 10^3$ $a_2 = 1,027 \times 10^4$	0.897
		3	$a_0 = 6,359 \times 10^3$ $a_1 = 1,200 \times 10^4$ $a_2 = -3,259 \times 10^4$ $a_3 = 3,689 \times 10^4$	0.904
07	KL-6A	1	$a_0 = -3,069 \times 10^3$ $a_1 = 1,753 \times 10^0$	0.784
		2	$a_0 = 9,282 \times 10^3$ $a_1 = 3,084 \times 10^3$ $a_2 = 4,615 \times 10^2$	0.775
		3	$a_0 = 8,652 \times 10^3$ $a_1 = 8,219 \times 10^3$ $a_2 = -1,158 \times 10^4$ $a_3 = 8,488 \times 10^3$	0.852
08	KM-1	1	$a_0 = -1,204 \times 10^3$ $a_1 = 1,688 \times 10^0$	0.667
		2	$a_0 = 2,129 \times 10^3$ $a_1 = 3,080 \times 10^4$ $a_2 = -2,230 \times 10^4$	0.669
		3	$a_0 = -1,051 \times 10^3$ $a_1 = 4,941 \times 10^4$ $a_2 = -5,682 \times 10^4$ $a_3 = 2,028 \times 10^4$	0.712

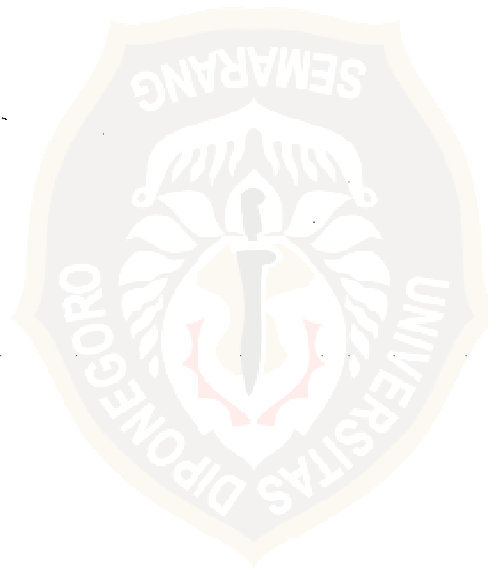
No	Sumur	Orde Regresi	Koefisien Regresi	Koef. Determ.
09	KN-1	1	$a_0 = -2,134 \times 10^3$ $a_1 = 1,864 \times 10^0$	0.715
		2	$a_0 = 9,113 \times 10^3$ $a_1 = 5,261 \times 10^3$ $a_2 = 3,509 \times 10^2$	0.806
		3	$a_0 = 8,818 \times 10^3$ $a_1 = 6,926 \times 10^3$ $a_2 = -1,469 \times 10^3$ $a_3 = -3,489 \times 10^1$	0.814
10	LL-3	1	$a_0 = -5,318 \times 10^1$ $a_1 = 1,767 \times 10^0$	0.724
		2	$a_0 = 7,514 \times 10^3$ $a_1 = 9,206 \times 10^3$ $a_2 = -5,948 \times 10^3$	0.748
		3	$a_0 = 1,533 \times 10^3$ $a_1 = 4,899 \times 10^4$ $a_2 = -9,012 \times 10^4$ $a_3 = 5,703 \times 10^4$	0.796
11	LLQ-1	1	$a_0 = -1,610 \times 10^4$ $a_1 = 4,773 \times 10^0$	0.849
		2	$a_0 = 8,444 \times 10^3$ $a_1 = 1,689 \times 10^3$ $a_2 = 2,753 \times 10^3$	0.882
		3	$a_0 = 7,275 \times 10^3$ $a_1 = 1,057 \times 10^4$ $a_2 = -1,566 \times 10^4$ $a_3 = 1,109 \times 10^4$	0.887
12	LLX-1	1	$a_0 = 1,609 \times 10^3$ $a_1 = 1,222 \times 10^0$	0.671
		2	$a_0 = 1,055 \times 10^4$ $a_1 = -3,692 \times 10^3$ $a_2 = 9,090 \times 10^3$	0.715
		3	$a_0 = 1,136 \times 10^4$ $a_1 = -1,062 \times 10^4$ $a_2 = 2,569 \times 10^4$ $a_3 = -1,172 \times 10^4$	0.719

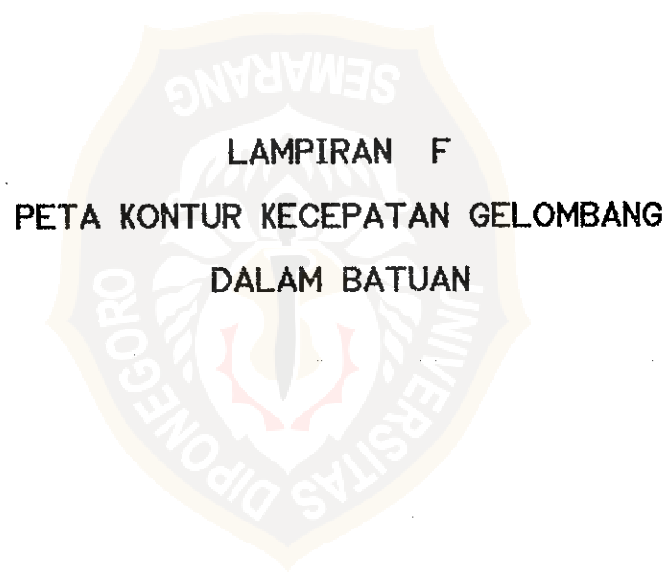


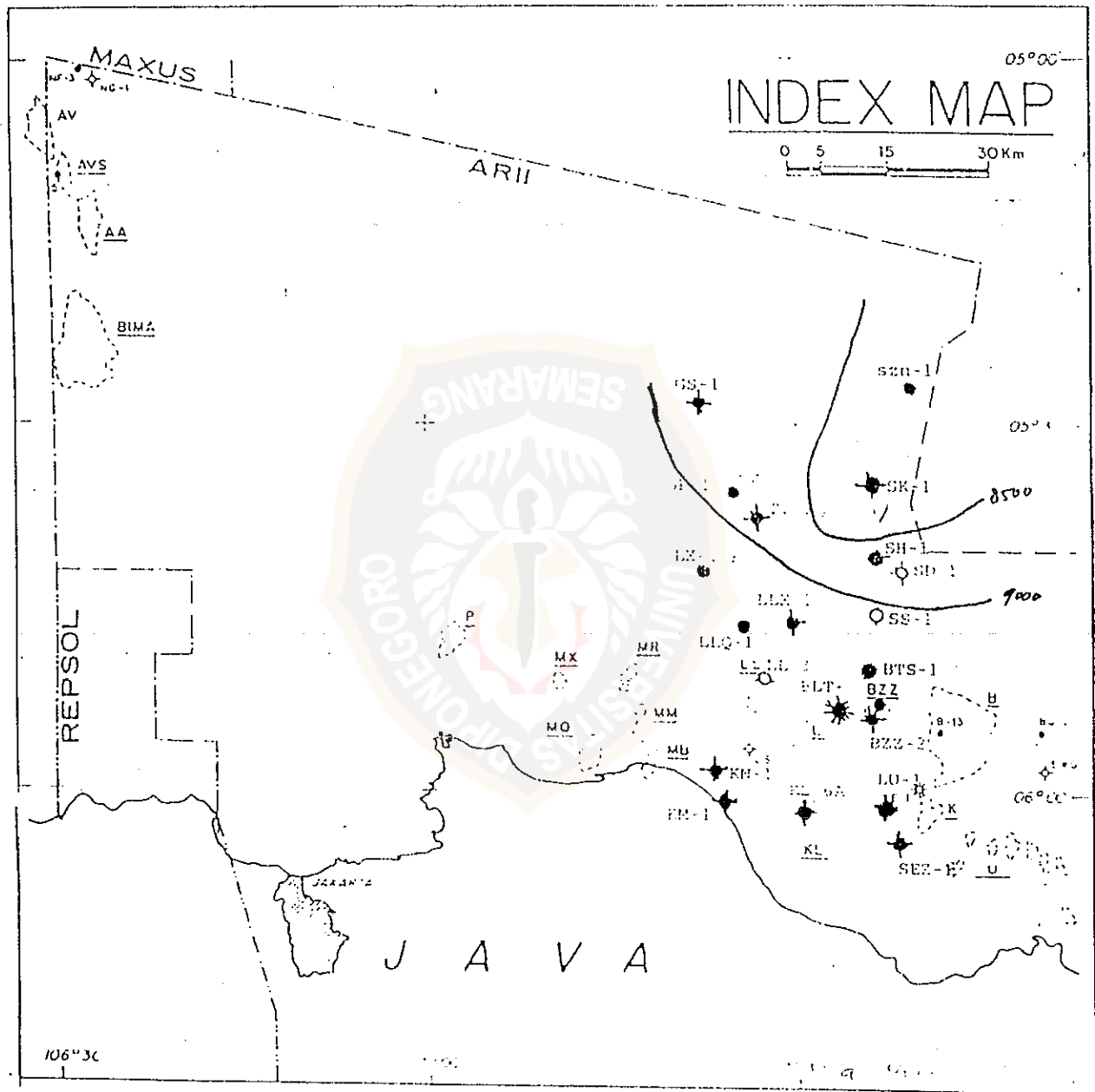
No	Sumur	Orde Regresi	Koefisien Regresi	Koef. Determ.
13	LU-1	1	$a_0 = 5,644 \times 10^3$ $a_1 = 6,248 \times 10^{-1}$	0.726
		2	$a_0 = 9,957 \times 10^3$ $a_1 = 6,011 \times 10^3$ $a_2 = -2,610 \times 10^3$	0.751
		3	$a_0 = 8,514 \times 10^3$ $a_1 = 1,597 \times 10^4$ $a_2 = -2,285 \times 10^4$ $a_3 = 1,236 \times 10^4$	0.786
14	LX-1	1	$a_0 = -7,924 \times 10^3$ $a_1 = 3,805 \times 10^0$	0.716
		2	$a_0 = 8,268 \times 10^3$ $a_1 = 7,736 \times 10^2$ $a_2 = 5,763 \times 10^3$	0.806
		3	$a_0 = -7,416 \times 10^2$ $a_1 = 7,052 \times 10^4$ $a_2 = -1,623 \times 10^5$ $a_3 = 1,277 \times 10^5$	0.815
15	SD-1	1	$a_0 = 1,011 \times 10^3$ $a_1 = 1,389 \times 10^0$	0.778
		2	$a_0 = 9,353 \times 10^3$ $a_1 = 5,542 \times 10^3$ $a_2 = 1,111 \times 10^1$	0.779
		3	$a_0 = 9,768 \times 10^3$ $a_1 = 1,746 \times 10^3$ $a_2 = 8,659 \times 10^3$ $a_3 = -5,470 \times 10^3$	0.803
16	SEZ-1	1	$a_0 = -6,242 \times 10^3$ $a_1 = 1,995 \times 10^0$	0.925
		2	$a_0 = 7,432 \times 10^3$ $a_1 = 4,936 \times 10^3$ $a_2 = -2,305 \times 10^3$	0.926
		3	$a_0 = 8,076 \times 10^3$ $a_1 = -2,583 \times 10^3$ $a_2 = 1,919 \times 10^4$ $a_3 = -1,711 \times 10^4$	0.935

No	Sumur	Orde Regresi	Koefisien Regresi	Koef. Determ.
17	SH-1	1	$a_0 = 3,968 \times 10^3$ $a_1 = 9,544 \times 10^{-1}$	0.819
		2	$a_0 = 1,079 \times 10^4$ $a_1 = -1,174 \times 10^3$ $a_2 = 7,324 \times 10^3$	0.861
		3	$a_0 = 1,019 \times 10^4$ $a_1 = 5,280 \times 10^3$ $a_2 = -8,895 \times 10^3$ $a_3 = 1,125 \times 10^4$	0.886
18	SK-1	1	$a_0 = 4,489 \times 10^3$ $a_1 = 9,744 \times 10^{-1}$	0.764
		2	$a_0 = 8,981 \times 10^3$ $a_1 = 5,307310^3$ $a_2 = -1,924 \times 10^3$	0.770
		3	$a_0 = 7,341 \times 10^3$ $a_1 = 1,931 \times 10^4$ $a_2 = -3,422 \times 10^4$ $a_3 = 2,134 \times 10^4$	0.782
19	SS-1	1	$a_0 = 5,884 \times 10^3$ $a_1 = 6,938 \times 10^{-1}$	0.529
		2	$a_0 = 1,095 \times 10^4$ $a_1 = 8,511 \times 10^2$ $a_2 = 1,142 \times 10^3$	0.530
		3	$a_0 = 1,113 \times 10^4$ $a_1 = -1,621 \times 10^3$ $a_2 = 7,395 \times 10^3$ $a_3 = -4,120 \times 10^3$	0.628
20	SZN-1	1	$a_0 = -1,361 \times 10^3$ $a_1 = 2,046 \times 10^0$	0.724
		2	$a_0 = 7,799 \times 10^3$ $a_1 = 5,980 \times 10^2$ $a_2 = 2,858 \times 10^3$	0.751
		3	$a_0 = -5,347 \times 10^3$ $a_1 = -1,130 \times 10^4$ $a_2 = 2,023 \times 10^5$ $a_3 = -1,860 \times 10^5$	0.695

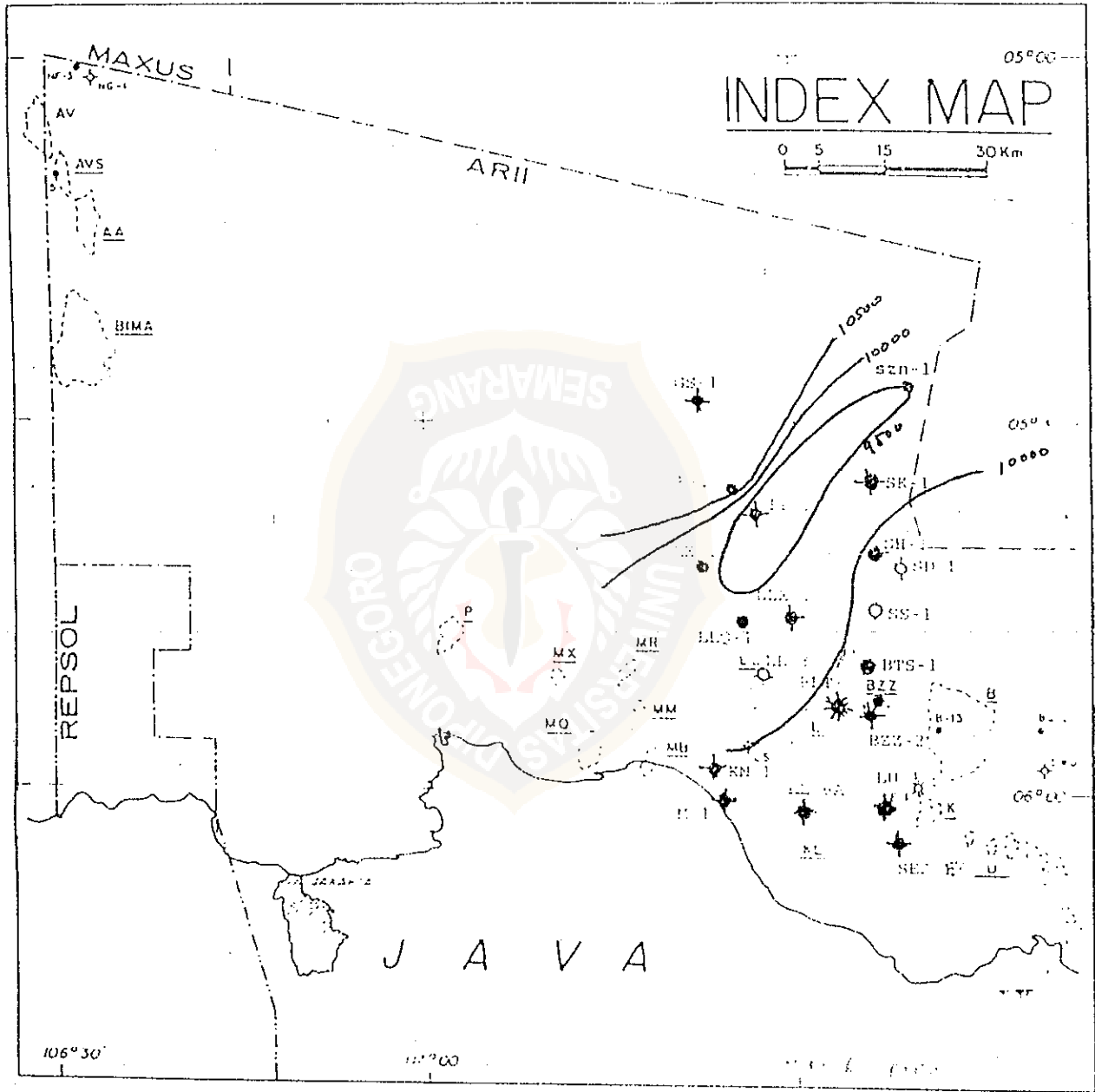
No	Sumur	Orde Regresi	Koefisien Regresi	Koef. Determ.
21	TY-1	1	$a_0 = 1,198 \times 10^2$	0.839
			$a_1 = 1,686 \times 10^0$	
		2	$a_0 = 7,761 \times 10^3$	0.861
			$a_1 = 4,751 \times 10^3$	
			$a_2 = 3,455 \times 10^2$	
		3	$a_0 = 8,006 \times 10^3$	0.862
			$a_1 = 2,422 \times 10^3$	
			$a_2 = 6,135 \times 10^3$	
			$a_3 = -4,103 \times 10^3$	



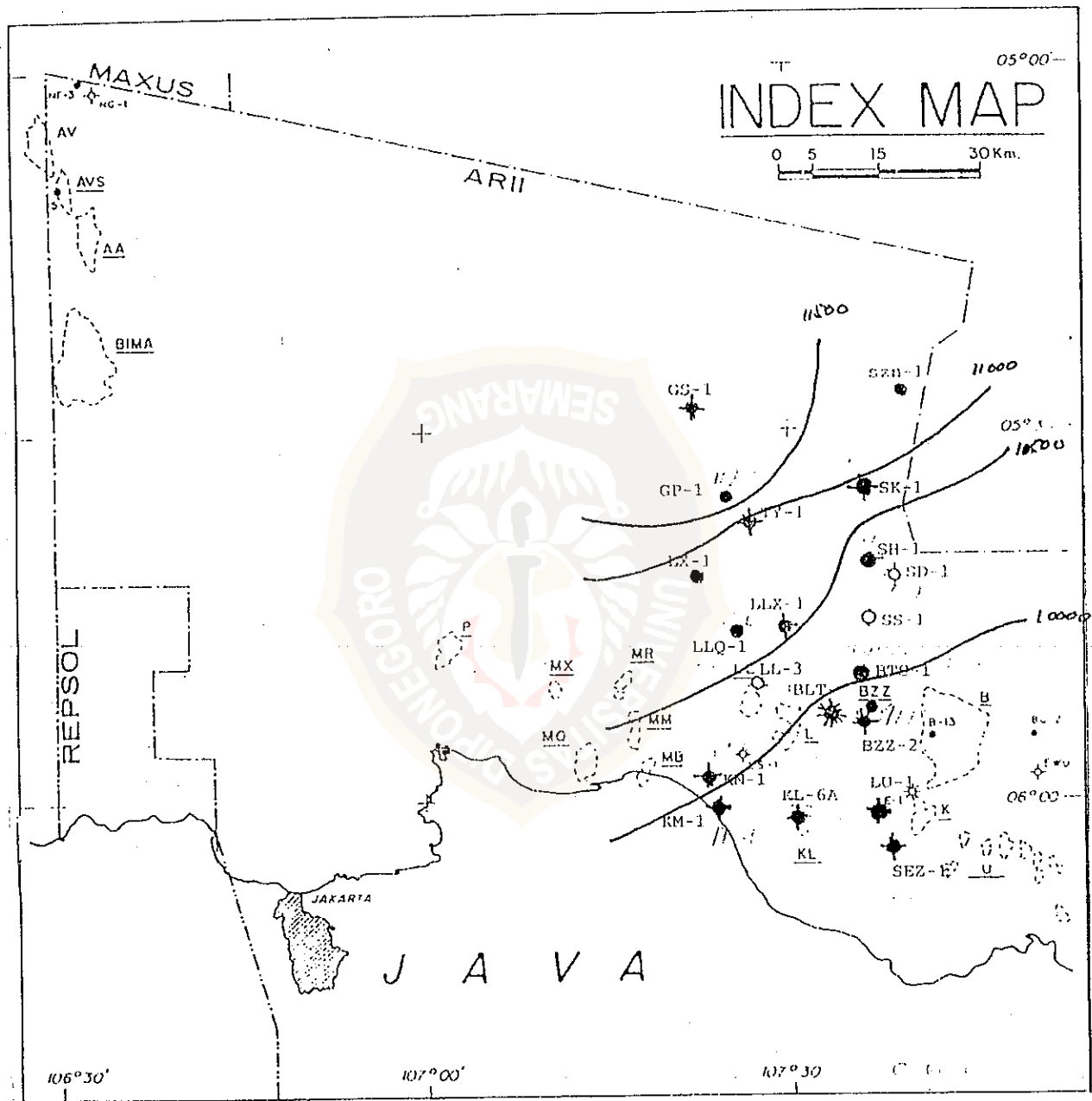




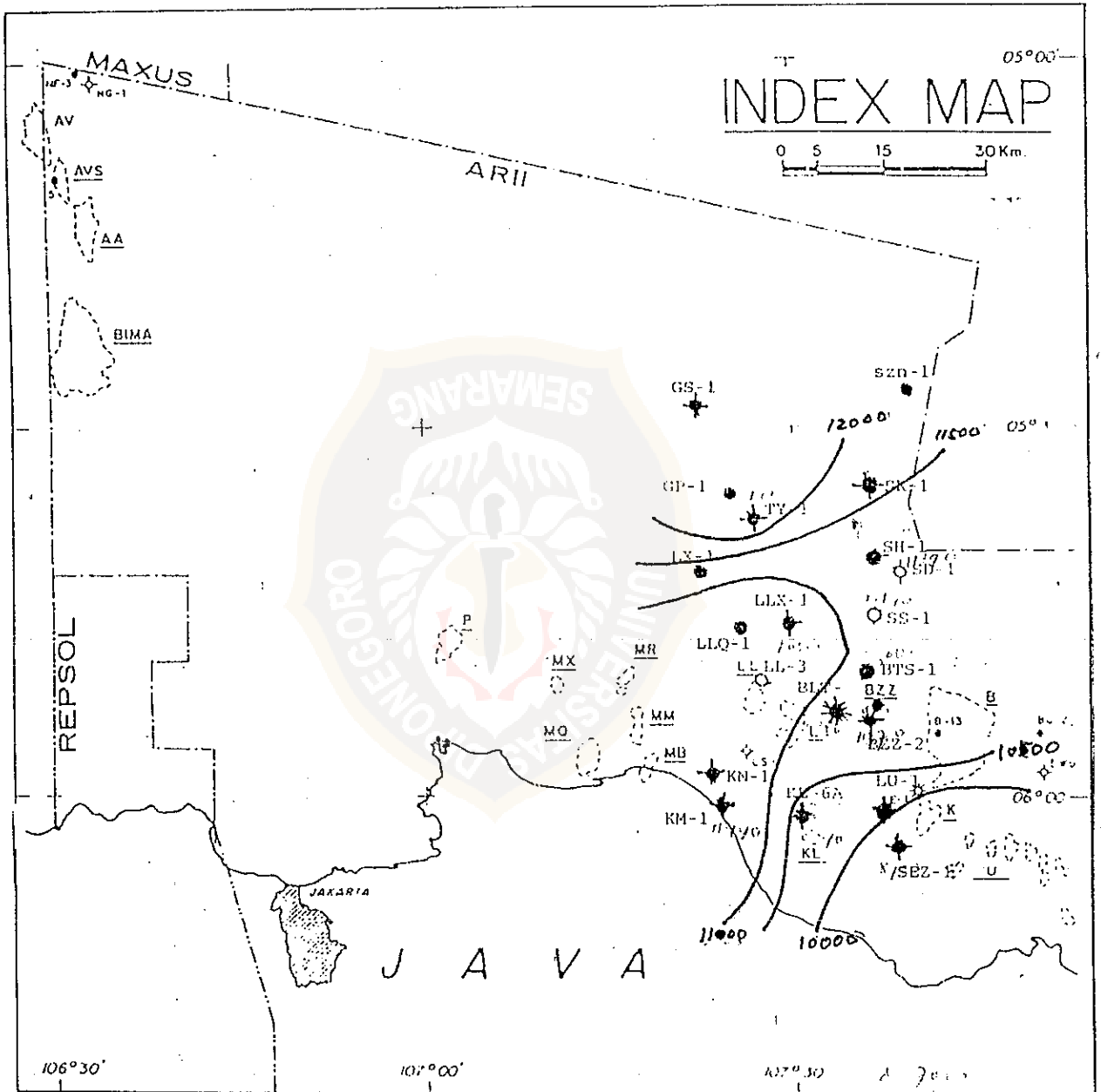
Gambar 4.3a : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 4000 kaki..



Gambar 4.3b : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 5000 kaki.

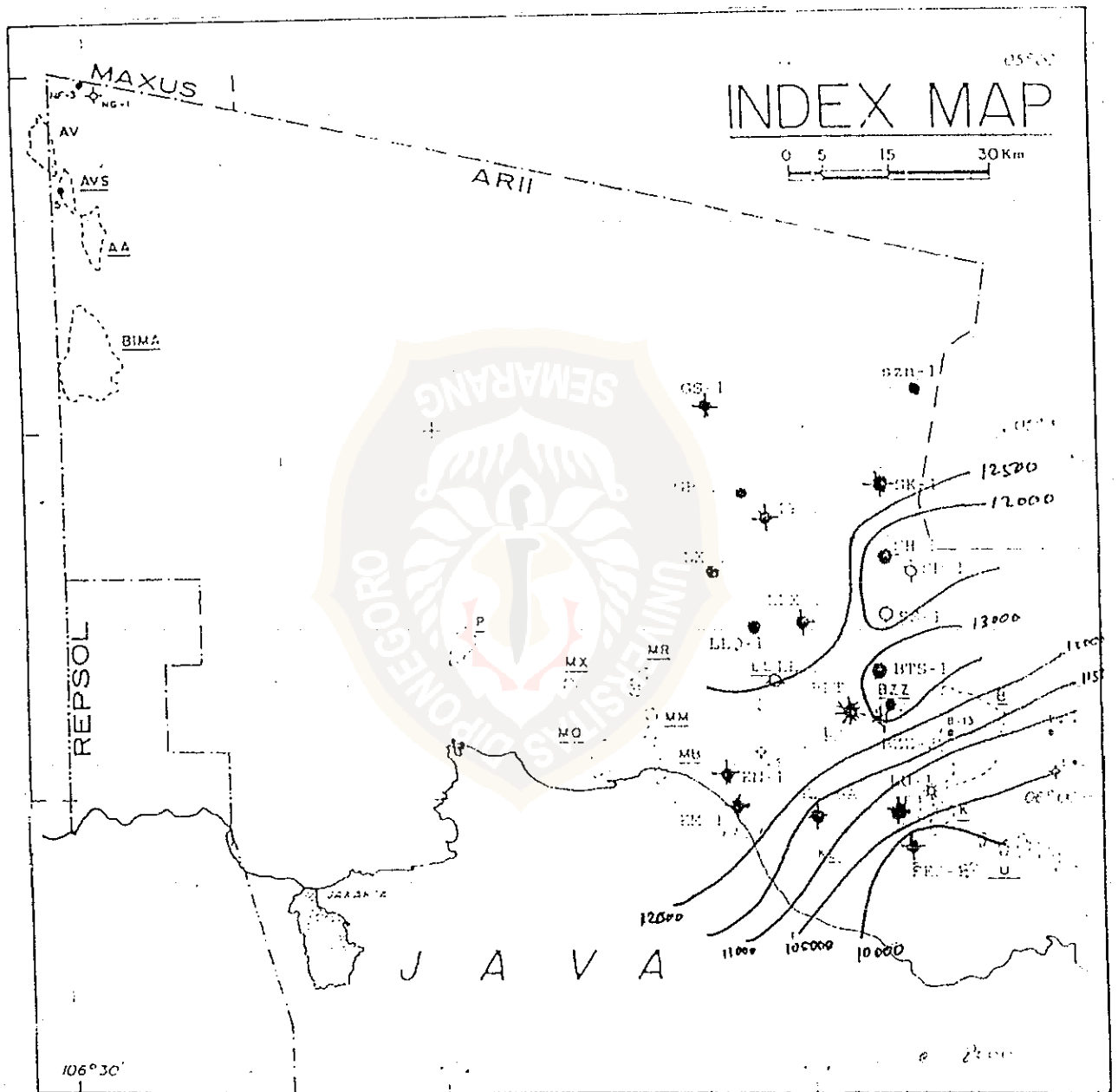


Gambar 4.3c : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 6000 kaki.

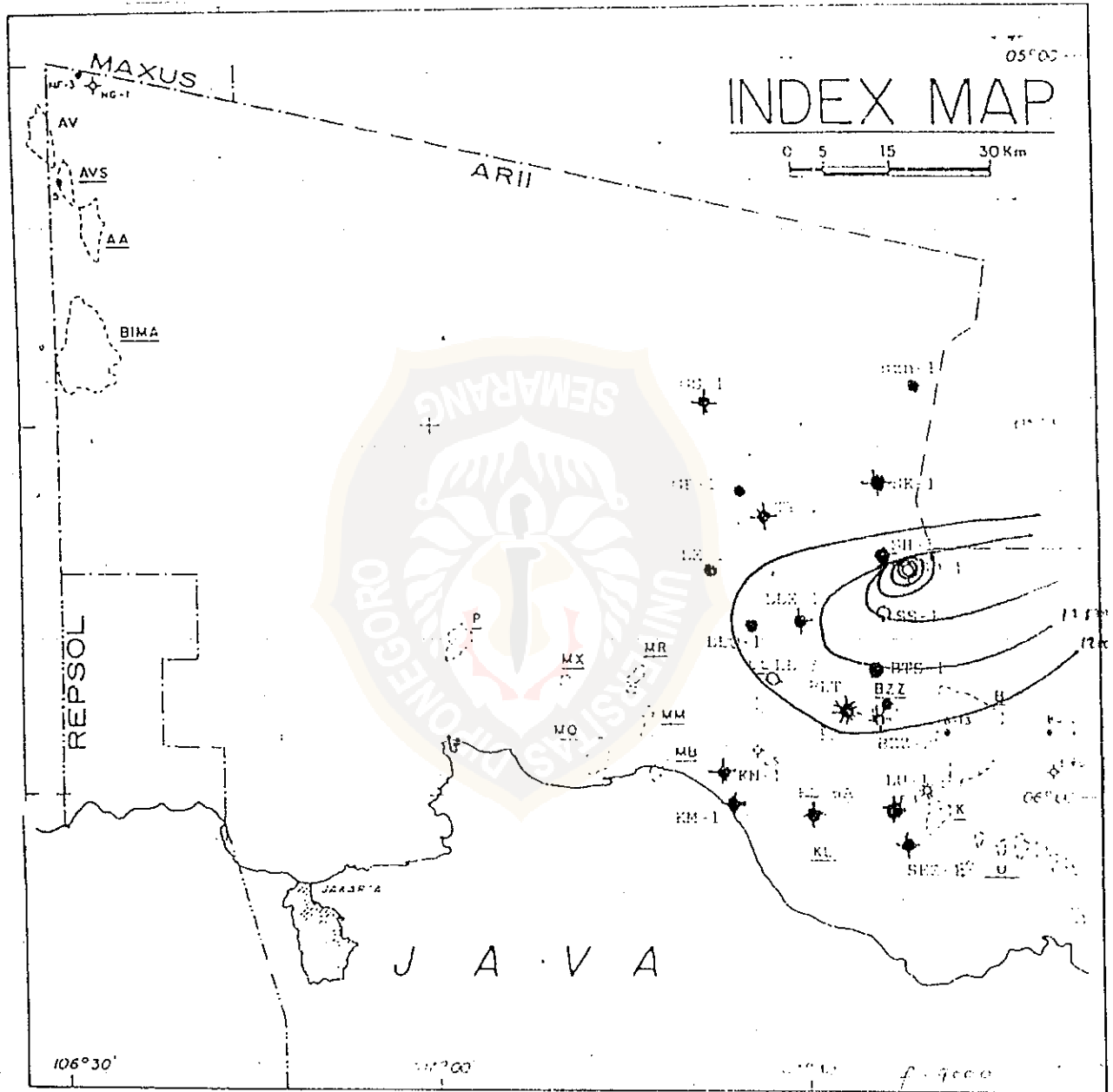


Gambar 4.3d : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 7000 kaki.

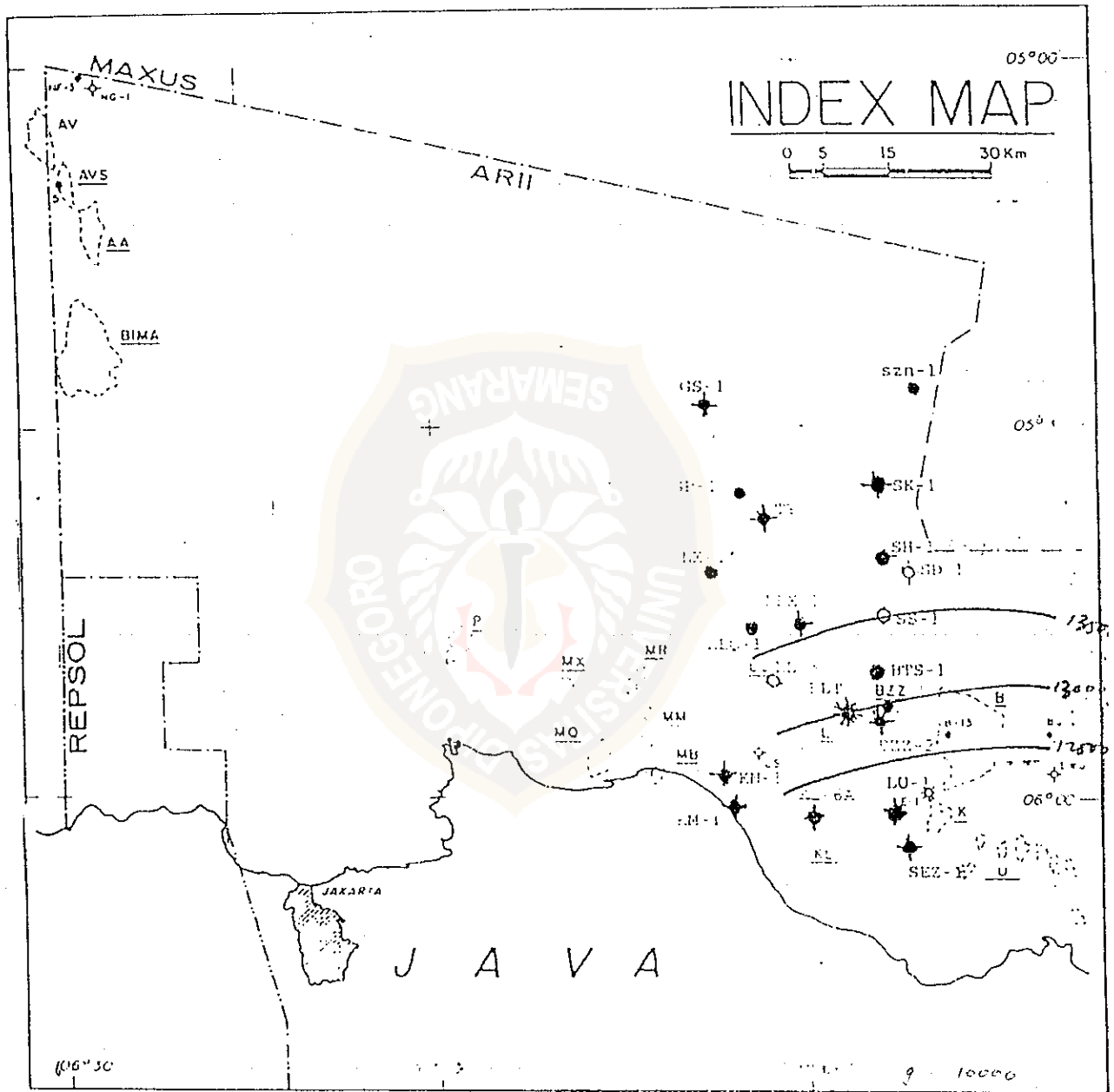




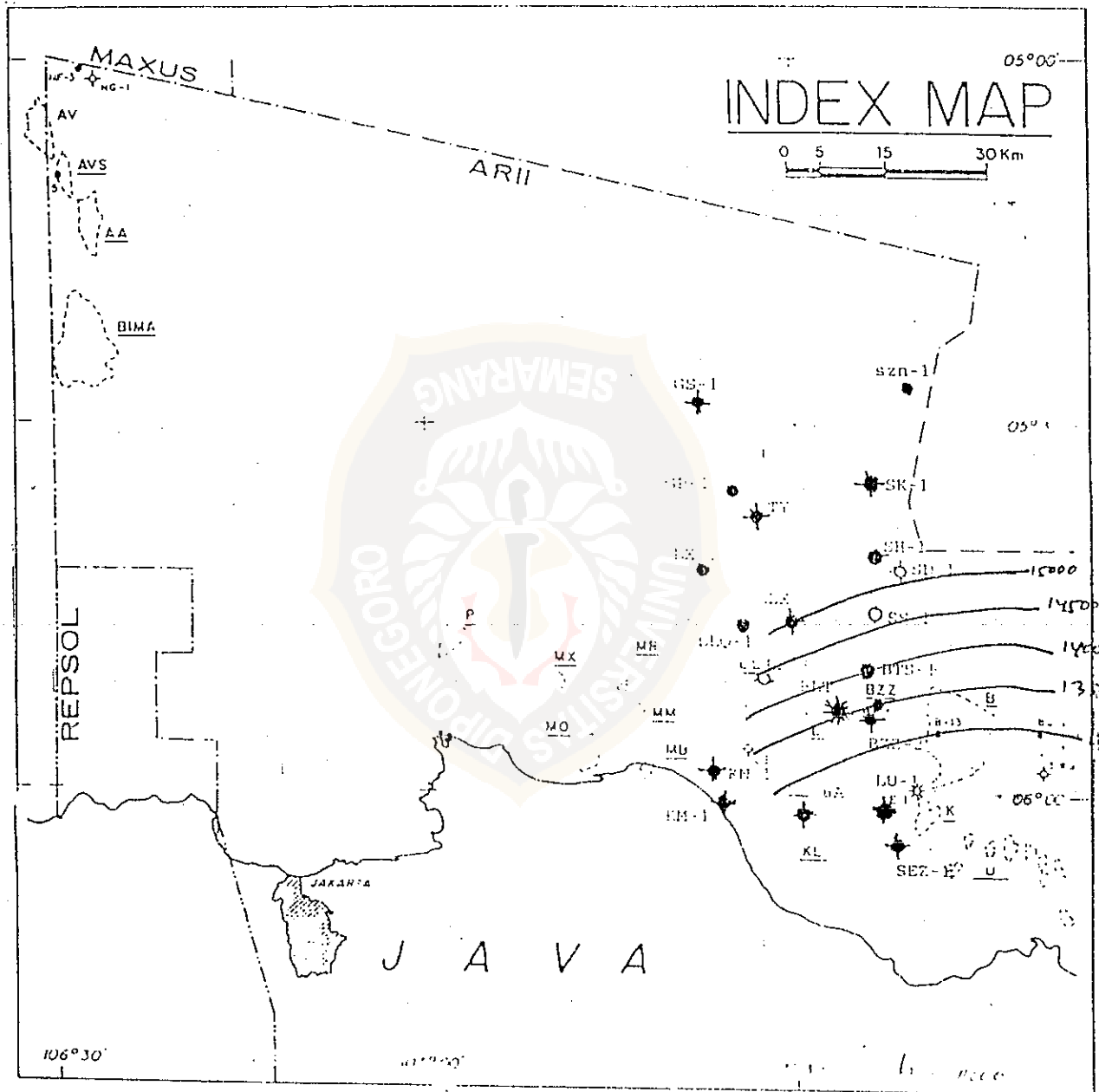
Gambar 4.3e : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 8000 kaki.



Gambar 4.3f : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 9000 kaki.



Gambar 4.3g : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 10000 kaki.



Gambar 4.3h : Kontur kecepatan gelombang pada kedalaman 11000 kaki.