

APPENDIX A
SIFAT FISIS LITHOLOGI

Berdasarkan formasi-formasi yang ada pada daerah penelitian yaitu Alluvial, Formasi Cisubuh, Formasi Parigi dan Formasi Cibulakan dapat diketahui lithologinya berdasarkan hasil pemboran sumur-sumur yang ada dimana pada setiap sumur mempunyai lithologi yang hampir sama untuk formasi yang sama.

Untuk menganalisa sifat-sifat fisis dari lithologi daerah penelitian, diambil lithologi dari salah satu sumur yaitu sumur B#1. Sifat-sifat fisis batuan yang dianalisa adalah kecepatan, densitas dan porositas, untuk tiap-tiap formasi.

Kecepatan perambatan gelombang seismik pada suatu medium tergantung pada kedalaman, densitas, lithologi, dan umur. Karena lithologi untuk tiap-tiap formasi sudah diketahui maka kecepatan ini akan dikaitkan dengan lithologi dan kecepatan yang diperoleh sebagai dasar untuk menganalisa sifat fisis yang lain.

Hubungan kecepatan dan densitas menurut Gardner cit Sheriff adalah :

$$V = (\rho/a)^{1/4} \quad (.1)$$

dimana ρ = densitas (g/cm^3), $a = 0,31$ jika V dalam m/dt.

Hubungan antara kecepatan dan porositas menurut Wyllie (1958) cit Sheriff adalah :

$$\frac{1}{V} = \frac{\phi}{V_r} + \frac{(1 - \phi)}{V_m} \quad (2)$$

dimana V = kecepatan, $\frac{1}{V_r}$ = *traveltime* rata-rata per satuan *path length* dalam material matriks, $\frac{1}{V_m}$ = *traveltime* rata-rata persatuan *path length* dalam cairan.

Uraian mengenai sifat-sifat fisis untuk masing-masing formasi pada daerah penelitian adalah sebagai berikut:

A.1. Alluvial.

Alluvial terdiri dari lempung, krakal, gravel dan pasir lepas. Lithologi tersebut mempunyai kecepatan yang paling rendah dibandingkan dengan lithologi yang lain. Kecepatan yang cukup rendah diakibatkan densitas lithologi cukup rendah dan porositas yang cukup besar. (lihat persamaan (1) dan persamaan (2).

A.2. Formasi Cisubuh.

Formasi Cisubuh mempunyai lithologi berupa gravel, batupasir, batulempung dan serpih, maka kecepatan pada Formasi Cisubuh lebih besar dari pada kecepatan yang ada pada Alluvial. Disamping karena perbedaan lithologi, pengaruh kedalaman yang lebih besar juga mempengaruhi pertambahan kecepatan tersebut. Karena kecepatan bertambah besar maka densitas semakin besar.

dan porositasnya semakin kecil.

A.3. Formasi Parigi.

Formasi Parigi didominasi oleh batugamping. Batugamping mempunyai kecepatan yang lebih tinggi dari lithologi yang ada pada formasi di atasnya. Karena kecepatan cukup tinggi maka densitas semakin besar dan porositasnya semakin kecil.

A.4. Formasi Cibulakan.

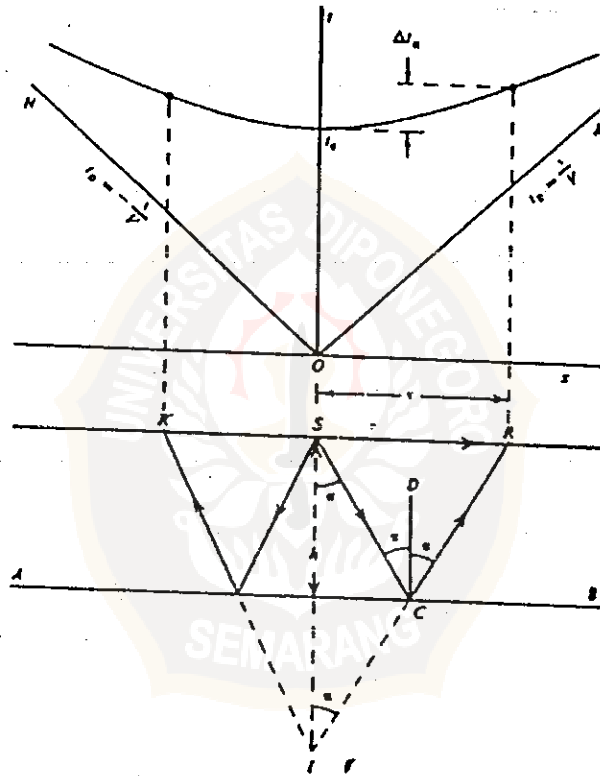
Formasi Cibulakan baik Anggota Cibulakan Atas maupun Anggota Cibulakan Bawah mempunyai lithologi serpih, batupasir, batulanau, batugamping serta batubara. Beragamnya lithologi tersebut, mengakibatkan kecepatan yang bervariasi. Serpih, batupasir dan batulanau mempunyai kecepatan yang hampir sama. Perbedaan yang paling besar adalah pada batugamping. Batugamping yang bersifat dolomitan kecepatannya semakin besar. Akibat pengaruh kedalaman yang lebih dalam maka untuk jenis lithologi yang sama dengan jenis lithologi yang ada pada formasi-formasi diatas, lithologi yang ada pada Formasi Cibulakan akan mempunyai kecepatan yang lebih besar. Densitas untuk formasi ini juga bervariasi begitu juga porositasnya. Porositas yang paling besar pada formasi ini berada pada batupasir. Sedangkan porositas yang paling kecil ada pada batugamping.

APPENDIX B
REFLEKSI, REFRAKSI DAN DIFRAKSI

B.1. Geometri Jejak-Jejak (*paths*) Refleksi.

B.1.1. Reflektor yang horisontal.

Gambar B.1 merupakan gambaran yang sederhana dari dua dimensi dengan kemiringan nol.



Gambar B.1 . Kurva *traveltime* untuk reflektor horisontal.

Bidang refleksi AB berada pada kedalaman h dibawah titik tembak (*shotpoint*) S. Energi meninggalkan S sepanjang

arah SC dan dipantulkan dengan sudut pantul sama dengan sudut datang (*incidence*).

CR dapat ditentukan dengan menggunakan titik bayangan I yang di letakkan pada bidang normal yang sama terhadap reflektor sebagaimana S dan sejauh h dibawah reflektor AB. Jika dihubungkan I dan C dengan memperpanjang garis lurus ke R, CR adalah hasil refleksi (karena CD paralel terhadap SI, dengan sudut α sama.)

Kecepatan gelombang rata-rata V, waktu tempuh (*traveltime*) untuk gelombang yang dipantulkan adalah $t = (SC + CR)/V$, $SC = CI$, sehingga IR sama dengan panjang jejak yang sebenarnya yaitu SCR. Oleh karena itu $t = IR/V$ dan jika x adalah jarak antara titik tembak ke geophone (*offset*) maka :

$$V^2 t^2 = x^2 + 4 h^2. \quad (1).$$

atau

$$\left(V^2 t^2 / 4 h^2 \right) - \left(x^2 / 4 h^2 \right) = 1 \quad (2).$$

Kemudian kurva *traveltime* berupa hiperbola seperti yang terlihat pada bagian atas dari gambar B.1.

Geophone R merekam gelombang langsung (*direct wave*) yang menjalar sepanjang SR. *Traveltime* gelombang langsung adalah $t_0 = x/V$ dan kurva *traveltime* gelombang langsung berupa garis lurus yaitu garis OM dan garis ON.

Posisi dari bidang refleksi ditentukan dengan mengukur t_0 , *traveltime* geophon pada titik tembak ($x = 0$), pada gambar B.1 kita lihat bahwa

$$h = 1/2 V t_0 \quad (3).$$

Persamaan (1) dapat ditulis

$$t^2 = (x^2/V^2) + (4h^2/V^2) = (x^2/V^2) + t_0^2 \quad (4).$$

Jika diplot t^2 terhadap x^2 diperoleh sebuah garis lurus dengan kemiringan $(1/V^2)$ dan memotong sumbu t_0^2 .

Persamaan (1) dapat diselesaikan dengan menggunakan pengembangan binomial dimana $2h$ cukup lebih besar dari pada x , yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} t &= (2h/V) [1+(x/2h)^2]^{1/2} = t_0 [1+(x/V t_0)^2]^{1/2} \\ &= t_0 [1 + \frac{1}{2} (x/V t_0)^2 - \frac{1}{8} (x/V t_0)^4 + \dots] \quad (5). \end{aligned}$$

Jika t_1 adalah *traveltime* untuk *offset* x_1 , dan t_2 adalah *traveltime* untuk *offset* x_2 , maka selisih dari *traveltime* kedua *offset* tersebut adalah :

$$\Delta t = t_2 - t_1 \approx \frac{(x_2^2 - x_1^2)}{2 V^2 t_0} \quad (6)$$

Dalam kasus dimana letak goephone berada pada titik tembak, Δt dikenal sebagai *normal moveout* (NMO) (Δt_n).

$$\Delta t_n \approx x^2 / 2V^2 t_0 \quad (7)$$

Dari persamaan (7) menunjukkan bahwa penambahan *normal moveout* sebanding dengan kwadrat dari *offset* x , dan berbanding terbalik dengan kwadrat kecepatan.

Konsep *normal moveout* sangat penting dan merupakan prinsip dalam penentuan apakah sebuah *event* yang diamati pada rekaman seismik merupakan refleksi atau bukan merupakan refleksi.

B.1.2. Reflektor miring.

Bila reflektor merupakan lapisan miring (gambar B.2), dengan ξ adalah kemiringan dan h jarak normal terhadap bidang reflektor. Untuk menggambar rambat gelombang refleksi yang muncul pada geophone R, ditarik dari titik bayangan I ke R dengan garis lurus yang memotong bidang di C. Jejak SCR dan t sama dengan $(SC + CR)/V$, karena $(SC + CR) = IR$, penerapan hukum cosinus pada segitiga SIR adalah :

$$\begin{aligned}V^2 t^2 &= IR^2 \\ &= x^2 + 4h^2 - 4hx \cos\left(\frac{1}{2}\pi + \xi\right) \\ &= x^2 + 4h^2 + 4hx \sin \xi\end{aligned}\quad (8)$$

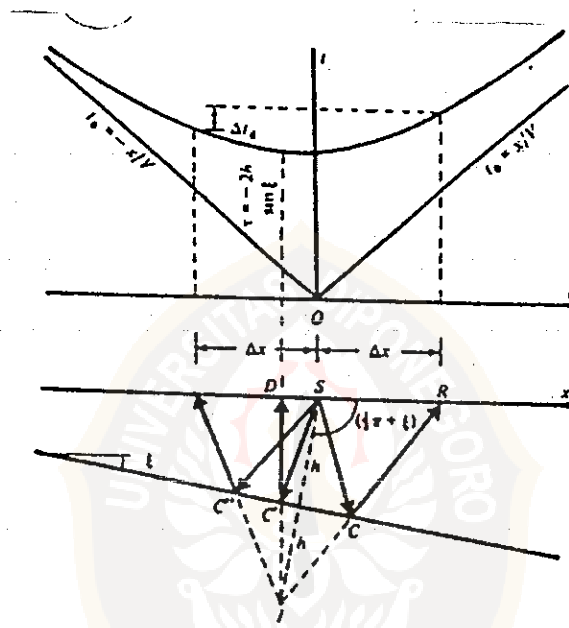
Kurva *traveltime* berupa hiperbola tetapi sumbu simetrinya berada pada garis $x = -2h \sin \xi$. Ini berarti bahwa t mempunyai harga yang berbeda untuk geophone yang terletak simetri pada sisi yang berlawanan dari titik tembak, dimana tidak seperti pada reflektor yang horisontal.

Kedudukan $x = 0$, dalam persamaan (8) memberikan harga yang sama untuk h sebagaimana dalam persamaan (3). Pada gambar B.2, titik-titik C, C', C'' merupakan titik-titik refleksi. Kemiringan ξ dapat dicari dengan menyelesaikan *traveltime* t pada persamaan (8) dengan asumsi bahwa $2h$ jauh lebih besar dari x yaitu :

$$t = 2h/V \left[1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \xi}{4h^2} \right]^{1/2}$$

$$t \approx t_0 \left[1 + \frac{x^2 + 4hx \sin \xi}{8h^2} \right]$$

(9)



Gambar B.2 . Kurva *traveltime* pada reflektor yang miring.

Metode sederhana untuk mendapatkan ξ adalah dari perbedaan *traveltime* pada dua geophone yang mempunyai jarak yang sama terhadap titik tembak pada sisi yang berlawanan. Harga x untuk *downdip* geophone adalah $+Vx$ dan untuk *updip* geophone adalah $-Vx$. *Traveltime* t_1 dan

t_2 adalah :

$$t_1 \approx t_0 \left[1 + \frac{(\Delta x)^2 + 4h \Delta x \sin \xi}{8 h^2} \right]$$

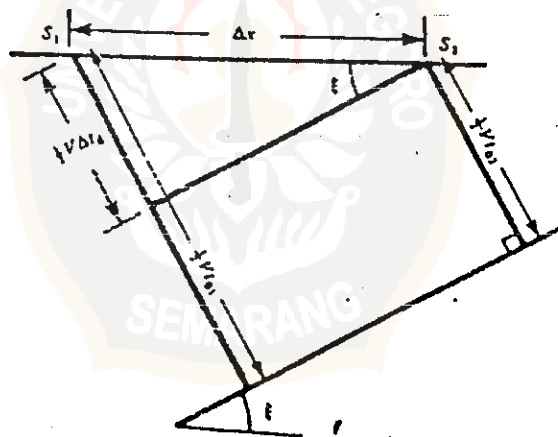
$$t_2 \approx t_0 \left[1 + \frac{(\Delta x)^2 - 4h \Delta x \sin \xi}{8 h^2} \right]$$

$$\Delta t_d = t_1 - t_2 \approx t_0 \left[\frac{\Delta x \sin \xi}{h} \right] \approx \frac{2 \Delta x}{V} \sin \xi$$

sehingga kemiringan ξ adalah :

$$\sin \xi = \frac{1}{2} V \left[\frac{\Delta t_d}{\Delta x} \right] \quad (10)$$

Besaran $\Delta t_d / \Delta x$ disebut *dip moveout*. Untuk sudut kecil, ξ mendekati sama dengan $\sin \xi$ sehingga kemiringan berbanding lurus dengan Δt_d .



Gambar B.3 . Geometri *dip moveout* yang diukur antara titik tembak atau pada rekaman seismik.

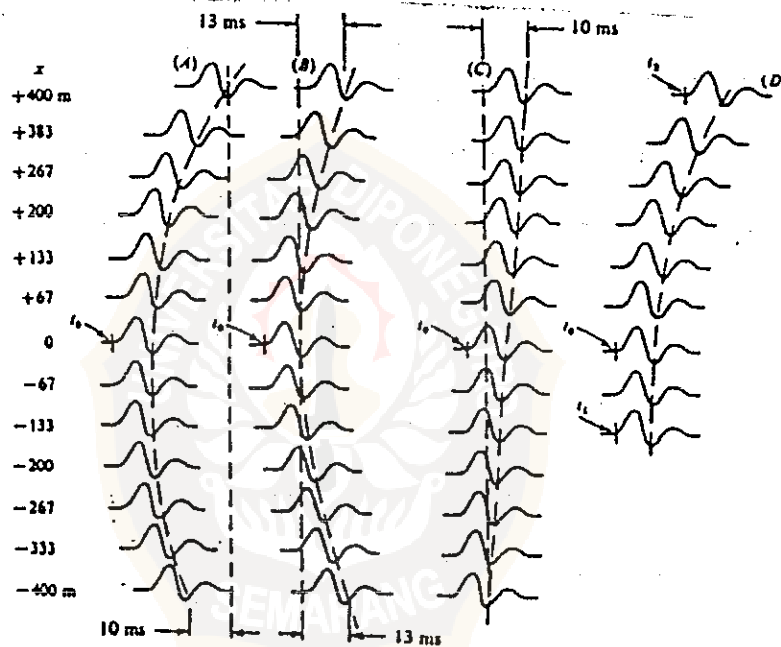
Dip moveout juga dapat diukur dengan perbedaan waktu antara t_0 pada titik-titik tembak yang berbeda.

Seperti pada gambar B.3 , $\Delta t_d = t_{o1} - t_{o2}$ dan

$$\sin \xi = \frac{1}{2} V \left[\frac{\Delta t_d}{\Delta x} \right] \quad (11)$$

dimana Δx adalah jarak antara titik tembak. Saat mengukur kemiringan pada rekaman seismik, Δx adalah jarak antara dua titik yang terdekat.

Gambar B.4 menggambarkan hubungan antara *normal moveout* dan *dip moveout*. Bagian sebelah kiri menunjukkan refleksi dari bidang miring, penjajarannya berbentuk kurva dan tidak simetri terhadap titik tembak.



Gambar B.4 . Hubungan antara *normal moveout* dan *dip moveout*, untuk kurva (A) (A), (B) dan (C), $t_o = 1,000$ s, $V = 2500$ m/s. Untuk kurva (D) $t_o = 1,2225$ s, $t_1 = 1,223$ s, $t_2 = 1,242$ s, $V = 2800$ m/s.

Diagram (B) menunjukkan jika bidang reflektornya horisontal, kurva yang tampak simetri terhadap titik tembak. Diagram (C) diperoleh dengan mengurangi *normal moveout* yang terlihat pada (B) dengan *arrival time* pada (A). Sebagai contoh, kurva yang ditunjukkan pada gambar B.4 D, yang memperlihatkan refleksi yang teramati pada $x = -133$ m, sampai $x = +400$ m. $t_0 = 1,225$ s, $t_1 = 1,223$ s, $t_2 = 1,2425$ s, $V = 2800$ m/s. Dari persamaan (7) diperoleh Δt_n pada *offset* 133 dan 400 m masing-masing 1 ms dan 8 ms. Pengurangan harga ini, diperoleh koreksi *arrival time* $t_1 = 1,222$, $t_2 = 1,234$. Oleh karena itu besarnya *dip moveout* adalah $12 \text{ ms}/(533\text{m}/2)$. Kemiringan ξ sama dengan $2800(12 \cdot 10^{-3}/533/2) = 0,063 \text{ rad} = 3,6^\circ$.

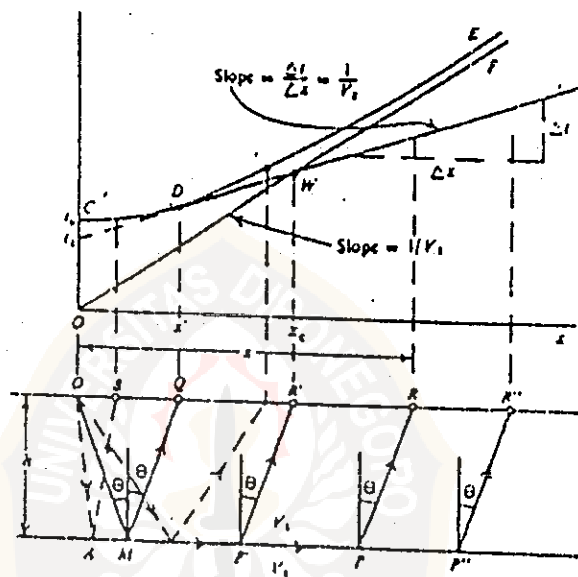
Kecepatan semu (*apparent velocity*) V_a dari *wavefront* adalah perbandingan jarak (Δx) antara dua titik pada permukaan dengan perbedaan *arrival time* (Δt) pada *event* yang sama,

$$V_a = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{V}{\sin \alpha} \quad (12)$$

dimana α adalah sudut pendekatan (*angle of approach*) (gambar B.5), α kadang-kadang disebut sudut semu (*apparent dip*).

Seringkali *head wave* tidak teramati pada *offset* kecil dari *critical distance* OQ dalam gambar B.5 (x').

$$\begin{aligned} x' &= OQ = 2h \tan \theta = 2h \tan [\sin^{-1} (V_1/V_2)] \\ &= 2h [(V_2/V_1)^2 - 1]^{-1/2} \end{aligned} \quad (16)$$



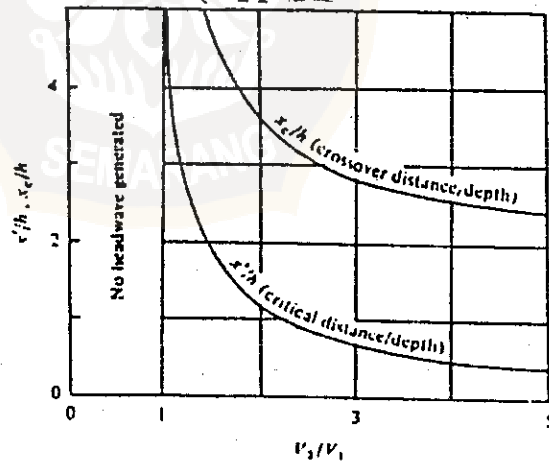
Gambar B.5 .Hubungan *raypath* dan kurva *travel time* untuk refleksi dan refraksi.

Hubungan antara perbandingan *critical distance* x' terhadap kedalaman lapisan h (x'/h) dan perbandingan kecepatan V_2 terhadap kecepatan V_1 (V_2/V_1) diperlihatkan pada gambar B.6. Perbandingan V_2/V_1 bertambah besar maka x' berkurang. Saat V_2/V_1 sama dengan 1,4, x' sama dengan $2h$, sebagaimana aturan Thumb, *offset* harus lebih besar

dua kali kedalaman refraktor untuk mengamati refraksi tanpa interferensi dari *head wave* yang lebih rendah.

Persamaan (13) dan (14) memperlihatkan garis lurus dengan kemiringan $1/V_2$ dan *intercept time* t_1 . Ini digambarkan pada gambar B.5 dimana OMQ, OMP'R', OMPR dan OMP''R'' adalah deretan jejak refraksi dan DWS kurva hubungan *time-distance*. Persamaan garis lurus tersebut tidak mempunyai arti fisis untuk *offset* lebih kecil dari x' karena gelombang yang terefraksi tidak tampak seperti harga x , namun demikian dengan memproyeksikan kembali garis ke sumbu waktu maka didapat harga t_1 .

Kemiringan kurva *time-distance* dari *direct wave* berbanding terbalik dengan V_1 dan pengukuran yang sama untuk *event* refraksi menghasilkan V_2 . Kemudian dapat dihitung sudut kritis θ dari hubungan $\theta = \sin^{-1}(V_1/V_2)$ dan dengan menggunakan *intercept time* t_1 untuk menghitung h dari persamaan (14)



Gambar B.6. Hubungan antara *critical distance* x' , *crossover distance* x_c dan *velocity contrast*.

Pada gambar B.5 kurva *time-distance* untuk refraksi dari AP" dan jejak langsung (*direct path*) masing-masing digambarkan oleh hiperbola CDE dan garis lurus OF. Karena jejak OMQ dapat dianggap refleksi atau awal dari gelombang yang terefraksi, kurvs *time-distance* refleksi dan refraksi harus serupa (bertepatan) pada $x = x'$ yaitu pada titik D. Turunan dari persamaan (1) untuk memperoleh kemiringan kurva refleksi *time-distance* pada $x = x'$:

$$\begin{aligned} \left[\frac{dt}{dx} \right]_{x=x'} &= \left[\frac{x}{V_1^2 t} \right]_{x=x'} = \frac{1}{V_1} \left[\frac{OQ}{OM + MQ} \right] \\ &= \frac{1}{V_1} \left[\frac{\sqrt{2} OQ}{OM} \right] = \frac{1}{V_1} \sin \theta = \frac{1}{V_2} \end{aligned}$$

Oleh karena itu dapat dilihat bahwa kurva refleksi dan refraksi mempunyai kemiringan yang sama di D , maka kurva refraksi merupakan tangen terhadap kurva refleksi pada $x = x'$.

Perbandingan gelombang yang direfleksikan dan gelombang yang direfraksikan dari horison yang sama dan muncul pada geophone yang sama, *arrival time* refraksi selalu lebih kecil dari pada *arrival time* refleksi (kecuali pada D). *Intercept time* t_1 pada refraksi lebih kecil dari pada *arrival time* t_0 refleksi, karena itu :

$$t_1 = \left(\frac{2h}{V_1} \right) \cos \theta , \quad t_0 = \left(\frac{2h}{V_1} \right) ; \quad t_1 < t_0$$

Melalui titik Q, dapat dilihat bahwa *direct wave* muncul mendahului gelombang refleksi dan gelombang refraksi, karena itu jejak dari *direct wave* sangat pendek. Bagian

dari jejak refraksi menjalar dengan kecepatan V_2 , bila x bertambah maka gelombang refraksi pada akhirnya akan menyusul dan sama dengan *direct wave*. Pada gambar B.5 kedua dari *travel time* ini sama pada titik W. Jika *offset* yang berhubungan dengan W adalah x_c , maka diperoleh :

$$x_c = -\frac{x_c}{V_2} + \frac{2h}{V_1} \cos \theta$$

$$h = \frac{x_c}{2} \left(1 - \frac{V_1}{V_2}\right) / \cos \theta$$

$$= \frac{x_c}{2} \left(\frac{V_2 - V_1}{V_2}\right) \frac{V_2}{(V_2^2 - V_1^2)^{1/2}}$$

$$h = \frac{x_c}{2} \left(\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}\right)^{1/2} \quad (17)$$

Hubungan ini kadang-kadang digunakan untuk menentukan h dari pengukuran kecepatan dan *crossover distance* x_c .

B.2.2. Beberapa refraktor horisontal.

Gambar B.7 mempunyai 3 lapisan dengan kecepatan lapisan masing-masing V_1 , V_2 dan V_3 . Apabila $V_2 > V_1$, jejak refraksi OMPR berhubungan dengan kurva *time-distance* WS seperti pada gambar B.5. Jika $V_1 > V_2 > V_3$, jejak penjalaran pada V_3 akan mendekati refraksi pada V_2 . Jejak refraksi OM'M"P'R' ditentukan dengan menggunakan hukum Snell yaitu :

$$\frac{\sin \theta_1}{V_1} = \frac{\sin \theta_2}{V_2} = \frac{1}{V_3}$$

dimana θ_2 adalah sudut kritis horison yang lebih rendah saat θ_1 lebih kecil dari sudut kritis pada horison yang

lebih atas. Kurva *travel time* ST yang diperoleh adalah:

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{OM' + R'P}{V_1} + \frac{M'M'' + P'P''}{V_2} + \frac{M''P''}{V_3} \\
 t &= \frac{2h_1}{V_1 \cos \theta_1} + \frac{2h_2}{V_2 \cos \theta_2} \left(\frac{x - 2h_1 \tan \theta_1 - 2h_2 \tan \theta_2}{V_3} \right) \\
 t &= \frac{x}{V_3} + \frac{2h_2}{V_2 \cos \theta_2} \left(1 - \frac{V_2}{V_1} \sin \theta_2 \right) + \frac{2h_1}{V_1 \cos \theta_1} \left(1 - \frac{V_1}{V_3} \sin \theta_1 \right) \\
 &= \frac{x}{V_3} + \frac{2h_2}{V_2} \cos \theta_2 + \frac{2h_1}{V_1} \cos \theta_1 \\
 &= \frac{x}{V_3} + t_2 \qquad (18)
 \end{aligned}$$

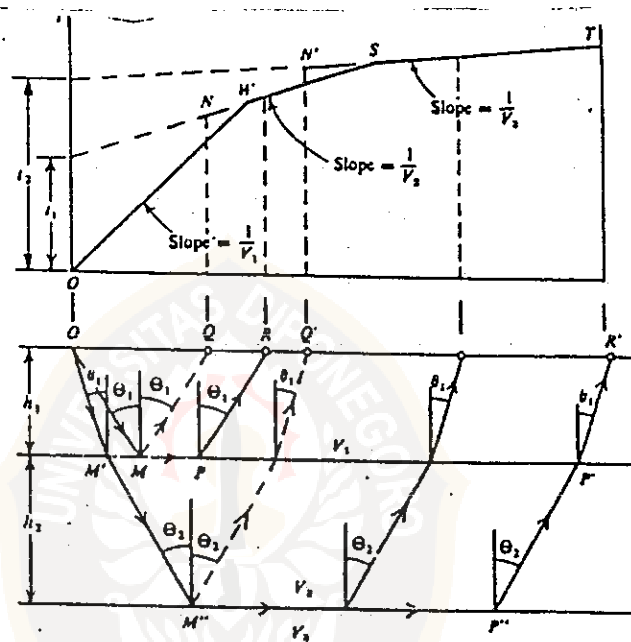
Kurva *time-distance* untuk refraksi ini juga berupa garis lurus yang mempunyai kemiringan berbanding terbalik dengan kecepatan dan mempunyai titik potong yang merupakan jumlahan dari suku $(2h_i \cos \theta_i)/V_i$, tiap-tiap lapisan di atas horison refraksi menyumbang satu suku. Untuk n lapisan :

$$t = \frac{x}{V_n} + \sum_i \frac{2h_i}{V_i} \cos \theta_i \qquad (19)$$

dimana $\theta_i = \sin^{-1}(V_i/V_n)$. Persamaan ini dapat digunakan untuk menentukan kecepatan dan ketebalan dari tiap-tiap lapisan horison refleksi, tiap-tiap kecepatan dari horison yang berada di atas lebih kecil dari pada kecepatan horison yang ada di bawahnya. Kita dapat menentukan semua kecepatan (juga sudut θ_i) dengan mengukur kemiringan dari berbagai penampang dari

kurva *time -distance* dan kemudian didapatkan ketebalan dari lapisan-lapisan dengan persamaan :

$$h_n = \frac{V_n}{2 \cos \theta_n} \left(t_n - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{2h_i \cos \theta_i}{V_i} \right) \quad (20)$$

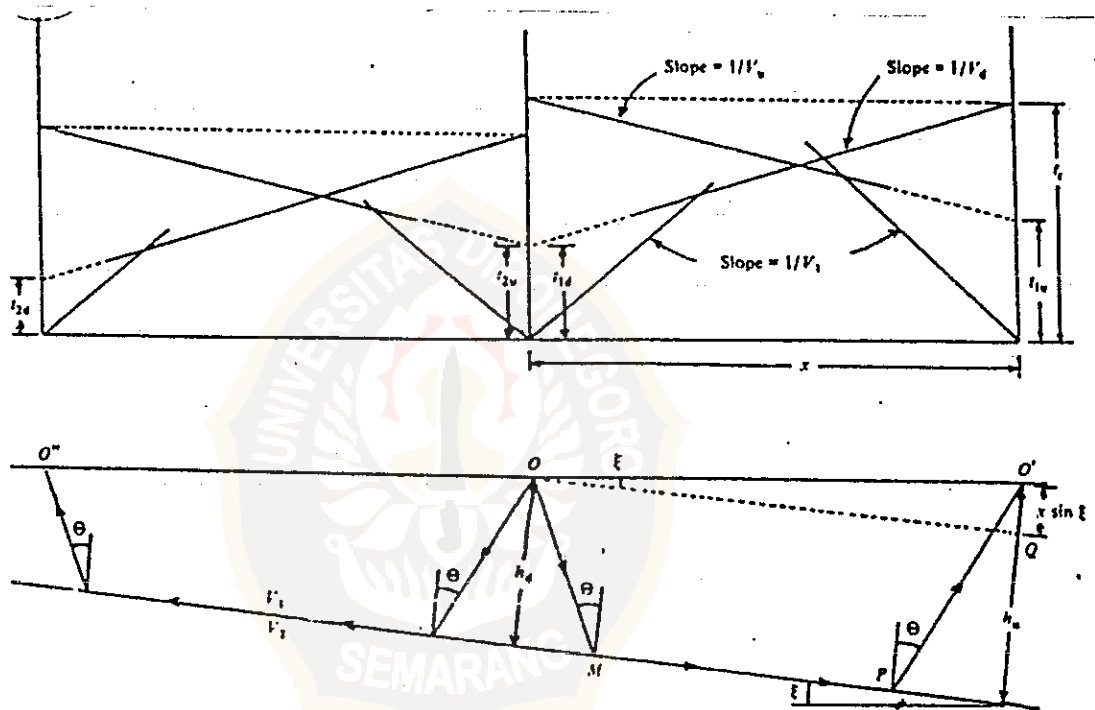


Gambar B.7. Jejak rambat (*ray path*) dan kurva *travel time* untuk dua reflektor.

B.2.3. Pengaruh refraktor miring.

Kemiringan refraktor akan mengubah kurva *time-distance* refraksi secara drastis. Bagian bawah dari gambar B.8 memperlihatkan *veretical dip section* sebuah horison refraksi, t sebagai *travel time* untuk jejak refraksi OMPO'.

$$\begin{aligned}
 t &= \frac{OM + O'P}{V_1} + \frac{MP}{V_2} \\
 &= \frac{hd + hu}{V_1 \cos \theta} + \frac{OQ - (hd + hu) \tan \theta}{V_2} \\
 &= \frac{x \cos \xi}{V_2} + \frac{hd + hu}{V_1} \cos \theta \quad (21)
 \end{aligned}$$



Gambar B.8. Jejak rambat (*raypath*) dan kurva untuk sebuah refraktor miring.

Bila posisi titik tembak di O dan geophone pada O' , kemudian sumber di ledakan (*shooting downdip*), maka diperoleh *downdip travel time* t_d yaitu dengan mengeliminasi h_u dengan menggunakan persamaan $h_u = h_d +$

x sin ξ pada persamaan (21).Maka diperoleh :

$$\begin{aligned}t_d &= (x/V_2) \cos \xi + (x/V_1) \cos \theta \sin \xi + \\ &\quad (2hd/V_1) \cos \theta \\ &= (x/V_1) \sin (\theta + \xi) + (2hd/V_1) \cos \theta \\ &= (x/V_1) \sin (\theta + \xi) + t_{1d}\end{aligned}\quad (22)$$

dimana $t_{1d} = (2hd/V_1) \cos \theta$.

Hasil dari *shooting updip*, diperoleh dengan mengeliminasi hd . Maka :

$$\begin{aligned}t_u &= (x/v_1) \sin (\theta - \xi) + t_{1u} \\ \text{dimana , } t_{1u} &= (2hu/V_1) \cos \theta\end{aligned}\quad (23)$$

Downdip travel time dari O ke O' sama dengan *updip travel time* dari O' ke O . *Travel time* dari titik tembak ke titik tembak merupakan *reciprocal time* (t_r).

Persamaan-persamaan tersebut di atas dapat ditunjukkan dengan bentuk yang sama dengan persamaan (14), yaitu :

$$t_d = (x/V_d) + t_{1d}\quad (24)$$

$$t_u = (x/V_u) + t_{1u}\quad (25)$$

dimana :

$$\begin{aligned}V_d &= V_1/\sin (\theta + \xi) \\ V_u &= V_1/\sin (\theta - \xi)\end{aligned}\quad (26)$$

V_d dan V_u adalah kecepatan semu dan berbanding terbalik dengan kemiringan dari kurva *time-distance*.

Profil pada gambar B.8 (persamaan (26)) dapat diselesaikan kemiringan ξ dan sudut kritis θ untuk

refraktor yang mempunyai kecepatan V_2 adalah :

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{1}{2} \{ \sin^{-1}(V_1/V_d) + \sin^{-1}(V_1/V_u) \} \\ \xi &= \frac{1}{2} \{ \sin^{-1}(V_1/V_d) - \sin^{-1}(V_1/V_u) \} \end{aligned} \quad (27)$$

Persamaan (26) dapat disederhanakan dimana ξ kecil sehingga $\cos \xi \approx 1$ dan $\sin \xi \approx \xi$, maka persamaan (26) menjadi :

$$\begin{aligned} V_1/V_d &= \sin (\theta + \xi) \approx \sin \theta + \xi \cos \theta ; \\ V_1/V_u &= \sin (\theta - \xi) \approx \sin \theta - \xi \cos \theta \end{aligned}$$

Oleh karena itu

$$\sin \theta = (V_1/V_2) \approx 1/2 V_1 \{ (1/V_d) + (1/V_u) \}$$

sehingga

$$1/V_2 \approx 1/2 \{ (1/V_d) + (1/V_u) \} \quad (28)$$

Dengan memakai teori binomial pada persamaan (26) dengan mengasumsikan harga kemiringan ξ kecil, maka

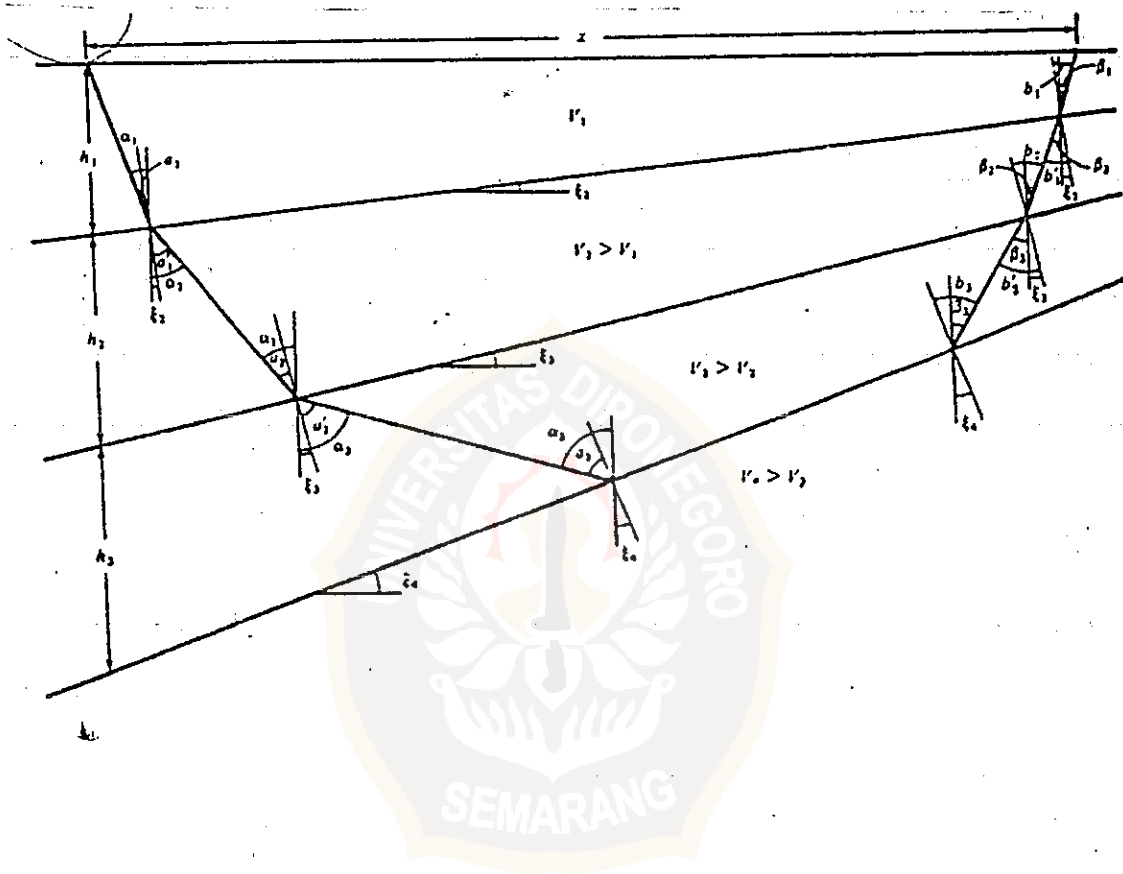
$$\begin{aligned} V_d &= (V_1/\sin \theta) (\cos \xi + \cot \theta \sin \xi)^{-1} \\ &\approx V_2 (1 - \xi \cot \theta) \\ V_u &\approx V_2 (1 + \xi \cot \theta) \end{aligned}$$

Oleh karena itu

$$V_2 \approx 1/2 (V_d + V_u) \quad (29)$$

B.2.4. Beberapa refraktor miring dengan jurus (*strike*) yang sama.

Persamaan (19) digunakan untuk kasus beberapa lapisan dengan jurus sama dan kemiringan yang berbeda seperti pada gambar B.9.



Gambar B.9. Notasi yang digunakan untuk perumusan Adachi.

Adachi (1954) cit Sheriff, menurunkan persamaan dengan memanipulasi trigonometri yang hasilnya adalah :

$$t_n = \frac{x \sin \beta_1}{V_1} + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{h_i}{V_i} (\cos \alpha_i + \cos \beta_i) \quad (30)$$

dimana t_n adalah *travel time* dari refleksi pada bidang batas ke n (yang memisahkan kecepatan lapisan V_n dan V_{n-1}), α_i dan β_i adalah sudut antara garis vertikal dengan *downgoing* dan *upgoing rays* pada lapisan ke i , h_i adalah ketebalan vertikal dari lapisan ke i . Sudut α_i dan β_i (gambar B.9) didefinisikan sebagai sudut datang (*angel of incidence*), α_i' dan β_i' adalah sudut refraksi dan ξ_{i+1} adalah kemiringan bidang batas ke i .

Kemudian

$$\begin{aligned} \alpha_i' &= \sin^{-1} \{ (V_{i+1}/V_i) \sin \alpha_i \} \\ \beta_i' &= \sin^{-1} \{ (V_{i+1}/V_i) \sin \beta_i \} \\ \alpha_i &= \alpha_i' + \xi_{i+1}, & \beta_i &= \alpha_i' - \xi_{i+1} \\ \alpha_{i+1} &= \alpha_i' + \xi_{i+1}, & \beta_{i+1} &= \beta_i' - \xi_{i+1} \end{aligned}$$

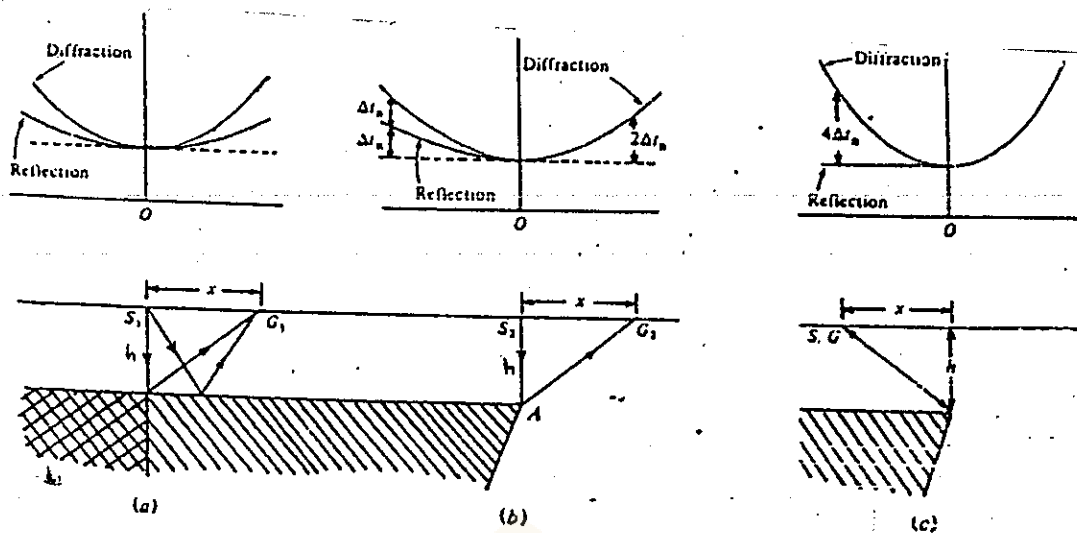
Untuk refraksi sepanjang bidang batas ke n , $a_n = b_n = \theta_n$.

B.3. Difraksi.

Travel time refleksi pada gambar B.10. adalah :

$$\begin{aligned} t_r &= (1/V) (x^2 + 4h^2)^{1/2} \simeq (2h/V) + (x^2/4hV) \\ &= t_0 + \nabla t_n \end{aligned}$$

Dengan asumsi x lebih kecil dari h .



Gambar B.10. Kurva *traveltime* dari diffraksi.

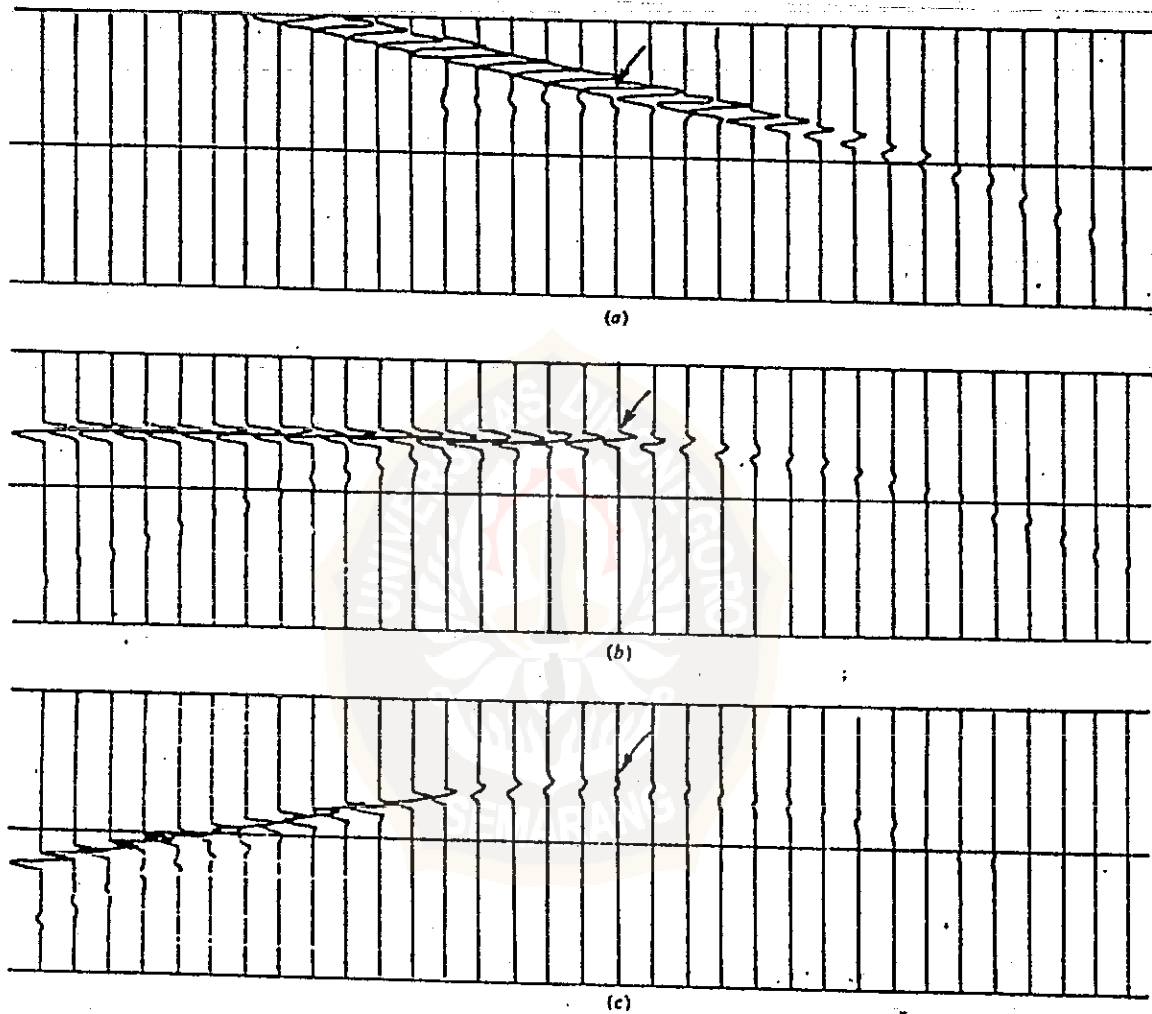
Bila titik tembak di atas sumber diffraksi A, (S_2 pada gambar B.10 b), kurva *travel time* dari kurva diffraksi adalah :

$$\begin{aligned}
 t_d &= (1/V) \{ h + (x^2 + h^2)^{1/2} \} \approx (2h/V) + (x^2/2Vh) \\
 &= t_o + \nabla t_n \quad (31)
 \end{aligned}$$

Dari persamaan (31) terlihat bahwa *normal moveout* dari diffraksi 2 kali lebih besar dari *normal moveout* refleksi pada *offset* yang sama. *Moveout* diffraksi ($x^2/2Vh$) berkurang terhadap kedalaman.

Pada gambar (B.10 c) kurva *travel time* dari diffraksi adalah :

$$t_d = \frac{2(x^2 + h^2)^{1/2}}{v} \approx \frac{2h}{v} + \frac{x^2}{vh} \quad (32)$$



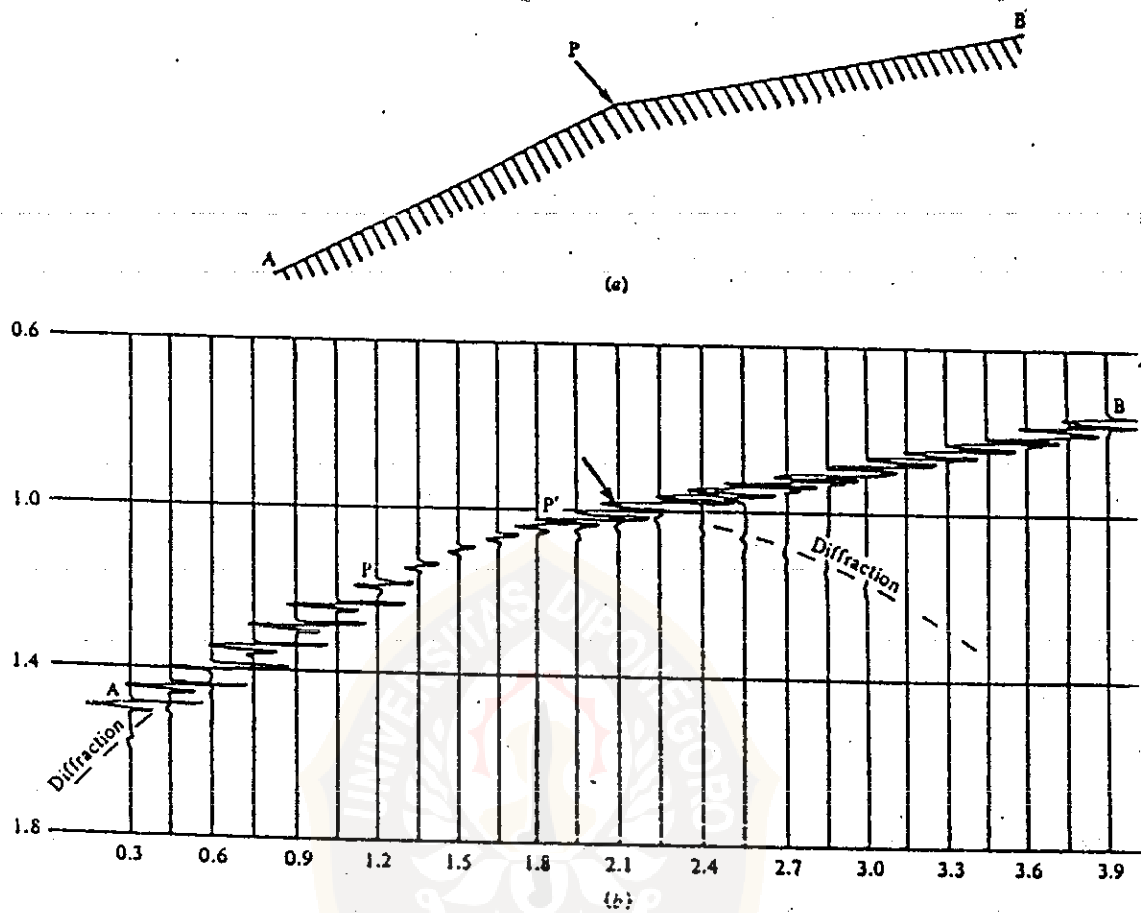
Gambar B.11. Refleksi dan diffraksi dari *half-plane* (arah anak panah).

Gambar B.11 merupakan tiga buah setengah bidang (*half-plane*) pada kedalaman yang sama dengan kemiringan yang berbeda-beda. Masing-masing diffraksi dari puncak tepi *half-plane* mempunyai kurva yang sama yaitu menyinggung refleksi dan amplitudo diffraksi maksimum terjadi pada titik singgung tersebut. Kurva dari diffraksi tergantung pada kedalaman dan kecepatan yang berada diatas titik diffraksi serta penyebaran amplitudo sepanjang diffraksi tergantung letak dari *half-plane* tersebut.

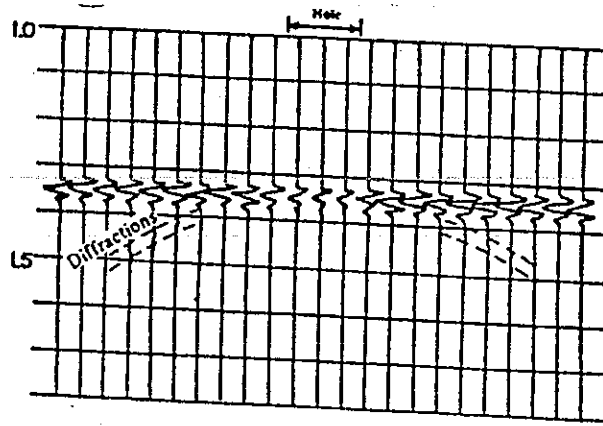
Gambar B.12 adalah sebuah reflektor yang berbentuk bengkak, dapat dikatakan sebagai superposisi dari dua buah *half-plane* yang miring yang masing-masing berujung pada titik bengkak. *Arrival time* dari kedua kurva diffraksi sama dan kemudian ditambahkan membentuk daerah diantara kedua refleksi tersebut.

Gambar B.12 b reflektor sebelah kanan pada $x = 2,1$ km (P'B), reflektor sebelah kiri pada $x = 2,1$ km (A'P); diffraksi terjadi pada celah PP' dan menjadikan *event* seismik kelihatan kontinu.

Pengaruh diffraksi yang lain adalah pada reflektor yang berlubang seperti gambar B.13. Diffraksi cenderung berada pada lubang tersebut.

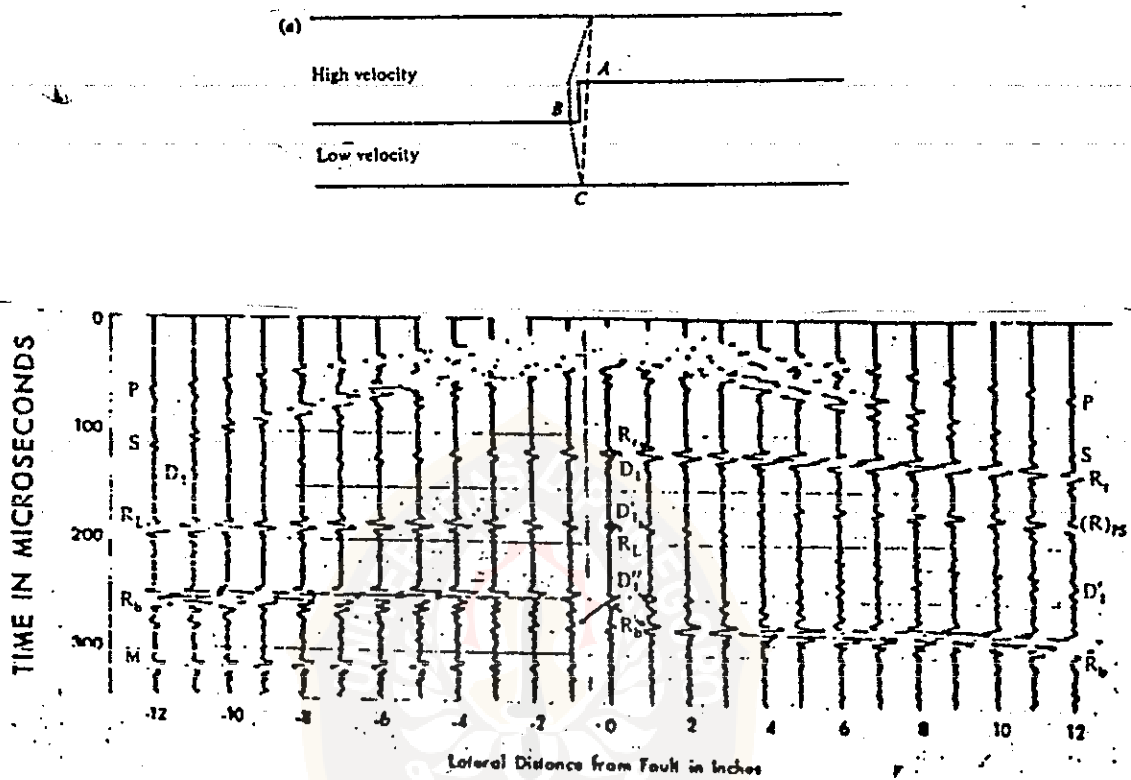


Gambar B.12. Refleksi dan difraksi dari reflektor yang bengkok, kemiringan 31° dan 11° untuk reflektor sebelah kiri dan kanan, $x = 2,1$ km (a) model ; (b) refleksi dan difraksi.



Gambar B.13 Pengaruh lubang pada reflektor.

Yang berpengaruh timbulnya diffraksi juga karena reflektor yang berundak (gambar B.14). Bagian atas undakan A akan menghasilkan diffraksi D_1 (gambar B.14 b). Bagian bawah undakan B juga menghasilkan diffraksi D_1 . Porsi diffraksi sebelah kanan B lebih cenderung menjalar ke kecepatan lapisan yang lebih rendah dari pada refleksi sebelah kiri undakan tersebut.



Gambar B.14. Pengaruh dari undakan. (a) Perencanaan dengan split spread dengan sumber di atas atas undakan. P=direct wave, S=surface wave, R_r dan R_L adalah refleksi bagian atas dan bawah undakan, R_b=refleksi pada dasar model, D dan D' adalah difraksi bagian atas dan bawah undakan.

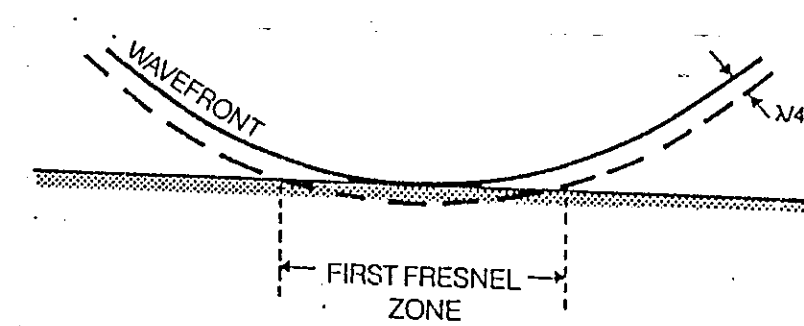
Adanya diffraksi pada perekaman seismik, dapat membantu untuk memprediksi ketidakkontinuan reflektor misalnya akibat adanya patahan pada penyelesaian resolusi horisontal. Resolusi horisontal berkaitan erat dengan Fresnel zone untuk resolusi horisontal pada penampang yang belum dimigrasi. *First Fresnel zone* adalah daerah reflektor dari energi yang dipantulkan ke detektor dengan setengah putaran (*half-cycle*) dan terjadi interferensi. Gambar B.15 menggambarkan *wavefront* yang menyinggung bidang reflektor pada titik reflektor dan ada juga *wavefront* yang lain yang berjarak $1/4\lambda$. Jari jari *first Fresnel zone* adalah :

$$R^2 = (h + \lambda/4)^2 - h^2$$

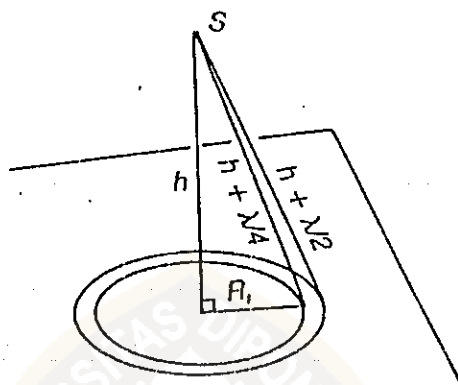
Sisi luar lingkaran Fresnel zone merupakan *second Fresnel zone* (gambar B.15 b) dimana refleksi yang ada pada detektor akan bercampur dan bersifat merusak atau mengacau terhadap refleksi dari *first zone* dan kemudian *thirdzone* akan bercampur juga dan seterusnya.

Besarnya Fresnel zone dapat ditentukan dari nomogram seperti pada gambar B.16.

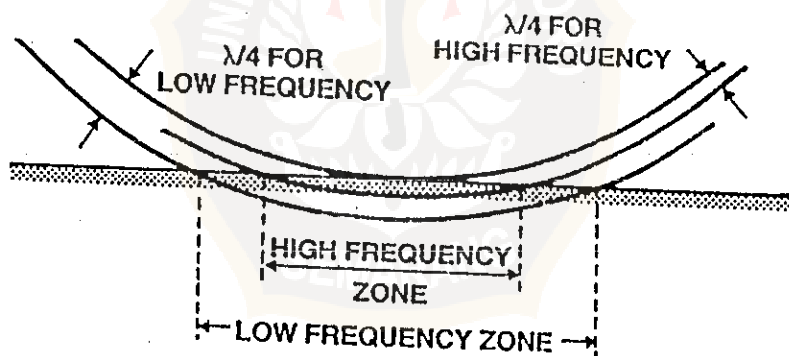
Konsep dari Fresnel zone adalah memindahkan titik refleksi dalam daerah refleksi, yaitu daerah dalam *first Fresnel zone*. Pola pada titik sisi refleksi dalam daerah refleksi akan menghasilkan pengaruh-pengaruh pada garis seismik (*seismic line*) seperti pada gambar B.17. Hilterman (1970) cit Sheriff memperlihatkan pengaruh-



(a)

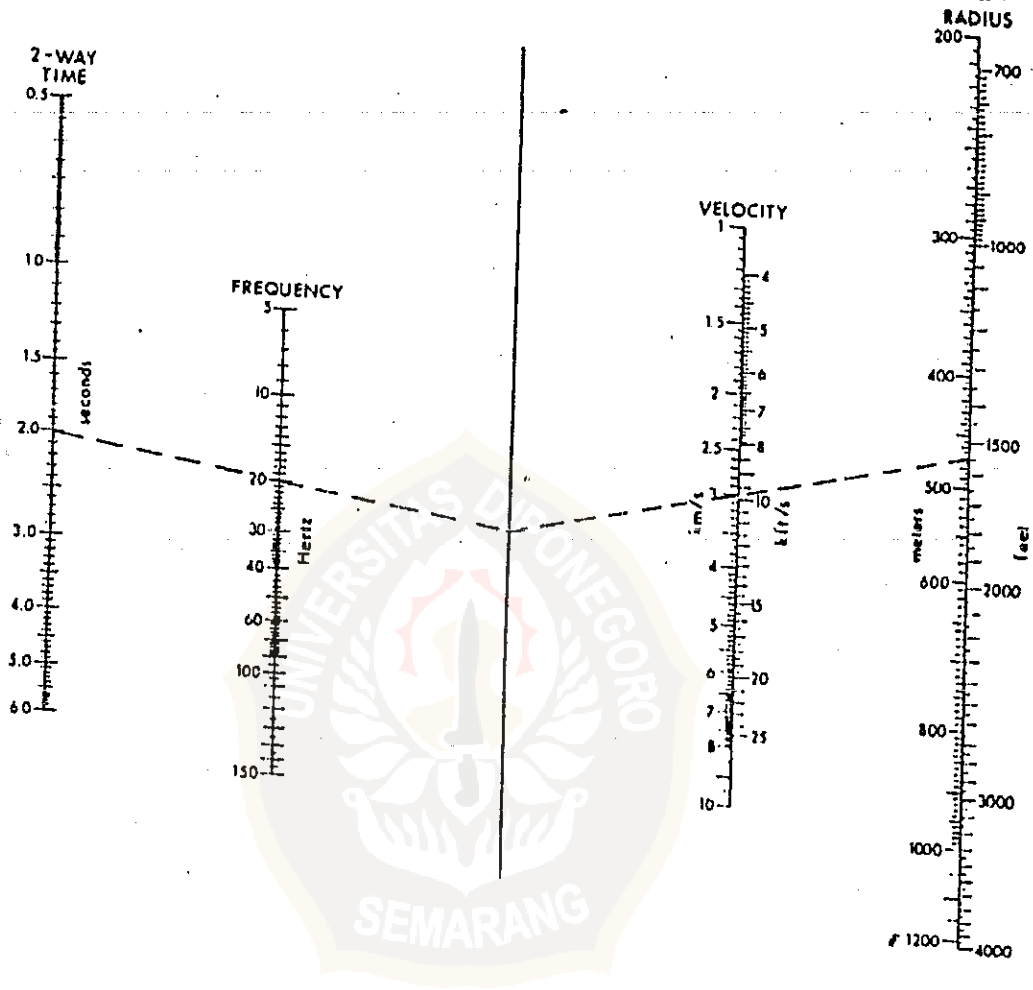


(b)

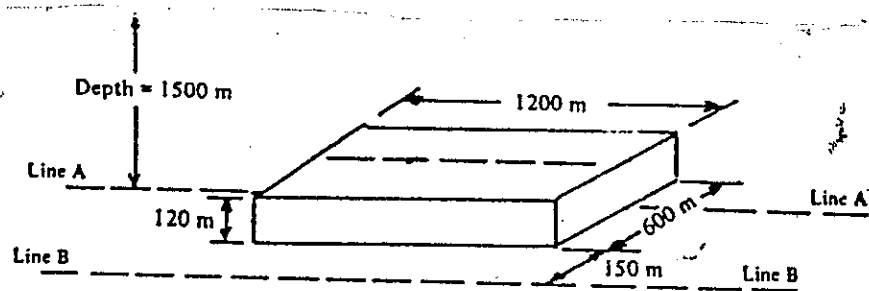


(c)

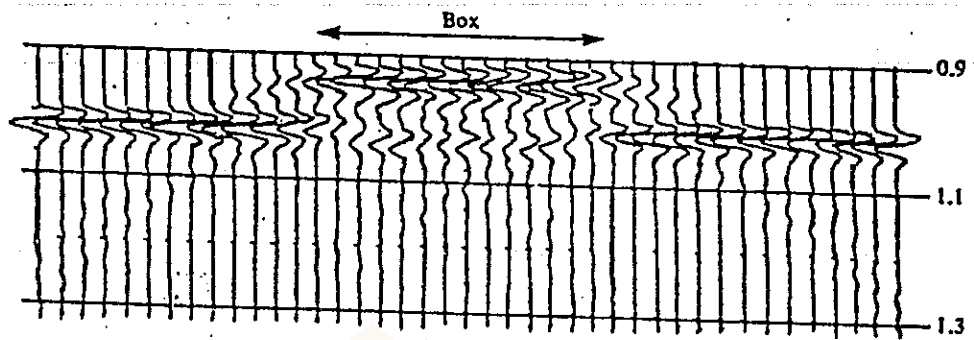
Gambar B.15. Zone Fresnel



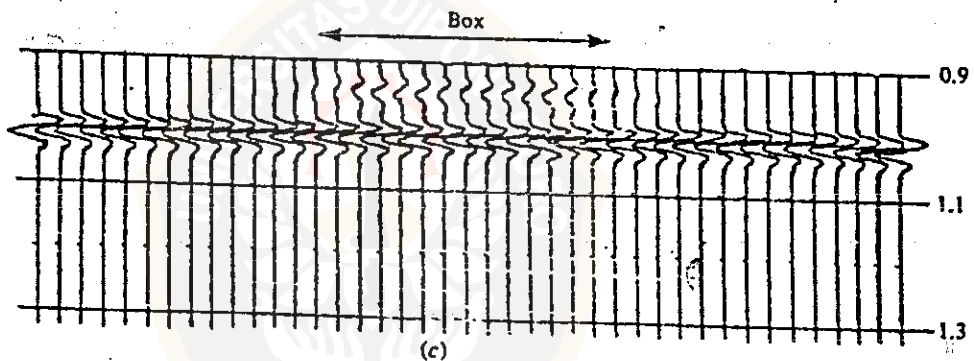
Gambar B.16. Nomogram untuk menentukan jari-jari Zone Freznel.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.17. Garis yang memotong struktur kotak (box). Jarak *trace* 85m. Jari-jari fresnel *zone* 280 untuk frekwensi 30 Hz. (a) model; (b) garis A memotong bagian atas kotak; (c) garis B yang tidak memotong kotak.

pengaruh yang dapat membuat struktur-struktur tampak kelihatan lebih besar dari pada yang sebenarnya.

APPENDIX C

DESKRIPSI SEISMIC DAERAH PENELITIAN

Deskripsi seismik berhubungan erat dengan kenampakan dari pada karakteristik respon seismik pada berbagai tipe batuan dan lingkungan pengendapannya.

Untuk mengetahui karakteristik respon seismik perlu diperhatikan mengenai *seismik terrains* yang meliputi :

1. Refleksi-refleksi yang paralel dan kontinu.
2. Refleksi yang tidak kontinu.
3. Tidak adanya refleksi.
4. Pola-pola difraksi.

Untuk mengetahui deskripsi seismik daerah penelitian maka perlu dihubungkan dengan *seismik terrains* tersebut di atas.

C.1. Refleksi-refleksi yang paralel dan kontinu.

Bentuk refleksi yang demikian menunjukkan endapan laut (*marine deposits*). Kesenambungan yang baik dari refleksi menunjukkan bahwa pengendapannya tersebar luas dan terjadi pada kondisi yang serba sama. Sedimen-sedimen tidak terganggu oleh gerakan gelombang setempat. Lingkungan yang seperti ini disebut dengan lingkungan *low energi*.

Pada daerah penelitian, Formasi Cisubuh mencerminkan refleksi yang paralel dan bersinambungan seperti terlihat pada *regional cross section* pada

lampiran 9 dan 10, yang sebagian besar mempunyai lithologi gravel, pasir, batulempung, serpih, batulanau dan batupasir, sehingga mempunyai kecepatan yang rendah.

Refleksi yang mempunyai kesinambungan baik juga terlihat pada Formasi Parigi dan mempunyai amplitudo tinggi karena adanya perubahan *acoustic impedance* yang besar akibat lithologi formasi tersebut terdiri dari batugamping yang berselingan dengan serpih yang berada di atasnya.

C.2. Refleksi Yang Tidak Kontinu.

Pola refleksi yang tidak kontinu pada daerah penelitian terlihat pada Formasi Cibulakan yang menunjukkan adanya sedimen *non marine*. Pola pengendapannya memberi kesan bahwa sedimen-sedimen telah berada pada daerah yang terbatas secara lokal. Lithologinya heterogen dan berukuran grain.

C.3. Tidak Adanya Refleksi.

Tidak adanya refleksi pada penampang seismik menandakan batuan-batuan yang ada mempunyai *acoustic impedance* yang sama. Sebagai contoh adalah sebuah *dead zone* yang biasanya horisontal menandakan ketebalan dari lempung (*shel*) yang massive, *salt* dan *basement rock*. Jika tidak adanya refleksi secara horisontal mungkin adanya diapir yang tersusun oleh *shale*, *salt* dan batuan beku. Juga mungkin adanya *reef*.

Pada daerah penelitian tidak adanya refleksi karena adanya reef (pada Formasi Cibulakan).

C.4. Pola-Pola Difraksi.

Ketidaksambungan dari pada *interface* sering menimbulkan difraksi, misalnya pada sepanjang bidang patahan. Pada daerah penelitian ini terjadi pada Formasi Cibulakan. Pada *basement* juga terlihat adanya difraksi walaupun adanya *interface* yang kontinu. Ini disebabkan karena kondisi dari *metamorphic basement* yang cukup kasar permukaannya.



LAMPIRAN 4

Data Kecepatan Interval Dari Final Stack Sumur F



LAMPIRAN 5

Data Kecepatan Interval Dari Final Stack Sumur S



LAMFIRAN 6

Data Kecepatan Interval Dari Final Stack Sumur T#3



LAMPIRAN 7

Data Kecepatan Interval Dari Sonic Log Sumur T#2



LAMPIRAN 8

Data Kecepatan Interval Dari Sonic Log Sumur L



LAMPIRAN 9

Penampang Regional Yang Melewati Sumur P, L, B#1, B#3 Dan T#3



LAMPIRAN 10

Penampang Regional Yang Melewati Sumur N#1, S Dan T#2

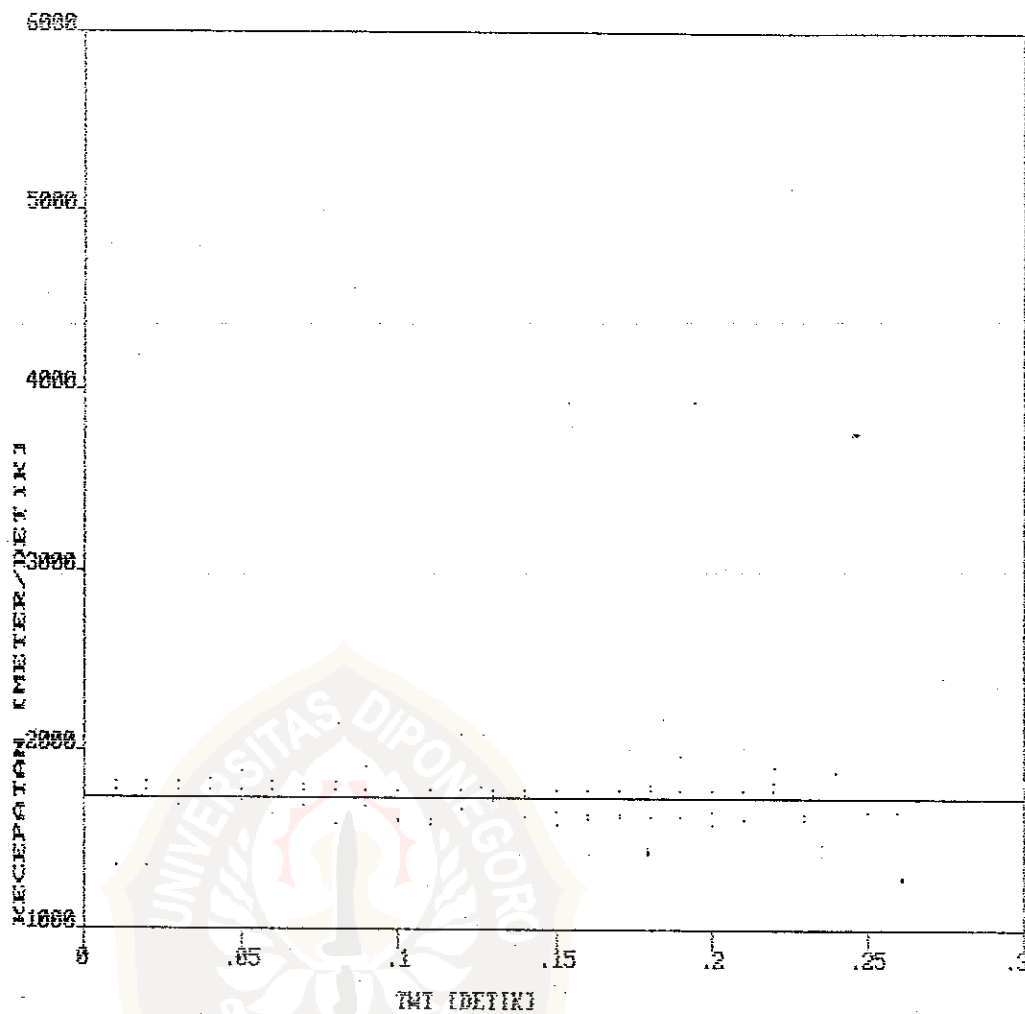


LAMPIRAN 11

GRAFIK FUNGSI KECEPATAN DARI VSP UNTUK TIAP LAPISAN

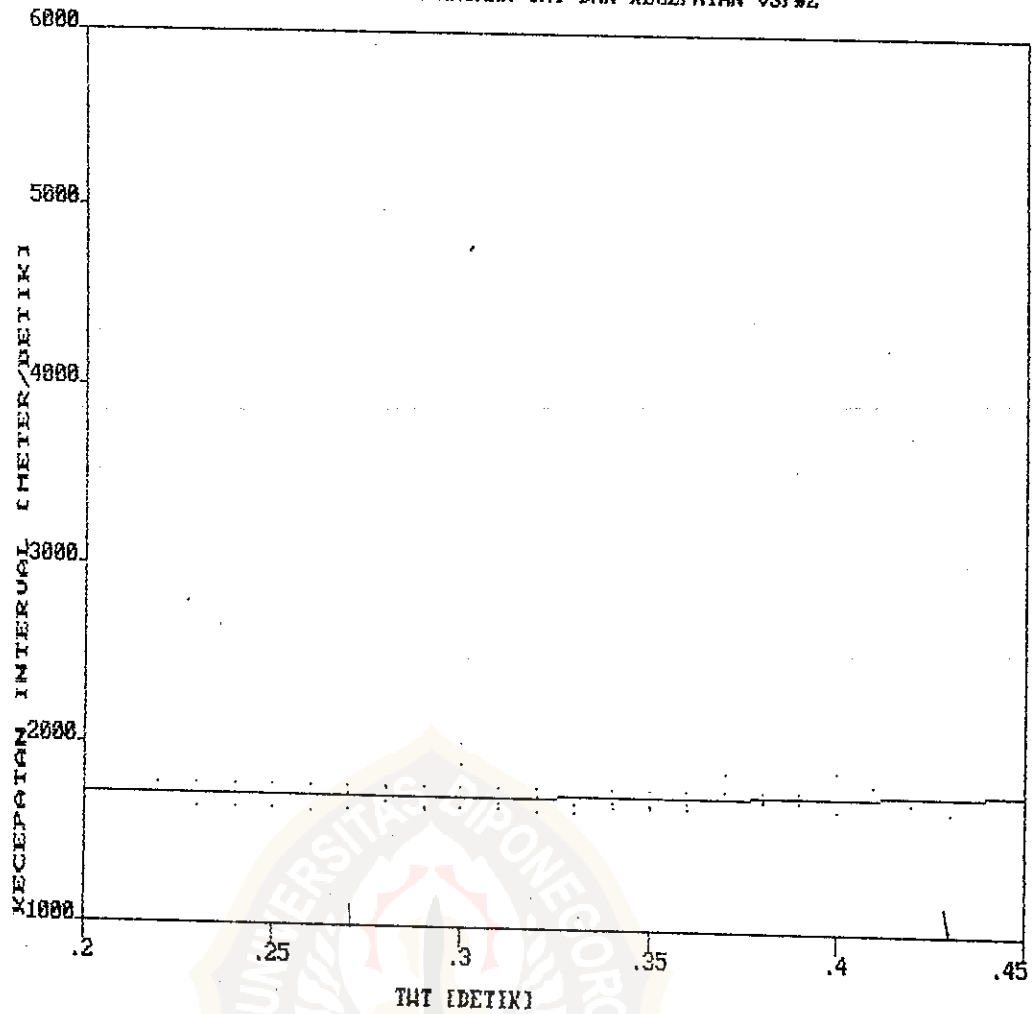


GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN VSP#1



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -
 $(1.731E+03) + (-6.216E+00)*X$
THE VARIANCE - 1.324E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN USP#2

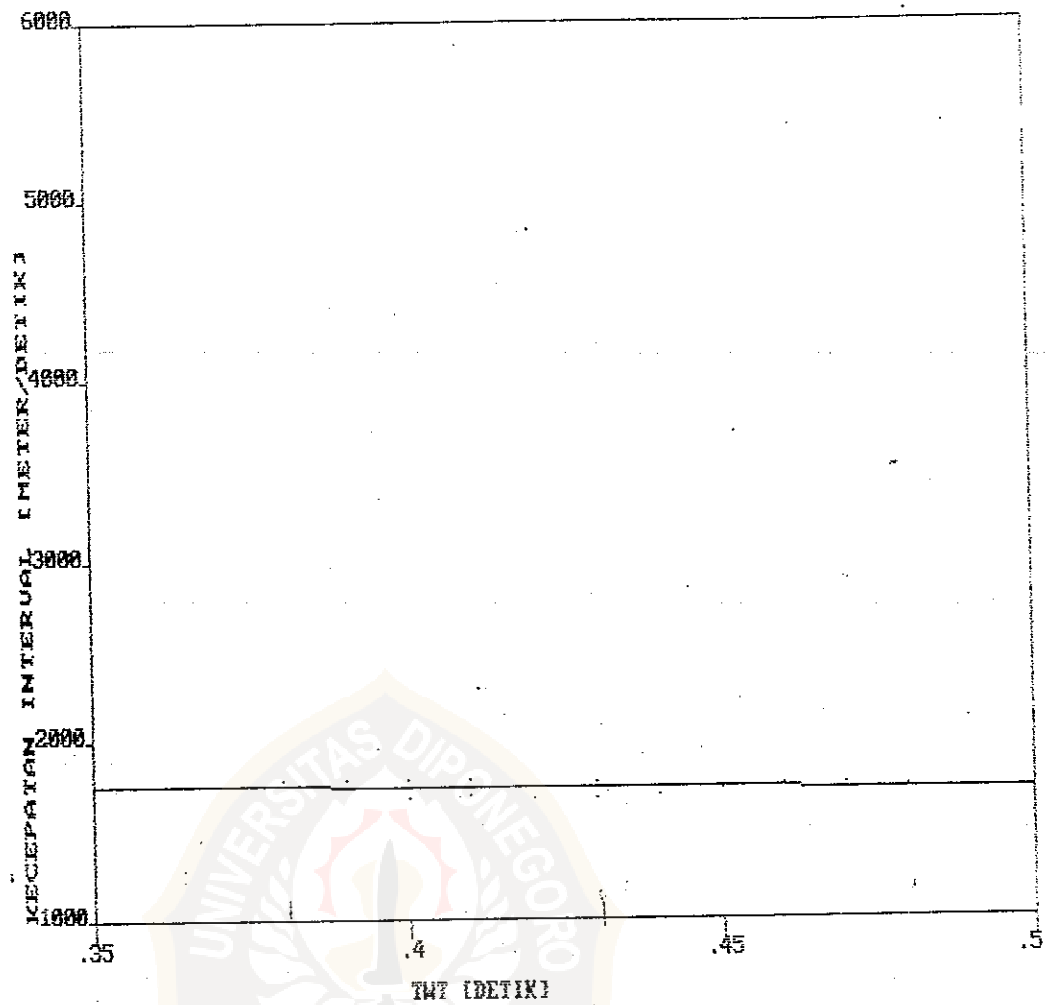


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.728E+03) + (-4.338E+01)*X$$

THE VARIANCE - 4.244E+03

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TMT DAN KECEPATAN WSP#3

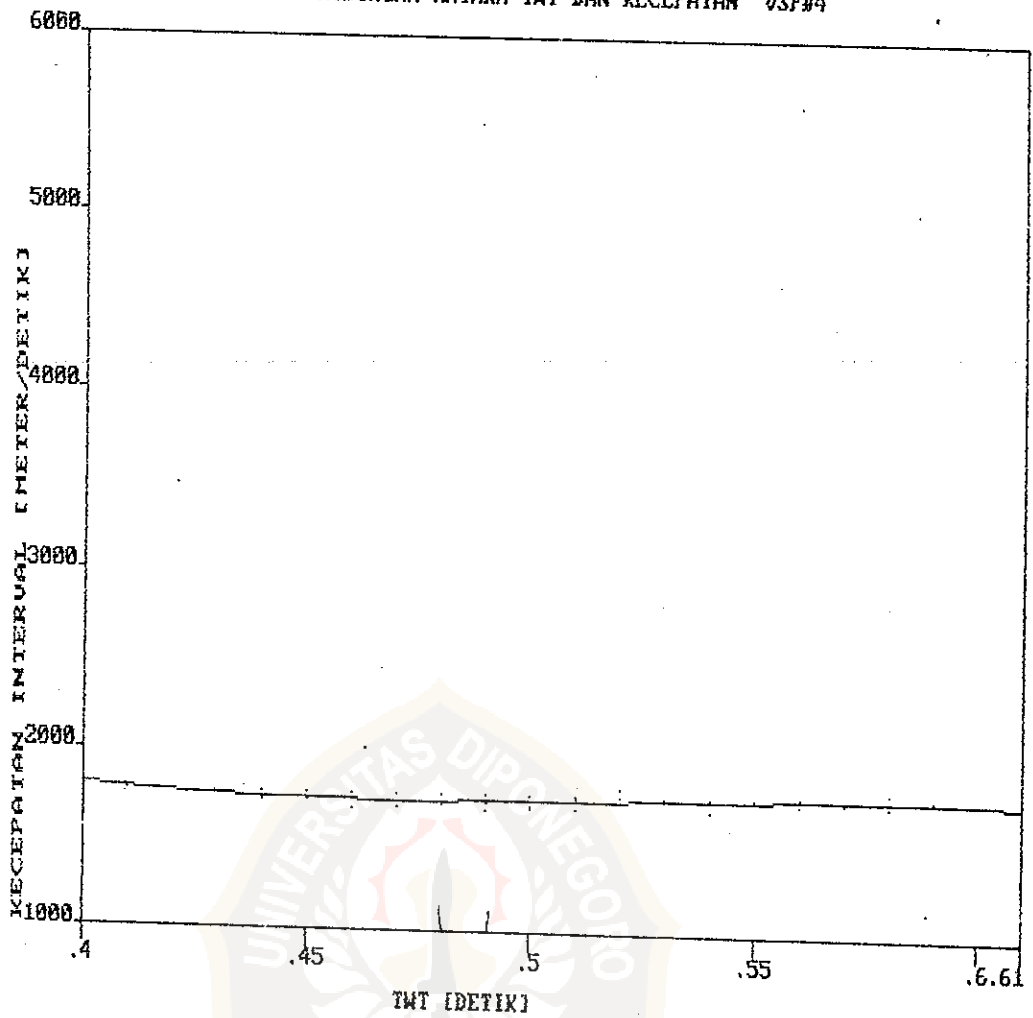


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.822E+03) + (-2.133E+02)*X$$

THE VARIANCE - 1.397E+03

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN USP#4

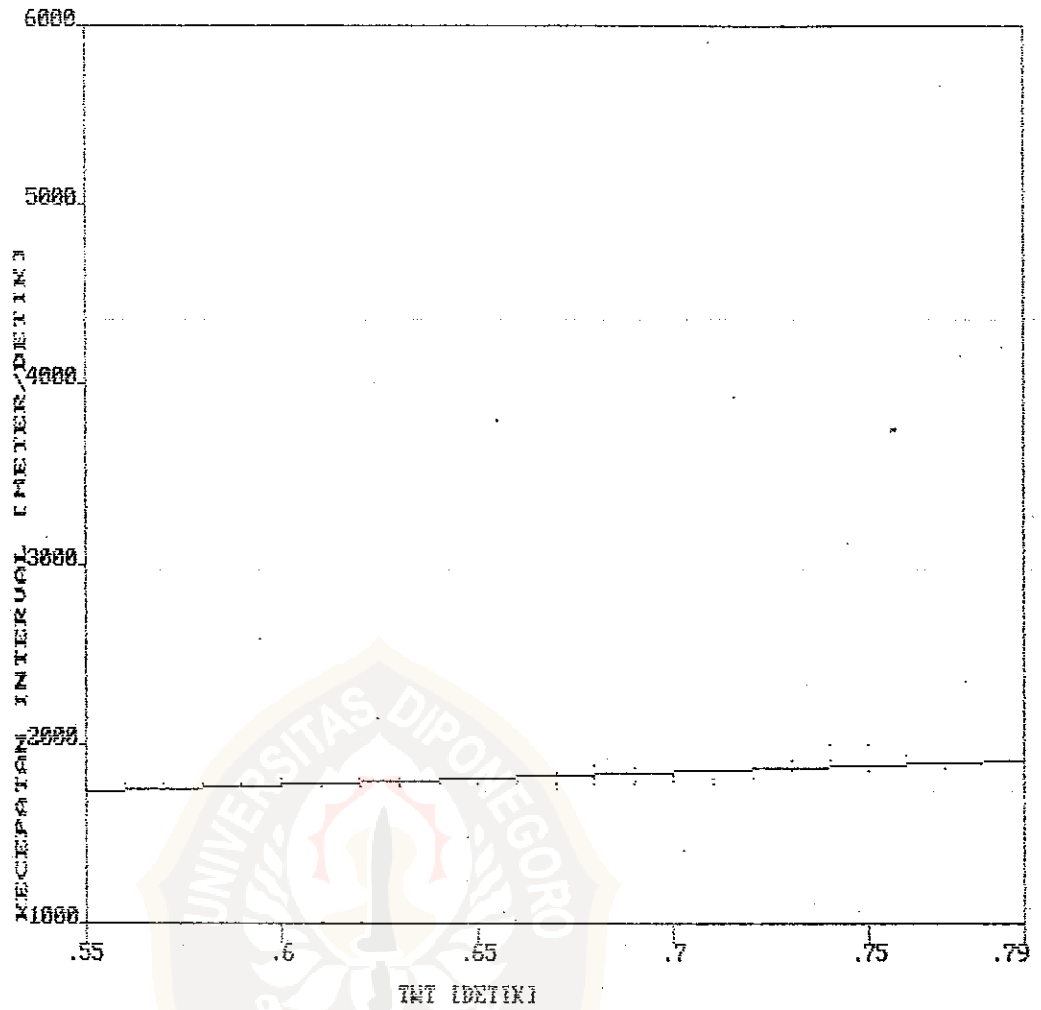


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.809E+03) + (-2.524E+02) * X$$

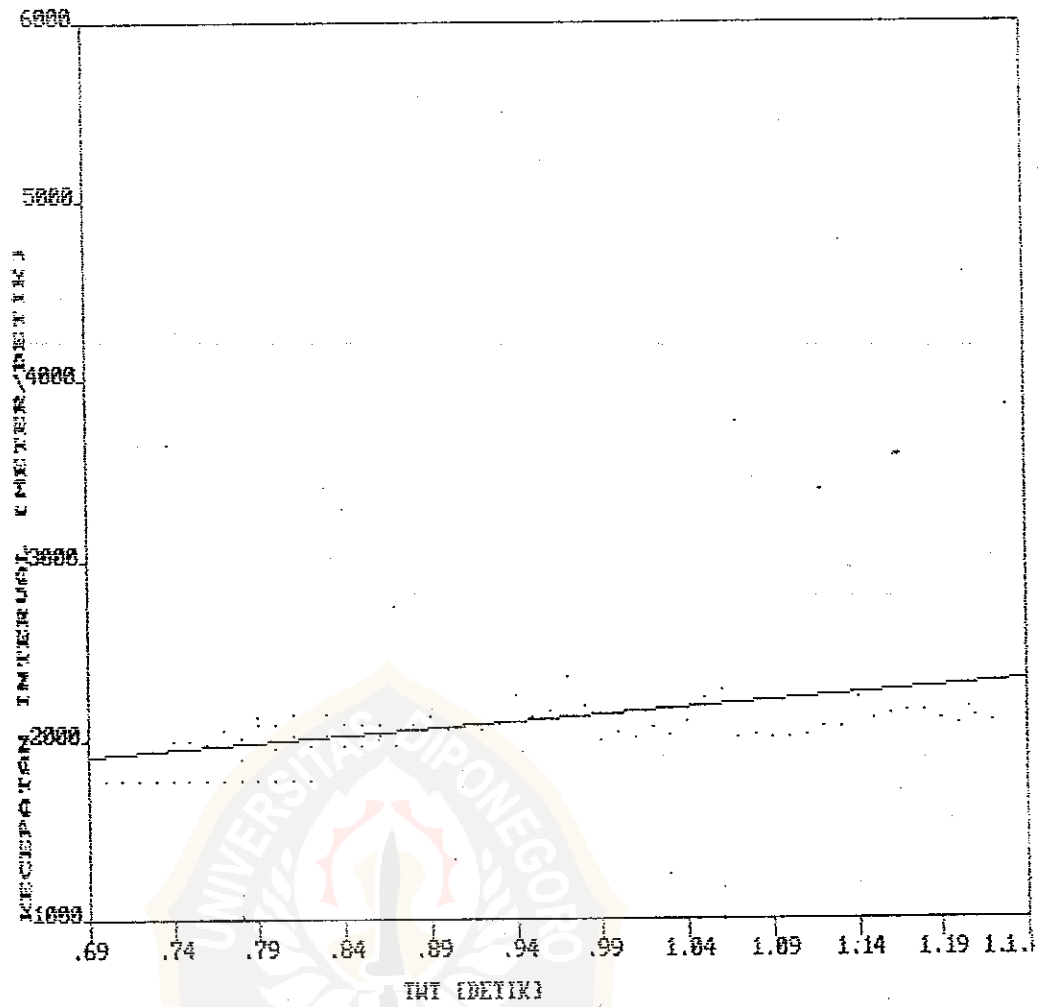
THE VARIANCE - 7.503E+02

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TNT DAN KECEPATAN USP#5



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1--
(1.340E+03) + (7.166E+02)*X
THE VARIANCE - 1.724E+03

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN USP#6

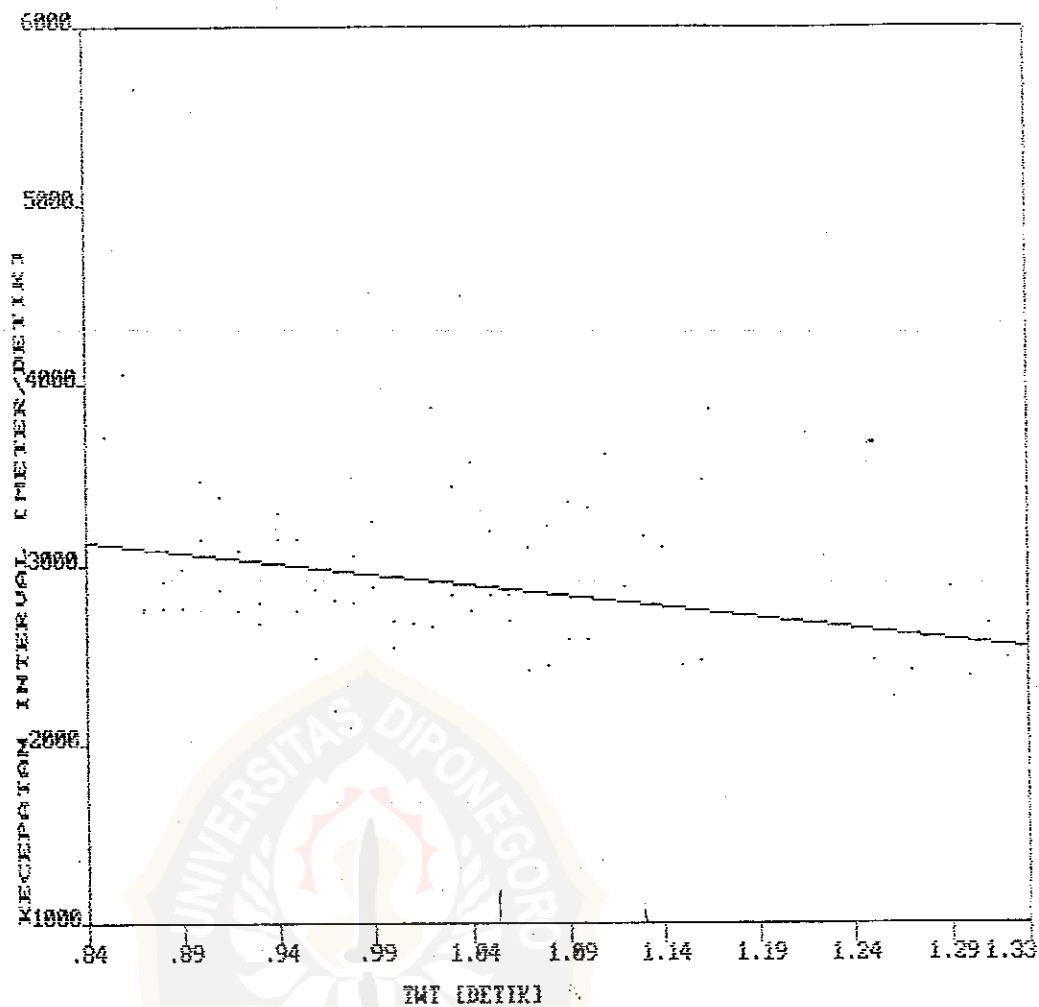


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.386E+03) + (7.714E+02)*X$$

THE VARIANCE - 9.969E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TMT DAN KECEPATAN USP#7

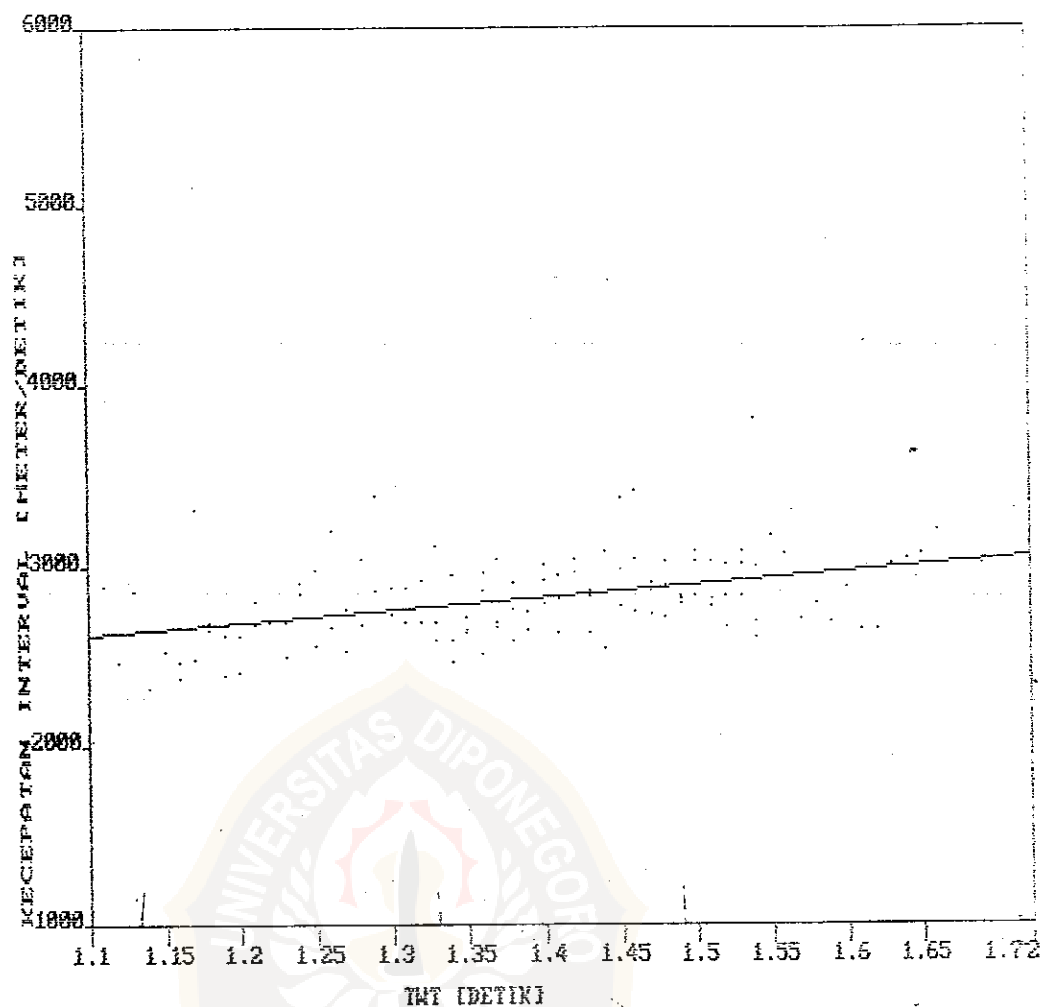


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 --

$$(4.153E+03) + (-1.207E+03) * X$$

THE VARIANCE = 1.231E+05

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN VSP#6

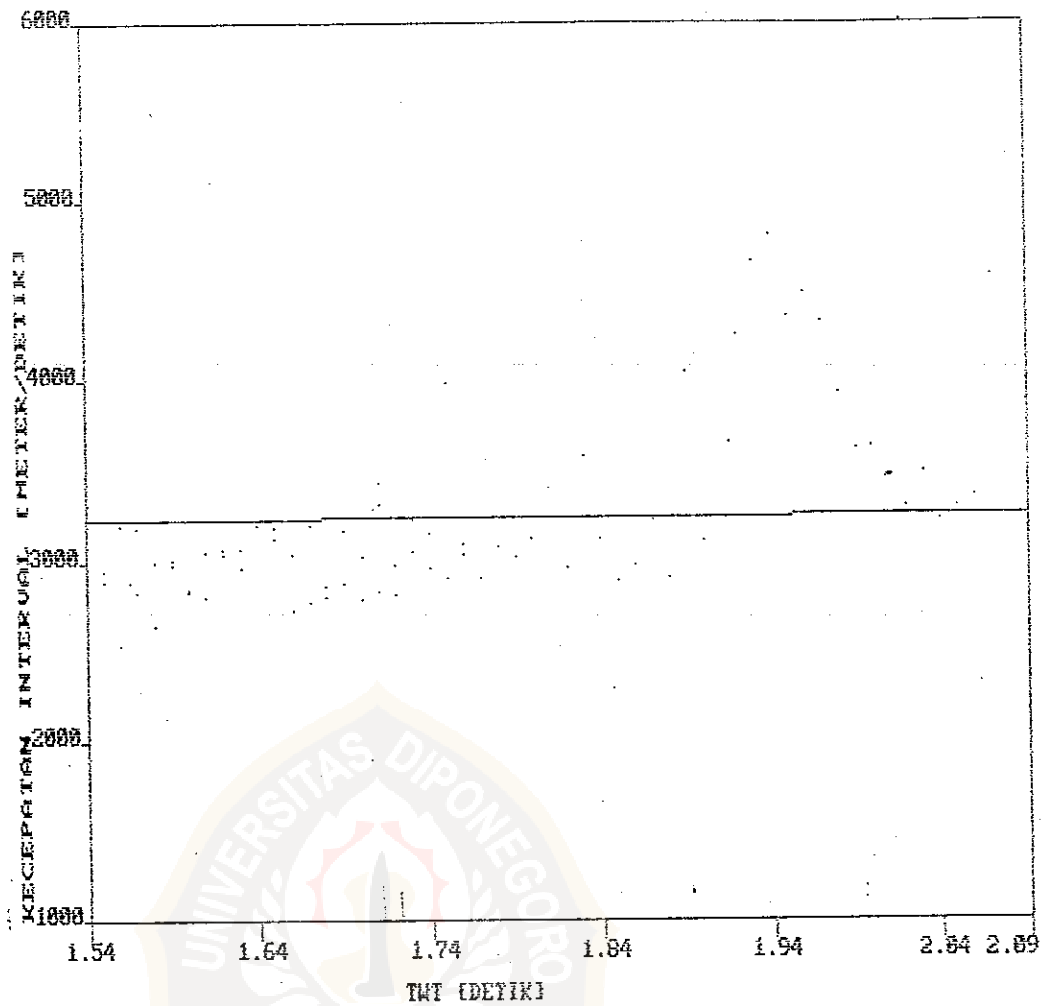


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.852E+03) + (6.989E+02) * X$$

THE VARIANCE - 3.950E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN USP#9



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(3.148E+03) + (5.921E+01) * X$$

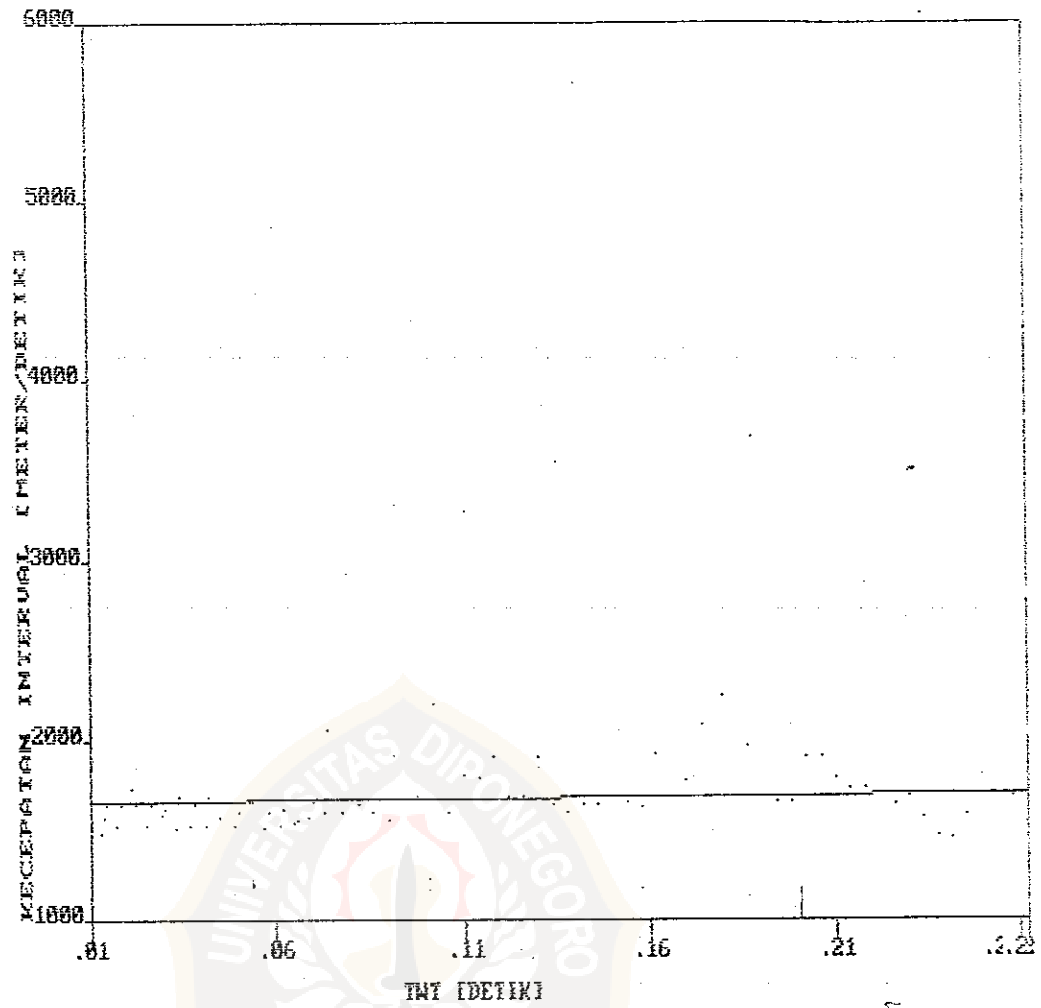
THE VARIANCE - 2.686E+05

LAMPIRAN 12

GRAFIK FUNGSI KECEPATAN DARI SONIC LOG UNTUK TIAP LAPISAN



GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#1

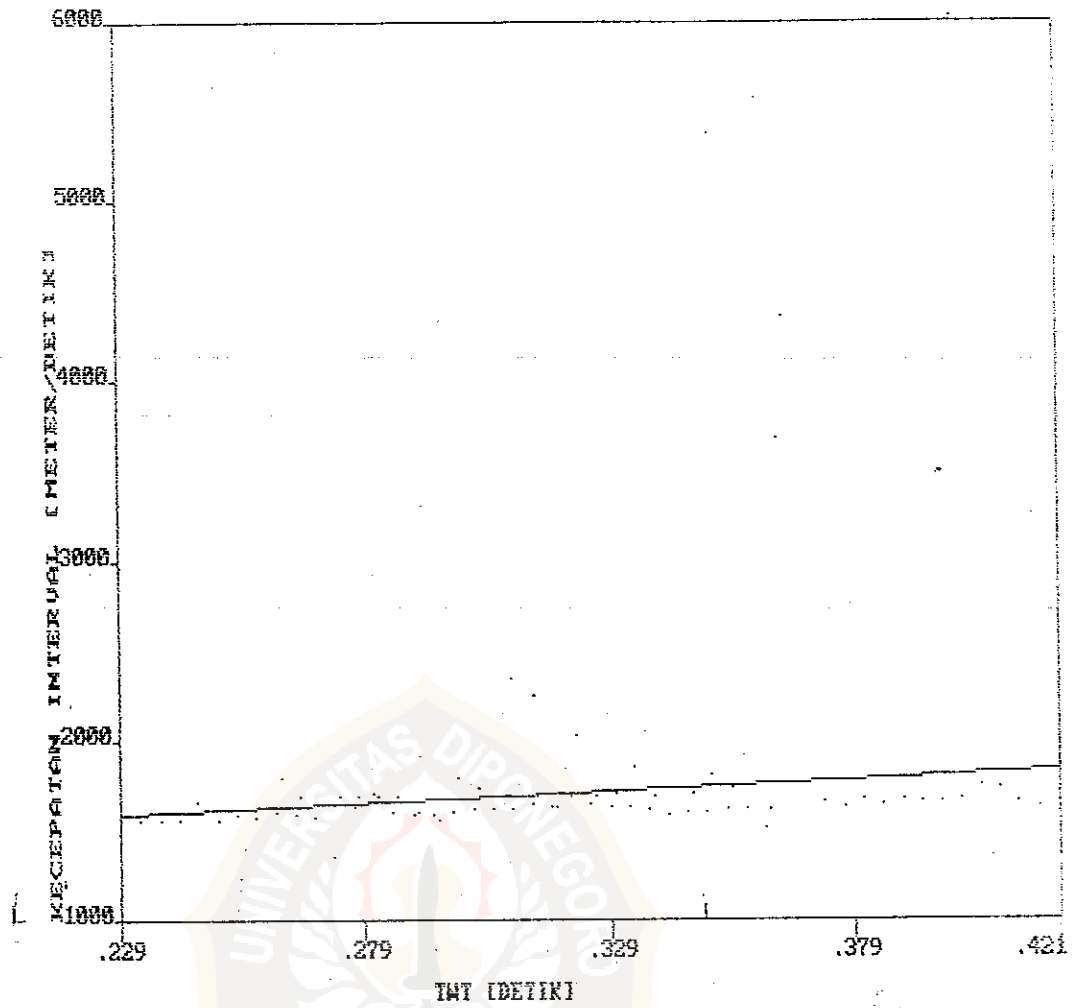


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.656E+03) + (2.007E+02) * X$$

THE VARIANCE - 1.883E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TMT DAN KECEPATAN SONIC#2

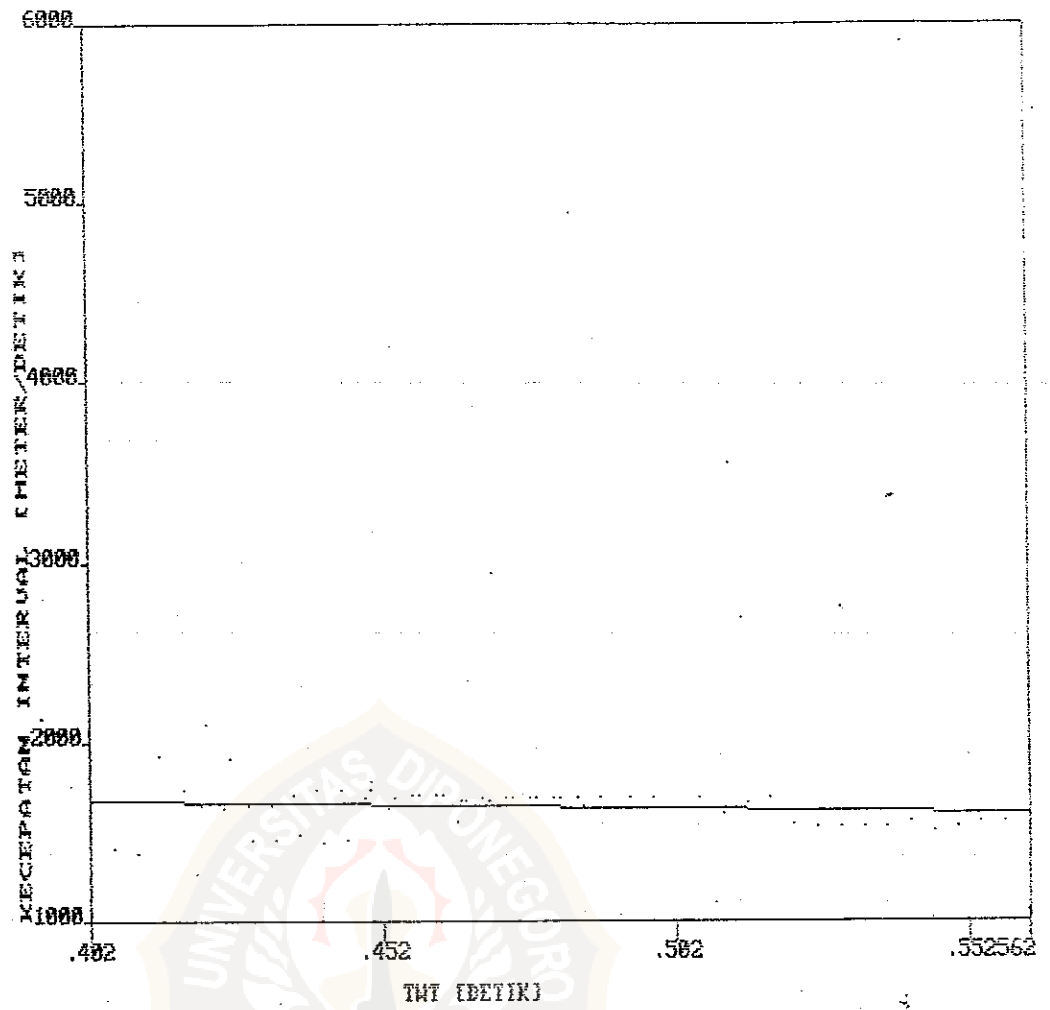


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.284E+03) + (1.321E+03) * X$$

THE VARIANCE - 1.618E+05

GRAFIS HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#3

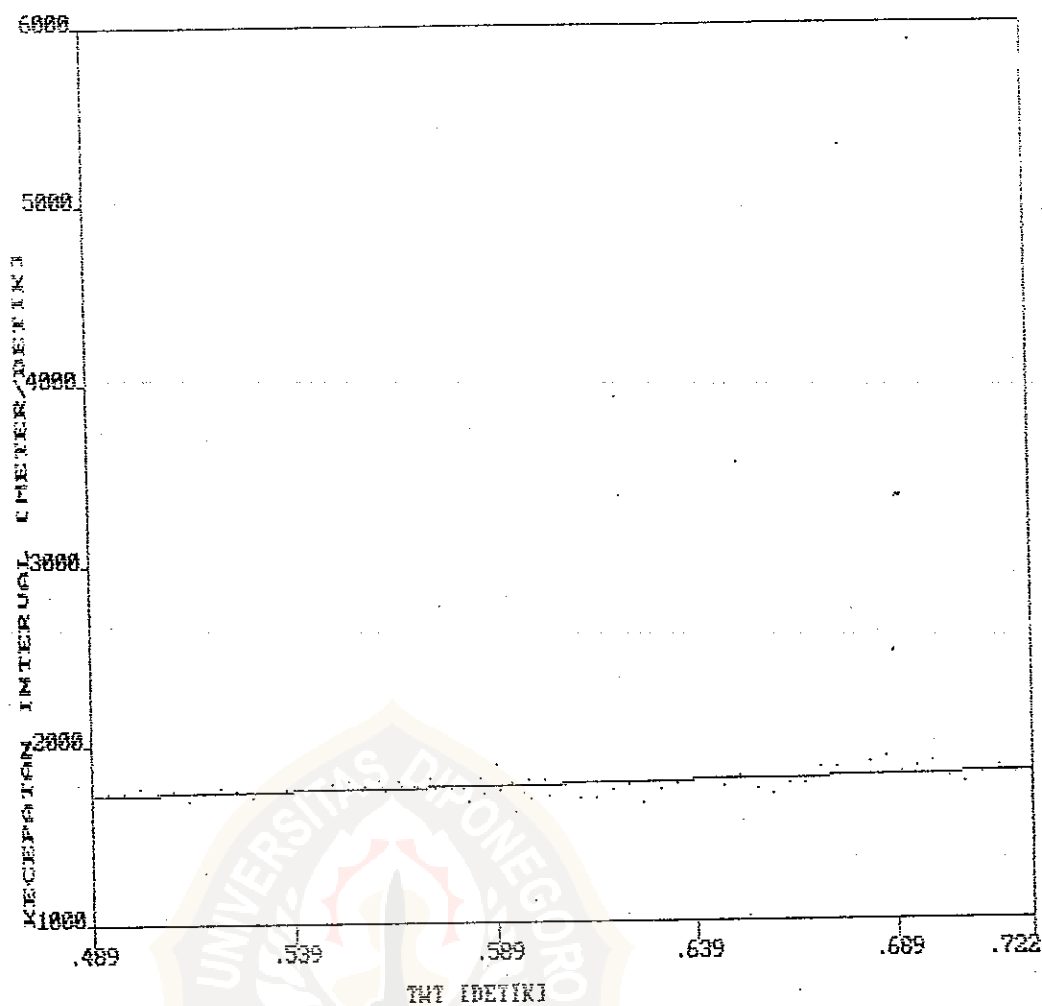


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.838E+03) + (-4.187E+02)*X$$

THE VARIANCE - 1.624E+04

GRAFIX HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#4

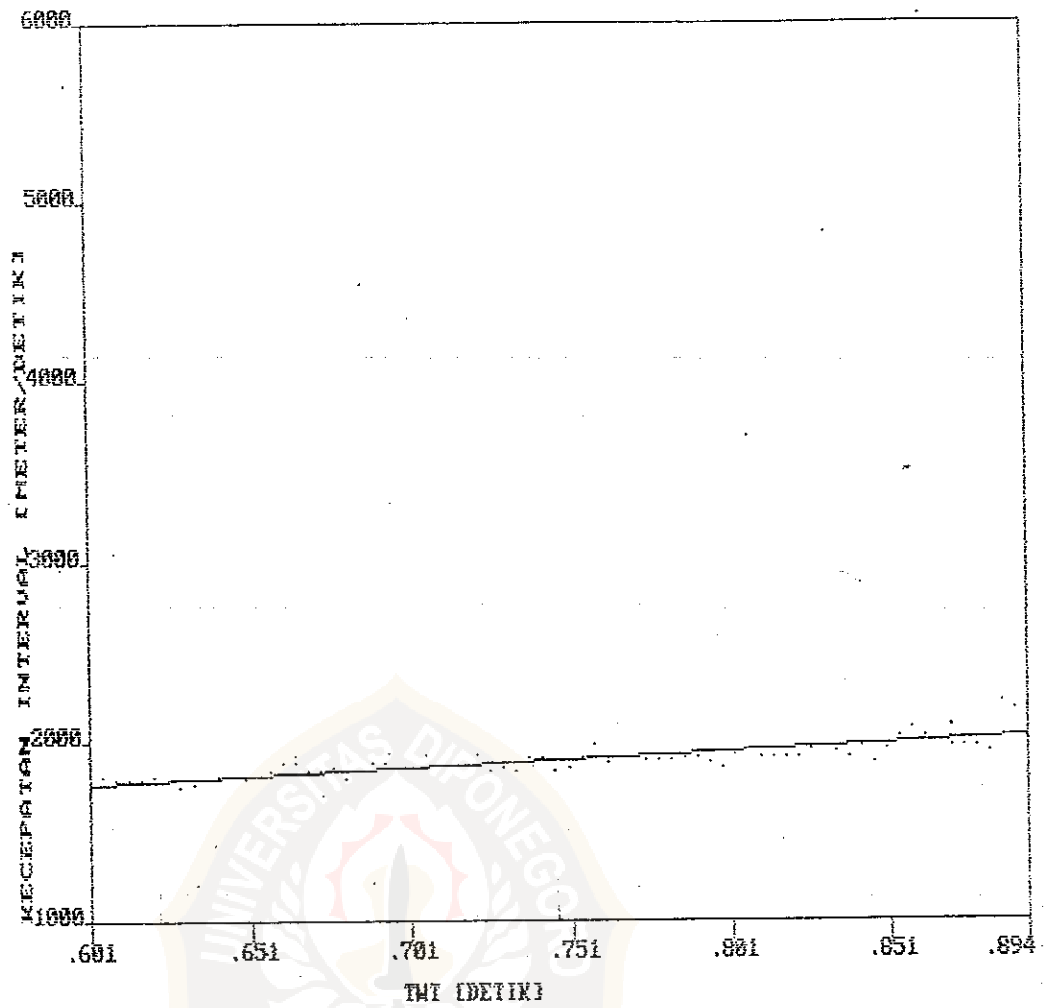


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.487E+03) + (4.713E+02) * X$$

THE VARIANCE - 2.374E+03

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#5

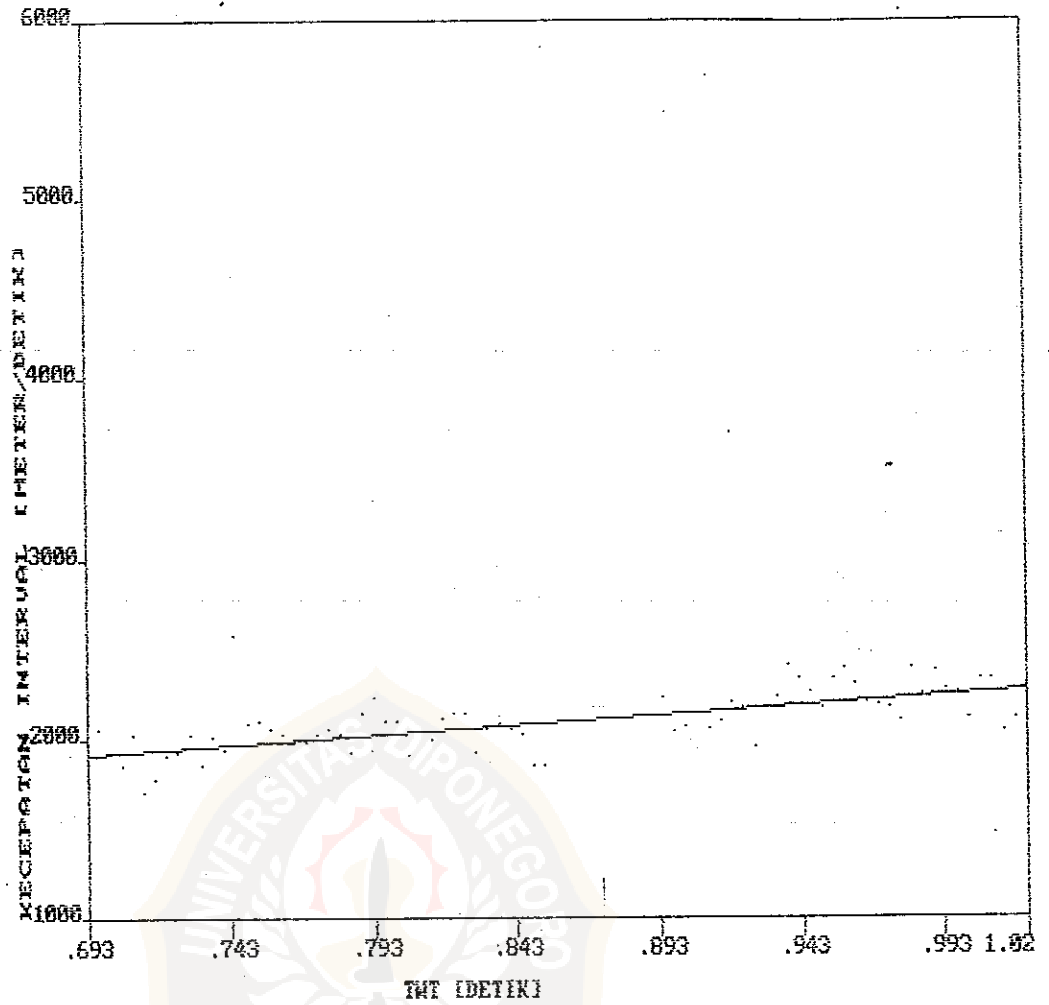


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.238E+03) + (8.798E+02) * X$$

THE VARIANCE - 3.250E+03

GRAFIX HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#6

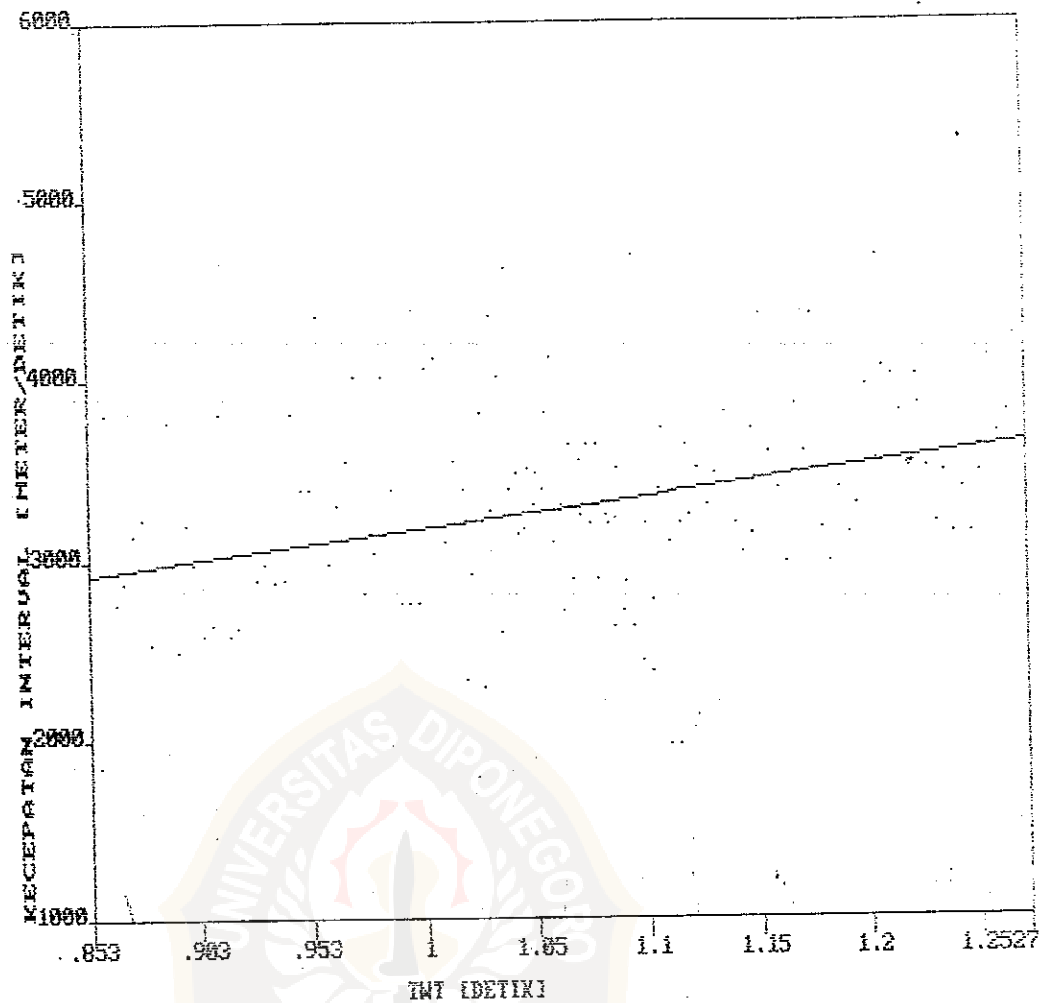


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.135E+03) + (1.126E+03)*X$$

THE VARIANCE - 1.130E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#7

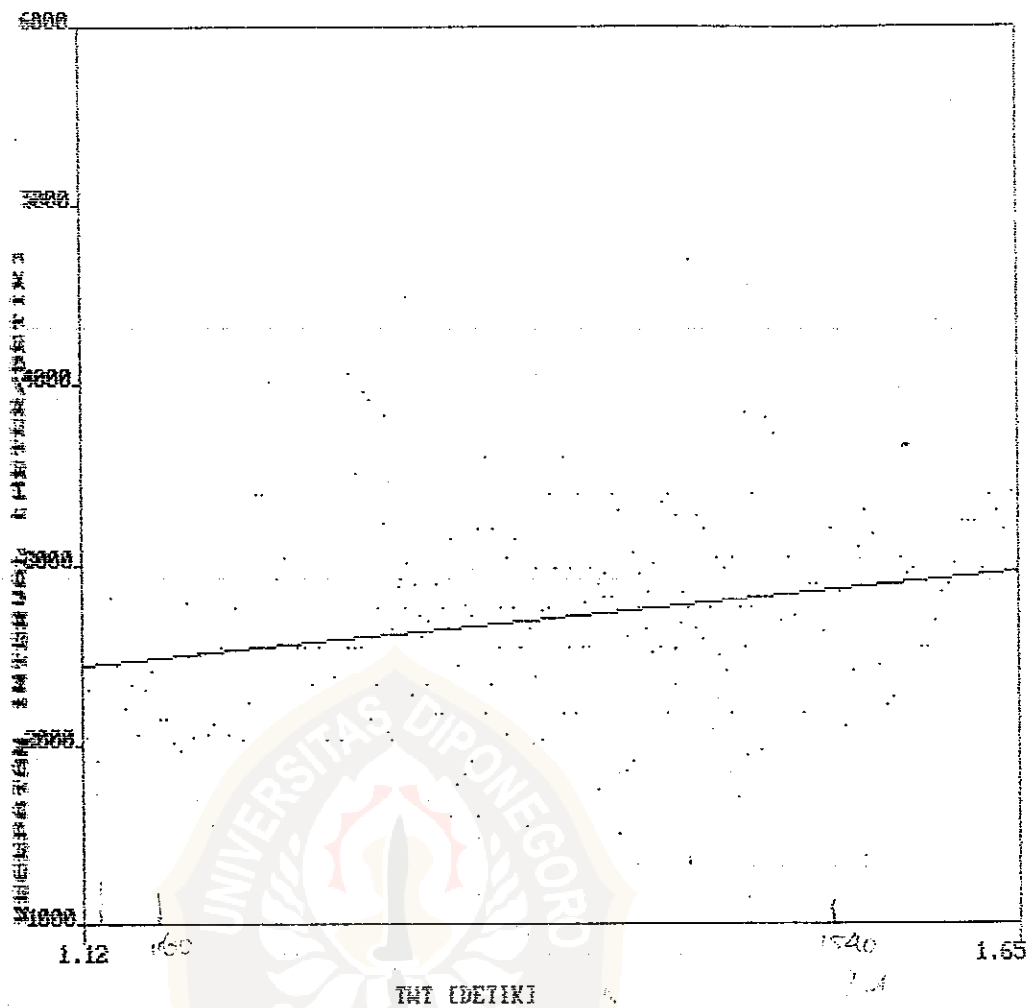


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.480E+03) + (1.696E+03)*X$$

THE VARIANCE - 2.861E+05

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#8

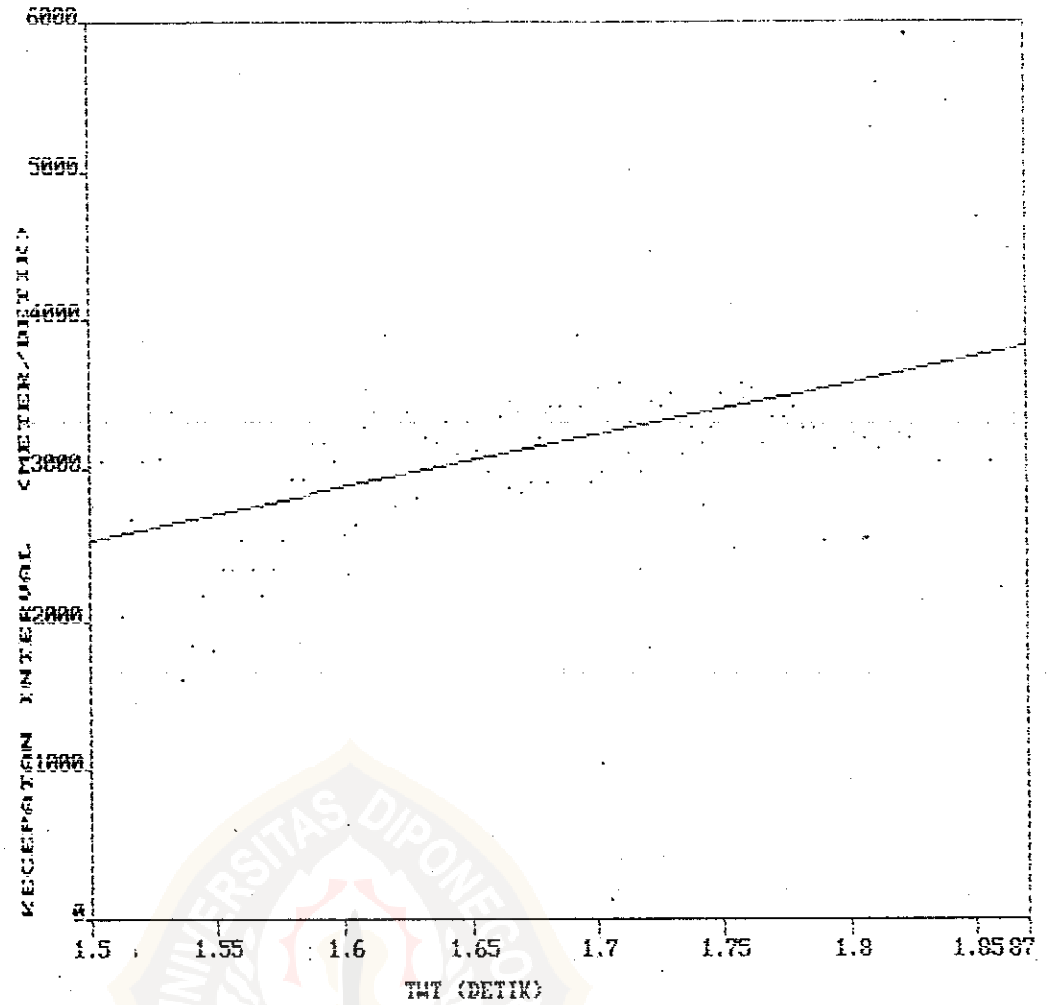


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.325E+03) + (9.973E+02) * X$$

THE VARIANCE - 2.681E+05

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN SONIC#9



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(-2.720E+03) + (3.502E+03)*X$$

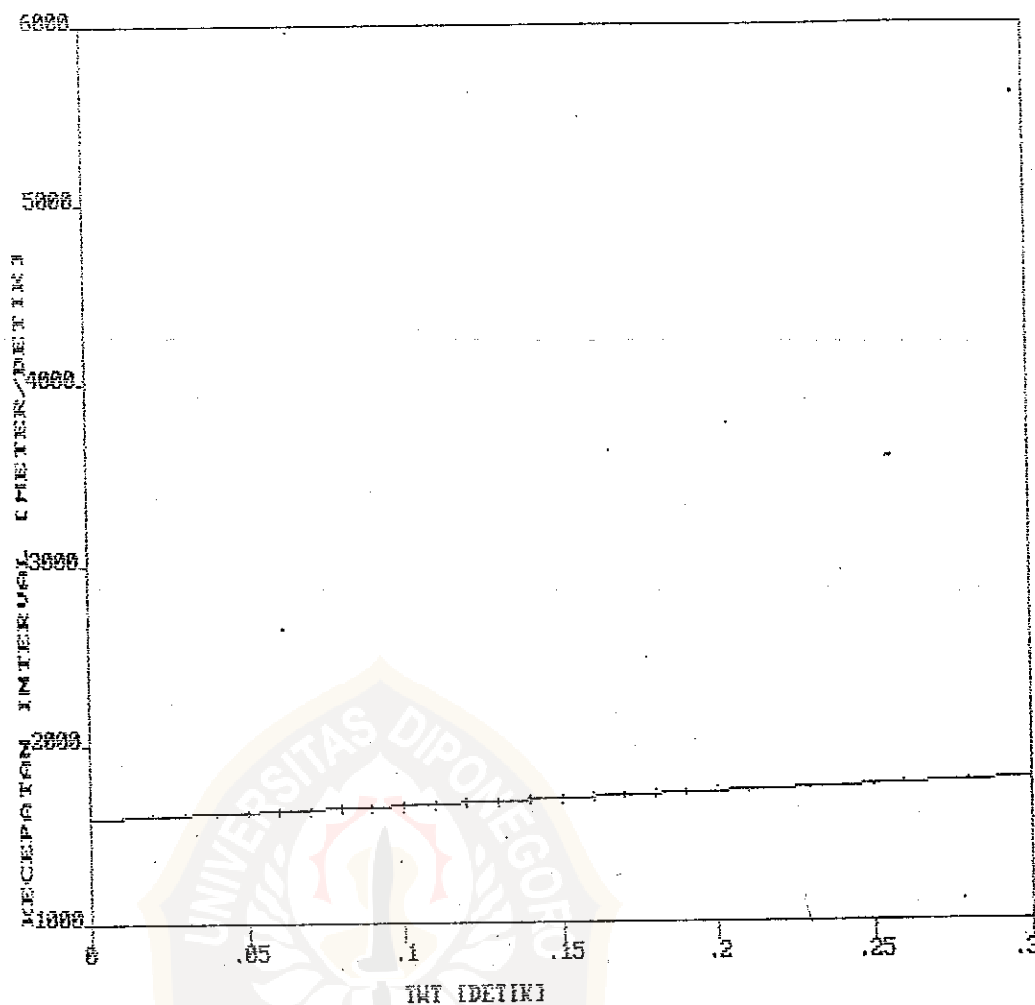
THE VARIANCE - 3.169E+05

LAMPIRAN 13

GRAFIK FUNGSI KECEPATAN DARI FINAL STACK UNTUK TIAP LAPISAN



GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#1

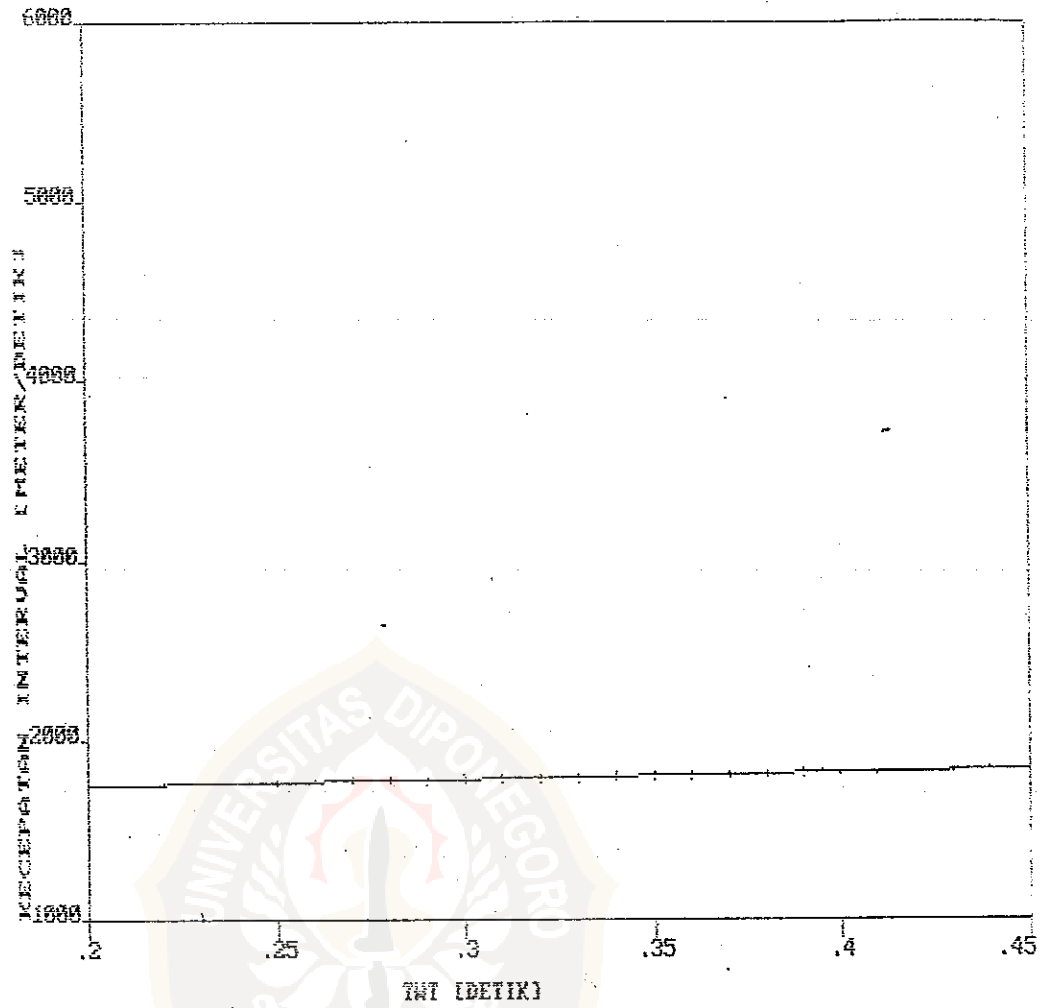


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.583E+03) + (7.020E+02) * X$$

THE VARIANCE - 2.041E+02

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TNT DAN KECEPATAN STACK#2

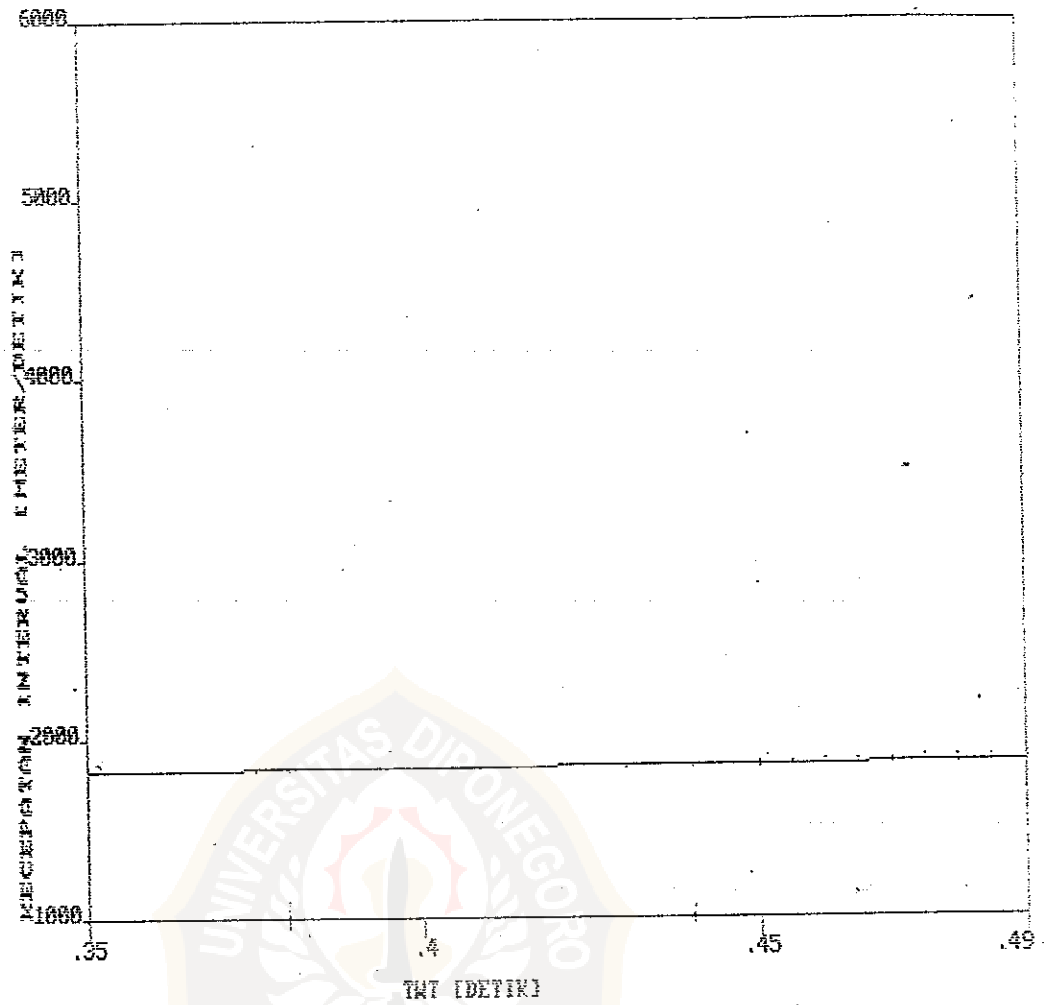


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.674E+03) + (3.730E+02) * X$$

THE VARIANCE - 2.762E+02

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#3

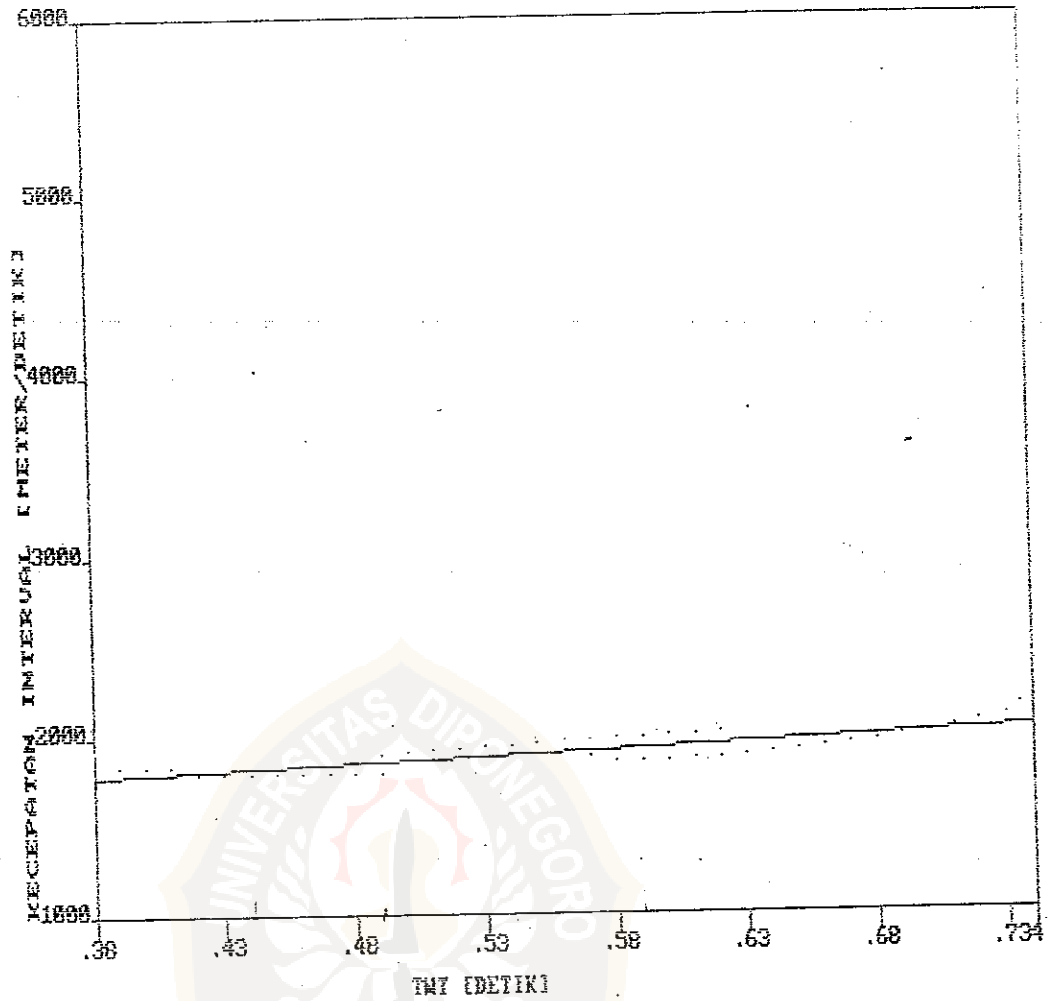


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.743E+03) + (2.504E+02) * X$$

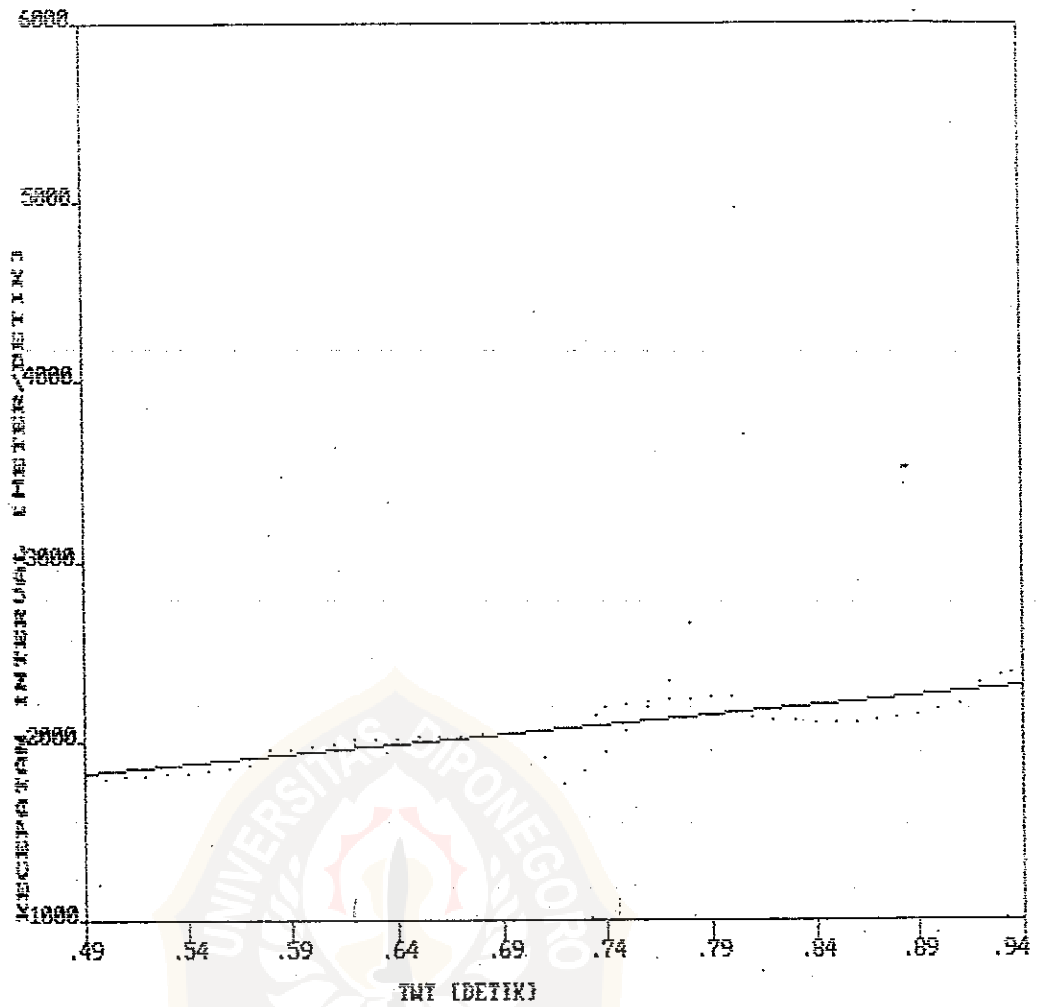
THE VARIANCE - 2.620E+02

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#4



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -
 $(1.523E+03) + (6.907E+02)*X$
 THE VARIANCE - $3.112E+03$

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#5

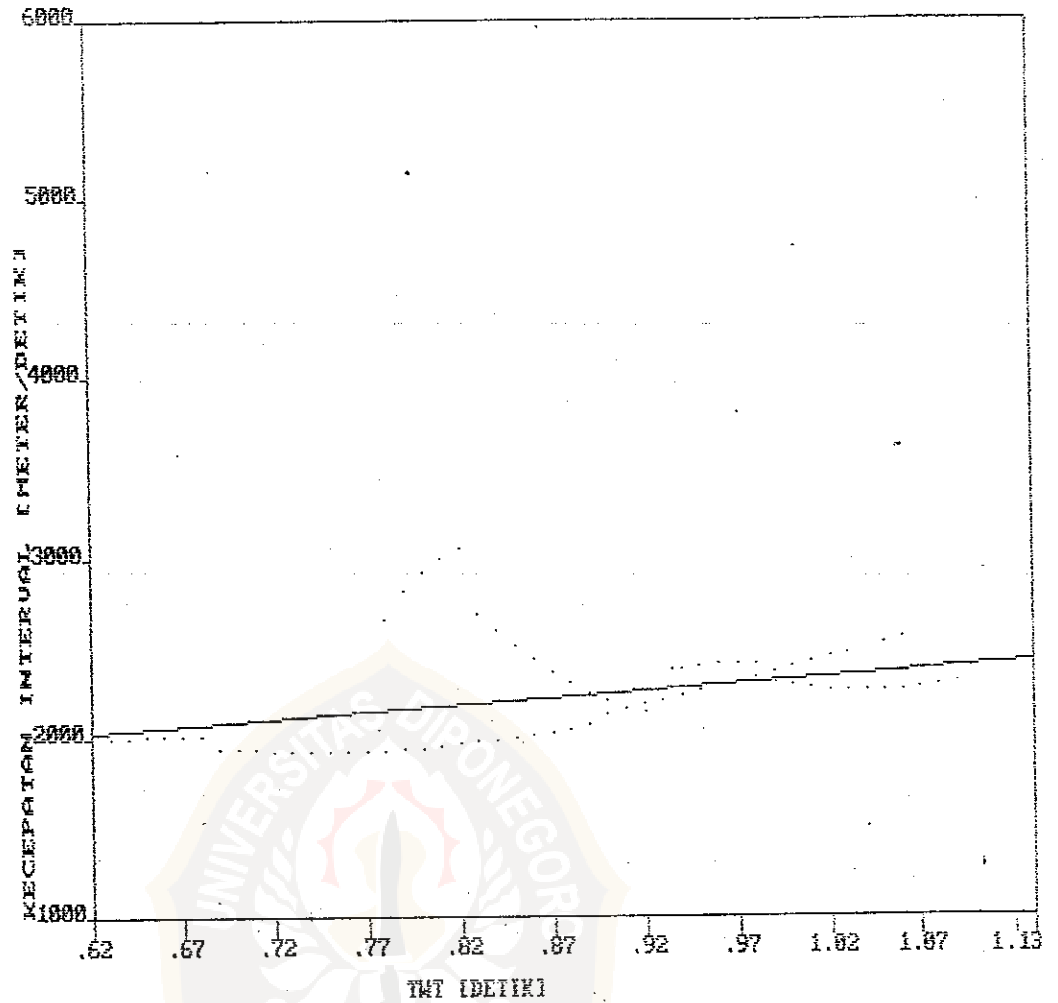


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(1.287E+03) + (1.086E+03)*X$$

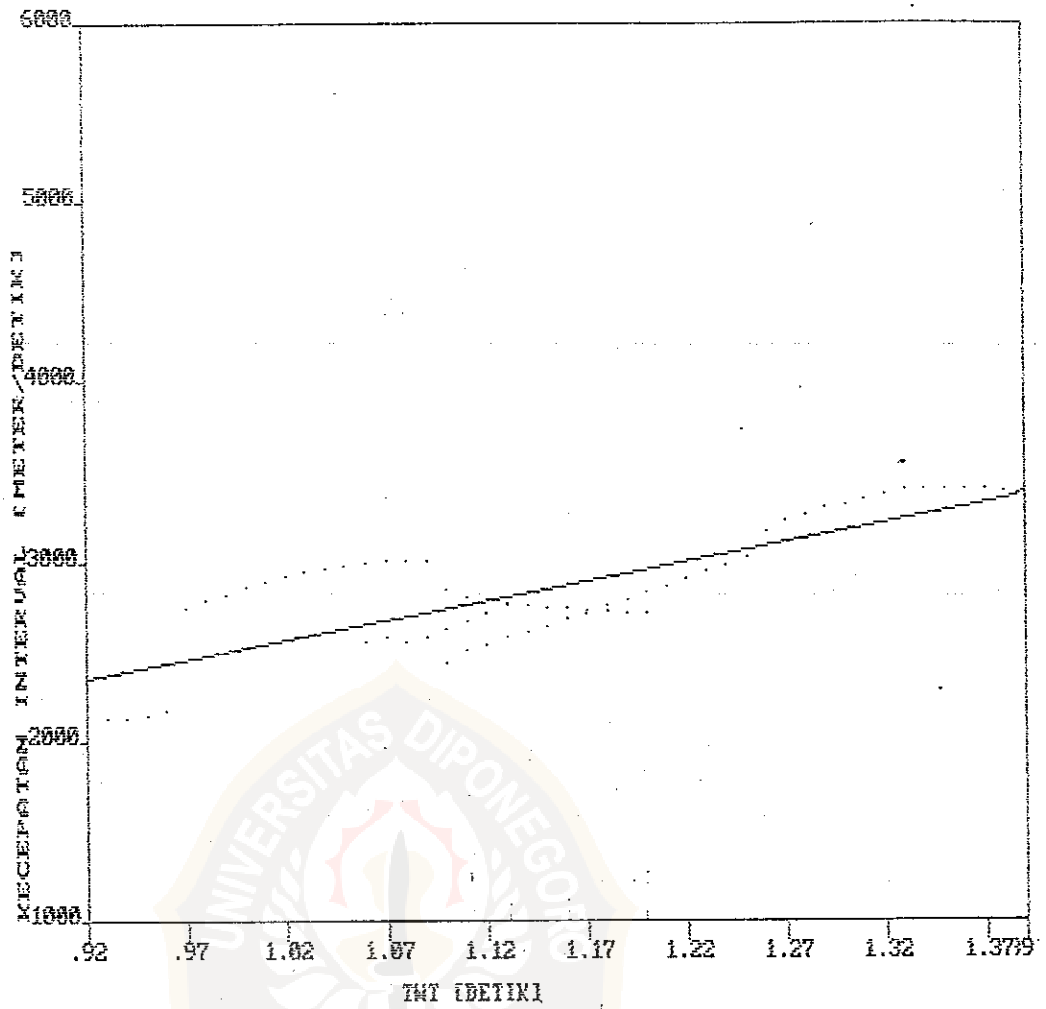
THE VARIANCE - 1.397E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#6



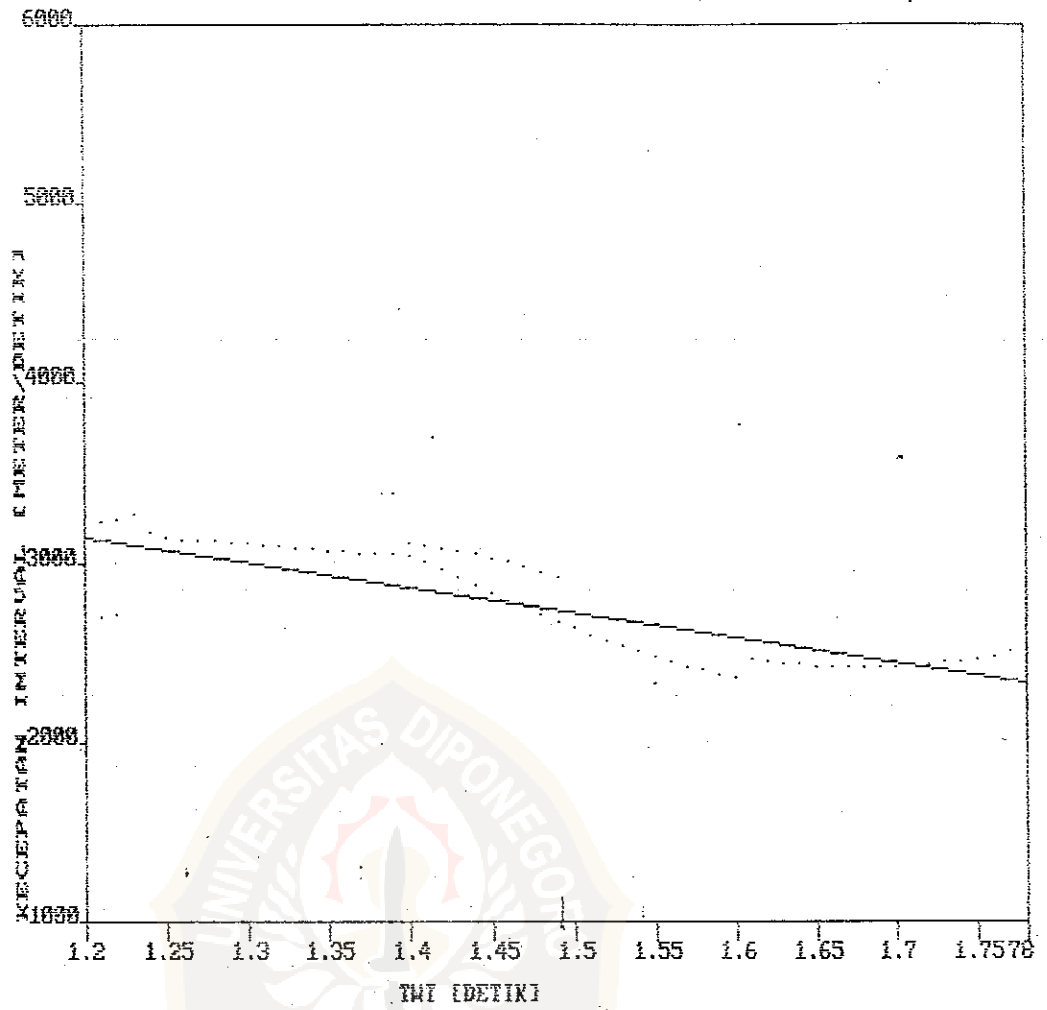
THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -
 $(1.560E+03) + (7.637E+02) * X$
 THE VARIANCE - $6.599E+04$

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TMT DAN KECEPATAN STACK#7



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -
 $(3.612E+02) + (2.169E+03) * X$
 THE VARIANCE - $4.114E+04$

GRAFIS HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#8

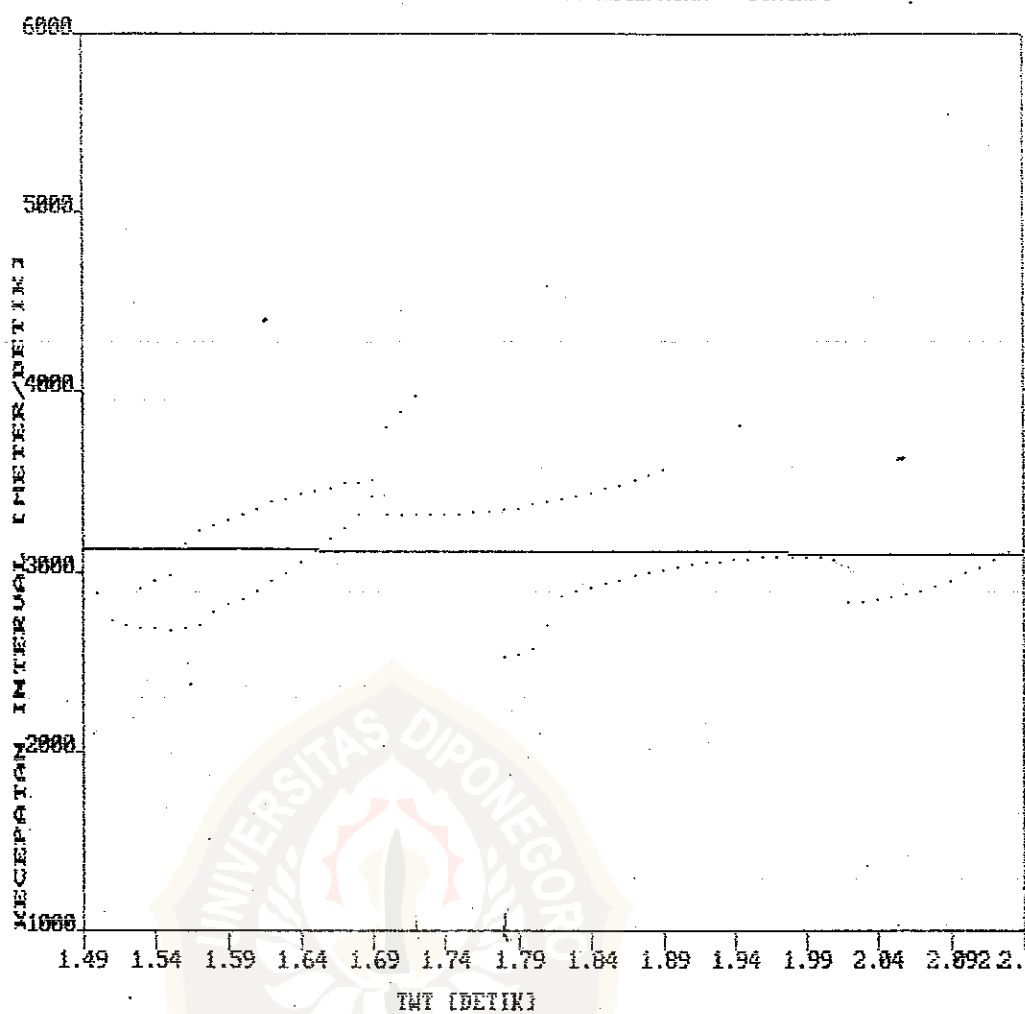


THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(4.826E+03) + (-1.396E+03)*X$$

THE VARIANCE - 3.490E+04

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA TWT DAN KECEPATAN STACK#9



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$(3.213E+03) + (-5.002E+01) * X$$

THE VARIANCE - 8.399E+04

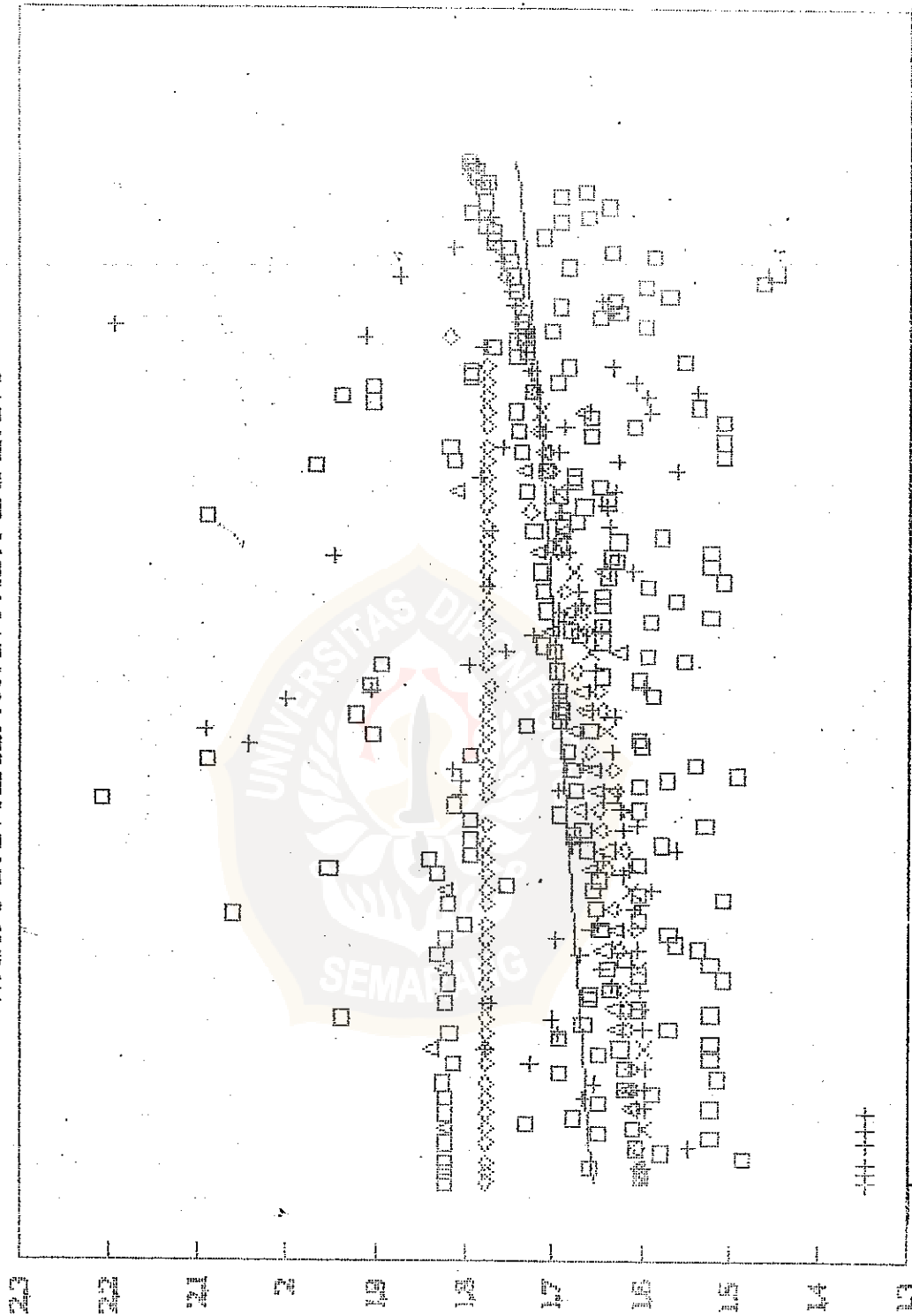
LAMPIRAN 14

GRAFIK FUNGSI KECEPATAN DARI KOMBINASI UNTUK TIAP LAPISAN



GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

WAKTU DAN KECEPATAN PADA LAPISAN I



UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

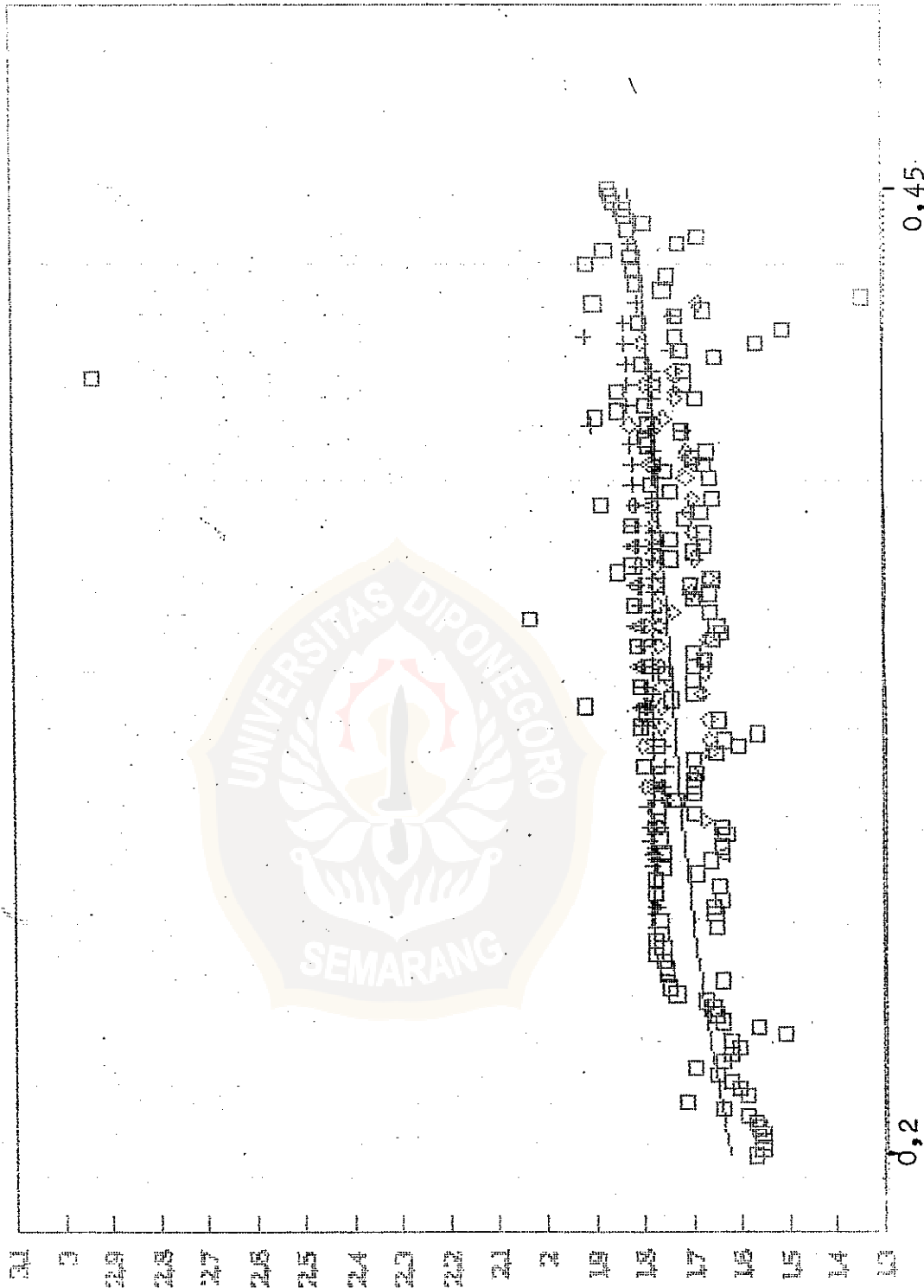
TWT (DETIK)

0,29

0

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

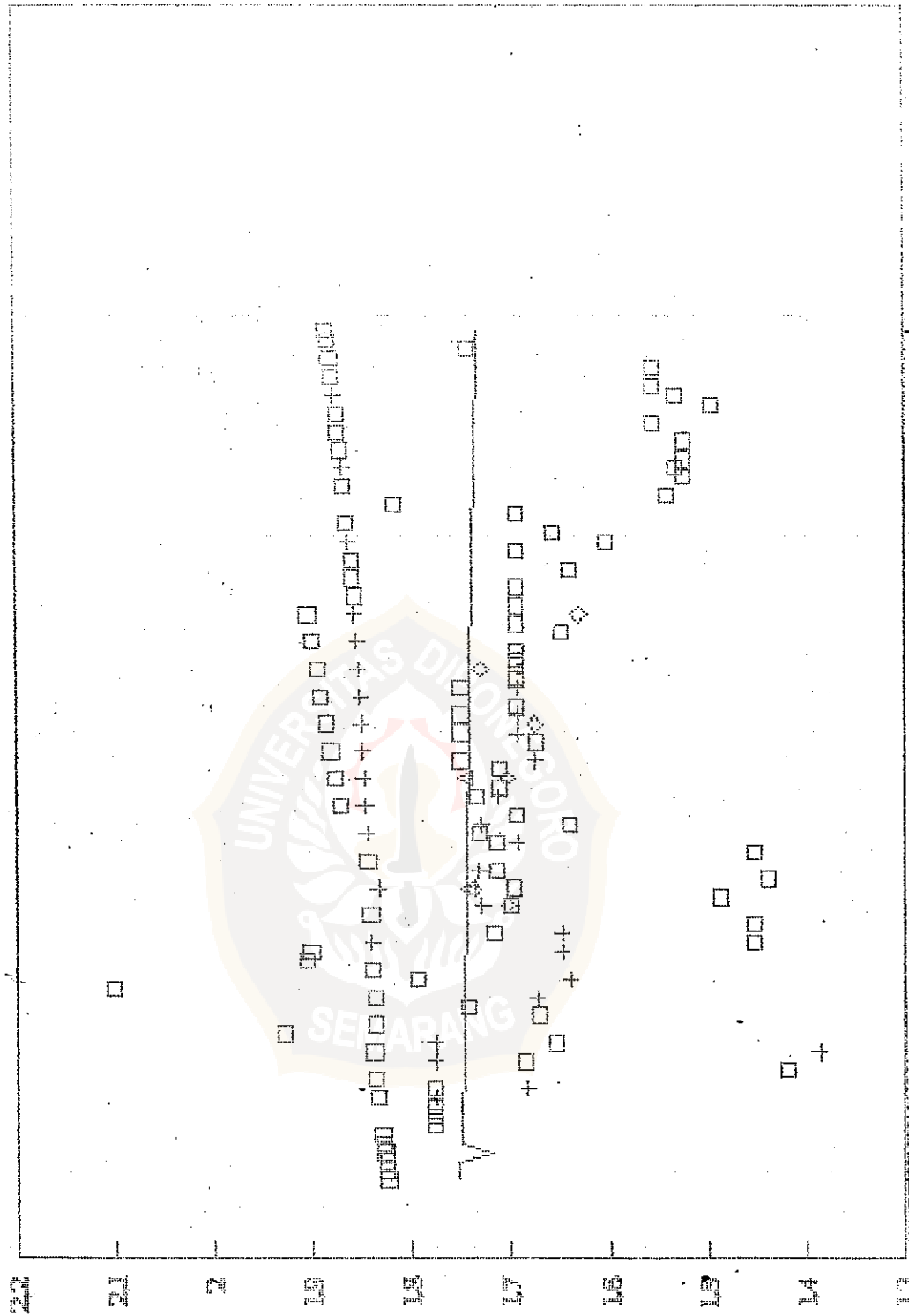
WAKTU DAN KECEPATAN PADA LAPISAN 2



UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

WAKTU DAN KECERPATAN PADA LAPISAN 3



0,57

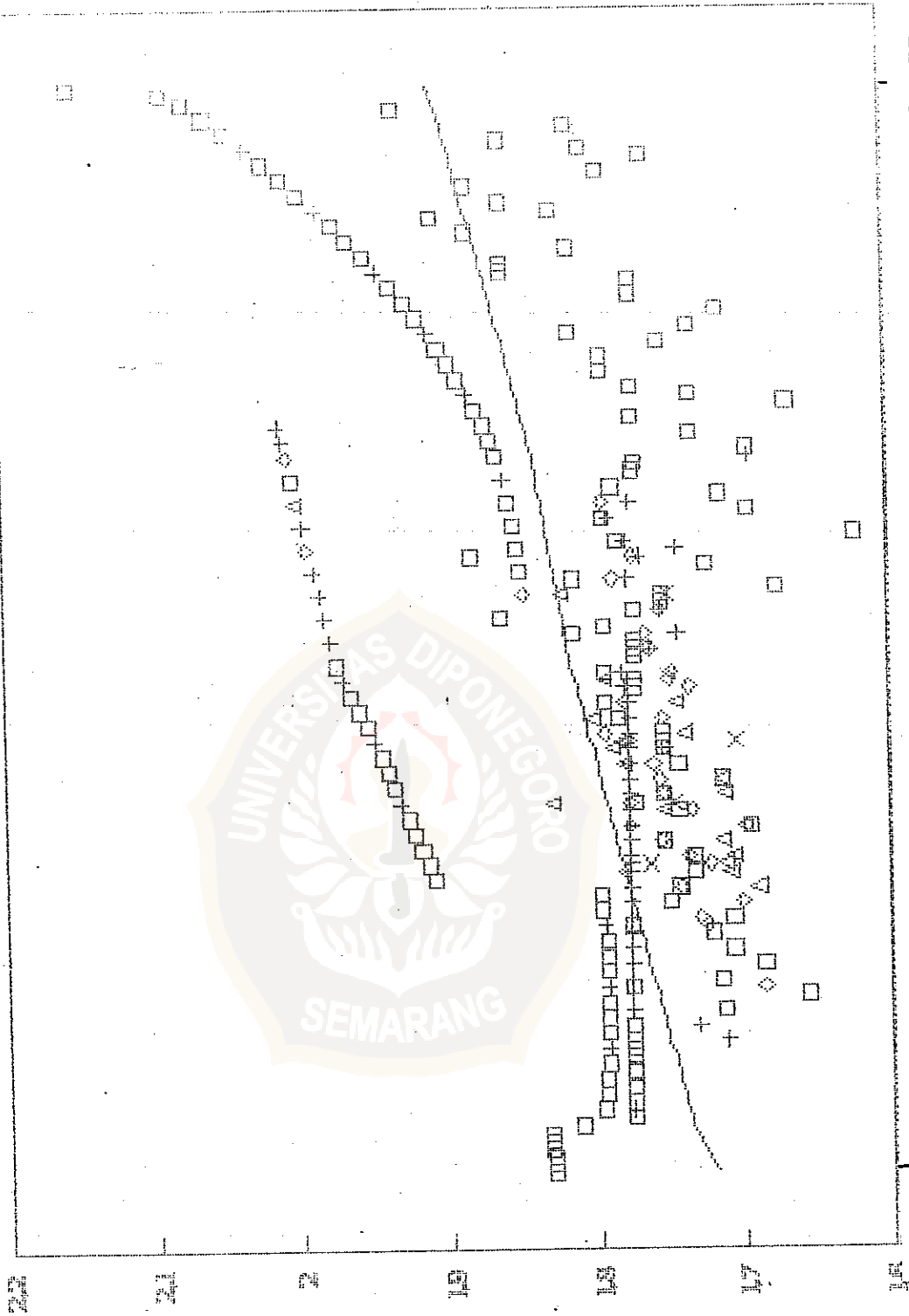
0,35

TWT (DETIK)

KOLEKSI INSTITUSI

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

WAKTU DAN KECEPATAN PADA LAPISAN 4



0,735

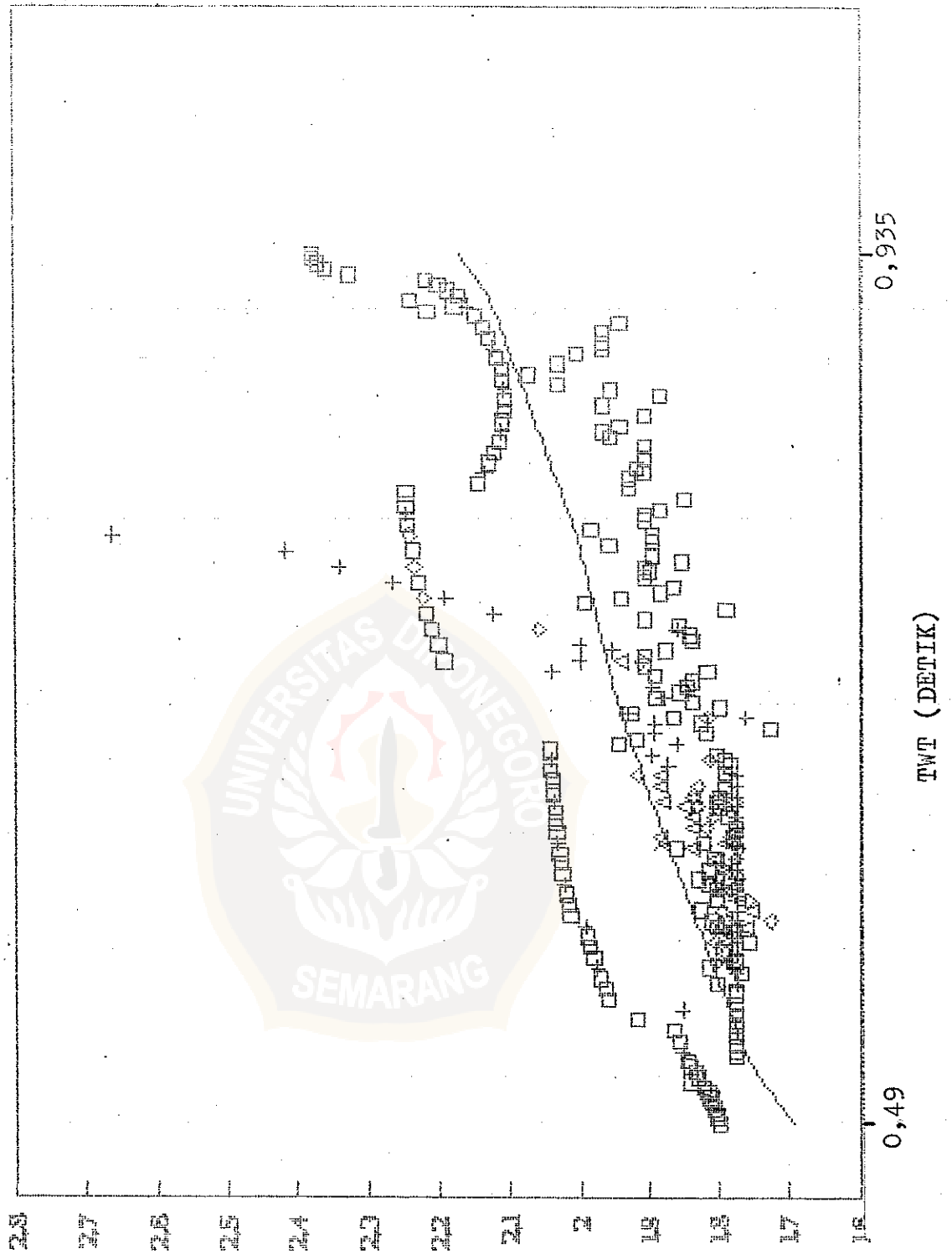
TWT (DETIK)

0,38

KECEPATAN (METER/DEKAD)

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

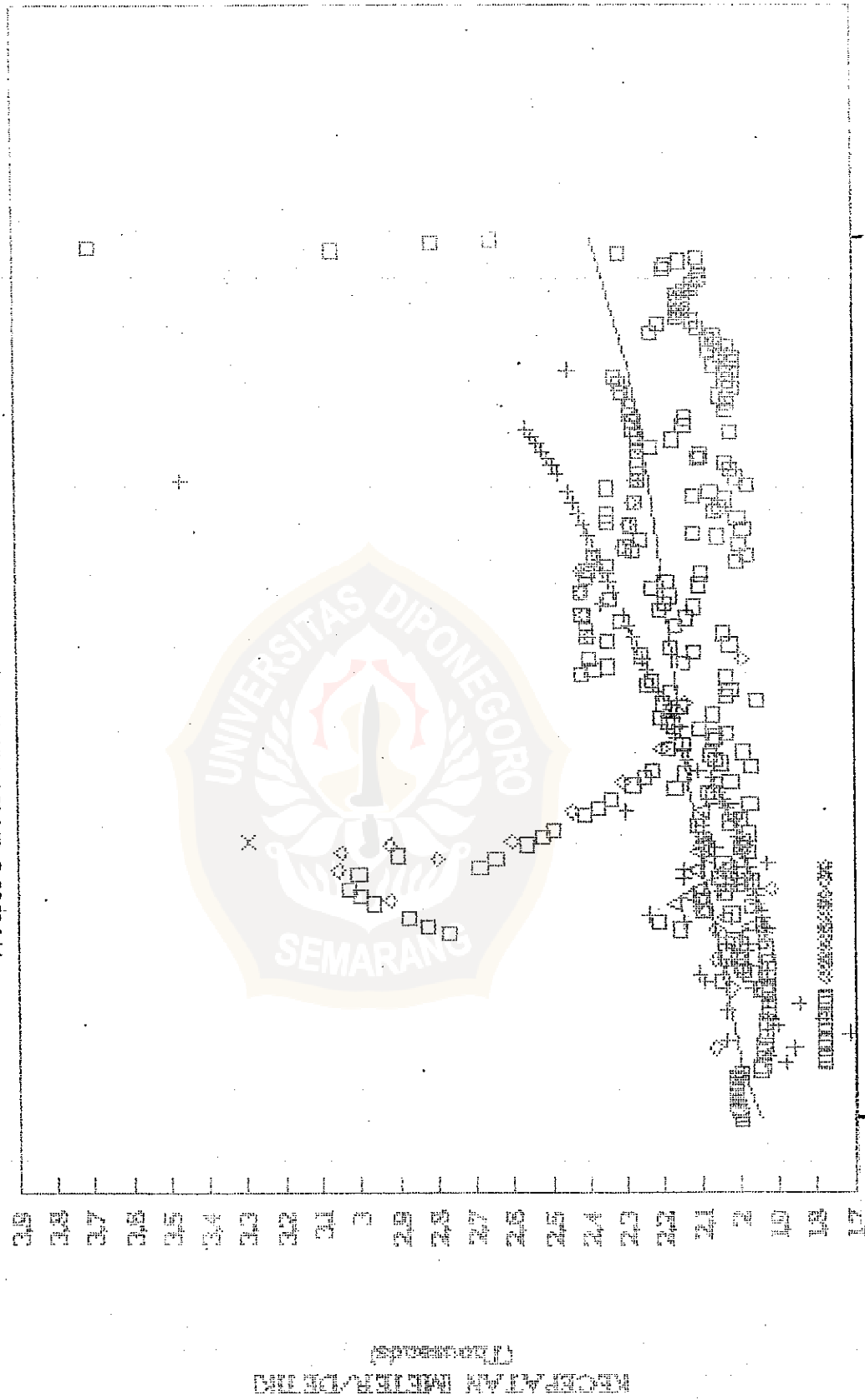
WAKTU DAN KECEPATAN PADA LAPISAN S



UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

WAKTU DAN KECEPATAN PADA LAPISAN G

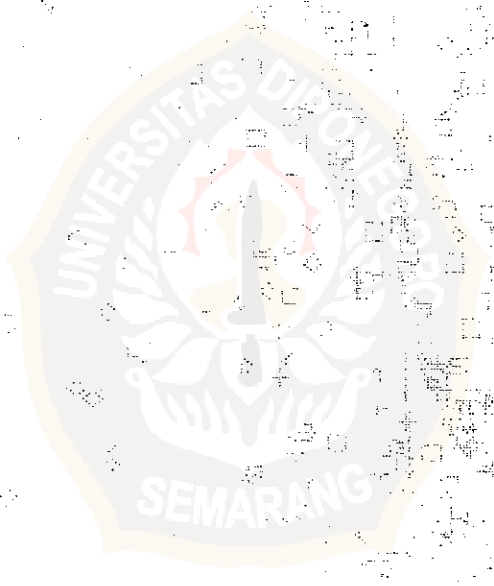


1,24

TWT (DETIK)

0,62

1. ...
2. ...
3. ...



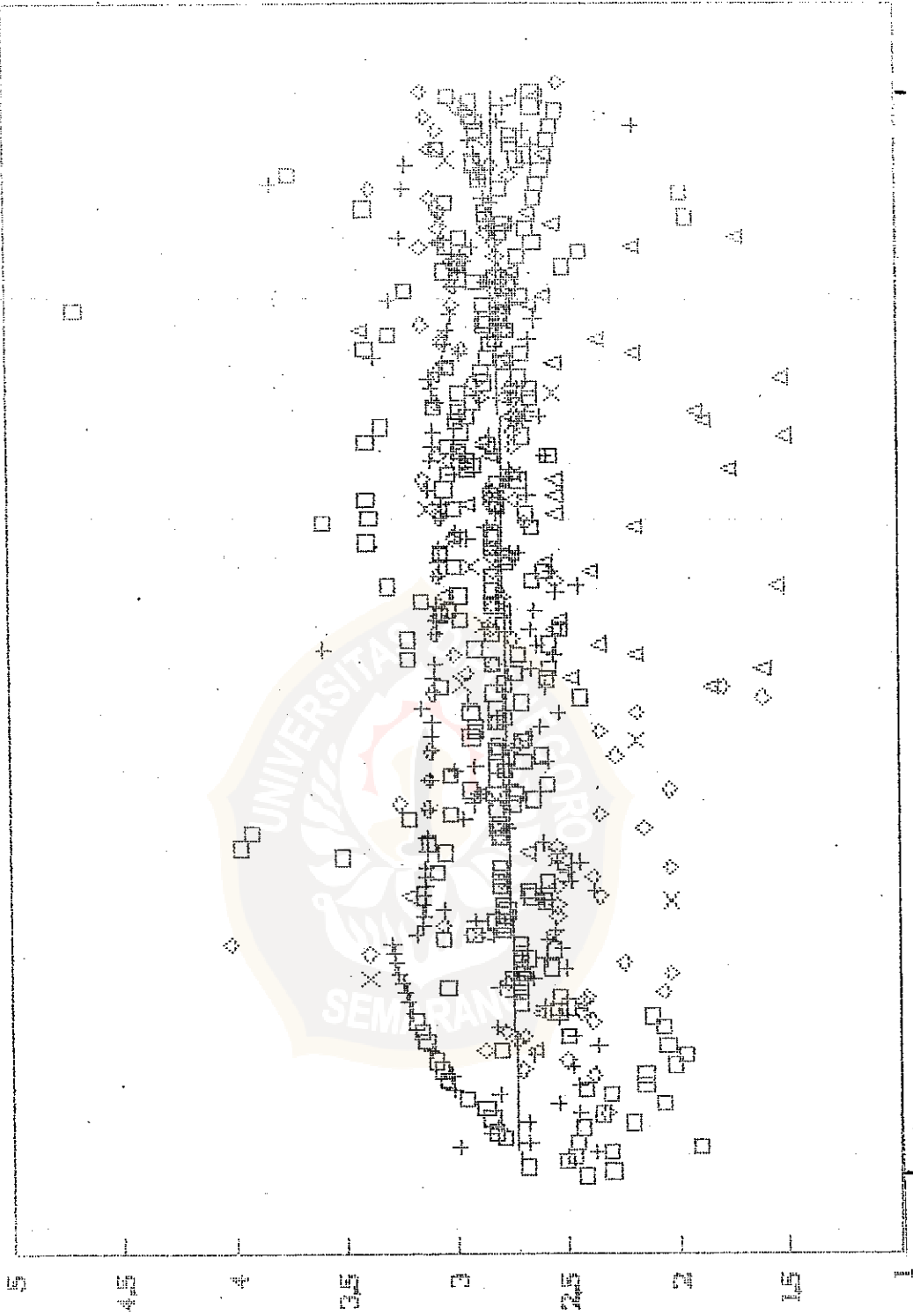
1,
1,39

0,84

TWT (DETIK)

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

WAKTU DAN KECEPATAN PADA LAPISAN S



1,1

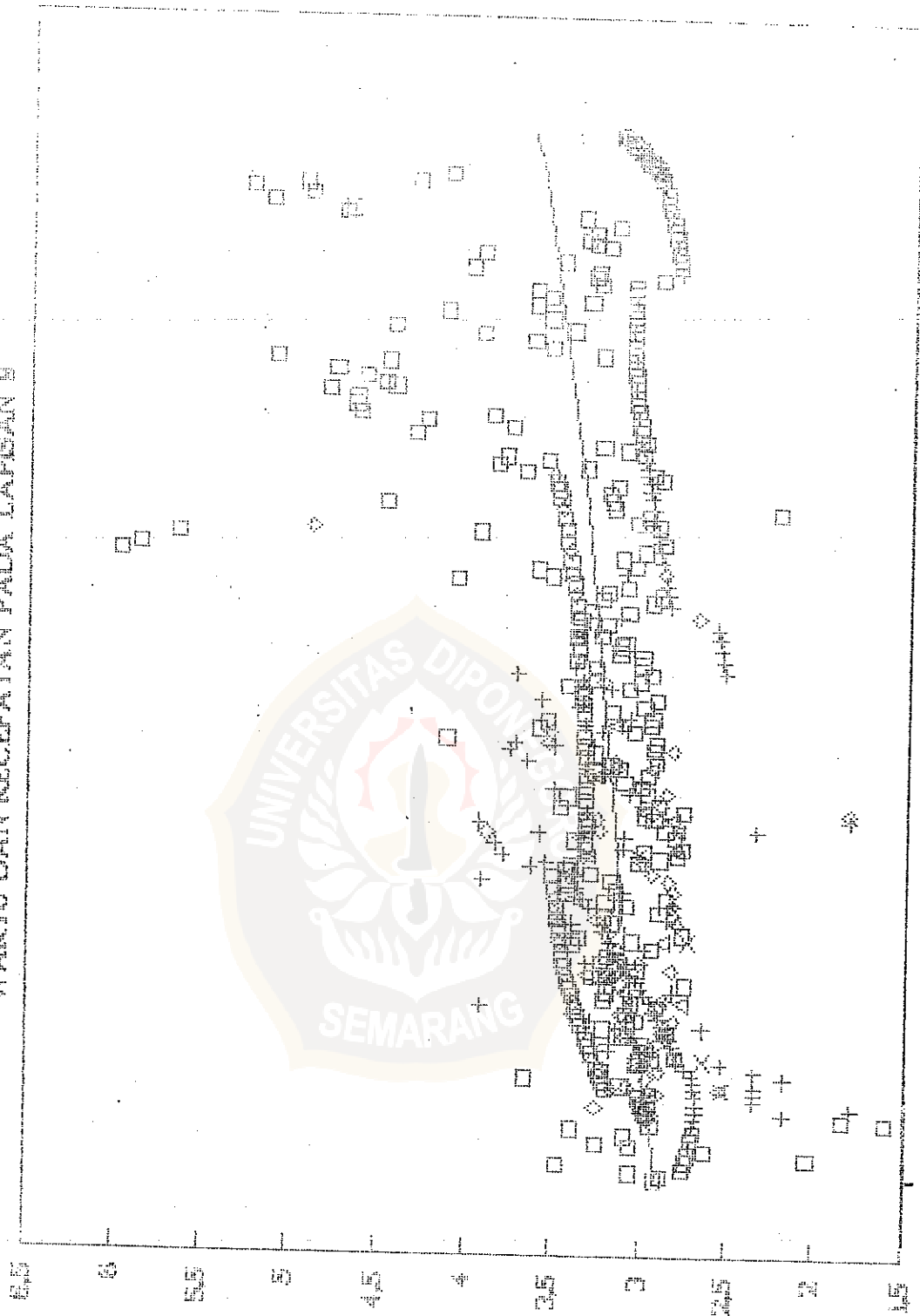
TWT (DETIK)

1,78

RESEARCH AND INNOVATION CENTER
UNIVERSITAS SEMANGAR

GRAFIK HUBUNGAN ANTARA

WAKTU DAN KECAPATAN PADA LARIBAN B



RESEARCH INSTRUMENT

1,49

2,14

TWT (DETIK)