

# 3 ANALISA BEBAN DAN TENAGA

Analisa ini penting untuk dipelajari, karena dengan mengetahui analisa beban dan tenaga dari alat yang digunakan, maka dapat diketahui tingkat kemampuan dan kecepatan bekerja yang optimal dari alat tersebut untuk kondisi pekerjaan tertentu. Dalam melakukan analisa beban dan tenaga, perlu diperhatikan tahap-tahap analisa yang dilakukan, yaitu:

- a. Menentukan beban total mesin atau alat
- b. Menentukan tenaga yang tersedia atau kombinasi "draw bar pull" dan kecepatan yang tersedia untuk melakukan pekerjaan.
- c. Memeriksa traksi kritis mesin atau alat untuk menentukan tenaga tarik yang dapat digunakan.
- d. Membandingkan beban terhadap tenaga tarik yang digunakan dan memilih gigi operasi tertinggi yang dapat digunakan untuk melakukan pekerjaan menarik.
- e. Mengadakan koreksi tenaga yang tersedia apabila mesin bekerja pada ketinggian tertentu.

Sebagai dasar untuk melakukan analisa tersebut di atas, maka perlu diketahui tentang beban/tahanan yang bekerja, tenaga yang tersedia pada mesin atau alat, dan faktor pembatas tenaga.

## 3.1. BEBAN / TAHANAN

Adalah beban / tahanan pada traktor yang melakukan pekerjaan pemindahan tanah mekanis berupa beban dorong, beban potong, beban tarik, tahanan gelinding, tahanan kelandaian, dan beban total.

### 3.1.1. Beban Dorong

Beban ini terdapat pada traktor yang bekerja mendorong atau menggosur material, dimana besarnya dihitung dengan menggunakan formula:

$$\text{Beban Dorong} = \text{KB} \times \text{BD} \quad (\text{kg})$$

dimana : KB : Kapasitas Blade ( $\text{m}^3$ )  
BD : Berat Material ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

### 3.1.2. Beban Potong

Ditimbulkan sebagai reaksi material terhadap pemotongan yang dilakukan terhadapnya,

yang secara teoritis dapat dihitung apabila shear strength atau draft resistance dari material diketahui.

$$\text{Beban Potong} = q \times dr \quad (\text{kg})$$

dimana :  $q$  : Luas penampang tanah yang dipotong ( $\text{cm}^2$ )  
 $dr$  : Shear strength.

### 3.1.3. Beban Tarik

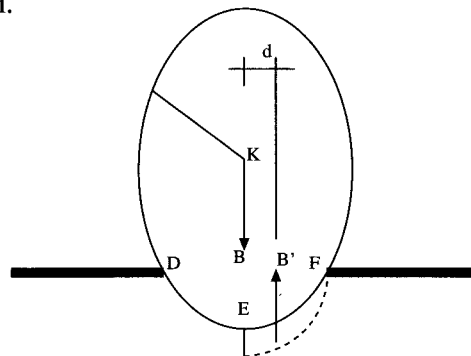
Beban tarik merupakan tahanan yang timbul akibat adanya gesekan dari benda yang ditarik. Misalnya log. Pada benda tersebut beban tarik timbul karena adanya gesekan antara log dengan permukaan tanah yang besarnya bervariasi tergantung pada berat log, cara penarikan dan keadaan tanah. Secara teoritis besarnya beban tarik dapat dihitung dengan formula:

$$\text{Beban Tarik} = BK \times cg \quad (\text{kg})$$

dimana :  $BK$  : Berat Kayu (kg)  
 $Cg$  : Koefisien Gesek

### 3.1.4. Tahanan Gelinding

Adalah tahanan gelinding terhadap roda yang akan menggelinding akibat adanya gesekan antara roda dengan permukaan tanah. Besarnya tergantung keadaan permukaan tanah dan berat kendaraan. Roda dengan jari-jari ( $r$ ), beban ( $B$ ) yang ber titik tangkap di  $K$  akan menimbulkan "lekukan" pada permukaan jalan. Bila roda tidak bergerak, maka beban terbagi ke seluruh permukaan  $DEF$  yang reaksinya berimpit/satu garis dengan titik tangkap  $B$  yaitu  $K$ . Bila roda mulai bergerak, permukaan  $DE$  mulai terlepas, sehingga titik tangkap reaksi bergeser ke arah  $B'$  sejauh  $d$  dari  $E$ . Oleh karena itu akan timbul momen perlawanan sebesar  $M = B.d$ . Perlu diketahui makin lunak tanah bersangkutan makin besar jarak  $d$  tadi.



Gambar 3-1. Ikhtisat Penentuan Tahanan Gelinding

Secara praktis tahanan gelinding dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Tahanan Gelinding} = W \times Crr \quad (\text{kg})$$

dimana : W : Berat kendaraan (kg)

Crr : Koefisien tahanan gelinding

Penentuan besarnya nilai koefisien tahanan gelinding sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan jalan yang dilalui oleh peralatan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Koefisien Tahanan Gelinding ( Crr )

No.	Kondisi Permukaan Jalan	Nilai Koefisien ( % )
1.	Jalan terpelihara, ban tidak terbenam	2
2.	Jalan terpelihara, ban agak terbenam	3,50
3.	Ban terbenam, sedikit basah	5
4.	Keadaan jalan jelek	8
5.	Jalan berpasir gembur, jalan berkrikil	10
6.	Keadaan jalan sangat jelek	15 - 20

**Contoh Soal**

1. Berapakah tahanan gelinding dari D85A-12 yang sedang menarik scraper RS-16 pada pasir gembur ? Bila diketahui berat D85A-12 sebesar 22.000 kg dan berat RS-16 sebesar 10.500 kg. Koefisien tahanan gelinding untuk pasir gembur adalah 0,12.

**Jawab:**

$$\begin{aligned} \text{Tahanan gelinding (RR)} &= W \times Crr \\ &= 10.500 \times 0,12 = 1260 \text{ kg.} \end{aligned}$$

2. Sama seperti soal 1, tetapi Scraper RS-16 dimuati tanah biasa dengan berat material 1725 kg/m<sup>3</sup>. Muatan RS-16 adalah 16 m<sup>3</sup>. Berapakah Rolling Resistance-nya ?

**Jawab:**

$$\begin{aligned} \text{Tahanan gelinding} &= W \times Crr \\ &= 38.000 \times 0,12 = 4572 \text{ kg.} \end{aligned}$$

## **ASSIGNMENT #02**

Sebuah dump truck HD200 digunakan untuk menarik scraper RS-12 bermuatan tanah biasa. Jika diketahui berat HD200 20 ton, berat Rs-12 9,2 ton, koefisien tahanan gelinding 0,12, berat material 1725 kg/m<sup>3</sup>, hitunglah besarnya tahanan gelinding yang diderita oleh dump truck HD200.

### **3.1.5. Tahanan Kelandaian**

Jika suatu kendaraan bergerak melalui suatu tanjakan, maka diperlukan tenaga traksi tambahan sebanding dengan besarnya landai tanjakan tadi, demikian pula jika menurun, akan terjadi pengurangan tenaga traksi, hal ini terjadi karena adanya pengaruh gravitasi. Dengan demikian tahanan kelandaian adalah tahanan yang akan diderita oleh setiap alat yang mendaki dikarenakan pengaruh gravitasi bumi. Tahanan ini akan berubah menjadi bantuan (bantuan kelandaian) apabila alat menuruni bukit. Kelandaian dinyatakan dalam %, yaitu perbandingan antara perubahan ketinggian per satuan panjang jalan. Besarnya tahanan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Tahanan Kelandaian} = W \times \% k \quad (\text{kg})$$

dimana : W : Berat kendaraan (kg)

% k : Kelandaian (%)

Dalam penentuan besarnya tahanan kelandaian, mutlak harus diperhatikan faktor konversi berdasarkan derajat kelandaian seperti tercantum pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2. Konversi Derajat / % Kelandaian**

<b>Derajat</b>	<b>Konversi ( % )</b>
1	1,8
2	3,5
3	5,2
4	7,0
5	8,7
6	10,5
7	12,2
8	13,9
9	15,6
10	17,4
11	19,0
12	20,8
13	22,5
14	24,2
15	25,9
16	27,6
17	29,2
18	30,9
19	32,6
20	34,2
21	35,8
22	37,5
23	39,1
24	40,2
25	42,3
26	43,8
27	45,4
28	47,0
29	48,5
30	50,0

### **Contoh Soal :**

Bila suatu bulldozer tipe D50A-16 mendaki bukit dengan kelandaian 25,9%, berapakah besar tahanan kelandaianya jika diketahui berat D50A-16 sebesar 11.400 kg ?

### **Jawab:**

$$\begin{aligned}\text{Tahanan Kelandaian} &= W \times \% k \\ &= 11.400 \times 0,259 = 2952,60 \text{ kg.}\end{aligned}$$

### **ASSIGNMENT #03**

Bulldozer D85A-18 digunakan untuk menarik scraper RS-16 bermuatan tanah biasa. Kelandaian bukit 10 derajat. Berat D85A-18 sebesar 22 ton, sedangkan berat RS-16 termasuk muatannya 29 ton. Berapakah tahanan kelandaian yang diderita D85A-18 ?

#### **3.1.6. Beban Total**

Beban total merupakan jumlah beban atau tahanan yang harus diatasi oleh alat pada suatu kondisi pekerjaan tertentu. Dalam hal ini hendaknya dianalisis mengenai beban-beban apa saja yang diderita suatu alat dan dikaji dengan secermat-cermatnya. Berikut ini adalah kesimpulan mengenai pengaruh tahanan gelinding dan tahanan kelandaian terhadap jenis alat.

#### **\* Menanjak (Up-Hill)**

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan beroda} &= \text{Tahanan Kelandaian} + \text{Tahanan Gelinding} \\ \text{Kendaraan berantai} &= \text{Tahanan Kelandaian.}\end{aligned}$$

#### **\* Datar (Level)**

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan beroda} &= \text{Tahanan Gelinding} \\ \text{Kendaraan berantai} &= \text{Nol.}\end{aligned}$$

#### **\* Menurun (Down-Hill)**

$$\begin{aligned}\text{Kendaraan beroda} &= \text{Tahanan Gelinding} - \text{Tahanan Kelandaian} \\ \text{Kendaraan berantai} &= - (\text{minus}) \text{Tahanan Kelandaian.}\end{aligned}$$

Jumlah beban-beban inilah yang harus diatasi oleh suatu alat. Dengan demikian beban total adalah sama dengan tenaga yang dibutuhkan.

**Contoh Soal:**

Sebuah track tipe traktor sedang menarik scraper di suatu medan dengan kemiringan lapangan ( $\% \sin$ ) = 5% pada jalan berkerikil. Koefisien tahanan gelinding sebesar 0,12, berapakah besar tenaga yang dibutuhkan agar track tipe traktor tersebut dapat menarik scraper jika diketahui berat traktor 26 ton, berat scraper 16 ton dan berat muatan 4 ton ?

**Jawab:**

Tenaga yang dibutuhkan = beban total  
= Tahanan traktor + Tahanan scraper.

*Tahanan Traktor,*

Hanya tahanan kelayakan saja (GR)

$$GR = W \times \%k = 26.000 \times 5\% = 1300 \text{ kg.}$$

*Tahanan Scraper,*

Tahanan gelinding + Tahanan kelayakan

$$(W \times C_{rr}) + W \times \%k$$

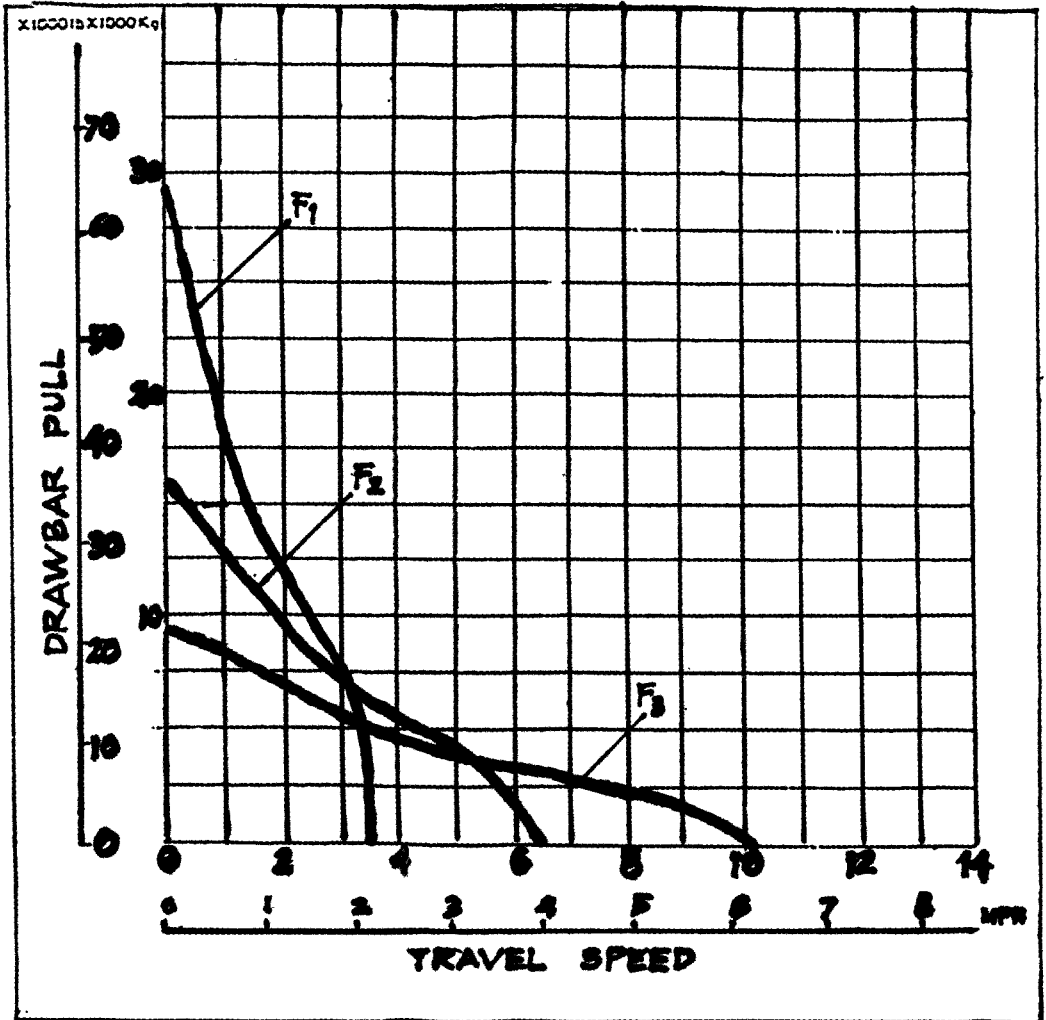
$$(20.000 \times 0,12) + (20.000 \times 5\%)$$

$$2.400 + 1000 = 3.400 \text{ kg.}$$

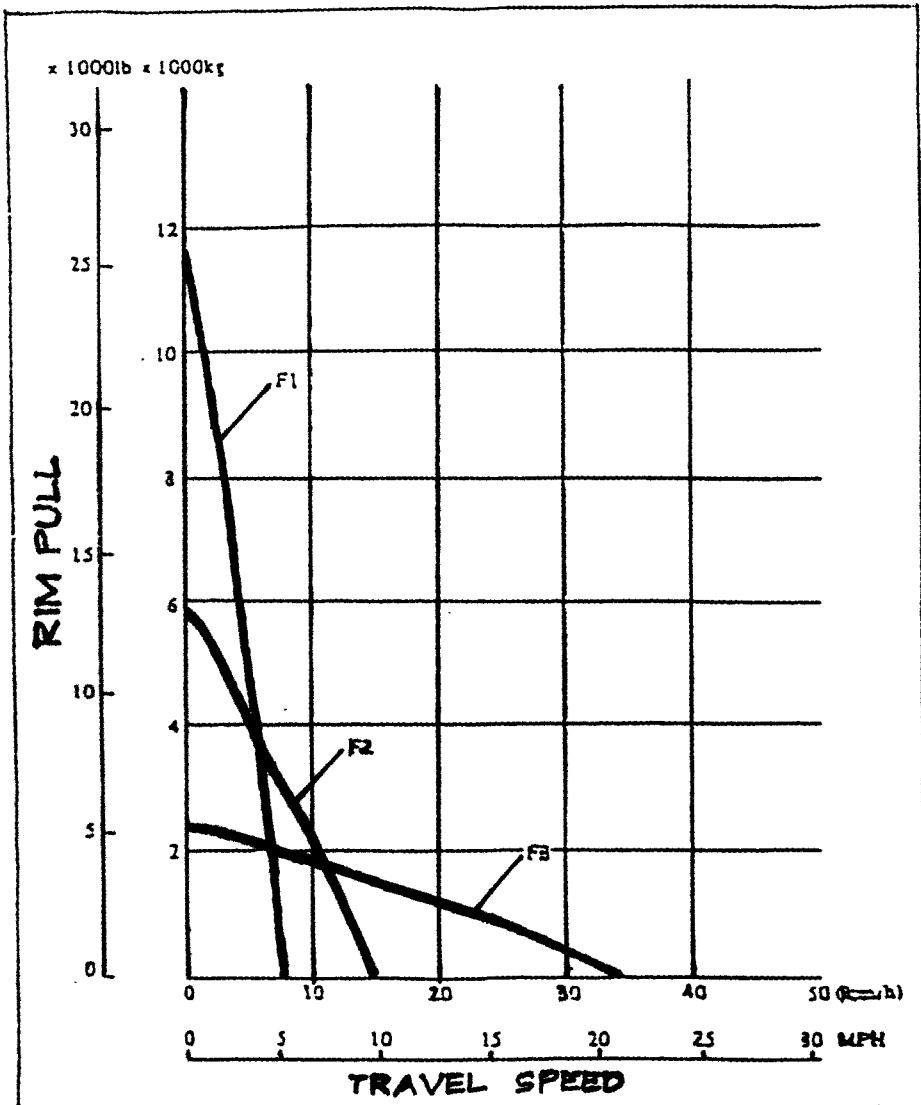
$$\text{Jadi tenaga yang dibutuhkan} = 1.300 + 3.400 = 4.700 \text{ kg.}$$

**3.2. TENAGA YANG TERSEDIA**

Adalah tenaga yang tersedia pada suatu alat. Besar kecilnya tenaga ini tergantung "horse power" dari alat itu sendiri. Horse power ini akan berubah menjadi beberapa tingkat tenaga tarik (drawbar pull). Besarnya tenaga tarik ini bervariasi, umumnya makin tinggi kecepatan makin rendah tenaga tariknya, demikian pula sebaliknya (lihat Gambar 3-2 dan Gambar 3-3). Yang perlu diperhatikan adalah drawbar pull dan travel speed dapat berubah tergantung pada kondisi permukaan medan kerja dan berat alat.



Gambar 3-2. Draw Bar Pull vs Travel Speed (D65E-6)



Gambar 3-3. Rimpull vs Travel Speed  
 KOMATSU W90 - 2 Wheel Loader  
 (KOMATSU S6D 105 ENGINE)

### 3.3. FAKTOR PEMBASTAS TENAGA

Tenaga yang tersedia pada suatu alat tidak dapat dipergunakan seluruhnya karena dibatasi oleh adanya faktor traksi kritis dan ketinggian daerah kerja (altitude).

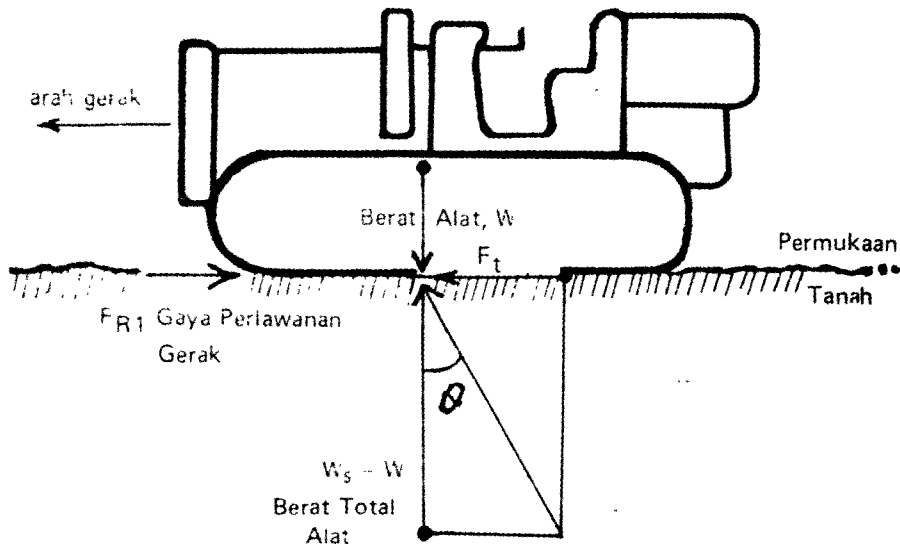
### 3.3.1. Traksi Kritis

Traksi kritis adalah daya cengkram suatu alat akibat adanya adhesi antara roda penggerak dari alat tersebut dengan permukaan tanah. Batas kritis dari daya cengkram ini disebut traksi kritis, sebab alat tidak mungkin dapat memiliki daya cengkram melebihi batas kritis ini, walaupun terhadap alat tersebut dilakukan sesuatu perubahan agar "horse powernya" meningkat. Jika terdapat geseran yang cukup antara permukaan roda dengan permukaan jalan, maka tenaga mesin dapat dijadikan tenaga traksi maksimal. Tetapi sebaliknya jika tidak cukup terdapat geseran antara roda dengan permukaan jalan, maka kelebihan tenaga mesin dilimpahkan kepada roda dan akan mengakibatkan terjadinya selip. Koefisien traksi dapat disebut sebagai suatu faktor yang harus dikalikan dengan berat total kendaraan untuk memperoleh traksi kritis. Besarnya nilai traksi kritis ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Traksi Kritis (TK)} = W \times C_t$$



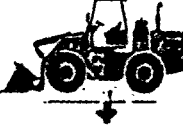
Keterangan:

- W : Berat kendaraan / alat pada roda penggeraknya ( kg )
- C<sub>t</sub> : koefisien traksi.



Gambar 3.4. Ikhtisar Penentuan Traksi Kritis

Dalam penentuan berat kendaraan pada roda penggeraknya, hendaknya diperhatikan dengan cermat. Untuk itu perhatikan ikhtisar berikut ini.

Crawler type tractor	2-wheel drive tractor	4-wheel drive tractor
		
Total weight of tractor	Weight imposed on the driving wheels	Total weight of tractor

Gambar 3-5. Ikhtisar Penentuan Berat Kendaraan pada Roda Penggeraknya

Nilai traksi inilah yang merupakan tenaga dari alat yang dapat dimanfaatkan, sebab kendatipun tenaga yang tersedia lebih besar dari traksi kritis, kita tidak dapat memanfaatkannya. Sebab daya cengkram maksimumnya adalah traksi kritis. Berikut adalah Koefisien traksi yang diperoleh berdasarkan tipe dan keadaan tanah serta jenis roda.

**Tabel 3.3.** Koefisien Traksi Berdasarkan Tipe & Keadaan Tanah, dan Jenis Roda

Tipe & Keadaan Tanah	Jenis Roda	
	Roda Ban	Track
Beton Kering	0.95	0.45
Jalan kering berbatu, ditumbuk	0.70	-
Jalan basah berbatu, ditumbuk	0.65	-
Jalan datar kering, tidak dipadatkan	0,60	0.90
Tanah kering	0.55	0.90
Tanah basah	0.45	0.85
Tanah gembur kering	0.40	0.60
Krikil lepas / gembur	0.36	0.25
Pasir lepas	0.25	0.25
Tanah berlumpur	0.20	0.15

**Contoh Soal :**

Sebuah bulldozer D60E-6 digunakan untuk menarik harrow merek Towner tipe 800 series. Berat D60E-6 adalah 18 ton. Berat harrow kira-kira 4 ton. Menurut aturan pabrik produsen harrow, tipe 800 series akan memberikan tahanan sebesar 4500 kg apabila ditarik di tempat rata. Apabila D60E -6 tersebut harus menariknya di tempat

yang mempunyai kelandaian 8%, buktikan bahwa bulldozer D60E-6 mampu menariknya, jika diketahui koefisien traksi 0,65. !!!

**Jawab :**

Tahanan yang menjadi beban D60E-6 adalah tahanan kelandaian D60E-6 + Tahanan Towner.

Tahanan kelandaian D60E-6 :

$$\begin{aligned}GR &= W \times \%k \\ &= 18.000 \times 8\% \\ &= 1.440 \text{ kg.}\end{aligned}$$

Tahanan Towner :

$$4.500 + (4.000 \times 8\%) = 4.500 + 320 = 4.820 \text{ kg.}$$

$$\text{Total Tahanan} = 1.440 + 4.820 = 6.260 \text{ kg.}$$

Tenaga yang bermanfaat = Traksi kritis

$$\text{Traksi kritis D60E-6 sebesar : } TK = 18.000 \times 0,65 = 11.700 \text{ kg.}$$

Kesimpulan :  $11.700 > 6.260$ , berarti D60E-6 mampu menarik harrow. (q.e.d)

### 3.3.2. Ketinggian Daerah Kerja (Altitude)

Perubahan kadar oksigen dalam udara akan berpengaruh terhadap "horse power engine" dari suatu alat yang beroperasi pada suatu daerah dengan ketinggian tertentu. Mengingat makin tinggi daerah tempat beroperasinya alat, makin berkurang prosentase oksigen ini, maka tenaga alat yang tersedia harus dikoreksi karenanya. Besarnya penurunan tenaga tergantung sistem pengisapan udara dari segi engine pada alat tersebut. Berdasarkan naturally aspirated, dikelompokkan sebagai berikut :

- *Diesel 4-tak*, Alat dengan tenaga diesel jenis ini, akan mengalami penurunan tenaga 1% pada setiap 100 m kenaikan di atas ketinggian 300 m dpl.
- *Diesel 2-tak*, Akan mengalami penurunan sebesar 1% untuk setiap 100 m kenaikan di atas ketinggian 150 m dpl.
- *Turbocharger*, Mengalami penurunan 1% untuk setiap 150 m kenaikan, pada ketinggian di atas 1500 m dpl.

Tenaga mesin akan berkurang sebesar 1% setiap kenaikan tempat 100 m di atas ketinggian 300 m, atau berkurang 3% setiap kenaikan tempat 1.000 feet di atas ketinggian 750 m (( 2.500 feet). Rumus ini biasanya hanya berlaku untuk mesin 4 tak. Sebagai contoh, suatu mesin 200 HP 4 tak harus bekerja pada ketinggian 6.000 feet, maka hilangnya tenaga mesin adalah sebesar :

$$\frac{3\% \times 200 \text{ HP} \times (6.000 - 2.500)}{1.000} = 21 \text{ HP}$$

Untuk mesin 2 tak, biasanya kehilangan tenaga tersebut diperhitungkan sebesar 1%. Turbocharger dapat mengurangi kehilangan tenaga mesin, dan menaikannya sampai 125%, yang bekerja dengan cara menginjeksi oksigen ke dalam silinder. Umumnya alat besar jarang digunakan untuk pekerjaan di tempat yang demikian tinggi.