UPAYA PENINGKATAN TRAKSI PADA TRAKTOR

Oleh :

Sunarto Ciptohadijoyo *)

Pendahuluan

Kemampuan traktor sebagai sumber daya penarik/penggerak peralatan pertanian sangat dipengaruhi oleh ukuran dan berat dari traktor, rancang bangun dari roda penggeraknya, serta sifat fisis dan mekanis tanah. Peningkatan kemampuan traksi dari traktor dengan sendirinya akan dapat diupayakan dengan mencari kesesuaian dari faktor-faktor tersebut. Harga traksi yang tinggi akan dapat meningkatkan nilai Koefisien Traksi dan Efisiensi Traksi dari traktor pertanian tersebut, sehingga secara teknis maupun ekonomis penggunaannya akan lebih menguntungkan.

Pengertian Dasar Tentang Traksi

Traksi adalah gaya yang dihasilkan oleh roda penggerak, ketika roda penggerak tersebut berputar karena ada gaya yang diberikan oleh motor penggerak. Roda penggerak akan berpengaruh mengubah gerak putaran motor dan komponen-komponen penerus daya lainnya menjadi gerak lurus traktor secara keseluruhan.

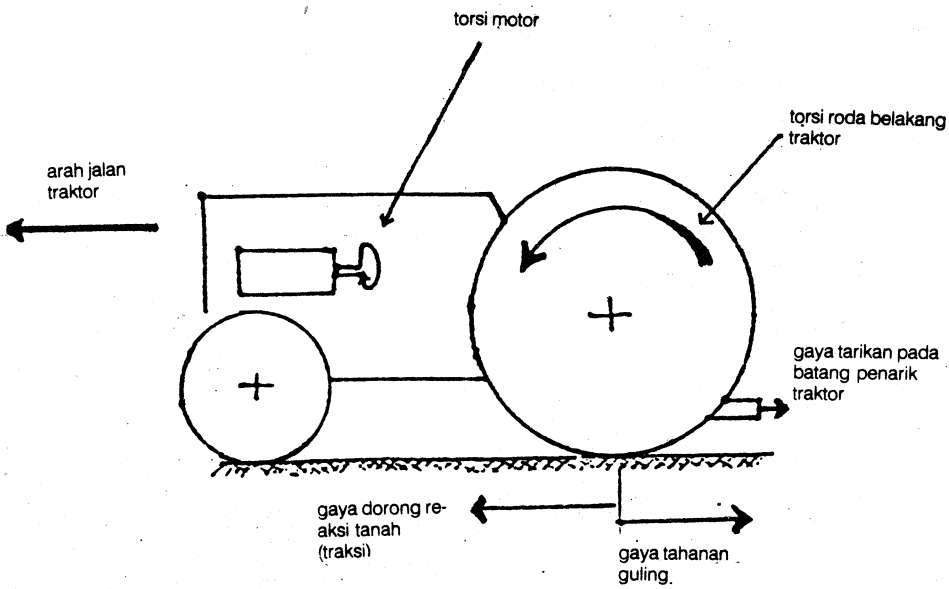
Apabila traktor bekerja pada permukaan tanah, roda akan menerima reaksi dari tanah. Besarnya traksi dari traktor akan sama dengan besarnya gaya pendorong reaksi tanah (*thrust*) terhadap gaya geser (*shearing froce*) ke arah horizontal yang besarnya akan tergantung pada gaya gesek dakhil tanah (*internal friction force of soil*) dan gaya kohesi dari tanah (*soil cohesion force*). Di samping itu traktor juga akan mengalami beban yang berupa tahanan guling (*rolling resistance*) yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan roda penggerak traktor (tanpa beban penarikan) pada permukaan tanah. Beban ini merupakan gaya horizontal yang searah dengan penarikan traktor, yang bekerja pada roda penggerak traktor tersebut. Sedang besarnya gaya penarikan traktor yang tersedia pada batang penarik traktor (*draw bar pull*) adalah merupakan gaya efektif yang tersedia pada traktor yang dapat dipergunakan untuk menarik beban, yang besarnya sama dengan selisih harga traksi yang dihasilkan oleh roda penggerak traktor dengan harga tahanan gulingnya.

Untuk lebih jelasnya hubungan dari ketiga pengertian di atas dapat dilihat pada Gambar 1 dan Persamaan (1).

Hubungan antara gaya tarikan pada batang penarik traktor, traksi dan gaya tahanan guling adalah pada persamaan berikut :

$$DBP = F - R \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

*)Staf Pengajar Jurusan Mekanisasi Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada.



Gambar 1. **Gaya-gaya horizontal yang bekerja pada roda penggerak traktor**

dimana :

DBP = gaya tarik pada batang penarik traktor (draw bar full), (kg)

F = traksi, atau sama dengan gaya pendorong reaksi tanah (thrust), (kg)

R = tahanan guling (rolling resistance), (kg)

Hubungan Traksi Dengan Sifat Mekanis Tanah

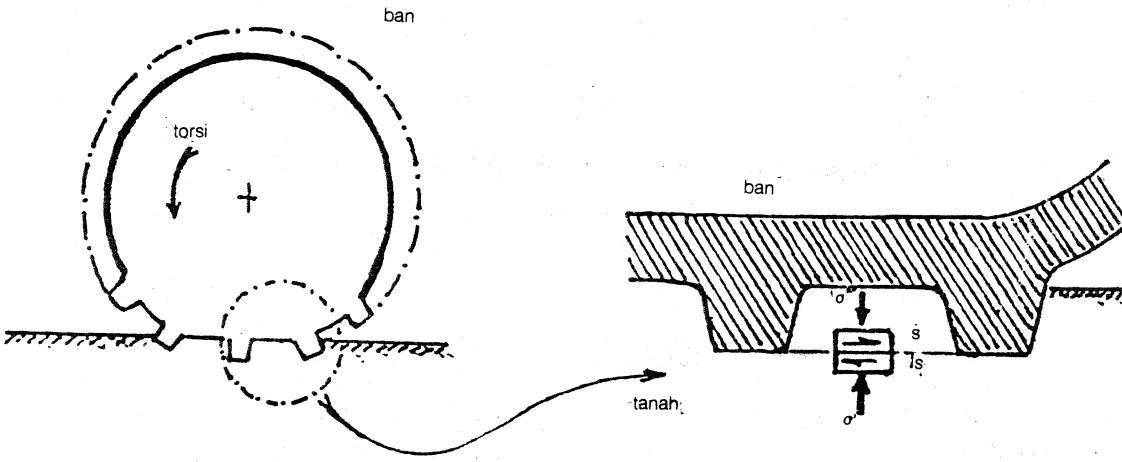
Pada waktu traktor bekerja roda penggerak akan melakukan dorongan ke belakang yang dilawan oleh gaya reaksi tanah untuk mendorong traktor bergerak ke depan. Kapasitas maksimum tanah sebagai suatu reaksi, yang berupa tahanan gesernya (*shear strength*), akan menentukan traksi maksimum yang dihasilkan oleh roda penggerak traktor tersebut. Tanah akan bereaksi dengan berubah bentuknya (deformasi) pada arah horizontal ketika roda bergerak di atasnya. Perubahan bentuk ini sampai pada tingkat-tingkat tertentu tidak dapat dihindarkan, menimbulkan kehilangan gerak dan energi, hal ini dikenal sebagai slip-roda. Tanah di bawah roda dibebani suatu tegangan normal (*normal stress*) yaitu tekanan pada arah vertikal yang disebabkan oleh berat traktor. Tanah juga dibebani tegangan geser (*shear stress*) pada arah horizontal yang disebabkan oleh traksi (Gambar 2).

Besarnya tahanan geser maksimum oleh Bekker, dirumuskan sebagai berikut :

$$S_{mak} = C + \sigma \text{ tg } \varnothing \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

dimana :

S_{mak} = tahanan geser maksimum (*shearing strenght*), (kg/cm^2)
σ = tegangan normal (*normal stress*), (kg/cm^2)
C = kohesi tanah (kg/cm^2)
$\varnothing$ = sudut gesekan dakhil (*internal friction angle*)



Gambar 2. **Tegangan-tegangan di bawah roda**

Untuk sebuah traktor, baik yang digerakkan oleh roda (*wheel*) ataupun rantai (*track*), yang berat dinamisnya adalah W, dan luas proyeksi bidang tumpu A, harga tegangan normal.

$$\sigma = \frac{W}{A} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3)$$

Sehingga apabila persamaan (3) dimasukkan ke persamaan (2) akan menjadi :

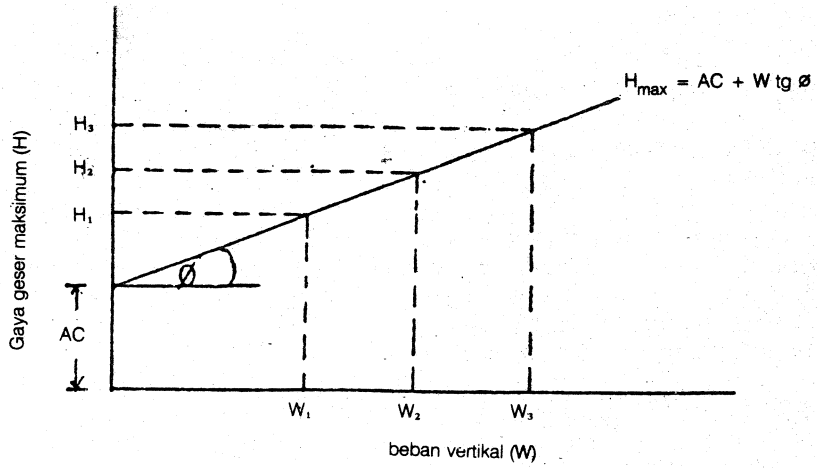
$$S_{mak} = C + \frac{W}{A} \text{ tg } \varnothing$$

$$AS_{mak} = AC + W \text{ tg } \varnothing$$

$$H_{mak} = AC + W \text{ tg } \varnothing \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (4)$$

dimana H_{mak}, adalah gaya geser maksimum tanah yang berada di bawah roda yang harganya akan sama dengan traksi maksimum (F_{mak}) sebuah traktor, (kg).

Besarnya harga parameter C (kohesi tanah) dan parameter $\varnothing$ (sudut gesekan dakhil) dapat ditentukan dari hubungan gaya geser maksimum H, dan beban vertikal W, pada Gambar 3 di bawah ini.



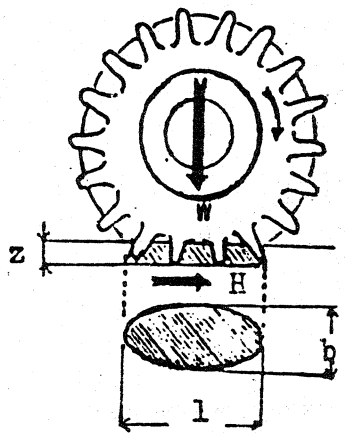
Gambar 3. **Hubungan antara gaya geser maksimum H, dengan beban vertikal W, untuk penentuan parameter C dan ø (Bekker, 1955)**

Sedang besarnya A pada traktor roda karet untuk dua roda belakangnya dapat dilihat pada Gambar 4, yang besarnya adalah :

A = 2 (0,78 b.1)
A = 1,56 b.1. ..... (5)

dimana

b = lebar proyeksi bidang tumpu (cm)
1 = panjang proyeksi bidang tumpu (cm)



Z = masuknya roda dalam tanah (*sinkage*)

A = 0,78 b.1
(untuk satu roda)

Gambar 4. **Luas proyeksi bidang tumpu roda**

Apabila persamaan (5) dimasukkan ke persamaan (4) akan menjadi :

$$H_{mak} = 1{,}56\ b.1.C + W \operatorname{tg} \varnothing \ldots . \quad (6)$$

Hubungan Tahanan Guling Dengan Sifat Mekanis Tanah

Pada waktu traktor bergerak, roda yang berguling di atas permukaan tanah yang mendukungnya, baik salah satu atau secara bersama-sama akan mengalami perubahan bentuk (deformasi). Tahanan yang timbul dari perubahan bentuk ini adalah berupa tahanan guling yang melawan gerakan roda. Oleh karenanya agar roda dapat bergerak harus ada masukan gaya untuk mengatasi tahanan tersebut. Besar gaya yang diperlukan untuk mengatasi tahanan guling adalah sebanding dengan gaya yang dilakukan dalam deformasi tanah yang besarnya dapat dirumuskan sebagai berikut :

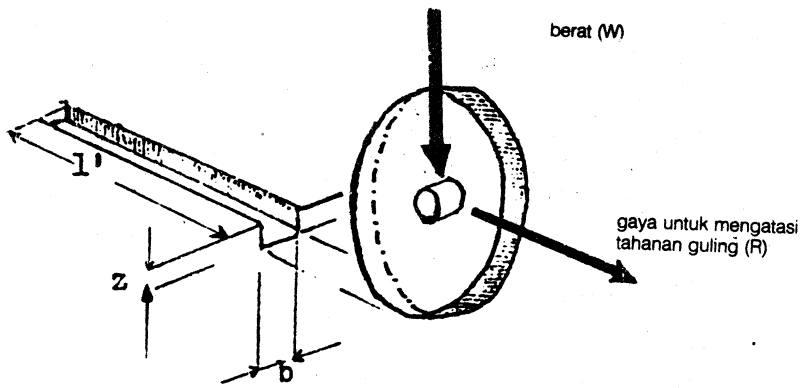
$$R1' = A \int_0^{Zo} P_z\, dz$$

$$R1' = b.1' \int_0^{Zo} P_z\, dz$$

$$R = b \int_0^{Zo} P_z\, dz \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

dimana

- R = tahanan guling (*rolling resistance*), (kg)
- A = b × 1' (cm^2)
- 1' = panjang lintasan (cm); b = lebar roda, (cm)
- P_z = komponen horizontal tekanan normal tanah terhadap roda, searah dengan kedalaman masuk roda ke dalam tanah, (kg/cm^2)
- z = masuknya roda ke dalam tanah (*zinkage*), (cm)



Gambar 5. **Faktor-faktor pada tahanan guling**

Sedang harga P_z secara impiris dapat dicari dengan persamaan di bawah ini :

$$P_z = (Kc/b + K\varnothing).Z^n \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

dimana

Kc = modulus kohesi deformasi tanah (kg/cm^{n+1})

KØ = modulus gesekan deformasi tanah (kg/cm^{n+2})

n = koefisien dari z

Untuk roda belakang traktor yang terdiri atas dua roda, dan juga apabila persamaan (8) dimasukkan ke persamaan (7) akan diperoleh :

$$R = 2b \int_0^{Zo} (K_c/b + K\varnothing)\, z^n\, dz$$

$$R = \frac{2(Kc + b K\varnothing) Zo^{n+1}}{n + 1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

dimana

Zo = kedalaman maksimal masuknya roda traktor ke dalam tanah (sinkage maximum)

Dalam keadaan keseimbangan antara berat dinamis traktor dan gaya penyangga/dukung tanah, maka :

$$P_z = \frac{W}{1{,}56\ b.1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Persamaan (10) disubstitusikan ke persamaan (8) :

$$\frac{W}{1{,}56\ b.1} = (Kc/b + K\varnothing) Z^n$$

$$Zo = \left(\frac{W}{1{,}56\ l\ (Kc + b\ K\varnothing)}\right)^{1/n} \quad (11)$$

Selanjutnya apabila persamaan (11) dimasukkan ke persamaan (9) akan diperoleh :

$$R = \frac{2}{(n+1)(Kc + bK\varnothing)^{1/n}} \left(\frac{W}{1{,}56\ l}\right)^{\frac{n+1}{n}} \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

Harga-harga Kc, KØ dan n dapat dihitung dari persamaan (8) dengan mengadakan percobaan-percobaan pada tiga kondisi yang berbeda dengan harga b, P dan Z yang diketahui.

Berat dari traktor yang digunakan akan berpengaruh langsung terhadap besarnya tahanan guling, dimana besarnya tahanan guling diperkirakan sebanding dengan berat dinamis yang membebani roda penggerak, jadi :

$$R = C_R.W \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

dimana :

C_R = koefisien tahanan guling (*coefficient of rolling resistance*)

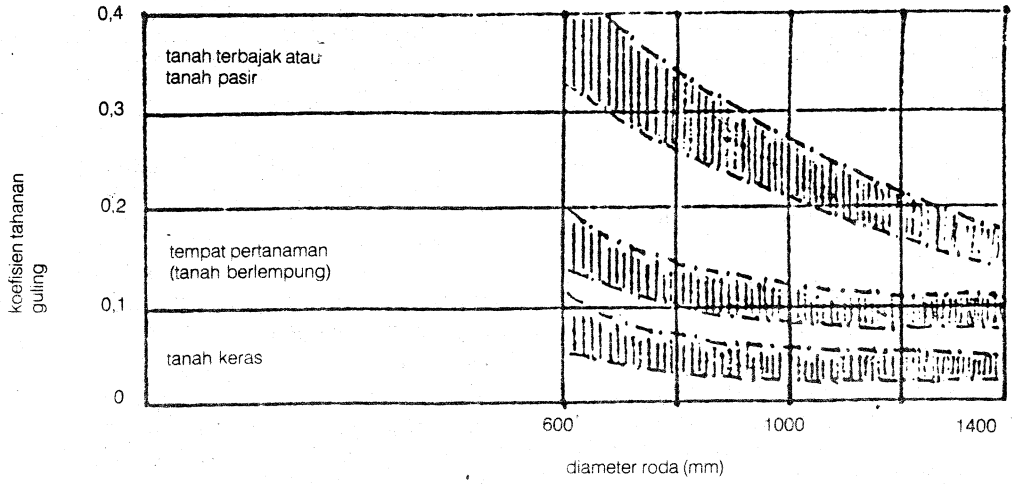
atau

$$C_R = \frac{R}{W} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (14)$$

Dengan diketahuinya harga koefisien tahanan guling C_R (Gambar 6), untuk beberapa roda dan jenis permukaan akan dapat dipergunakan untuk menduga besarnya tahanan guling R.

Gaya Tarik Batang Penarik, Koefisien Traksi dan Slip Roda

Gaya tarik batang penarik (drawbar pull) adalah merupakan gaya yang bermanfaat, yang dapat dipergunakan oleh traktor untuk menarik beban. Gaya ini



Gambar 6. **Hubungan koefisien tahanan guling dengan diameter roda dan jenis tanah**

lebih kecil dari kemampuan traksi dari traktor disebabkan adanya kehilangan untuk mengatasi tahanan guling, yang besarnya ditunjukkan pada persamaan (1). Harga gaya tarik pada batang penarik bervariasi tergantung antara lain pada ukuran motor penggerak, berat dan ukuran dan traktor. Perbandingan antara gaya tarik pada batang penarik traktor dengan berat dinamis yang membebani roda penggerak disebut sebagai koefisien traksi (*coefficient of traction*). Hal ini dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_T = \frac{DBP}{W} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (15)$$

dimana :

C_T = koefisien traksi (*coefficient of traction*)

DBP = gaya tarik pada batang penarik (*drawbar pull*), (kg)

W = berat dinamis yang membebani roda penggerak, (kg)

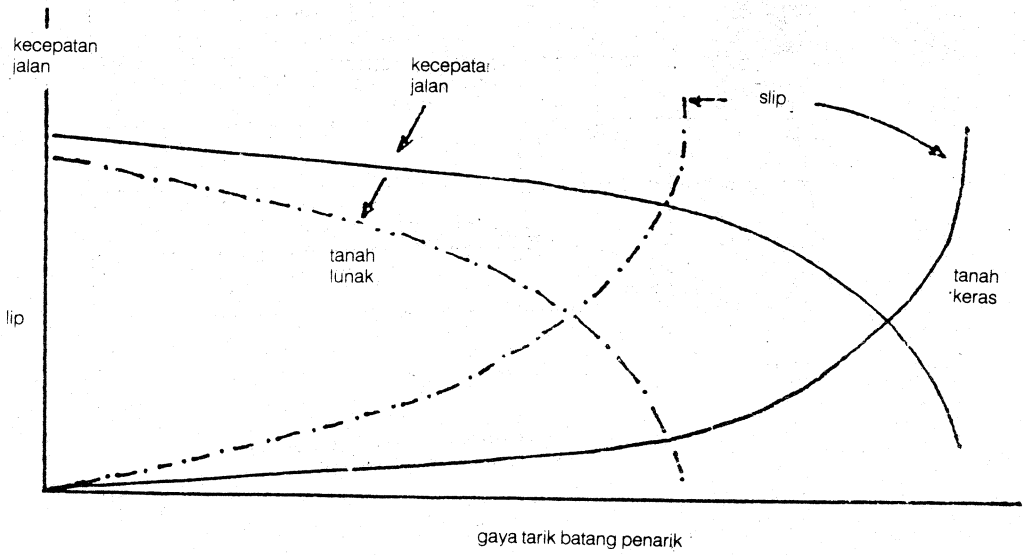
Karena harga W relatif konstant maka variasi harga (C_T) sangat ditentukan oleh besarnya perubahan harga DBP-nya.

Apabila traktor bergerak tanpa beban di atas tanah, roda akan berputar dan untuk tiap putaran roda traktor akan bergerak maju ke depan sejauh panjang lingkaran rodanya. Sedang apabila traktor menarik beban pada batang penariknya, apabila kita amati daerah singgung antara tanah dan roda terlihat roda bergerak atau slip ke arah belakang secara relatif terhadap tanahnya, pada daerah singgung tadi. Sebagai akibatnya apabila roda berputar satu kali, maka traktor tidak bergerak maju sejauh lingkaran rodanya, tetapi lebih kecil dari jarak tersebut. Besarnya prosentase pengurangan jarak lintasan ini yang disebut pengurangan lintasan (*travel-*

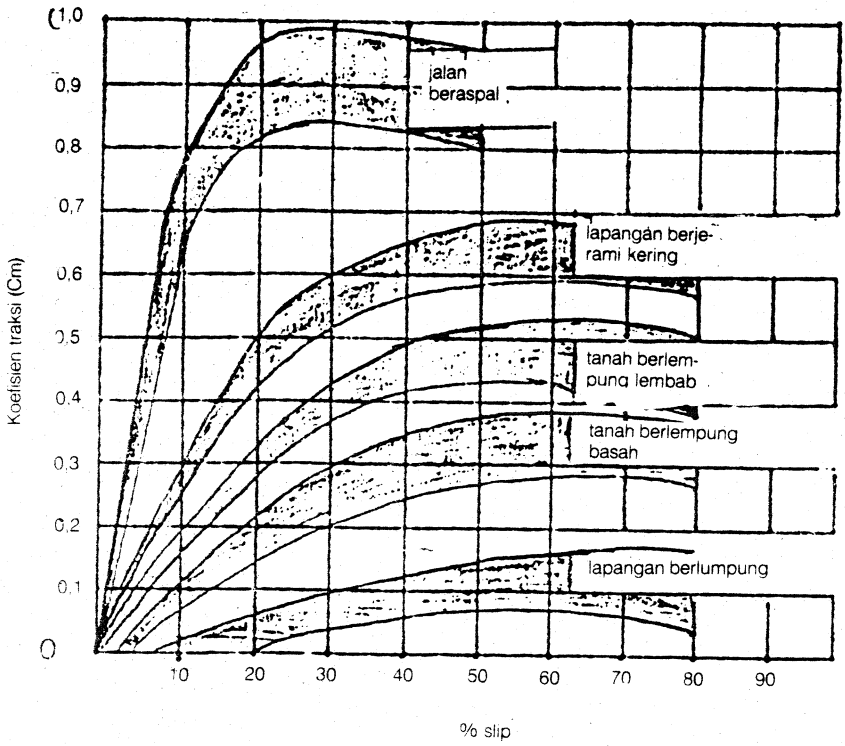
reduction) atau prosentase slip. Sehingga besarnya prosentase pengurangan jarak lintasan atau prosentase slip dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$\text{Slip} = \frac{(\text{panjang lintasan tanpa beban}) - (\text{panjang lintasan dengan beban})}{(\text{panjang lintasan tanpa beban})} \times 100\% \quad (16)$$

Hubungan antara slip dengan gaya tarik pada batang penarik dapat dilihat pada Gambar 7, sedang hubungan antara slip dengan koefisien traksi dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 7. **Hubungan antara slip dan gaya tarik batang penarik pada kecepatan dan jenis tanah yang berbeda**



Gambar 8. **Koefisien traksi (C_T) pada % slip dan keadaan lapangan yang berbeda-beda**

Daya Batang Penarik dan Efisiensi Traksi

Daya dari motor penggerak diteruskan ke batang penarik melalui mekanisme sistem transmisi traktor. Sampai di sini sudah terjadi beberapa kehilangan daya, khususnya yang disebabkan adanya gesekan pada sistem transmisi. Kehilangan daya semakin meningkat dengan adanya slip roda pada bidang antar roda dan tanah serta adanya tahanan guling roda di atas tanah. Daya pada batang penarik traktor adalah daya tersisa sesudah semua kehilangan tersebut di atas terjadi, dan merupakan daya efektif atau secara nyata bermanfaat untuk penarikan beban.

Besarnya daya batang penarik tidaklah diukur secara langsung tetapi dihitung dari gaya tarik pada batang penarik traktor kecepatan jalan traktor, yang persamaannya adalah sebagai berikut :

$$DBHP = \frac{DBP \times V}{75} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (17)$$

dimana

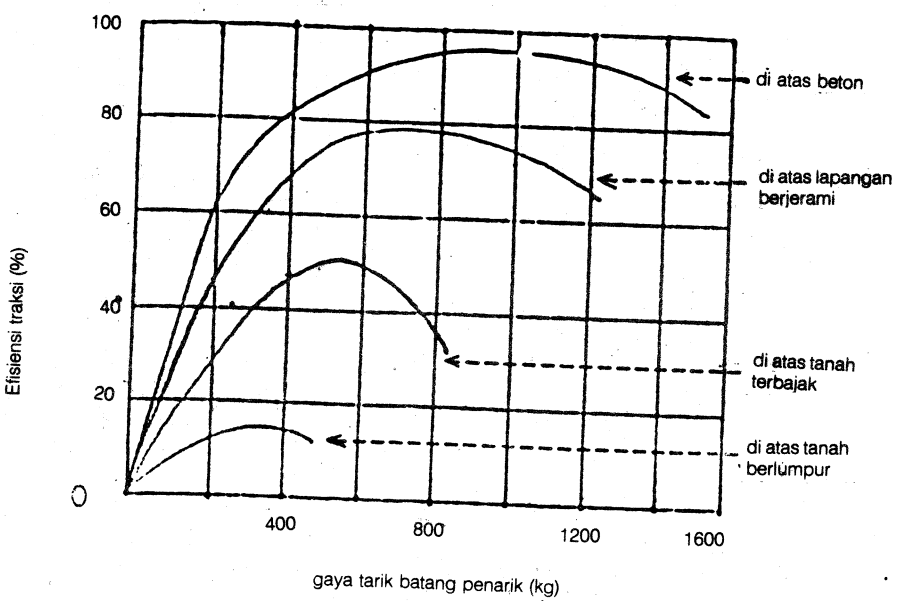
DBHP = daya batang penarik (*drawbar horse power*), (hp)
DBP = gaya tarik batang penarik (*drawbar pull*), (kg)
V = kecepatan jalan traktor (m/dt)

Yang dimaksud dengan Efisiensi Traksi dari suatu traktor (*Tractive Power Efficiency*), adalah perbandingan antara besarnya daya batang penarik dengan daya yang masuk pada poros roda traktor. Harga tersebut merupakan efisienci dari sistem roda penggerak di dalam menempuh tenaga gerak putar dari poros roda menjadi tenaga gerak lurus dari batang penarik traktor. Besarnya Effisiensi Traksi (E_T) adalah sebagai berikut :

$$E_T = \frac{\text{DBHP}}{\text{(masukan daya pada poros roda penggerak)}} \times 100\% \quad (18)$$

Beberapa faktor yang mempengaruhi harga Efisiensi Traksi tersebut antara lain adalah : sistem kemudi, tahanan guling serta difleksi dan geseran dari roda penggerak.

Sedang hubungan antara Efisiensi Traksi dengan gaya tarik batang penarik untuk jenis permukaan yang berbeda-beda dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. **Hubungan antara efisiensi traksi dengan gaya tarik batang penarik pada permukaan yang berbeda-beda**

Alat Bantu untuk Meningkatkan Traksi pada Traktor

Memperhatikan persamaan (6), besarnya traksi maksimum pada traktor, adalah :

$$H_{mak} = 1{,}56\ b.l.C + W \operatorname{tg} \varnothing$$

Untuk tanah *keras/kering,* harga b dan 1 akan kecil sekali (b.1 $\simeq$ 0), juga untuk *tanah berpasir,* harga C akan kecil sekali, sehingga persamaan (6) akan menjadi :

$$H_{mak} \simeq W \operatorname{tg} \varnothing$$

Dengan demikian usaha peningkatan traksi sebaiknya dilakukan dengan penambahan pemberat roda penggerak. Penambahan luas bidang singgung roda dengan tanah tidak akan berpengaruh nyata untuk peningkatan traksi.

Untuk tanah *basah*, khususnya *tanah liat*, nilai C akan tinggi, sedang harga ø akan sangat kecil (tg ø≈0), sehingga persamaan (6) akan menjadi :

$$H_{mak} \approx 1{,}56\ b.l.C$$

Dengan demikian peningkatan traksi sebaiknya dilakukan dengan menambah luas bidang singgung roda dengan tanah. Dengan bertambahnya harga b dan l, harga traksi dengan sendirinya akan bertambah. Hal ini dapat dilakukan dengan memperluas tapak roda dengan menggantikan atau menambah roda besi (*steel wheel*) atau roda sarang (*cage wheel*).

Untuk kondisi tanah basah/liat upaya peningkatan traksi jangan dilakukan dengan penambahan pemberat pada roda penggerak, karena justru akan lebih meningkatkan harga tahanan guling dan menurunkan harga traksi dari traktor tersebut, sehingga daya terpakai yang dihasilkan justru semakin rendah.

Memperhatikan rumus-rumus yang telah disajikan di muka, hal yang perlu diperhatikan adalah : setiap upaya peningkatan traksi baik penambahan pemberat pada roda penggerak maupun dengan penambahan luas bidang singgung roda dengan tanah akan berakibat meningkatkan pula harga tahanan guling traktor. Dengan penelitian akan dapat dipilih dan ditentukan jenis alat bantu peningkatan traksi yang dapat menghasilkan harga traksi yang tinggi, namun dengan harga tahanan guling yang relatif rendah. Sehingga traktor akan dapat memberikan daya terpakai untuk penarikan/menggerakkan alat pertanian, nilai Koefisien Traksi dan nilai Efesiensi Traksi yang tinggi.

Daftar Pustaka

Barger, E.L., et. all., 1963. Tractor and Their Power Unit, Second Edition John Willey & Son, Inc. New Tork.

Bekker, M.G., 1968. Introduction to Terrain vehicle System, Ann Arbor The University of Michigan Press, Michigan.

Macmillan, R., 1984. Tractor Performance on Theory of Traction, Short Course : Measuring Techniques in Agricultural Machinery, Nuffic-Unibraw/LWH-AUDP, Malang.

Poerwadi Tri, 1976. Experimental Studies on The Rolling Resistance of Rigid Wheel in Wet Paddy Land, Thesis No. 968 AIT, Bangkok.