

FIMP/1992/075

**MEMPELAJARI HUBUNGAN BEBERAPA SIFAT FISIK-MEKANIK
TANAH DAN KEDALAMAN PENGOLAHAN TANAH TERHADAP
TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN DENGAN MODEL
BAJAK SINGKAL PADA "SOIL BIN"**

Oleh

SRI HARWANTA

F 23. 1772



1 9 9 2

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R**

RINGKASAN

Harwanta, Sri. F23.1772. 1992. Di bawah bimbingan Dr. Ir. Frans Jusuf Daywin, MSc dan Ir. Imam Hidayat. Mempelajari Hubungan Beberapa Sifat Fisik-Mekanik Tanah dan Kedalaman Pengolahan Tanah Terhadap Tahanan Tarik Tanah Pembajakan Dengan Model Bajak Singkal Pada "Soil Bin".

Pengolahan tanah yang baik sangat diperlukan dalam budidaya tanaman, yang merupakan tahap awal dan menentukan bagi pertumbuhan tanaman. Faktor terpenting dalam pengolahan tanah yang perlu diperhatikan adalah tahanan tarik tanah. Beberapa penelitian mengenai tahanan tarik tanah telah dilakukan, namun belum diperoleh hasil yang menunjukkan tahanan tarik tanah yang sebenarnya.

Tahanan tarik tanah didefinisikan sebagai komponen horisontal dari gaya tarik peralatan pengolahan tanah yang searah dengan unit penggerak. Pengukuran tahanan tarik tanah ada dua macam, yaitu pengukuran secara langsung di lapang dan secara tidak langsung di laboratorium. Pengukuran secara langsung di lapang sulit dilakukan, karena kondisi lapang tidak mudah dikendalikan. Pengukuran secara tidak langsung dilakukan dengan menggunakan model alat pengolahan tanah pada "Soil Bin". Dengan mengetahui besarnya tahanan tarik tanah, maka daya yang dibutuhkan dalam pengolahan tanah dapat ditentukan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan hubungan antara tahanan tarik tanah bajak singkal dengan

beberapa sifat fisik-mekanik tanah dan kedalaman olah pada pengolahan tanah dengan menggunakan model bajak singkal.

Sprinkle, et al (1971) di dalam Keolen (1977) menyatakan bahwa besarnya tahanan tarik tanah pada pisau datar dengan perbandingan panjang dan lebar yang tetap, merupakan fungsi dari parameter-parameter seperti tercantum dalam persamaan berikut :

$$D = f(v, g, d, \alpha, \theta, \delta, c, \gamma) \dots \dots \dots (11)$$

Dengan menggunakan teori Pi Buchingham, didapatkan hubungan sebagai berikut :

$$\frac{D}{d^3} = f(v^2/gd, \alpha, \theta, \delta, c/\gamma d) \dots \dots \dots (12)$$

di mana, D : gaya tahanan tarik tanah ; v : kecepatan maju bajak; g : percepatan gravitasi; d : kedalaman olah; α : sudut potong; θ : sudut friksi internal tanah; c : kohesi tanah dan γ : densitas tanah.

Larson, et al (1966) menyatakan bahwa tahanan tarik tanah model bajak singkal merupakan fungsi dari beberapa parameter seperti tercantum dalam persamaan berikut :

$$R = f(D, \lambda, g, \theta, n, w, c, \tan \phi, A, \tan \mu) \dots \dots \dots (13)$$

Persamaan (13) tersebut dapat ditulis menjadi :

$$\frac{R}{wD^3} = f(\lambda/D, v^2/gD, \theta, n, c/wD, \tan \phi, A/wD, \tan \mu) \dots (14)$$

di mana, R : gaya tahanan tarik tanah, F ; D : lebar bajak, L ; λ : dimensi lainnya, L ; v : kecepatan pembajakan,

LT^{-1} ; g : percepatan gravitasi, LT^{-2} ; θ : sudut lateral permukaan bajak,— ; n : parameter rancangan yang merupakan rata-rata perubahan sudut vertikal permukaan bajak ; w : "bulk volume weight" tanah, FL^{-3} ; c : kohesi tanah, FL^{-2} ; $\tan \phi$: tangen sudut geseran tanah, — ; A : adhesi tanah, FL^{-2} ; $\tan \alpha$: koefisien gesekan tanah dan logam, —

Tahanan tarik tanah merupakan fungsi dari parameter-parameter yang mempengaruhi seperti tercantum dalam persamaan berikut :

$$D = f(g, v, d, r, \tan \phi, \tan \alpha, c, \rho, m, l, p) \dots \dots \dots (30)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, MLT^{-2} ; g : percepatan gravitasi, LT^{-2} ; v : kecepatan operasi pembajakan, LT^{-1} ; d : kedalaman olah, L ; r : radius kurvatur, L ; $\tan \phi$: tangen sudut friksi internal tanah, — ; $\tan \alpha$: tangen sudut antara dasar landside dan kelengkungan, — ; c : kohesi tanah, ML^{-2} ; ρ : berat isi tanah, ML^{-3} ; l : lebar model bajak singkal, L ; p : panjang model bajak singkal, L .

Persamaan (30) dapat ditulis menjadi :

$$D/mg = f(d/p, r/p, \tan \phi, \tan \alpha, \rho p^3/m, l/p, cv^2l/mg) \dots (35)$$

Jika (r/p) , $(\tan \alpha)$ dan (l/p) dibuat konstan, maka diperoleh persamaan :

$$D/mg = f(d/p, \tan \phi, \rho p^3/m, cv^2l/mg) \dots \dots \dots (37)$$





Hubungan kuantitatif persamaan (37) adalah :

$$D/mg = C \cdot (d/p)^a \cdot (\tan \phi)^b \cdot (\rho p^3/m)^{c'} \cdot (cv^2 l/mg)^d \dots (39)$$

Persamaan (39) di-log-kan diperoleh persamaan :

$$\begin{aligned} \log(D/mg) = \log C + a \log(d/p) + b \log(\tan \phi) + \\ c' \log(\rho p^3/m) + d \log(cv^2/mg) \dots \dots \dots (40) \end{aligned}$$

Nilai $C' = 10^c C$, a , b , c' dan d merupakan konstanta yang dapat ditentukan dengan analisa regresi linier berganda.

Persamaan tahanan tarik tanah model bajak singkal dapat digunakan untuk memperkirakan tahanan tarik tanah prototipe bajak singkal di lapang. Persamaan prediksi tersebut adalah :

$$D_T = (m_T/m_M) \cdot D_M \dots \dots \dots (43)$$

di mana, D_T : tahanan tarik tanah prototipe bajak singkal, Newton

D_M : tahanan tarik tanah model bajak singkal, Newton

m_M : massa model bajak singkal, kilogram

m_T : massa prototipe bajak singkal, kilogram

Pada penelitian ini digunakan model bajak singkal yang dibuat dari plat baja dengan ukuran : panjang, $p = 0,135$ m ; lebar, $l = 0,085$ m ; tebal plat baja, $b = 0,002$ m ; tinggi, $t = 0,071$ m ; massa, $m = 0,633$ kg ; radius kurvatur, $r = 0,103$ m dan kecepatan pembajakan, $v = 0,248$ m/s. Model bajak singkal dipasang pada dudukan "Soil Bin", dengan posisi yang tetap. Tenaga penggerak

yang digunakan adalah motor listrik 2 Hp. Tenaga yang dihasilkan motor disalurkan dengan sistem transmisi untuk menggerakkan kotak tanah "Soil Bin" (gerak maju dan mundur). Tahanan tarik tanah yang terjadi pada bajak dideteksi dengan "straingage" yang dipasang pada batang tarik (beam) antara model bajak singkal dan dudukan. Besaran regangan tegangan yang dihasilkan "straingage" diubah menjadi besaran "Voltage" dengan menggunakan amplifier DPM 613 B. Data yang dihasilkan dicatat dengan RTP 650 A.

Ada empat perlakuan yang dilakukan, yaitu kedalaman olah pembajakan (d), kohesi tanah (c), sudut friksi internal tanah (ϕ) dan berat isi tanah (ρ). Perlakuan kedalaman olah terdiri tiga taraf yang dilaksanakan dengan cara merubah kedalaman permukaan tanah, sedangkan posisi model bajak singkal tetap. Perlakuan kohesi tanah (c) dan sudut friksi internal tanah (ϕ) terdiri dari tiga taraf yang dilaksanakan dengan merubah kadar air tanah. Kohesi tanah (c) dan sudut friksi internal tanah (ϕ) diukur dengan uji triaksial. Perlakuan berat isi tanah terdiri dari empat taraf mencakup tiga jenis tanah, yaitu tanah Latosol Subang, Latosol Cikabayan dan Latosol Darmaga IV.

Tahanan tarik tanah meningkat dengan meningkatnya kedalaman olah pembajakan. Hal ini terjadi karena pada pembajakan yang lebih dalam, massa dan volume tanah yang dipotong dan dibalikkan oleh bajak singkal semakin besar

sehingga gaya yang dibutuhkan untuk pembajakan semakin besar.

Tahanan tarik tanah menurun sesuai dengan meningkatnya kadar air tanah sampai mendekati batas plastis dan akan meningkat lagi setelah melewati batas plastis. Tahanan tarik tanah minimum pada pembajakan tanah Latosol Subang sekitar 27,50 Newton dengan kadar air tanah 35,0% pada kedalaman olah 3 cm. Sedangkan pada pembajakan tanah Latosol Cikabayan sekitar 118,47 Newton dengan kadar air tanah 35,0% pada kedalaman olah 3 cm. Tahanan tarik tanah minimum pada pembajakan tanah Latosol Darmaga IV sekitar 90,80 Newton dengan kadar air tanah 29,45% pada kedalaman olah 3 cm.

Tahanan tarik tanah meningkat sesuai meningkatnya kohesi tanah terjadi pada pembajakan tanah Latosol Cikabayan. Hal ini disebabkan peningkatan kekuatan geseran tanah. Tahanan tarik tanah pada pembajakan tanah Latosol Subang dan Darmaga IV menurun dengan meningkatnya kohesi tanah sampai nilai kohesi tanah $2,32 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Subang dan $1,55 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Darmaga IV. Kemudian akan meningkat lagi pada nilai kohesi tanah lebih besar dari $2,32 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Subang dan $1,55 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Darmaga IV. Penurunan tahanan tarik tanah tersebut karena kelengketan tanah berkurang akibat penurunan kadar air tanah sampai batas plastis.



Tahanan tarik tanah meningkat sesuai meningkatnya sudut friksi internal tanah pada pembajakan tanah Latosol Cikabayan. Tahanan tarik tanah menurun dengan meningkatnya sudut friksi internal tanah (ϕ) sampai $\phi = 13,7^\circ$ untuk tanah Latosol Subang dan $10,5^\circ$ untuk tanah Latosol Darmaga IV. Kemudian akan meningkat lagi dengan meningkatnya sudut friksi internal tanah. Penurunan tahanan tarik tanah tersebut karena keseragaman tanah yang digunakan kurang merata akibat perlakuan pembajakan yang berulang-ulang sehingga tanah mengalami perubahan struktur.

Tahanan tarik tanah meningkat secara eksponensial dengan meningkatnya berat isi tanah. Peningkatan berat isi tanah menyebabkan peningkatan tekanan tanah pada bajak singkal sehingga gaya yang dibutuhkan untuk pemotongan dan pembalikan tanah semakin besar.

Tahanan tarik tanah tidak dapat ditentukan hanya dengan salah satu parameter saja, sedangkan parameter lainnya konstan. Untuk itu pendugaan tahanan tarik tanah digunakan persamaan yang mencakup beberapa parameter secara simultan. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah dan beberapa sifat fisik-mekanik tanah pembajakan dengan model bajak singkal dapat dirumuskan sebagai berikut :

Untuk tanah Latosol Subang :

$$D = (3,3727 \cdot 10^9) \cdot (d)^{0,876} \cdot (\tan \phi)^{-3,82} \cdot (\rho)^{-7,9} \cdot (c)^{3,6} \dots \dots \dots (89)$$

Untuk tanah Latosol Cikabayan :

$$D = (2,10778 \cdot 10^{-3}) \cdot (d)^{0,761} \cdot (\tan \emptyset)^{-0,704} \cdot (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots \dots \dots (93)$$

Untuk tanah Latosol Darmaga IV :

$$D = (9,07912 \cdot 10^{-11}) \cdot (d)^{0,415} \cdot (\tan \emptyset)^{2,56} \cdot (\rho)^{6,52} \cdot (c)^{-1,57} \dots \dots \dots (97)$$

Tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal dapat diperkirakan dengan model bajak singkal. Persamaan yang digunakan untuk memperkirakan tersebut adalah :

Untuk tanah Latosol Subang :

$$D_T = (5,32812 \cdot 10^9) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,876} \cdot (\tan \emptyset)^{-3,82} \cdot (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots \dots \dots (102)$$

Untuk tanah Latosol Cikabayan :

$$D_T = (3,32982 \cdot 10^{-3}) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,761} \cdot (\tan \emptyset)^{-0,704} \cdot (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots \dots \dots (103)$$

Untuk tanah Latosol Darmaga IV :

$$D_T = (1,43429 \cdot 10^{-10}) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,415} \cdot (\tan \emptyset)^{2,56} \cdot (\rho)^{6,52} \cdot (c)^{-1,47} \dots \dots \dots (104)$$

Dengan teori Pi Buchingham, desain bajak singkal yang mempunyai tahanan tarik tanah minimum dapat ditentukan dengan cara simulasi ukuran bajak singkal.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MEMPELAJARI HUBUNGAN BEBERAPA SIFAT FISIK-MEKANIK
TANAH DAN KEDALAMAN PENGOLAHAN TANAH TERHADAP
TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN DENGAN MODEL
BAJAK SINGKAL PADA "SOIL BIN"

Oleh

SRI HARWANTA

F23.1772

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan MEKANISASI PERTANIAN,

Fakultas Teknologi Pertanian,

Institut Pertanian Bogor

1992

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MEMPELAJARI HUBUNGAN BEBERAPA SIFAT FISIK-MEKANIK
TANAH DAN KEDALAMAN PENGOLAHAN TANAH TERHADAP
TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN DENGAN MODEL
BAJAK SINGKAL PADA "SOIL BIN"

Oleh
SRI HARWANTA
F23.1772

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan Mekanisasi Pertanian,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor



Disetujui,
Bogor, 2 Januari 1992

Ir. Imam Hidayat

Pembimbing II

Ir. Frans Jusuf Daywin, MSc

Pembimbing I

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur hanya dipanjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang telah memberikan Rahmat-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya, kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Frans Jusuf Daywin, MSc. selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan studi di IPB.
2. Bapak Ir. Imam Hidayat selaku dosen pembimbing II
3. JICA yang telah membantu dalam penyediaan dana penelitian.
4. Bapak Ir. Asep Sapei, MS dan Ir. Erizal yang telah mengizinkan dan memberikan bimbingan dalam penelitian mengenai tanah di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
5. Saudara Ir. Setyo Edi Susanto dan Berry Silalahi selaku teman satu team atas kerja sama yang baik sejak awal sampai selesai penelitian.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam skripsi ini.

Insya Allah skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan umat manusia. Penulis akan sangat gembira apabila karya ini digunakan untuk kebaikan.

Bogor, Januari 1992

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. PENGOLAHAN TANAH	4
B. SUMBER DAYA DALAM PENGOLAHAN TANAH ..	5
C. BAJAK SINGKAL	7
D. HUBUNGAN TAHANAN TARIK TANAH DAN KE- DALAMAN OLAH	15
E. HUBUNGAN SIFAT-SIFAT FISIK TANAH DENGAN PENGOLAHAN TANAH	21
F. TAHANAN TARIK TANAH PADA PEMBAJAKAN DENGAN BAJAK SINGKAL	30
G. PENGUKURAN TAHANAN TARIK TANAH	32
H. TEGANGAN DAN REGANGAN PADA BAHAN LOGAM	40
I. "STRAIN GAGE" PENGUKUR REGANGAN	42
J. PEMAKAIAN "STRAIN GAGE" SEBAGAI PENGUKUR GAYA	47



III.	PENDEKATAN PERCOBAAN	54
A.	RANCANGAN PERCOBAAN	54
B.	SISTEM PENGUAT DAN PERAGA	61
C.	ANALISA MODEL	62
IV.	METODOLOGI PENELITIAN	66
A.	TEMPAT DAN WAKTU	66
B.	ALAT DAN BAHAN	66
C.	PROSEDUR PERCOBAAN	67
D.	KALIBRASI	78
E.	PERLAKUAN	78
V.	HASIL DAN PEMBAHASAN	80
A.	KALIBRASI PERALATAN	80
B.	HUBUNGAN KEDALAMAN PENGOLAHAN TANAH DENGAN TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN DENGAN MODEL BAJAK SINGKAL	84
C.	HUBUNGAN BEBERAPA SIFAT FISIK-MEKANIK TANAH DENGAN TAHANAN TARIK TANAH PEMBA- JAKAN DENGAN MODEL BAJAK SINGKAL	86
D.	HUBUNGAN TAHANAN TARIK TANAH DENGAN BEBE- RAPA SIFAT FISIK-MEKANIK TANAH DAN KEDA- LAMAM PEMBAJAKAN DENGAN MODEL BAJAK SING- KAL	109
E.	PERKIRAAN TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN PROTOTIPE (D_p) TERHADAP MODEL BAJAK SING- KAL (D_m)	114

VI. KESIMPULAN DAN SARAN 119

 A. KESIMPULAN 119

 B. SARAN 122

LAMPIRAN 123

DAFTAR PUSTAKA 163



Halaman ini adalah hak milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau diperjualbelikan kembali.
 1. Dilarang mengutip, menyalin, atau melakukan karya lain di bagian ini tanpa izin tertulis dari IPB University.
 2. Dilarang menyalin, mengutip, atau melakukan karya lain di bagian ini tanpa izin tertulis dari IPB University.
 3. Dilarang menyalin, mengutip, atau melakukan karya lain di bagian ini tanpa izin tertulis dari IPB University.
 4. Dilarang menyalin, mengutip, atau melakukan karya lain di bagian ini tanpa izin tertulis dari IPB University.
 5. Dilarang menyalin, mengutip, atau melakukan karya lain di bagian ini tanpa izin tertulis dari IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1.	Konstruksi Bajak Singkal, Terpasang dan Terurai ..8
2.	Penampang Melintang Hasil Pembajakan dengan Bajak Singkal8
3.	Dua Desain Mata Bajak : Dua Bagian dan Satu Bagian9
4.	Gaya Penjepitan dan Penghancuran pada Bajak Singkalii
5.	Resultan Gaya Horisontal pada Bajak Singkal..... 12
6.	Letak Pusat Telapak Bajak Singkal14
7.	Analisa Gaya pada "Blade"16
8.	Perhitungan Faktor Gaya $N_{\gamma H}$ dan N_{cH}17
9.	Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Kedalaman Olah pada Dua Macam Tanah18
10.	Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Sudut Potong "Blade" dan Kedalaman Olah yang Berbeda19
11.	Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Kedalaman Olah dan Sudut Potong "Blade"20
12.	Hubungan antara Tahanan Tarik Tanah dengan Kan- dungan Air Tanah pada Frekuensi yang Berbeda24
13.	Kekuatan Geser Tanah28
14.	Sel Triaksial28
15.	Lingkaran Mohr pada Percobaan Triaksial29
16.	Dinamometer Strain gage Berbentuk Cincin Rancangan Zoerb 34

17.	Dinamometer "Strain gage" Tiga Titik Gandeng Rancangan Scholtz	35
18.	Dinamometer Tiga Titik Gandeng Rancangan Tanah	35
19.	Skema Instrumen pada Traktor dengan Dinamo- meter Tiga Titik Gandeng	36
20.	Peralatan yang Digunakan Oleh Larson, <u>et al</u> dalam Memprediksikan Tahanan Tarik Tanah ...	39
21.	Hubungan Beban Tarik dengan Regangan	41
22.	Kurva Tegangan Regangan pada Bahan Logam ...	41
23.	Konstruksi "Strain gage"	43
24.	Bentuk Umum Pengukur Regangan Tahanan Listrik Tertutup	44
25.	Gejala Histerisis	46
26.	Rangkaian Jembatan Wheatstone	48
27.	Diagram Skematis dari Transduser Gaya yang Menunjukkan Kedudukan Listrik dan Fisik Pengukur Regangan	50
28.	Pemisahan Gaya Miring dengan Rangkaian Jembatan yang hanya Peka Terhadap Komponen Gaya Horisontal atau Vertikal	51



29. Pengukur Geseran Langsung Keluaran Jembatan Tidak Tergantung pada Penerapan Titik Gaya Asalkan Di Luar Sumbu FF 52

30. Letak dan Hubungan "Strain gage" untuk Pengukuran pada Torsi "Wrench" Secara Langsung 53

31. Batang "Cantilever" yang dilengkapi dengan Beberapa "Strain gage" yang Peka Terhadap Gaya Vertikal dan Tidak Peka Terhadap Gaya Horizontal 53

32. Sistem Transmisi pada "Soil Bin" 55

33. Hasil Rancangan "Soil Bin" 56

34. Hasil Pemasangan "Strain gage" 58

35. Model Bajak Singkal 60

36. Sambungan antara "Beam" dengan Model Bajak Singkal 60

37. Pemasangan "Strain gage" pada Batang Tarik dan Posisi Batang Tarik pada Dudukan "Soil Bin" 68

38. Hasil Pemasangan "Strain gage" pada "Beam" Tarik dari Model Bajak Singkal 69

39. Rangkaian Alat Peraga 69

40. Pengayakan Tanah dengan Saringan 2000 μ m untuk Memperoleh Butiran Tanah yang Seragam ... 70

41.	Pengaturan Kadar Air Tanah dengan Menambah Air Menggunakan Sprayer	71
42.	Pengadukan dan Perataan Tanah	72
43.	Pengukuran Kadar Air Tanah	72
44.	Pemadatan Tanah dengan Roda Pemadat	73
45.	Pengukuran Kepadatan Tanah dengan Penetrometer S-R.	74
46.	Pengambilan Contoh Tanah dengan Ring Sample	75
47.	Uji Triaksial di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor	76
48.	Pengukuran Mulai Dilakukan	77
49.	Hubungan antara Tinggi Grafik Pencetakan "Oscilograph pen recorder" dengan Regangan ($\mu\epsilon$) DPM 6138	80
50.	Hubungan antara Tinggi Grafik Pencetakan "Oscilograph pen recorder" dengan Penambahan Beban dan Pengurangan Beban Transduser	81
51.	Hubungan antara Tegangan Keluaran (volt) 650 A dengan Penambahan Beban dan Pengurangan Beban pada Transduser	83
52.	Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Kedalaman Pengolahan Tanah Bajak Singkal	85
53.	Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Kadar Air Tanah pada Tanah Latosol Subang	87
54.	Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Kadar Air Tanah pada Tanah Latosol Cikabayan	88



55. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Kadar Air Tanah pada Tanah Latosol Darmaga IV88

56. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Ko-hesi Tanah pada Tanah Latosol Subang90

57. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Ko-hesi Tanah pada Tanah Latosol Cikabayan94

58. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Ko-hesi Tanah pada Tanah Latosol Darmaga IV96

59. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Sudut Friksi Internal Tanah pada Tanah Latosol Subang100

60. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Sudut Friksi Internal Tanah pada Tanah Latosol Cikabayan101

61. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Sudut Friksi Internal Tanah pada Tanah Latosol Darmaga IV102

62. Hubungan Tahanan Tarik Tanah dengan Berat Isi Tanah107

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

1.	Spesifikasi "Strain gage"	123
2.	Spesifikasi Bridge Box	124
3.	Spesifikasi dan Identifikasi Bagian "Dynamic Strain Amplifier" Model DPM 611 A dan DPM 613B	
4.	Spesifikasi Perekam Data	125
5.	Uji Kompresi Triaksial	128
6.	Data Kalibrasi Instrumen	136
7.	Data Kalibrasi Penambahan dan Pengurangan Beban dengan "Pen Recorder" dan RTP	137
8.	Data Pengukuran Kedalaman Pembajakan (d) dan Tahanan Tarik Tanah (D)	139
9.	Data Pengukuran Kadar Air Tanah (K) dan Tahanan Tarik Tanah (D) Pembajakan	140
10.	Data Hasil Pengukuran Kohesi Tanah (c), Sudut Friksi Internal Tanah (ϕ) dan Tahanan Tarik Tanah (D)	143
11.	Data Hasil Pengukuran Berat Isi Tanah (ρ) dan Tahanan Tarik Tanah (D)	146
12.	Hasil Pengukuran Tahanan Tarik Tanah dengan Model Bajak Singkal	147
13.	Data Tekstur Tanah	149
14.	Data Hasil Pengukuran Plastisitas Tanah	150
15.	Hasil Regresi Linier Berganda dengan Menggunakan Konstanta pada Tanah Latosol Subang	151

16. Hasil Regresi Linier Hubungan antara $(cv^2 l/mg)$ dengan $(\rho p^3/m)$ pada Tanah Latosol Subang 153

17. Hasil Regresi Linier Berganda Tanpa Konstanta pada Tanah Latosol Subang..... 154

18. Hasil Regresi Linier Berganda dengan Menggunakan Konstanta pada Tanah Latosol Cikabayan 155

19. Hasil Regresi Linier Hubungan antara $(cv^2 l/mg)$ dengan $(\rho p^3/m)$ pada Tanah Latosol Cikabayan 157

20. Hasil Regresi Linier Berganda Tanpa Konstanta pada Tanah Latosol Cikabayan 158

21. Hasil Regresi Linier Berganda dengan Konstanta pada Tanah Latosol Darmaga IV 159

22. Hasil Regresi Linier Hubungan antara $(cv^2 l/mg)$ dengan $(\rho p^3/m)$ pada Tanah Latosol Darmaga IV 161

23. Hasil Regresi Linier Berganda Tanpa Konstanta pada Tanah Latosol Darmaga IV 162

BAB I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Salah satu faktor yang mempengaruhi hasil produksi tanaman adalah pengolahan tanah. Pengolahan tanah masih sangat diperlukan dalam budidaya tanaman, yang merupakan tahap awal dan menentukan pertumbuhan tanaman. Dengan pelaksanaan pengolahan tanah yang baik, maka produksi tanaman dapat ditingkatkan.

Ada dua jenis sumber daya yang digunakan dalam pengolahan tanah, yaitu sumber daya tarik dan daya putar. Daya tarik digunakan untuk pembajakan dengan bajak singkal, bajak piring, bajak pahat, bajak bawah tanah dan untuk penggaruan. Daya putar digunakan dalam pengolahan tanah dengan bajak putar pada lahan basah/sawah.

Faktor yang terpenting dalam pengolahan tanah yang perlu diperhatikan adalah tahanan tarik tanah. Beberapa penelitian mengenai tahanan tarik tanah telah dilakukan oleh para peneliti. Namun hasil yang diperoleh belum menunjukkan tahanan tarik tanah yang terjadi pada peralatan pengolahan tanah sebenarnya.

Tahanan tarik tanah didefinisikan sebagai komponen horisontal dari gaya tarik peralatan pe-

ngolahan tanah yang searah dengan arah unit penggerak. Pengukuran tahanan tarik tanah ada dua macam, yaitu pengukuran di lapang yang disebut pengukuran langsung dan pengukuran yang dilakukan di Laboratorium disebut pengukuran secara tidak langsung.

Pengukuran langsung di lapang sulit dilakukan sesuai yang diharapkan, karena kondisi lapang tidak mudah dikendalikan. Kondisi lapang tersebut antara lain : jenis tanah, tekstur tanah, vegetasi yang tumbuh, sifat mekanis tanah dan kadar air tanah. Untuk itu penelitian ini dilakukan secara tidak langsung yang lebih mudah dalam pelaksanaannya namun hasil yang diperoleh dapat untuk memperkirakan tahanan tarik tanah peralatan pengolahan tanah yang sebenarnya.

Pengukuran tahanan tarik tanah secara tidak langsung dilakukan di laboratorium dengan menggunakan model peralatan pengolahan tanah pada "Soil Bin". Peralatan pengolahan tanah yang digunakan adalah model bajak singkal karena bajak ini paling sering digunakan dalam pengolahan tanah di lapang.

Pada pengukuran tersebut, kondisi lapang dapat dikendalikan sehingga nilai yang diperoleh akan dapat digunakan untuk memprediksi tahanan tarik tanah yang diterima alat pengolah tanah. Beberapa

sifat fisik-mekanik tanah dan kedalaman olah pengolahan tanah dipelajari pengaruhnya terhadap tahanan tarik tanah sehingga diperoleh hubungan matematik.

Dengan mengetahui besarnya tahanan tarik tanah yang diterima alat pengolahan tanah, maka besarnya daya yang dibutuhkan dalam pengolahan tanah dapat ditentukan. Dengan demikian dapat ditentukan besarnya daya traktor pertanian yang digunakan dalam pengolahan tanah agar daya yang tersedia dapat digunakan secara maksimal.

B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan hubungan antara tahanan tarik tanah bajak singkal dengan beberapa sifat fisik-mekanik tanah dan kedalaman olah pada pengolahan tanah dengan menggunakan model bajak singkal.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. PENGOLAHAN TANAH

Pengolahan tanah merupakan suatu tindakan mekanis terhadap tanah untuk menciptakan keadaan fisik tanah agar sesuai untuk pertumbuhan tanaman (Baver, 1961, Smith, 1977).

Soepardi, G. (1979) mengemukakan bahwa tujuan pengolahan tanah adalah untuk menciptakan tempat tumbuh persemaian, tempat bertanam, menciptakan daerah perakaran yang baik, membenamkan sisa tanaman dan memberantas gulma dan menciptakan sifat olah yang baik. Sifat olah yang baik mencerminkan kondisi fisik tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Sifat olah sangat tergantung dari granulasi dan kemantapan agregat, kadar air, aerasi, kecepatan infiltrasi, drainase dan kapasitas air kapiler.

Menurut Smith (1977), pengolahan tanah dibagi menjadi dua tahapan, yaitu pengolahan tanah pertama dan pengolahan tanah kedua.

Pengolahan tanah pertama dimaksudkan untuk mempersiapkan tanah bagi tanaman dan membersihkan dari tumbuhan pengganggu. Pada tahap ini, tanah dipotong, dilonggarkan dan dibalik. Adapun alat yang digunakan dalam pengolahan tanah pertama ada-

ialah bajak sisi-sisi, bajak pisau berputar, bajak pi-ring, bajak erisel dan bajak "subsoil" (Smith, 1977).

Sedangkan pengolahan tanah kedua bertujuan untuk menghancurkan bongkahan-bongkahan tanah yang besar dan sisa tanaman yang terpotong pada pengolahan tanah pertama menjadi lebih halus. Pada kondisi seperti ini, sisa tanaman dan tumbuhan pengganggu akan mati dan membusuk sehingga dapat menjadi sumber hara bagi pertumbuhan tanaman yang diusahakan (Smith, 1977).

Pengolahan tanah yang baik akan mempunyai fungsi : membalikkan dan menanamkan rumput, sisa tanaman dan bahan organik, menghaluskan tanah ke dalam struktur granular, menghasilkan olahan tanah yang lurus serta mempunyai lebar, jarak dan kedalaman yang seragam, semua bagian tanah dapat terolah tanpa memberikan efek pemadatan tanah (Smith, 1977).

B. SUMBER DAYA DALAM PENGOLAHAN TANAH

Kebutuhan daya dalam pengolahan tanah digunakan dua jenis pekerjaan, yaitu untuk daya menarik (tractive work) dan sumber daya yang tidak bergerak atau berputar (stationary work). Daya menarik antara lain digunakan untuk membajak dan mengolah tanah lainnya (Winson, 1969).

Dalam pengolahan tanah untuk pertanian, sumber daya yang biasa digunakan adalah daya manusia, daya ternak dan daya traktor.

Daya manusia dan daya ternak merupakan sumber daya tertua dan tradisional. Daya manusia besarnya sekitar 0,1 Hp. Sedangkan daya ternak yaitu kuda antara 0,67 Hp sampai 1,33 Hp dan daya sapi sekitar 3,5 Hp (Lapu Katu dan Sitompul, 1970).

Penggunaan traktor sebagai sumber daya dalam proses pengolahan tanah sudah banyak digunakan, bahkan merupakan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi kerja manusia. Traktor dapat digolongkan berdasarkan jenis motor penggerak, tipe alat gandeng, besarnya daya dan sebagainya. Penggolongan ini belum ada keseragaman karena hanya pihak yang menggolongkannya berdasarkan selera dan kepentingan masing-masing (Daywin, et al, 1991).

Berdasarkan penelitian, untuk melakukan pengolahan tanah seluas satu acre (0,4047 ha) tiap hari diperlukan daya manusia sebanyak 20 orang atau lebih dengan hanya menggunakan peralatan sederhana, sedangkan satu orang dengan mengendarai traktor berdaya 20 Hp dapat mengolah tanah seluas satu acre dalam waktu satu jam (Barger, et al, 1958).

Dengan mengetahui besar tahanan tarik spesifik tanah yang diterima oleh alat pengolah tanah, maka besarnya daya yang dibutuhkan untuk menarik beban dapat dihitung dengan persamaan :

$$HP = \frac{F \times W \times D \times V}{76,016} \dots\dots\dots(1)$$

di mana :

HP : daya yang dibutuhkan untuk menarik beban (HP)

F : tahanan tarik spesifik tanah (kg/cm²)

W : lebar potongan pengolahan tanah (cm)

D : kedalaman operasi pengolahan tanah (cm)

V : kecepatan operasi pengolahan tanah (m/s)

C. BAJAK SINGKAL

1. Konstruksi Bajak Singkal

Menurut Smith (1977), peralatan yang digunakan untuk memecahkan dan meremahkan tanah sampai suatu kedalaman dari 15,2 sampai 91,4 cm dikenal dengan alat pengolah tanah pertama, yang mencakup bajak singkal, bajak piringan, bajak putar, bajak pahat dan bajak tanah bawah.

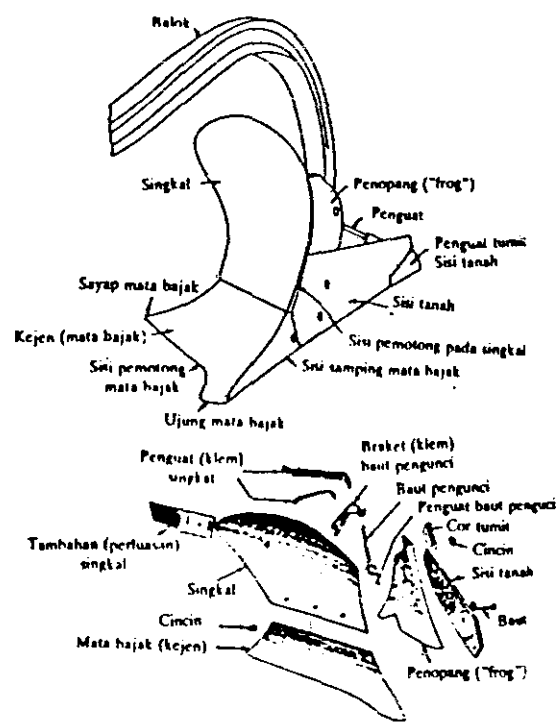
Bajak singkal digunakan untuk pemecahan banyak tipe tanah dan cocok sekali untuk perbaikan tanah serta penutupan sisa tanaman (Smith, 1977).



Halaman 7 dari 10

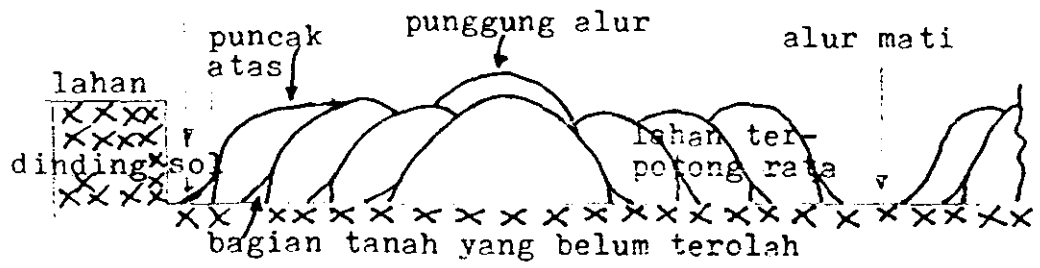


Bagian-bagian bajak singkal dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan penampang melintang hasil pembajakan dengan bajak singkal ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Konstruksi bajak singkal, terpasang dan terurai (Smith, 1977).

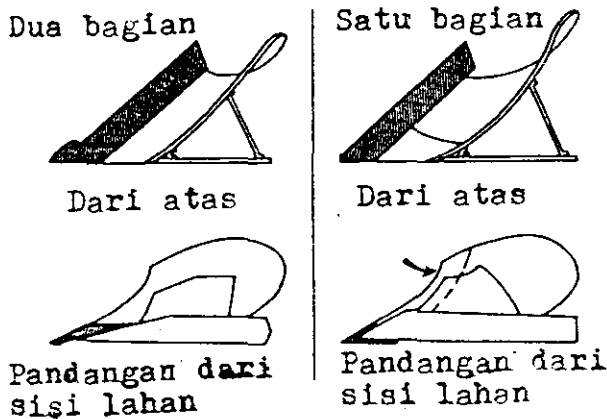
alur bajak



Gambar 2. Penampang melintang hasil pembajakan dengan bajak singkal (Smith, 1977).



Singkal merupakan bagian bajak singkal yang utama. Fungsi singkal adalah menerima potongan tanah dari mata bajak yang selanjutnya membalikkan, memecah lapisan tanah, menghancurkan dan menghaluskan. Mata bajak merupakan bagian yang melaksanakan pemotongan tanah (Gambar 3).



Gambar 3. Dua desain mata bajak : dua bagian dan satu bagian (Smith, 1977).

Sisi samping bajak adalah bagian bajak yang meluncur sepanjang permukaan dinding alur. Sisi samping bajak berfungsi membantu meniadakan tekanan samping sisi yang dilakukan oleh potongan alur terhadap singkal dan menstabilkan bajak pada waktu digunakan.

2. Gaya-gaya yang bekerja pada bajak.

Lindgren dan Zimmerman (1921) di dalam Smith dan Wilkes (1977), menganalisa banyak gaya yang bekerja pada bajak, sebagai : gaya-gaya vertikal

utama, gaya-gaya utama penampang melintang hasil pembajakan arah horisontal dan gaya-gaya utama longitudinal yang bekerja searah panjang penampang melintang hasil pembajakan.

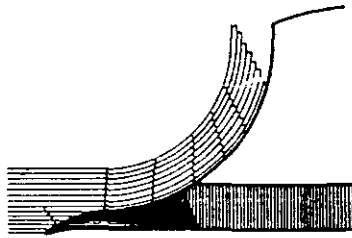
Gaya-gaya utama longitudinal yang bekerja searah panjang penampang melintang hasil pembajakan, meliputi :

- (a) Ketahanan tanah terhadap pemotongan
- (b) Gesekan antara dinding penampang melintang hasil pembajakan dan sisi samping telapak bajak
- (c) Gesekan akibat berat dan tekanan terhadap telapak bajak yang bergantung pada pemasangan atau kondisi sisi baji pemotongan
- (d) Komponen gesekan tanah yang meluncur di atas singkal

White, E.A. (1918) di dalam Smith dan Wilkes(1977) mengatakan bahwa, singkal merupakan suatu permukaan melengkung yang mempunyai kaitan yang besar terhadap fungsi bajak. Fungsi singkal yang tepat tergantung pada lebar, lengkung dan panjangnya. Singkal yang lebih besar, menjadi lebih kuat dan secara alami akan memberikan kegiatan penggemburan yang lebih baik terhadap penampang melintang hasil pembajakan akibat adanya gaya penjepitan dan penghancuran (Gambar 4).



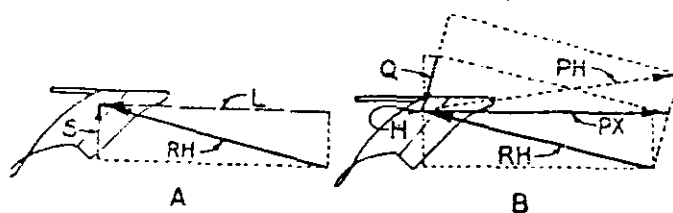
Lengkung yang lebih pendek dan dalam banyak menimbulkan penghancuran yang lebih lembut. Lengkung yang lebih dangkal dan lebih panjang menyebabkan penghancuran yang kurang dan kasar.



Gambar 4. Gaya penjepit dan penghancuran pada singkal.

Clyde (1961) di dalam Smith dan Wilkes (1977) menyatakan bahwa ukuran relatif gaya-gaya yang bekerja pada bajak singkal dengan panjang anak panah seperti ditunjukkan dalam Gambar 5. Ketahanan tanah terhadap mata bajak dan singkal ditunjukkan dengan garis RH. Posisi dan sudut RH akan bervariasi mengikuti kondisi tanah. Pada setiap titik di atas RH, dua gaya yang tidak sama L dan S dapat diganti (gambar 5a). RH membentuk sudut $13,5^{\circ}$ dengan arah bergerak dengan gaya samping S sebesar $24\% L$. Seandainya tanah sepenuhnya bersifat seragam, secara teoritis bajak singkal dapat ditarik dengan suatu gaya yang sama namun ber-

lawan arah dengan RH serta tidak dibutuhkan dukungan dari samping.



Gambar 5. Gaya dan resultan gaya horizontal pada bajak singkal (A.W. Clyde, University of Pennsylvania.)

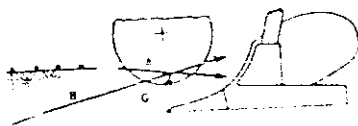
Lebih lanjut Clyde (1961) di dalam Smith dan Wilkes (1977) menerangkan bahwa bila tarikan lurus ke depan, seperti ditunjukkan dalam gambar 6b, bajak singkal membutuhkan dukungan samping dari dinding penampang melintang hasil pembajakan, yang menyebabkan terjadinya gesekan tarik sudut Q . Untuk kesetimbangan samping, komponen samping harus sama dengan S , komponen samping gaya tanah yang bekerja ke kiri. Jika dibuat suatu bagan sisi sejajar pada RH dan Q , gaya tunggal PX akan menyetimbangkan gaya-gaya tadi. Gaya PX melalui H , titik temu RH dan Q sehingga disebut pusat ketahanan telapak singkal. Jika tarikan ada pada suatu sudut PH , tarikan harus melalui titik H maka akan menekan bajak lebih keras terhadap dinding penampang melintang hasil pembajakan. Sudut PH merupakan sudut yang terbentuk serinda komponennya 80% dari S dan merupakan tambahan terhadap S .

Pusat ketahanan atau pusat beban telapak bajak merupakan suatu titik di mana sebuah gaya horisontal dan vertikal bertemu (Gambar 6a dan 6b). Letak pusat ketahanan tidak selalu dapat ditentukan dengan tepat pada telapak bajak, namun berada dalam kisaran. Ukuran-ukuran berikut untuk telapak bajak 35,6 cm :

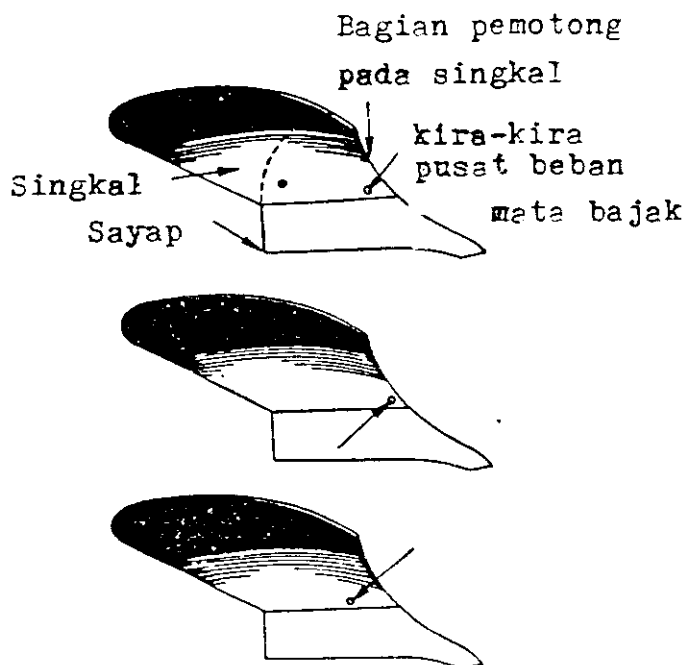
- (a) Gaya-gaya vertikal berada di dalam kesetimbangan 5,1 sampai 6,4 cm ke atas dari dasar bajak
- (b) Gaya-gaya horisontal berada di dalam 5,1 sampai 7,6 cm ke arah kanan dari ujung singkal
- (c) Gaya-gaya memanjang 30,5 sampai 38,1cm ke belakang dari titik mata bajak.

Pusat telapak bajak singkal terletak pada permukaan kira-kira pada tempat di mana mata bajak dan singkal berpotongan dan pada arah kanan ujung singkal (gambar 6b).





Gambar 6a. Pusat telapak bajak merupakan titik pertemuan gaya horison-tal dan vertikal.



Gambar 6b. Letak pusat telapak bajak singkal kira-kira pada tempat di mana mata bajak dan singkal berpotongan dan pada arah kanan ujung singkal.

D. HUBUNGAN TAHANAN TARIK TANAH DAN KEDALAMAN OLAH

Payne dalam Mc Kaye (1978) menyatakan hubungan tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah pengolahan tanah dengan menggunakan "blade" pada tanah liat (Clay) dan tanah lempung berpasir (sandy loam). Kedalaman olah berkisar 5 sampai 22,5 cm. Hubungan tahanan tarik tanah dan kedalaman olah dirumuskan sebagai berikut :

$$H = (\gamma d^2 N_{\delta H} + cdN_{cH} + qdN_{qH})w \dots\dots\dots(2)$$

di mana : H ; tahanan tarik tanah, N

d : kedalaman olah, cm

γ : berat tanah, N/cm²

c : kohesi tanah, kPa

q : tekanan pada permukaan tanah, kPa

N : faktor gaya yang dihitung dari tekanan tanah dan bentuk "blade"

$N_{\delta H}$: faktor gaya karena berat tanah

N_{qH} : faktor gaya karena tekanan pada permukaan

N_{cH} : faktor gaya karena gaya kohesi tanah

Analisa model patahan tanah di depan "blade" dan gaya-gaya yang terjadi pada potongan tanah dapat dilihat pada Gambar 7.

Nilai $N_{\delta H}$ dan N_{cH} dapat ditentukan dengan Gambar 8.

$$\text{dan } N_{qH} = \frac{(r/d)(1 + (r/d)(d/w)\sin\beta')}{\cot(\alpha + \delta) + \cot(\beta + \phi)} \dots\dots\dots(3)$$

di mana ; r : radius kurvatur

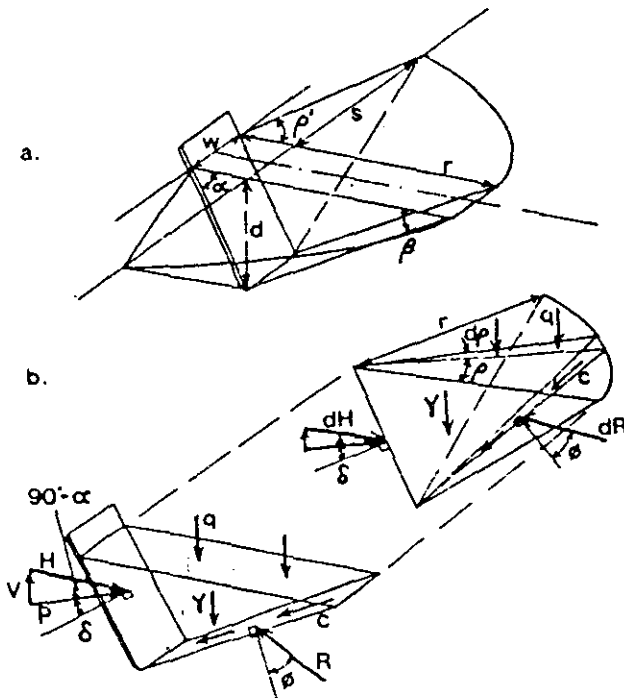
α : sudut "blade" terhadap horizontal

ρ' : sudut maksimum "blade" terhadap garis r

β : sudut "blade" terhadap dasar tanah
(sudut inklinasi)

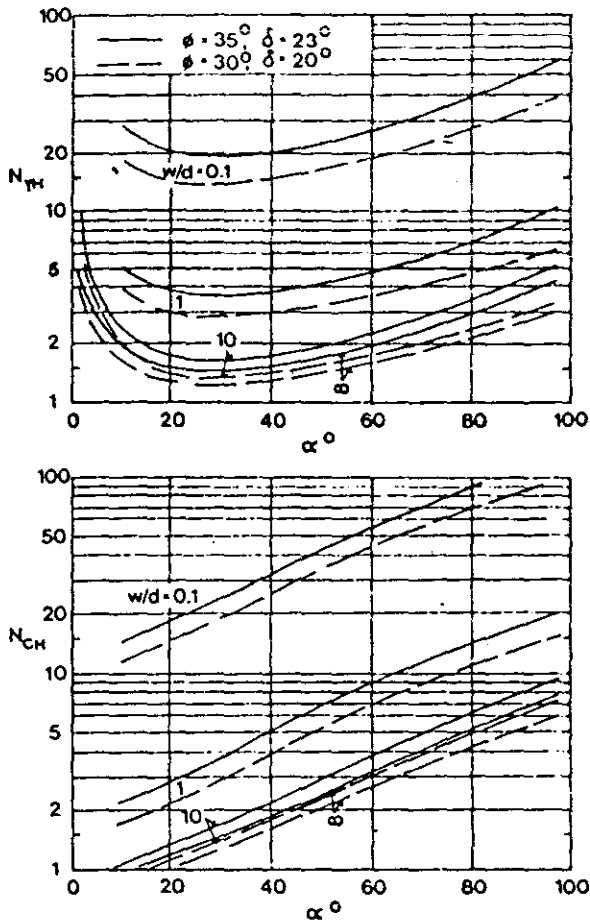
δ : sudut geser "blade" tanah

θ : sudut friksi internal tanah



Gambar 7. Analisa gaya pada "blade".

- (a) Analisa model patahan tanah di depan "blade"
(b) Gaya-gaya dan tekanan yang terjadi pada potongan tanah.



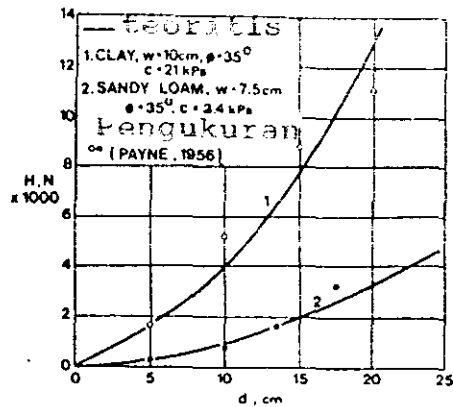
Gambar 8. Perhitungan faktor gaya $N_{\delta H}$ dan N_{CH} .

Keterangan :

$N_{\delta H}$: faktor gaya karena gaya berat tanah

N_{CH} : faktor gaya karena gaya kohesi tanah

Hubungan antara tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah yang dikemukakan oleh Payne dalam McKyes (1978) tertera pada Gambar 9.

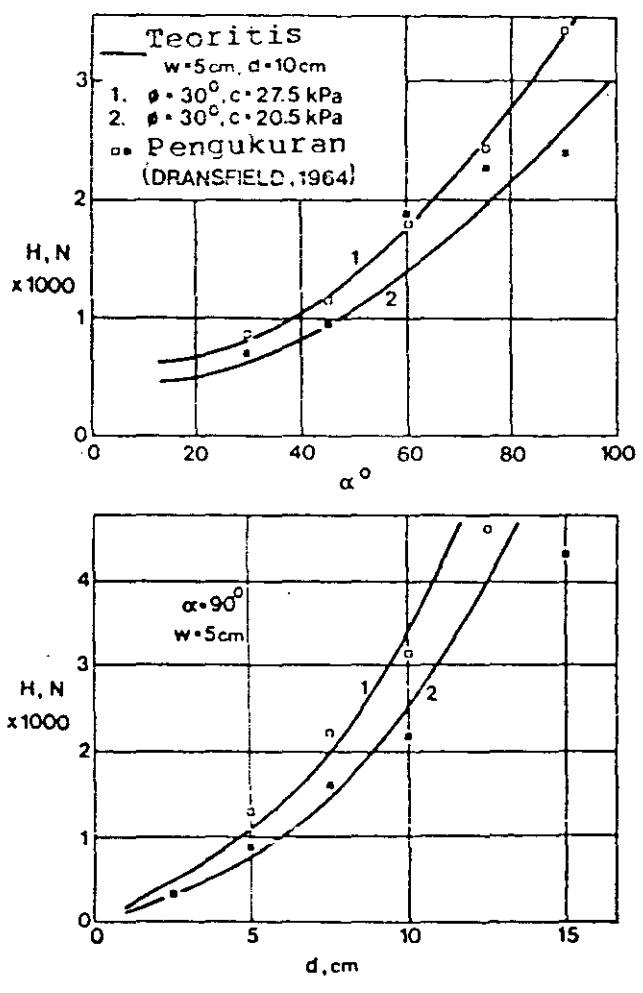


Gambar 9. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah pada dua macam tanah (Payne, dalam McKyes (1978)).

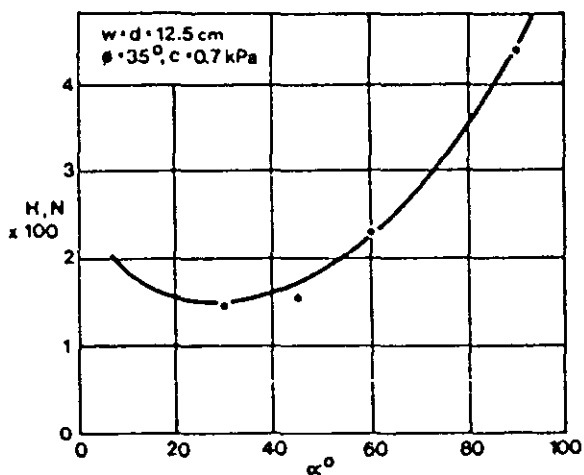
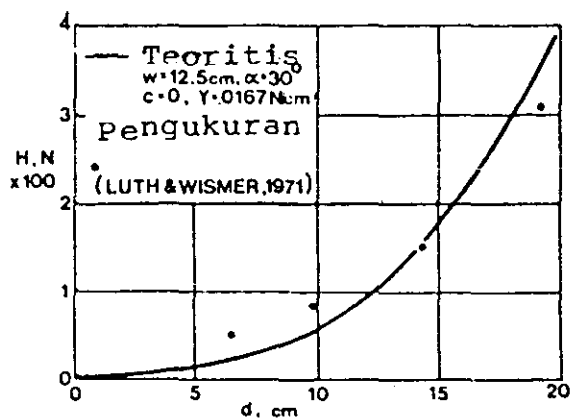
Dransfield, et al (1964) dalam McKyes (1978) menyatakan hubungan tahanan tarik tanah dengan sudut potong "blade" dan kedalaman olah (Gambar 10).

Luth dan Wismer (1971) dalam McKyes (1978) menyatakan hubungan tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah "blade" pada tanah pasir kering udara seperti tertera pada Gambar 11.

Menurut Bainer, et al (1978), kedalaman olah dari pembajakan akan mempengaruhi besarnya nilai tahanan tarik spesifik tanah. Pada kedalaman optimum nilai tahanan tarik spesifik tanah akan minimum, kemudian akan bertambah lagi pada kedalaman berikutnya. Kenaikan tersebut disebabkan oleh implemen bajak singkal yang berfungsi sebagai penekan ketebalan alur potongan mengenai bagian lekuk bajak atau potongan mengenai bagian poros dari piringan pada bajak piring.



Gambar 10. Hubungan tahanan tarik tanah dengan sudut potong "blade" dan kedalaman olah yang berbeda oleh Dransfield et al. dalam Mc Kyes (1978).



Gambar 11. Hubungan Tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah dan sudut potong "blade" (Luth dan Wismer, 1971 dalam Mc Kyas, 1978).

E. HUBUNGAN SIFAT-SIFAT FISIK TANAH DENGAN PENGOLAHAN TANAH

1. Berat Isi Tanah.

Berat isi tanah merupakan perbandingan antara berat tanah seluruhnya dengan isi tanah seluruhnya (Wesley, 1973).

Berat isi dapat ditentukan dengan mengukur berat sejumlah tanah yang isinya diketahui. Untuk tanah asli dipakai cincin yang dimasukkan ke dalam tanah sampai terisi tanah, kemudian atas dan bawahnya diratakan dan cincin serta tanahnya ditimbang.

Berat isi ditentukan dalam satuan kg/cm^3 .

Nilai berat isi pada tanah asli jarang lebih kecil daripada $1,2 \text{ kg/cm}^3$ atau lebih besar daripada $2,5 \text{ kg/cm}^3$. Nilai paling biasa adalah $1,6$ sampai $2,0 \text{ kg/cm}^3$.

2. Kadar Air Tanah.

Sumarto (1983) menyatakan bahwa, pengolahan tanah sebagai manipulasi fisik pada tanah akan merubah susunan tanah, gerakan dan kondisi tanah serta pergerakan air tanah. Pada kedalaman tertentu kandungan air tanah yang di bawah lapisan tanah yang diolah akan lebih tinggi dibandingkan pada tanah tidak diolah. Hal ini disebabkan karena pada proses pengolahan tanah akan mengakibatkan terputusnya sistem kapiler dalam tanah, sehingga da-

pat menurunkan laju penguapan air di bawah permukaan tanah, terutama pada tanah-tanah yang diolah dangkal.

Kadar air tanah sangat berpengaruh terhadap tenaga pengolahan tanah. Menjelang musim kering kadar air tanah akan semakin menurun dan pada keadaan ini tahanan tanah meningkat sehingga mengurangi daya penetrasi alat untuk menembus tanah serta memperbesar tenaga untuk menarik alat (Baver et al, 1972). Menurut Ayers dan Perumpral (1982), berkurangnya daya penetrasi dan bertambahnya tenaga ini disebabkan karena meningkatnya tahanan tanah dan bertambahnya nilai kekuatan geser tanah.

Lebih lanjut Baver et al (1972) menyatakan bahwa, pada kadar air yang sangat rendah, pengolahan tanah akan merusak struktur tanah serta hasil olah bongkah besar.

Kadar air tanah berpengaruh sangat nyata terhadap kebutuhan tenaga tarik bajak, tenaga tahanan guling roda, slip roda traktor, porositas tanah sebelum dan sesudah pembajakan serta daya sanggah (cone index) sebelum dan sesudah pembajakan (Sudrajat, D. 1985).

Lebih lanjut Sudrajat, D. (1985) juga menyatakan bahwa, tenaga tarik bajak yang minimum yang dihitung dari persamaan kuadratik dicapai pada kadar

27,48% basis kering, yaitu sebesar 21,17 Hp pada kecepatan dengan menggunakan gigi transmisi 4L. Dan apabila kecepatan pembajakan lebih rendah, misalnya dengan menggunakan kedudukan gigi transmisi 3L dan 2L, maka kebutuhan tenaga tarik bajak singkal yang minimum masing-masing besarnya 16,20 Hp dan 11,91 Hp pada kadar air tanah 27,33% dan 28,42% basis kering. Bertambahnya kecepatan pembajakan mengakibatkan naiknya kebutuhan tenaga tarik bajak.

Hubungan antara tenaga tarik bajak dengan kadar air tanah pada tiga taraf kecepatan pembajakan dapat dirumuskan (Sudrajat, D., 1985) sebagai berikut :

Untuk kecepatan 2L :

$$Y = 41,0281 - 2,0491X + 36,0556X^2 \dots\dots\dots(4)$$

Untuk kecepatan 3L :

$$Y = 46,6859 - 2,2314X + 40,8245X^2 \dots\dots\dots(5)$$

Untuk kecepatan 4L :

$$Y = 57,9393 - 2,6759X + 48,6886X^2 \dots\dots\dots(6)$$

di mana, Y : tenaga tarik bajak, Hp

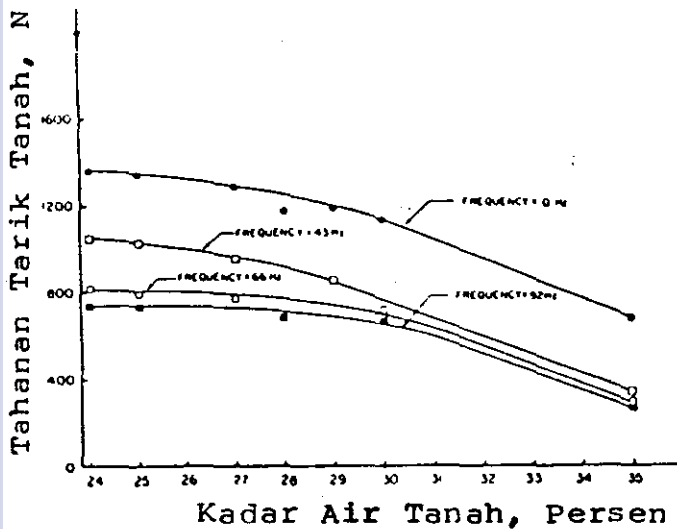
X : kadar air tanah, persen basis kering

Gaya kohesi, adhesi, koefisien gesekan dalam dan koefisien gesekan antara tanah dengan metal merupakan fungsi dari kadar air tanah. Nilai kohesi, koefisien gesekan dalam tanah dan koefisien gesekan antara tanah dan metal meningkat sesuai dengan menurunnya ka-

dar air tanah sampai 10% di bawah batas plastis. Sebaliknya nilai adhesi menurun dengan semakin menurunnya kadar air tanah (Djoyowasito, G., 1989).

Lebih lanjut Djoyowasito, G. (1989) menyatakan bahwa, gaya tarik horisontal bajak merupakan fungsi dari kadar air tanah dan kecepatan maju bajak. Gaya tarik horisontal paling kecil terjadi pada kondisi kapasitas lapang (kadar air 25,27%).

Tabrizi, A.N. dan Willarson, L.S. (1981) menyatakan bahwa, tahanan tarik menurun dengan bertambahnya kadar air tanah (Gambar 12).



Gambar 12. Hubungan antara "Draft" dengan kandungan air tanah pada frekuensi yang berbeda.

3. Kohesi Tanah.

Kohesi tanah adalah ikatan karena adanya gaya tarik menarik antara partikel tanah yang dihasilkan dari mekanisme fisiko-kimia (Baver *et al.*, 1972).

Tenaga ikatan ini dapat berupa gaya tarik menarik Van Der Waals yang besarnya berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara partikel, gaya tarik menarik elektrostatik antara permukaan liat yang bermuatan negatif dan ujungnya yang bermuatan positif.

Besarnya gaya kohesi tanah bervariasi tergantung dari kadar air dan muatan liat. Gaya kohesi tanah meningkat sesuai dengan meningkatnya kandungan liat, sehingga pada tanah pasir praktis tingkat kohesinya nol (Parry, 1960).

Pada tanah pertanian yang kering, nilai tahanan tanahnya semakin besar karena terjadi peningkatan kohesi sebagai akibat dari menurunnya kelembaban tanah (Baver et al., 1972). Koolen dan Kuipers (1983) juga menyatakan bahwa, tahanan spesifik tanah meningkat bersama dengan meningkatnya kohesi dan kandungan liat. Hal ini disebabkan karena terjadinya bongkahan-bongkahan tanah sehingga diperlukan tenaga yang lebih besar untuk mengolah tanah.

4. Gesekan Tanah.

Gesekan merupakan suatu gaya pada permukaan atau pada titik persentuhan antara dua buah benda atau zat yang menentang gaya yang sedang bekerja pada benda tersebut. Demikian halnya yang terjadi apabila dua



massa tanah bergerak satu sama lain, maka gaya gesekan akan bekerja pada permukaan kedua massa tanah tersebut.

Parry (1960) menyatakan bahwa, gaya gesekan antara tanah dan tanah dapat dirumuskan sebagai :

$$F = N \tan \phi \dots\dots\dots(7)$$

di mana, F = gaya gesekan (N)

N = gaya normal (N)

ϕ = sudut gesekan dalam tanah ($^{\circ}$)

$u = \tan \phi =$ koefisien gesekan

Menurut Gill dan Vanderberg (1968), besarnya koefisien gesekan dalam tanah tidak tergantung dari beban normal, luas permukaan dan kecepatan geser. Nilai koefisien gesekan dalam tanah berkisar antara 0,2 sampai 0,8. Sumarto (1983) menyatakan bahwa, nilai gesekan bervariasi tergantung dari kandungan air tanah. Besarnya gaya gesek akan mempengaruhi gaya tarik alat pengolah tanah untuk menggeser tanah (Korayem, 1966).

Disamping itu terdapat gaya gesek antara tanah dan metal (logam). Menurut Hendrick dan Bailey (1982), gaya gesekan antara tanah dan metal dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$F' = N \tan \alpha \dots\dots\dots(8)$$

$$u' = \tan \alpha \dots\dots\dots(9)$$

di mana, F' : gaya gesek antara tanah dan logam (N)

N : gaya normal (N)

α : sudut gesekan antara tanah dan metal (°)

u' : koefisien gesekan antara tanah dan metal, ___

Keruntuhan geser tanah terjadi akibat gerak relatif antara butirnya, bukan karena butirnya yang hancur. Kekuatan tanah untuk menahan geseran tergantung pada gaya-gaya yang bekerja antar butirnya.

Menurut Wesley (1973), kekuatan geser tanah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian yang bersifat kohesi yang tergantung dari macam tanah dan kerapatan butir serta bagian yang mempunyai sifat gesekan yang besarnya sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser. Kekuatan geser dirumuskan sebagai berikut :

$$S = c' + (\sigma - u) \tan \phi' \dots\dots\dots(10)$$

di mana, S = kekuatan geser tanah

σ = tegangan total pada bidang geser

u = tegangan air pori

c' = kohesi tanah

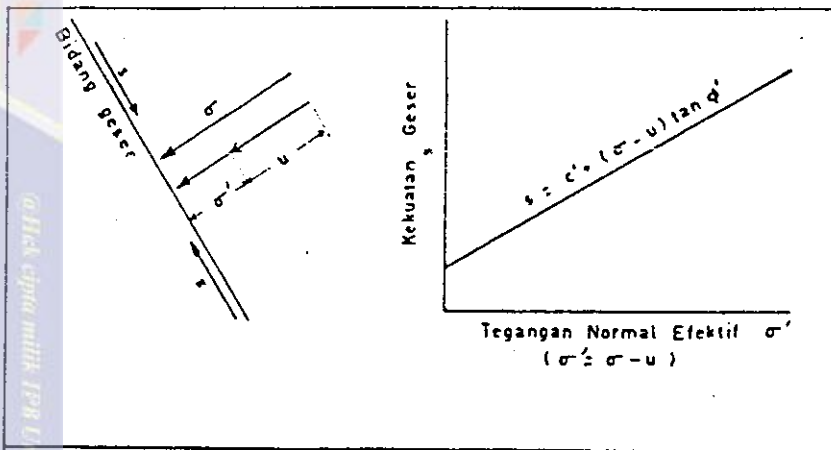
ϕ' = sudut gesekan dalam tanah

$\sigma - u = \sigma'$ = tegangan normal efektif.

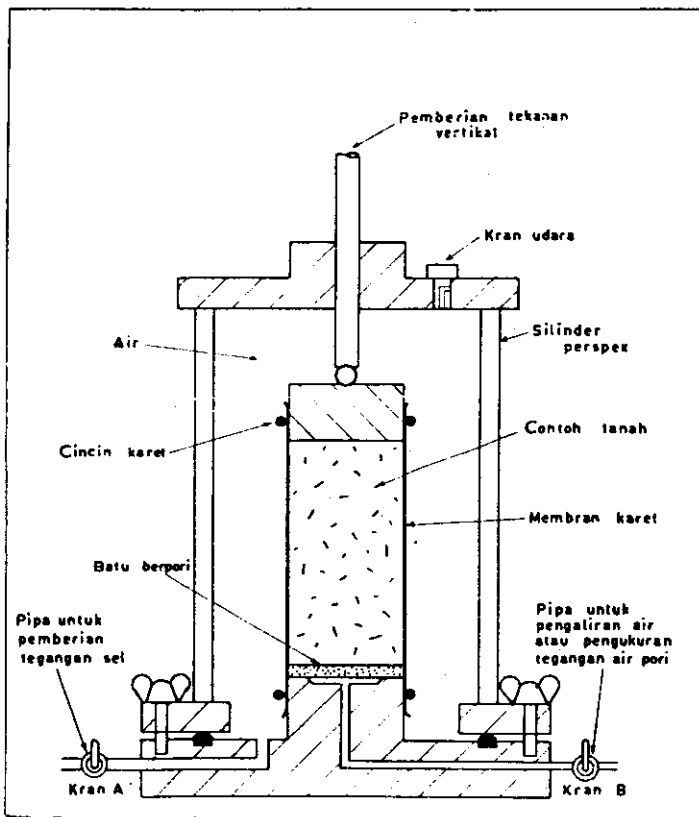
Rumus tersebut dapat digambarkan seperti pada

Gambar 13.



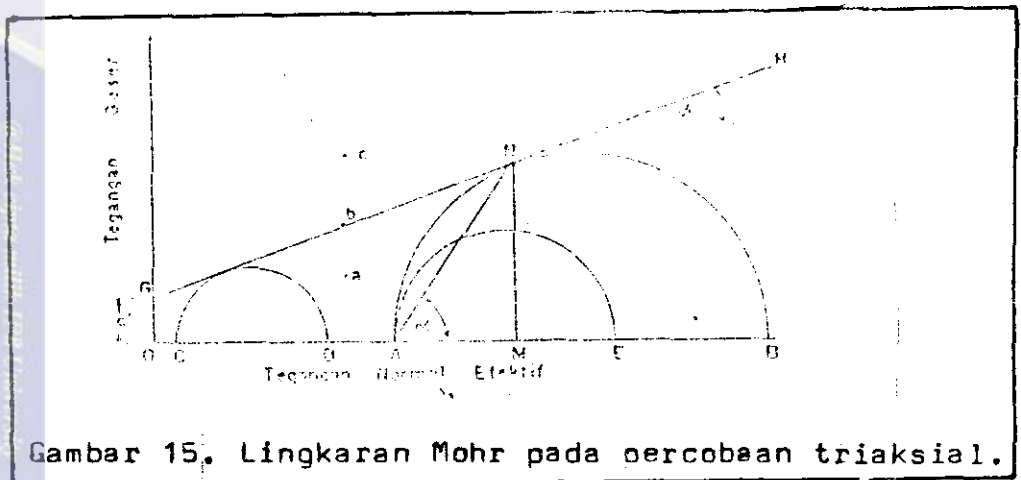


Gambar 13. Kekuatan geser tanah (Wesley, 1973)



Gambar 14. Sel Triaksial (Wesley, 1973)

Uji kekuatan geser tanah dapat dilakukan dengan percobaan triaksial (Gambar 14). Untuk mendapatkan nilai c' dan ϕ' digunakan lingkaran Mohr (Gambar 15).



Gambar 15. Lingkaran Mohr pada percobaan triaksial.

Dari percobaan pada tanah pasir diperoleh nilai kohesi c' selalu nol. Nilai ϕ' tergantung terutama kepada kepadatan pasir tetapi dipengaruhi juga oleh gradasinya. Pasir yang padat mempunyai nilai ϕ' kira-kira antara 40° sampai 45° , sedangkan pasir yang tidak padat mempunyai nilai ϕ' sekitar 30° .

Harga c' dan ϕ' untuk lempung mempunyai variasi yang agak besar. Secara garis besar, c' tergantung pada derajat "overconsolidation". Lempung yang "normally consolidated" mempunyai harga c' yang kecil sekali (hampir sama dengan nol). Makin besar derajat "overconsolidation" makin besar nilai c' . Harga ϕ' tergantung pada besarnya fraksi lempung, maka makin kecil ϕ' makin besar fraksi lempung (Wesley, 1973).

F. TAHANAN TARIK TANAH PADA PEMBAJAKAN DENGAN BAJAK SINGKAL

1. Definisi Tahanan tarik tanah.

Tahanan tarik tanah didefinisikan sebagai komponen horisontal dari gaya tarik peralatan pengolahan tanah yang searah dengan arah unit penggerak. Tahanan tarik tanah dalam tiap satuan luas pengolahan tanah disebut tahanan tarik spesifik. Sedangkan tahanan tarik yang tegak lurus arah gerak disebut tahanan tarik samping.

2. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan tarik tanah.

Menurut Stone (1977), dua faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan tarik tanah adalah kondisi lapang tempat pengolahan tanah dan kondisi alat yang digunakan. Kondisi lapang terdiri dari: jenis tanah, tekstur tanah, vegetasi yang tumbuh dan kandungan air tanah. Sedangkan kondisi alat terdiri dari : kecepatan pembajakan, kedalaman olah, bentuk dan tipe bajak, lebar bajak, ketajaman pisau, tipe penggandengan dan penyetulan bajak.

Bainer *et al* (1960) menyatakan bahwa alat-alat pengolahan tanah yang bergerak dengan kecepatan tetap akan mengalami tiga sistem gaya utama,

yaitu gaya gravitasi yang bekerja pada peralatan, gaya reaksi tanah yang bekerja pada peralatan, gaya yang bekerja antara unit peralatan dan unit penggerak atau traktor.

Clyde dalam Bainer et al (1960) membagi gaya reaksi keseluruhan dari tanah menjadi gaya-gaya yang berguna, yaitu gaya yang harus diatasi oleh alat waktu memotong, menghancurkan, memindahkan tanah dan gaya tahanan tanah. Gaya tahanan tanah adalah gaya yang bekerja pada "land side" dan tapak bajak, termasuk juga gaya gesekan dan gaya "rolling resistance".

Lebih lanjut Bainer et al (1960) mengemukakan bahwa, komponen gaya reaksi horisontal tanah (tahanan tarik tanah) pada bajak singkal berasal dari reaksi terhadap pengangkatan, pembalikan dan penghancuran tanah.

Richey et al (1961), menyatakan bahwa nilai tahanan tarik tanah untuk bajak singkal berkisar antara 3 sampai 20 psi, sedangkan tahanan minimum untuk bajak piring menurut Randolph dalam Bainer et al (1960) terjadi pada kedalaman $1/3$ sampai $1/2$ diameter piringan.

Sprinkle et al (1971) di dalam Koolen (1977) menyatakan bahwa, besarnya tahanan tarik tanah pada pisau datar dengan perbandingan panjang dan lebar yang tetap, merupakan fungsi dari parameter-parameter berikut : $D = f (v, g, d, \alpha, \phi, \delta, c, \gamma) \dots \dots \dots (11)$

di mana :

D : gaya tahanan tarik tanah

v : kecepatan maju bajak

g : percepatan gravitasi

d : kedalaman olah

α : sudut potong

ϕ : sudut friksi internal tanah

δ : sudut friksi tanah- logam

c : kohesi tanah

γ : densitas tanah

Dengan menggunakan Teori Pi, didapatkan hubungan sebagai berikut :

$$\frac{D}{d^3} = f \left(\frac{v^2}{g d}, \alpha, \phi, \delta, \frac{c}{\gamma d} \right) \dots \dots \dots (12)$$

G. PENGUKURAN TAHANAN TARIK TANAH

1. Pengukuran Langsung.

Pengukuran langsung adalah mengukur tahanan tarik tanah pembajakan di lapang, dimana gaya yang terjadi pada saat diukur berdasarkan hubungan antara regangan dan tegangan pada saat pembajakan. Regangan tegangan yang terjadi dideteksi dengan "straingage", kemudian diubah ke dalam besaran-besaran listrik. Besaran listrik tersebut dicatat dalam "data recorder" yang selanjutnya diolah untuk memperoleh tahanan tarik tanah spesifik.

Alat-alat pengukur tahanan tarik tanah di lapangan adalah dinamometer pegas, dinamometer hidrolis dan dinamometer strain gage.

Dinamometer pegas merupakan pengukur tahanan tarik tanah yang paling sederhana. Bagian pegas mengalami perubahan panjang yang ditransformasikan menjadi gerakan sebuah jarum skala (dial) yang menunjukkan besarnya gaya yang merubah panjang tersebut.

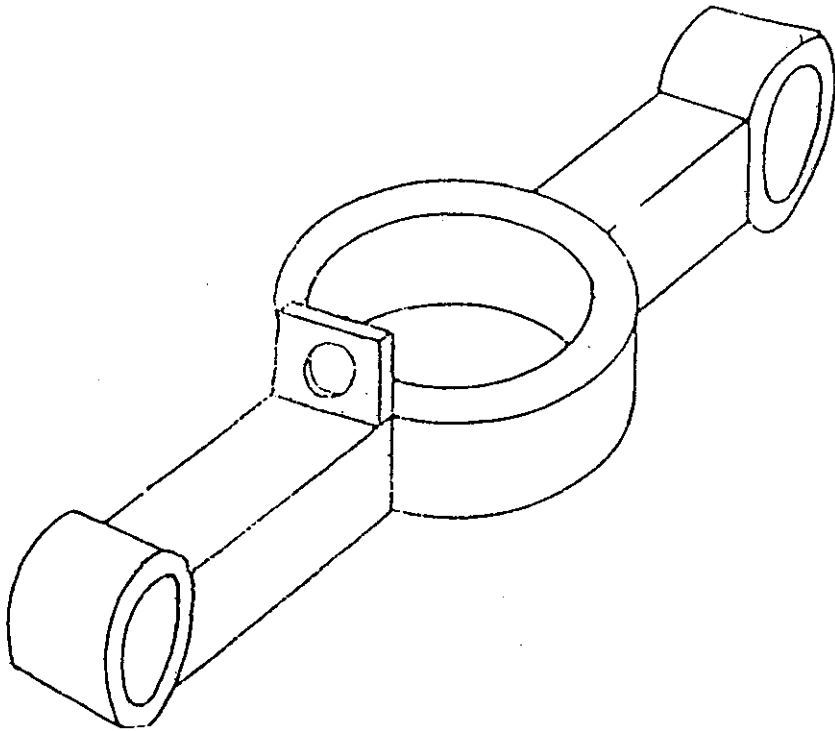
Dinamometer hidrolis, memakai sistem pengaturan silinder hidrolis dan piston sedemikian rupa, jika terjadi tarikan (pull) akan mengakibatkan terjadinya tekanan hidrolis yang disalurkan ke sistem yang menggerakkan jarum skala penunjuk gaya yang terjadi.

Zoerb (1963) merancang dinamometer strain gage untuk mengukur tahanan tarik tanah alat bajak yang digandeng secara "trailing". Transduser gaya berbentuk poros vertikal yang dilekatkan secara permanen pada drawbar traktor. Dapat juga transduser berbentuk cincin (ring) yang dipasang strain gage dan disambungkan batang penghubung ke cincin yang lebih kecil, sebagai tempat pengikat tambang, di mana ujung lainnya disambungkan ke traktor. Dinamometer rancangan Zoerb dapat dilihat dalam Gambar 16.

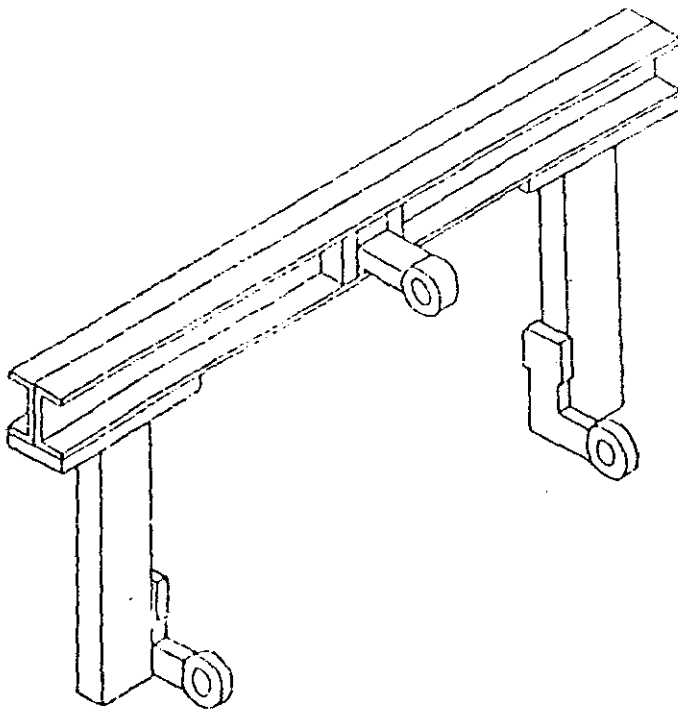
Scholtz (1966) membuat suatu dinamometer pengukur tahanan tarik tanah dengan strain gage yang me-

upakan unit tersendiri yang dipasang sebagai penghubung antara tenaga penggerak traktor dengan alat bajak. Dinamometer ini dapat ditunjukkan dalam Gambar 17.

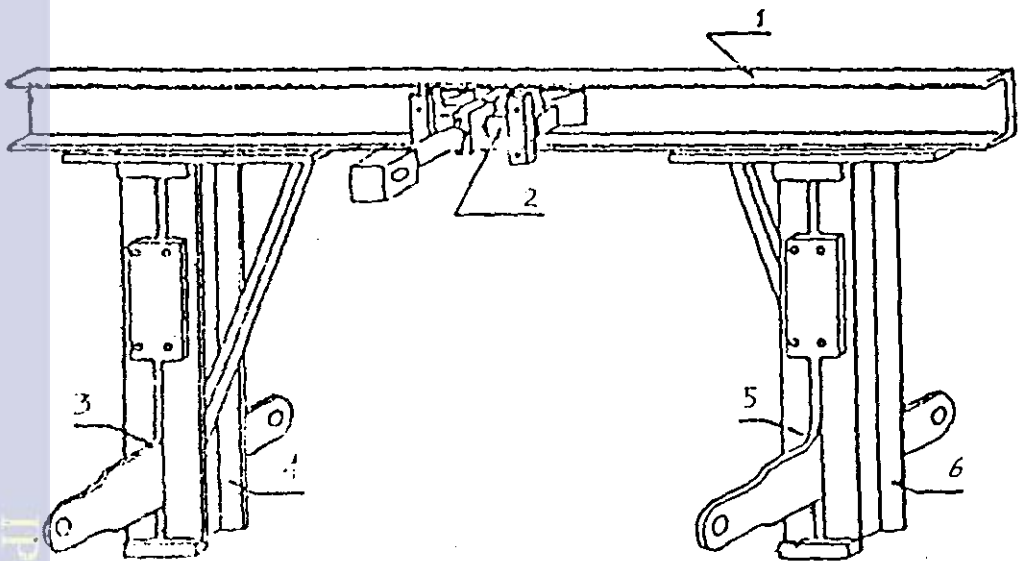
Tanh (1980) telah menyambungkan "Three point linkage Dinamometer" seperti Gambar 18. Syed Mohi-den (1982) menerapkan dinamometer yang telah dikembangkan oleh Tanh untuk mengukur tahanan tarik tanah, seperti Gambar 19.



Gambar 16. "Dynamometer strain gage" berbentuk cincin rancangan Zoerb (1963).



Gambar 17. "Dinamometer strain gage" tiga titik gandang rancangan Scholtz (1966).



Gambar 18. Dinamometer tiga titik gandang rancangan Tanh (1980).

2. Pengukuran Tahanan Tarik Tanah Secara Tidak Langsung.

Pengukuran tahanan tarik tanah secara tidak langsung adalah pengukuran tahanan tarik tanah yang dilakukan di Laboratorium dengan menggunakan model peralatan pengolahan tanah pada "Soil Bin".

Larson, et al (1968) menyatakan bahwa, tahanan tarik tanah model bajak singkal merupakan fungsi dari beberapa parameter seperti tercantum dalam persamaan berikut :

$$R = f(D, \lambda, g, \theta, n, w, c, \tan \phi, A, \tan \alpha) \dots\dots(13)$$

di mana, R : gaya tahanan tarik tanah, F

D : lebar bajak, L

λ : dimensi lainnya, L

v : kecepatan pembajakan, LT^{-1}

g : percepatan gravitasi, LT^{-2}

θ : sudut lateral permukaan bajak, —

n : parameter rancangan yang merupakan rata-rata perubahan sudut vertikal permukaan bajak

w : "bulk volume weight" tanah, FL^{-3}

c : kohesi tanah, FL^{-2}

$\tan \theta$: tangen sudut geseran tanah

A : adhesi tanah, FL^{-2}

$\tan \mu$: koefisien gesekan.

Analisa dimensi yang dikemukakan Larson et al (1968) adalah :

$$R/wD^3 = f (\lambda/D, v^2/gD, \theta, n, c/wD, \tan \theta, A/wD, \tan \mu) \dots (14)$$

Hubungan matematik antara R/wD^3 dan v^2/gD dapat ditulis sebagai :

$$R/wD^3 = (0,42 + 1,53 \tan \theta) (0,23(c/wD)^{1,50}) + (0,82 + 0,61 \tan \theta) (0,035 (c/wD)^{1,37}) \times v^2/gD \dots (15)$$

Faktor prediksi dari model bajak singkal terhadap prototipenya dapat ditentukan dengan $\delta = 0,978 - 0,183\beta$ di mana δ : faktor prediksi

β : faktor distorsi

Prediksi tahanan tarik tanah prototipe bajak singkal yang dikemukakan Larson et al (1968) adalah

$$R_p = \delta R_m (D_p/D_m)^3 \dots (16)$$

$$R_p = (0,978 - 0,183\beta)(R_m)(D_p/D_m)^3 \dots (17)$$

di mana : R_p : tahanan tarik tanah prototipe

R_m : tahanan tarik tanah model bajak singkal

D_p, D_m : lebar bajak prototipe dan model

Peralatan yang digunakan oleh Larson et al dapat dilihat pada Gambar 20.

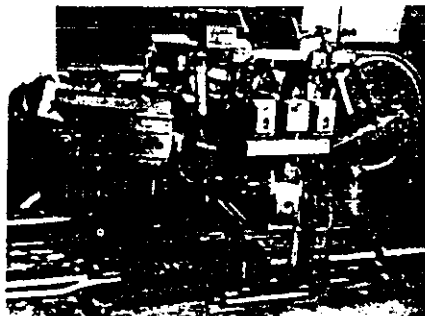


Gita Chandra Nita, IPB University

IPB University



(a) Sistem menyeluruh untuk model pengolahan tanah.



(b) Peralatan untuk "Tilling", Perataan dan Pemutaran pada "Soil bin".



(c) Tiga macam model bajak singkal yang mempunyai bentuk sama tetapi ukuran yang berbeda.



(d) Peralatan yang digunakan sebagai pembentuk model bajak singkal.

Gambar 20. Peralatan yang digunakan oleh Larson, et al (1968) dalam memprediksikan tahanan tarik tanah.

H. TEGANGAN DAN REGANGAN PADA BAHAN LOGAM

Regangan adalah gejala fisika dasar yang dimaksudkan sebagai perubahan dimensi suatu benda sebagai akibat bekerjanya gaya dari luar. Regangan sering digunakan untuk memperkirakan tegangan. Tegangan adalah gaya-gaya dalam dari suatu benda yang melawan gaya-gaya luar atau beban pada benda (Srivastava, 1967).

Nash (1977) menyatakan bahwa, apabila suatu bahan diberikan gaya tarik atau gaya tekan, maka dikatakan bahan tersebut mengalami tegangan tarik atau tekan seperti tertera pada Gambar 21. Nilai tegangan tersebut tergantung pada besarnya gaya dan luas permukaan yang tegak lurus dengan arah gaya tersebut. Hal ini dapat dinotasikan sebagai :

$$\sigma = P/A \dots\dots\dots (18)$$

di mana, σ : tegangan normal, N/m^2

P : gaya, N

A : luas permukaan tegak lurus gaya, m^2

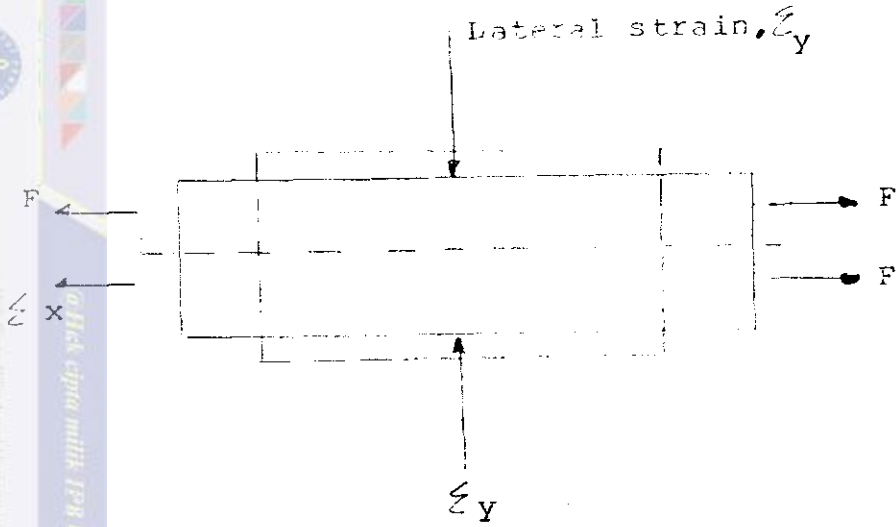
Tegangan yang bekerja pada bahan akan menyebabkan perubahan panjang pada bahan tersebut, yang disebut sebagai regangan.

$$\epsilon = \Delta L/L \dots\dots\dots (19)$$

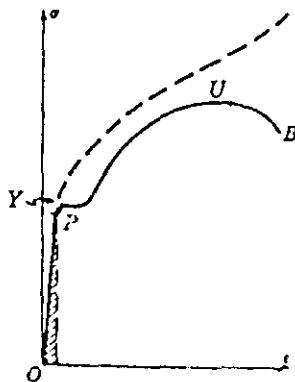
di mana, ϵ = regangan

ΔL = perubahan panjang bahan, m

L = panjang bahan mula-mula, m



Gambar 21 . Hubungan beban tarik dengan regangan



Gambar 22 . Kurva tegangan regangan pada bahan logam.

Hubungan antara regangan aksial ϵ_x dan regangan lateral ϵ_y sebagai berikut,

$$\mu = - \epsilon_x / \epsilon_y \dots\dots\dots(20)$$

Karakteristik bahan logam ketika mengalami beban tarik/tekan dapat dilihat pada kurva tegangan regangan (Gambar 22), yang diperoleh dari pengujian tarik/tekan

contoh bahan tersebut. Dari kurva tersebut dapat dilihat bahwa pada selang OP, hubungan tegangan dan regangan berbanding lurus. Pada selang ini logam akan bersifat elastis sempurna dan berlaku hukum Hooke :

$$E = \sigma / \epsilon \dots\dots\dots (21)$$

di mana, E : modulus elastisitas bahan

P : batas proporsional

Y : titik luluh bahan (yielding point), yaitu titik di mana bahan telah berubah sifat menjadi plastis.

U : titik maksimum nilai beban tarik. Untuk memanjangkan batas lewat titik ini beban yang dibutuhkan sudah semakin kecil sampai akhirnya putus pada titik B (batas bawah).

I. "STRAIN GAGE" PENGUKUR REGANGAN

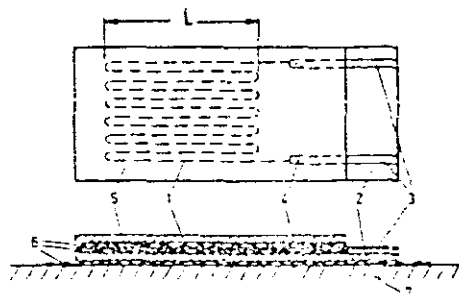
"Strain gage" adalah kawat logam berdiameter kecil atau lapisan tipis batang elektrik atau tahanan listrik di atas sebuah bahan dasar. Kegunaan utama dari "strain gage" adalah mengukur regangan dari suatu bahan. "Strain gage" tersebut ditempatkan pada permukaan bahan yang diukur sehingga perubahan panjang (regangan) permukaan bahan dipindahkan ke kawat (Sembiring, (1977)).

Prinsip pengukur regangan ini didasarkan pada penemuan Lord Kelvin pada tahun 1856 (Dally dan Riley, 1978) yaitu,

$$R = \rho l/A \dots\dots\dots(22)$$

di mana R adalah resistensi, ρ adalah resistensi spesifik, l panjang kawat dan A adalah luas penampang.

Struktur "strain gage" umumnya terdiri dari kawat hambatan (resistive wire) atau filamen yang ditempelkan pada suatu bantalan (carrier material). Bantalan berfungsi sebagai pengikat filamen dan sekaligus sebagai isolasi listrik (Kuhl, 1972). Bantalan dapat berupa bahan kertas, plastik, mika, keramik (Parry dan Lissner, 1962). Konstruksi "strain gage" tertera pada Gambar 23.



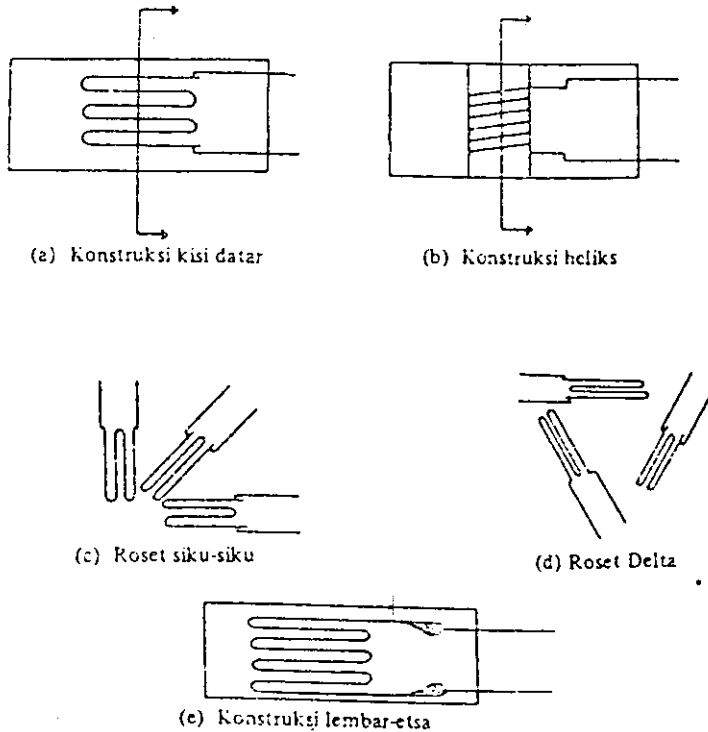
Keterangan :

- L : panjang filamen aktif
- 1 : kawat resistensi
- 2 : bantalan
- 3 : elektroda
- 4 : konektor
- 5 : penutup/pelindung
- 6 : lapisan semen
- 7 : objek yang diukur

Gambar 23. Konstruksi "strain gage".

Ada banyak jenis dan bentuk pengukur regangan tahanan listrik dari kategori tempelan (bonded).

Beberapa jenis umum ditunjukkan dalam Gambar 24 (Srivastava, 1987).



Gambar 24 . Bentuk umum pengukur regangan tahanan listrik tertutup.

Cox (1982) menyatakan bahwa, "strain gage" tersedia dalam berbagai ukuran, bentuk dan bahan, dengan resistensi listrik, kepekaan, perpanjangan maksimum dan selang suhu kerja yang berbeda. Pemilihan tergantung pada tujuan pengukuran, spesimen uji dan kondisi lingkungan.

Pengukuran harus dipilih menurut persyaratan spesifik dan disemenkan dengan baik pada permukaan untuk pengukuran regangan. Pengukur lembaran (foil) menjadi lebih dapat diterima dibanding pengukur kawat karena karakteristiknya yang superior. Dibandingkan dengan pengukur kawat, pengukur lembaran (foil) kira-kira 5 sampai 8 persen lebih peka (faktor pengukur) dan histerisis yang lebih kecil dan geseran nol (Srivastava, 1987).

Besaran fisik yang paling penting dalam pemakaian "strain gage" adalah perubahan resistensi dan perubahan panjang (strain). Hubungan antara kedua besaran fisik tersebut disebut sebagai faktor pengukur, faktor K atau faktor kepekaan (Perry dan Lissner, 1962).

$$K = (\Delta R/R) / (\Delta L/L) \dots \dots \dots (23)$$

di mana, R : resistensi

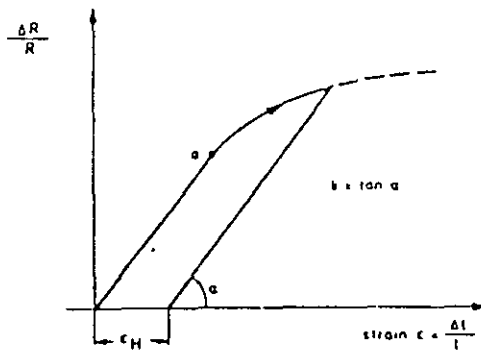
L : panjang awal filamen

ΔR : perubahan resistensi

ΔL : perubahan panjang filamen

Besarnya faktor kepekaan terutama ditentukan oleh deformasi dan perubahan resistensi spesifik filamen. Kesalahan pengukuran akan semakin besar dengan besarnya kepekaan ini (Kuhl, 1972).

Pada pengukuran pertama setelah pemasangan "strain gage" pada batang pengukur biasanya terjadi gejala histerisis (Gambar 25). Kurva penambahan dan pengurangan beban terjadi tidak sama, setelah beban ditiadakan dapat timbul regangan tetap ϵ_H (regangan histerisis).



Gambar 25. Gejala Histerisis.

Lebih lanjut Kuhl (1972) menyarankan, untuk mengurangi kesalahan pengukuran dengan diberi siklus beban sebelum pelaksanaan pengukuran yang sebenarnya. Setelah pemberian siklus beban ini kedua lintasan penambahan pengukuran beban akan menjadi berhimpitan.

Perry dan Lissner (1962) menyatakan bahwa, pada "strain gage" juga terjadi gejala rayapan, yaitu perbedaan yang terjadi antara regangan fi-

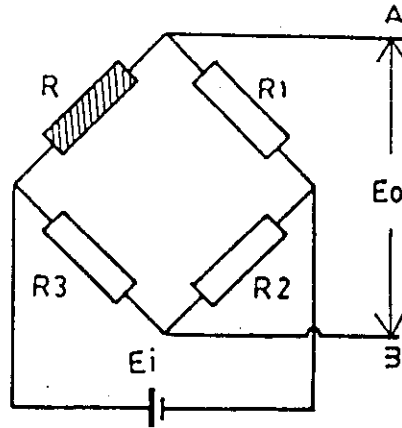
lamen "strain gage" dengan regangan objek. Rayapan terjadi karena slip, melemahnya atau meluluhkannya bahan perekat yang dipakai untuk mengikat "strain gage" pada objek ukur. Untuk menghindari pengaruh rayapan dapat dipakai "strain gage" dengan panjang filamen yang tidak lebih dari yang diperlukan dan tidak menempatkan "strain gage" pada suhu yang lebih rendah dari suhu yang disarankan pabrik pembuatnya pada periode yang lama.

Perbedaan suhu dapat mempengaruhi hasil pengukuran "strain gage" karena tahanan elektrik filamen "strain gage" merupakan fungsi suhu, material uji mengembang dengan meningkatnya suhu dan elemen pengukur mengembang bila suhu naik (Kuhl, 1972). Untuk meminimumkan pengaruh suhu dapat dipakai "strain gage" yang kebal terhadap perubahan suhu yang disebut "Selcom gage" (Self Temperature Compensating Strain gage) atau dengan membuat rangkaian pengkompensasi suhu.

J. PEMAKAIAN "STRAIN GAGE" SEBAGAI PENGUKUR GAYA

Besaran yang diukur oleh "strain gage" merupakan perubahan regangan yang bersesuaian dengan perubahan resistensi "strain gage". Agar memperoleh informasi yang lebih teliti, perubahan resistensi diubah ke dalam perubahan sinyal tegangan listrik.

Cara yang paling umum dan efisien untuk mengukur keluaran pengukur regangan adalah menggunakan jembatan Wheatstone (Srivastava, 1987). Rangkaian dasar jembatan Wheatstone ditunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 26. Rangkaian jembatan Wheatstone

Pada rangkaian ini, "strain gage" dikombinasikan dengan resistor tetap R_1 , R_2 dan R_3 . Rangkaian dicatu sumber tegangan E_i . Tegangan keluaran antara A dan B (Srivastava, 1987) adalah :

$$E = (R_2 / (R_2 + R_3) - R_1 / (R_1 + R + \Delta R)) \cdot E_i \dots (25)$$

Bila nilai resistensi resistor-resistor R_1 , R_2 , R_3 dan R adalah sama, misalnya R , dan bila perubahan resistensi "strain gage" ΔR , maka nilai relatif E_o (Srivastava, 1987), adalah

$$E_o = (\Delta R / 4R) \cdot E_i \dots (26)$$

Dengan mensubstitusikan ($\Delta R / R = K \cdot \xi$) ke dalam persamaan (26) diperoleh hubungan (Srivastava, 1987) sebagai berikut : $E_o = K \xi E_i / 4 \dots (27)$

Bila regangan $E=S/\epsilon$ disubstitusikan dengan persamaan (27), maka diperoleh hubungan (Srivastava, 1987):

$$E_o = (K E_i / 4) (S/E) \dots \dots \dots (28)$$

$$= (K E_i / 4) (F/AE) = kF \dots \dots \dots (29)$$

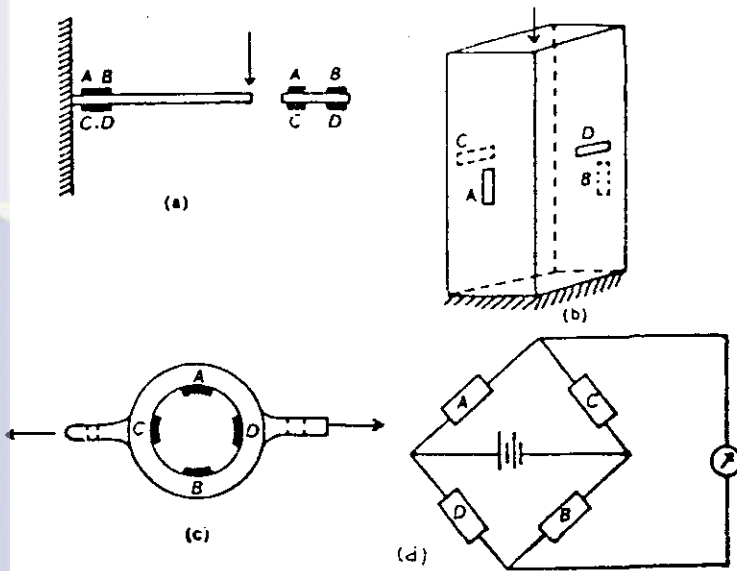
di mana, $k = K E_i / 4AE$.

Untuk memperoleh hasil yang berarti, rangkaian dikombinasikan dengan amplifier, perekam sinyal (recorder), osilograf dan voltmeter.

Tiga metoda umum untuk merancang transduser gaya seperti ditunjukkan pada Gambar 27 (a), (b), (c) dan (d). Dalam Gambar 27 (b), pengukur C dan D dipasang agar efek Poison dapat digunakan dan untuk menghasilkan empat lengan jembatan aktif, walaupun regangan itu berlawanan, yaitu kali regangan dalam pengukur-pengukur A dan B. Gambar 27 (d) menunjukkan bahwa pengukur dihubungkan dalam rangkaian jembatan untuk masing-masing transduser (Srivastava, 1987).

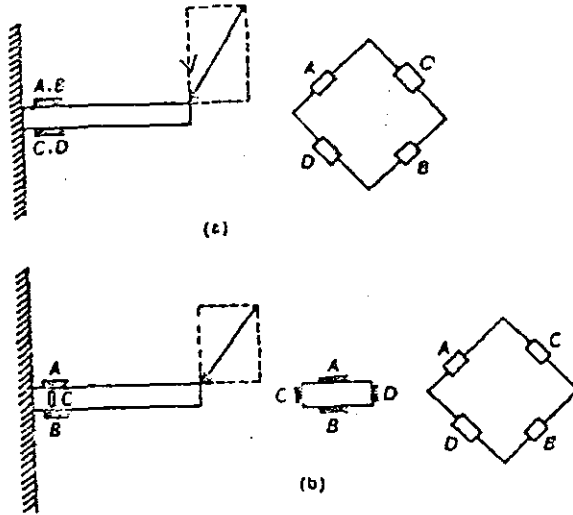


Halaman ini adalah bagian dari buku teks yang diterbitkan oleh IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, kunjungi situs web kami di www.ipb.ac.id.



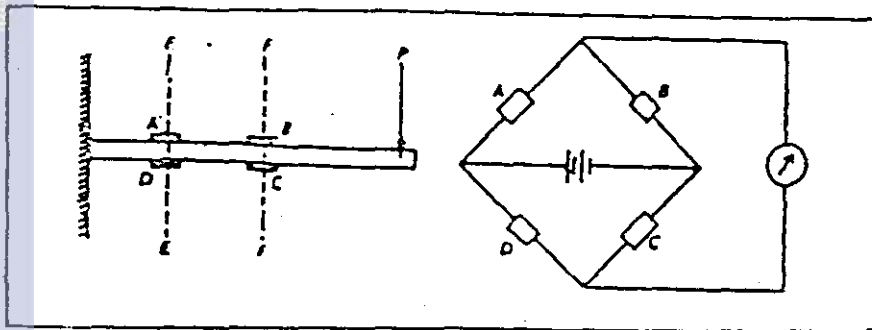
Gambar 27. Diagram skematis dari transduser gaya yang menunjukkan kedudukan listrik dan fisik pengukur regangan.

Menurut Srivastava (1987), dengan orientasi (lokasi) yang tepat dari pengukur pada batang, gaya atau komponen gaya tertentu dapat ditiadakan. Misalnya, pada Gambar 28(a), kantilever telah dirancang untuk mengukur komponen gaya vertikal saja, sedangkan dalam Gambar 28 (b) hanya komponen horisontal saja yang dideteksi. Dalam Gambar 28 (b) penting untuk menempatkan pengukur A dan B langsung berhadapan satu sama lain pada balok sehingga pengaruh bengkokan ditiadakan.



Gambar 28. Pemisahan gaya miring dengan rangkaian jembatan yang hanya peka terhadap komponen gaya horisontal atau vertikal.

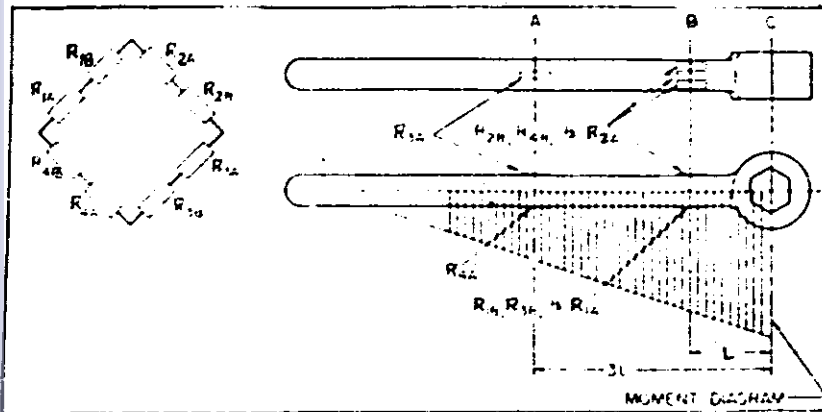
Alat ukur yang dipasang seperti pada Gambar 29, akan menghasilkan tegangan keluaran jembatan sebanding dengan perbedaan momen bengkok pada penampang EE dan FF. Keluaran tidak tergantung pada lokasi beban, asalkan di luar sumbu FF. Ciri tersebut sangat berguna dalam merencanakan skala bobot tertentu, tetapi keluaran jembatan akan relatif kecil karena alat-alat ukur mengukur beda regangan pada dua lokasi (Srivastava, 1987).



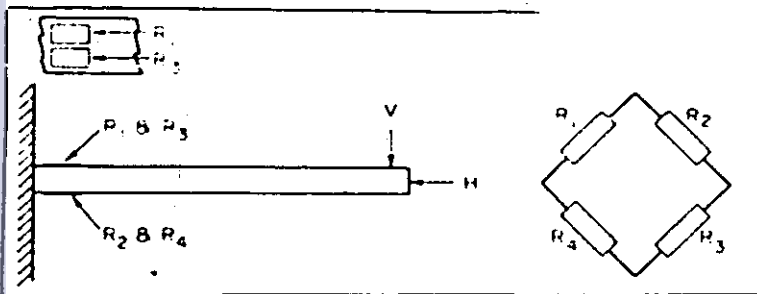
Gambar 29. Pengukur geseran langsung keluaran jembatan tidak tergantung pada penerapan titik gaya, asalkan di luar sumbu FF (Srivastava, 1987).

Menurut Perry dan Lisner (1962), rangkaian "strain gage" yang dihubungkan dalam suatu jembatan "wheatstone" seperti diperlihatkan pada Gambar 30, di mana "strain gage" akan bekerja bila jembatan tidak seimbang, merupakan fungsi dari torsi pada garis tengah "wrench-socket" dan tidak dipengaruhi oleh titik beban.

Lebih lanjut Perry dan Lisner (1962) menyatakan bahwa, pemasangan empat "strain gage" dapat diterapkan pada batang untuk mendeteksi hanya komponen vertikal saja dari beban yang dikenakan. Cara pemasangan "strain gage" tersebut dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 30. Letak dan hubungan "strain gage" untuk pengukuran pada torsi "Wrench" secara langsung (Perry dan Lisner, 1962).



Gambar 31. Batang "cantilever" yang dilengkapi dengan beberapa "Strain gage" yang peka terhadap gaya vertikal dan tidak peka terhadap gaya horisontal (Perry dan Lisner, 1962).

III. PENDEKATAN PERCOBAAN

A. RANCANGAN PERCOBAAN

1. Modifikasi "Soil bin".

Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengukuran tahanan tarik tanah secara tidak langsung di Laboratorium. Untuk itu diperlukan peralatan yang dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya tahanan tarik tanah bajak singkal pada skala laboratorium. Gaya yang terjadi pada saat pembajakan diukur berdasarkan hubungan antara regangan dan tegangan. Gaya-gaya yang terjadi dideteksi dengan mempergunakan "strain gage" kemudian diubah dalam besaran listrik. Besaran listrik yang diperoleh dicatat dalam "data recorder" yang selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai tahanan tarik tanah.

Tenaga penggerak yang digunakan adalah motor listrik 2 Hp. Untuk mengubah kecepatan sudut menjadi kecepatan linier, tenaga disalurkan dengan sistem transmisi (Gambar 32). "Soil bin" dihubungkan dengan sistem transmisi melalui rantai dan sproket, yang terletak ditengah rel "soil bin".

Rancangan dibuat sedemikian rupa sehingga pada saat motor listrik dijalankan, "soil bin" yang bergerak, sedangkan model bajak singkal pada dudukan diam (tetap).

Kecepatan "soil bin" bergerak dibuat tetap, yaitu $v = 0,248$ m/s dengan memakai satu jenis sistem transmisi yang tetap selama penelitian.

Hasil rancangan "Soil bin" dapat dilihat pada Gambar 33.



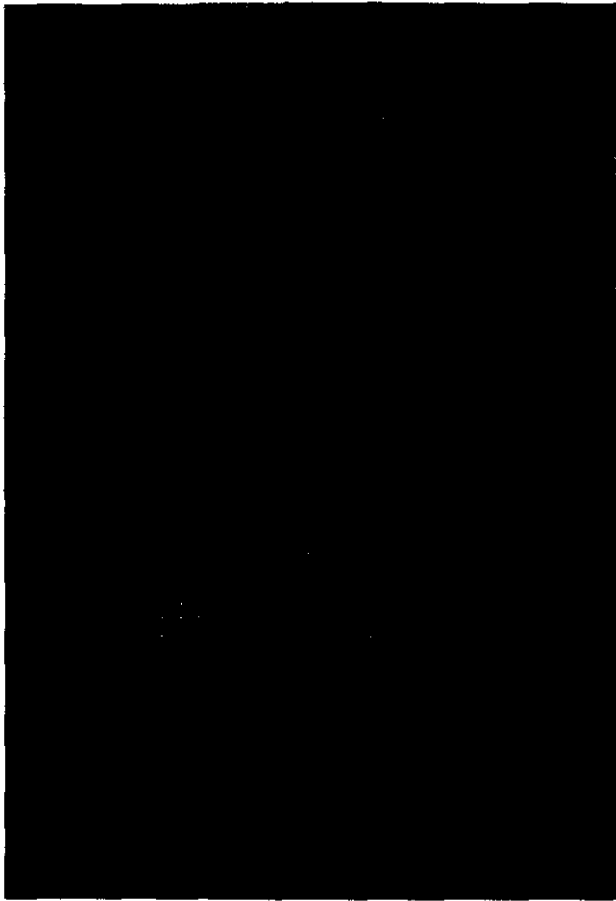
Gambar 33. Hasil rancangan "Soil Bin".

2. Penempatan "Strain gage" pada beam (batang).

Tanah yang berada dalam peti tanah (soil bin) yang digerakkan oleh motor listrik akan menimbulkan tekanan pada model bajak singkal yang dipasang tetap pada dudukan. Pada "beam" (batang) yang menghubungkan bajak singkal dan dudukan akan terjadi regangan dan tegangan. Regangan tegangan ini dapat diukur dengan "strain gage" yang dipasang pada beam tersebut. Tegangan regangan yang terjadi menunjukkan besarnya tahanan tarik tanah yang terjadi pada model bajak singkal.

Penempatan "strain gage" sangat menentukan ketepatan tahanan tarik tanah yang terukur. Srivastava (1987) menyatakan bahwa, orientasi (lokasi) yang tepat dari pengukur pada batang, gaya-gaya tertentu dapat diiadakan. "Strain gage" dapat ditempatkan pada posisi yang sesuai dengan gaya yang akan dideteksi.

Untuk mengukur gaya atau komponen gaya horisontal saja, "strain gage" dipasang seperti pada Gambar 34.



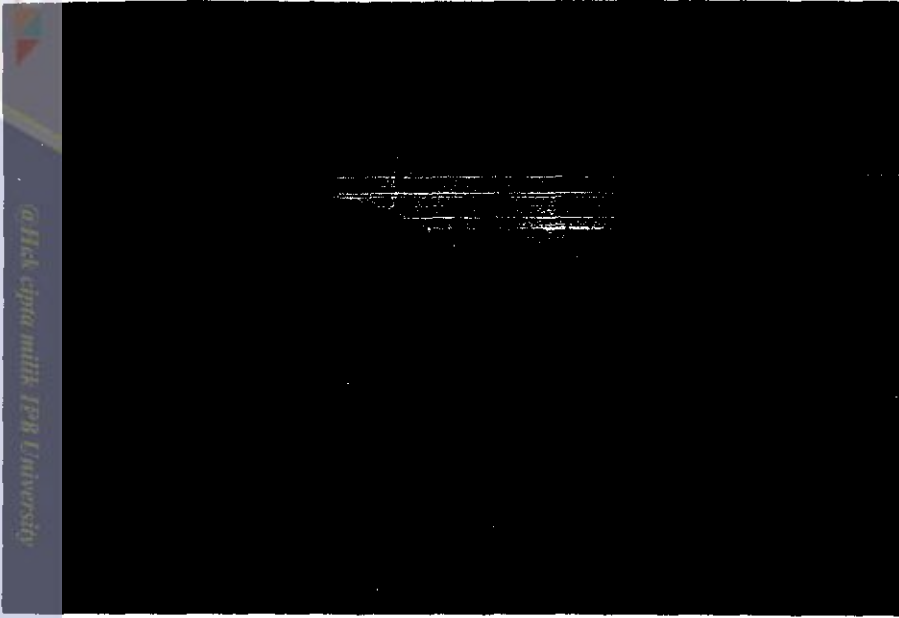
Gambar 34. Hasil pemasangan "Strain gage".

3. Desain dan penempatan model bajak singkal.

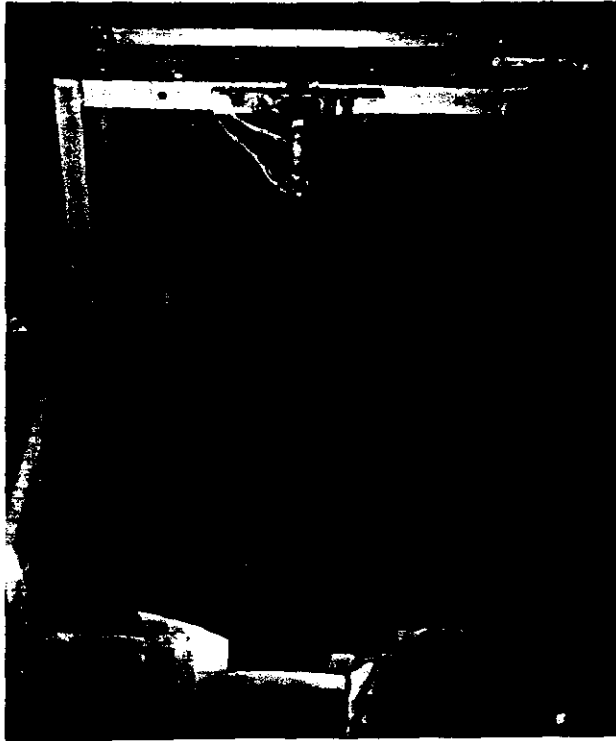
Bahan yang digunakan untuk membuat model bajak singkal terbuat dari baja lembaran. Ukuran model bajak singkal adalah: panjang, $p = 13,5$ cm ; lebar, $l = 8,5$ cm ; radius kurvatur, $r = 10,3$ cm ; tinggi, $t = 7,1$ cm ; tebal, $b = 0,2$ cm ; massa = 633 g.

Gambar selengkapnya dari model bajak singkal tertera pada gambar 35.

Pemasangan model bajak singkal dibuat tetap pada dudukan selama penelitian. Antara model bajak singkal dan dudukan dihubungkan dengan "beam" (batang) baja. Sambungan antara "beam" dan model bajak singkal dibuat tetap dengan cara disekrup (Gambar 36).



Gambar 35. Model bajak singkal dengan skala 1:4



Gambar 36. Sambungan antara "Beam" dengan model bajak singkal..

B. SISTEM PENGUAT DAN PERAGA

Tegangan regangan keluaran dari "wheatstone bridge" biasanya sangat kecil sehingga dibutuhkan alat penguat. Alat penguat yang digunakan adalah "dynamic strain amplifier" DPM 613 B. Deskripsi lengkap dari DPM 613 B dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tegangan output yang dihasilkan DPM 613 B maksimum sebesar ± 5 volt. Kemudian DPM 613 B dihubungkan ke instrumen lain seperti "data recorder", "oscilograph", "multitester digital" dan "oscilograph braun tube".

Alat peraga yang digunakan adalah "Data recorder" RTP 650 A dan "Oscilograph pen recorder". RTP 650 A berfungsi sebagai perekam data dari dinamometer "strain gage" yang telah dikuatkan oleh DPM 613 B. Data pada pita kaset dapat dicetak dalam bentuk grafik dengan "Oscilograph pen recorder".

C. ANALISA MODEL

Parameter yang digunakan dalam perkiraan persamaan tahanan tarik tanah adalah sebagai berikut :

	Satuan	Dimensi
D : tahanan tarik tanah	Newton	MLT^{-2}
v : kecepatan operasi pembajakan	m/s	LT^{-1}
g : percepatan gravitasi	m/s^2	LT^{-2}
d : kedalaman olah	m	L
r : radius kurvatur	m	L
$\tan \phi$: tangen sudut friksi internal tanah	-	-
$\tan \alpha$: tangen sudut antara dasar landside dan kelengkungan	-	-
c : kohesi tanah	kg/m^2	ML^{-2}
ρ : berat isi tanah	kg/m^3	ML^{-3}
m : massa model bajak singkal	kg	M
l : lebar model bajak singkal	m	L
p : panjang model bajak singkal	m	L

Hubungan kualitatif antara parameter yang digunakan dalam perkiraan tahanan tarik tanah adalah

$$D = f(g, v, d, r, \tan \phi, \tan \alpha, c, \rho, m, l, p) \dots (30)$$

Persamaan tersebut dapat ditulis menjadi :

$$C D^a g^b v^c d^d r^e (\tan \phi)^f (\tan \alpha)^g c^h \rho^i m^j l^k p^l = 1 \dots (31)$$

Berdasarkan teori Pi Buckingham, banyaknya Pi yang terlibat dalam suatu persamaan adalah $s = n - b$, di mana

s : jumlah Pi, n : jumlah parameter yang terlibat dan

b : jumlah dimensi dasar yang digunakan. Jadi jumlah Pi yang terlibat adalah $s = 12 - 3 = 9$.

Persamaan dimensional yang diperoleh sebagai berikut:

$$(MLT^{-2})^a (LT^{-2})^b (LT^{-1})^c (L)^d (L)^e (ML^{-2})^h (ML^{-3})^i (M)^j (L)^k (L)^l = 0 \dots \dots \dots (32)$$

Dari persamaan dimensional, diperoleh tiga persamaan pembantu, yaitu :

$$M : a + h + i + j = 0$$

$$L : a + b + c + d + e - 2h - 3i + k + l = 0$$

$$T : -2a - 2b - c = 0$$

Hubungan kuantitatif antar Pi adalah

$$\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6, \pi_7, \pi_8, \pi_9) \dots \dots \dots (33)$$

Jika diambil b , j dan l sebagai nilai yang tidak diketahui, maka diperoleh :

$$\frac{D}{mg} = f\left(\frac{v^2}{gp}, \frac{d}{p}, \frac{r}{p}, \tan \theta, \tan \alpha, \frac{cp^2}{m}, \frac{\rho p^3}{m}, \frac{1}{p}\right) \dots \dots \dots (34)$$

di mana, $\pi_1 = D/mg$, $\pi_2 = v^2/gp$, $\pi_3 = d/p$, $\pi_4 = r/p$, $\pi_5 = \tan \theta$,

$\pi_6 = \tan \alpha$, $\pi_7 = cp^2/m$, $\pi_8 = \rho p^3/m$ dan $\pi_9 = 1/p$

Jika π_2 dikalikan dengan π_9 diperoleh :

$$\pi_{10} = (v^2/gp) \times (1/p) = v^2 l / gp^2$$

Jika π_{10} dikalikan dengan π_7 diperoleh :

$$\pi_{11} = (v^2 l / gp^2) \times (cp^2/m) = cv^2 l / mg$$

Persamaan yang diperoleh adalah

$$\frac{D}{mg} = f \left(\frac{d}{p}, \frac{r}{p}, \tan \phi, \tan \alpha, \frac{\rho p^3}{m}, \frac{1}{p}, \frac{cv^2_1}{mg} \right) \dots\dots(35)$$

Jika (r/p) , $\tan \alpha$ dan $(1/p)$ dibuat konstan, maka diperoleh persamaan :

$$\pi_1 = f(\pi_3, \pi_5, \pi_8, \pi_{11}) \dots\dots\dots(36)$$

$$\frac{D}{mg} = f\left(\frac{d}{p}, \tan \phi, \frac{\rho p^3}{m}, \frac{cv^2_1}{mg}\right) \dots\dots\dots(37)$$

Hubungan kuantitatif persamaan (37) adalah

$$\pi_1 = c.(\pi_3^a. \pi_5^b. \pi_8^{c'}. \pi_{11}^d) \dots\dots\dots(38)$$

$$\frac{D}{mg} = c. \left(\frac{d}{p}\right)^a. (\tan \phi)^b. \left(\frac{\rho p^3}{m}\right)^{c'}. \left(\frac{cv^2_1}{mg}\right)^d \dots\dots\dots(39)$$

Persamaan (39) di-log-kan diperoleh persamaan :

$$\begin{aligned} \log\left(\frac{D}{mg}\right) &= \log C + a \log(d/p) + b \log(\tan \phi) + c' \log\left(\frac{\rho p^3}{m}\right) \\ &+ d \log\left(\frac{cv^2_1}{mg}\right) \dots\dots\dots(40) \end{aligned}$$

Nilai $c' = \log C$, a , b , c' dan d merupakan konstanta MHS yang dapat ditentukan dengan analisa regresi linier berganda. Untuk mendapatkan persamaan (39), maka persamaan (40) di-antilog-kan.

Model bajak singkal yang digunakan merupakan model keseragaman geometri, di mana semua $\pi_n(P_i)$ model dan prototipe mempunyai perbandingan yang sama ($\pi_{\text{model}} = \pi_{\text{prototipe}}$).



$\pi_{1M} = \pi_{1T}$ menjadi $(D/mg)_M = (D/mg)_T$

$\pi_{3M} = \pi_{3T}$ menjadi $(d/p)_M = (d/p)_T$

$\pi_{4M} = \pi_{4T}$ menjadi $(r/p)_M = (r/p)_T$

$\pi_{5M} = \pi_{5T}$ menjadi $(\tan \phi)_M = (\tan \phi)_T$

$\pi_{6M} = \pi_{6T}$ menjadi $(\tan \alpha)_M = (\tan \alpha)_T$

$\pi_{8M} = \pi_{8T}$ menjadi $(\rho p^3/m)_M = (\rho p^3/m)_T$

$\pi_{9M} = \pi_{9T}$ menjadi $(l/p)_M = (l/p)_T$

$\pi_{11M} = \pi_{11T}$ menjadi $(cv^2l/mg)_M = (cv^2l/mg)_T$

di mana, M : model bajak singkal

T : prototipe bajak singkal

Dengan model bajak singkal tersebut, maka tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal di lapang dapat diperkirakan. Perkiraan tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal adalah

$\pi_{1T} = \pi_{1M} \dots\dots\dots(41)$

$(D/mg)_T = (D/mg)_M \dots\dots\dots(42)$

$D_T = (m_T/m_M) \cdot D_M \dots\dots\dots(43)$

di mana, D_M : tahanan tarik tanah pembajakan dengan model bajak singkal

D_T : tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal

m_M : massa model bajak singkal

m_T : massa prototipe bajak singkal

g : gravitasi, $9,81 \text{ m/s}^2$



IPB University logo and name

IPB University logo and name

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Alat dan Mesin Budidaya Pertanian, Mekanika Tanah dan Laboratorium Desain dan Instrumentasi, Jurusan Mekani- sasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Insti- tut Pertanian Bogor.

Adapun waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Mei 1991.

B. ALAT DAN BAHAN

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Model bajak singkal
- b. Soil bin test
- c. Data recorder RTP 650 A
- d. Dynamic strain gage amplifier DPM 613 B
- e. Oscillograph pen recorder
- f. Strain gage
- g. Isolasi
- h. Kabel
- i. Penetrometer SR-2
- j. Busur
- k. Triaksial test
- l. Kunci pas satu set

- m. Tachometer
- n. Penggaris dan jangka sorong
- o. Multimeter digital
- p. Planimeter digital
- q. Ring sample
- r. Cangkul
- s. Pemadat tanah dan perata tanah
- t. Adaptor
- u. Stopwatch
- v. Timbangan

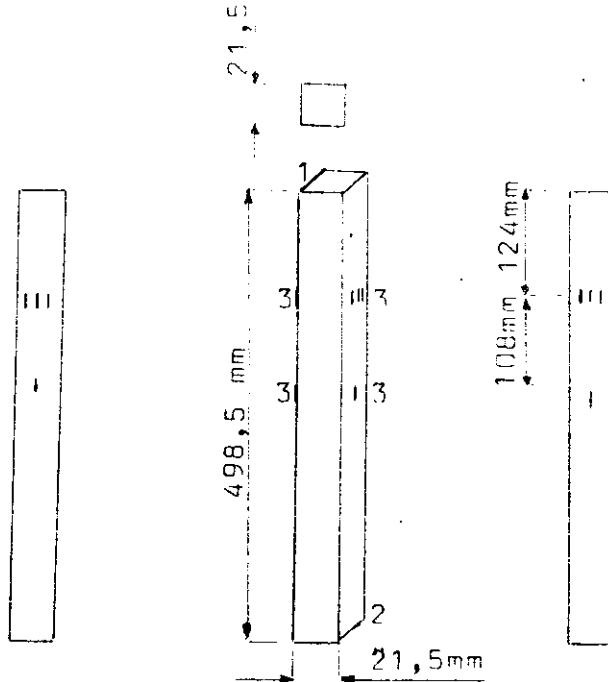
Deskripsi "strain gage" tertera pada Lampiran 1, bridge box pada Lampiran 2, DPM 613B pada Lampiran 3 dan RTP 650A pada Lampiran 4.

Bahan yang digunakan adalah :

- a. Tiga jenis tanah, yaitu Latosol Subang, Latosol Kebun Percobaan Dramaga IV dan Latosol Cikabayan.
- b. Baja lembaran dan batang baja (balok baja kecil).

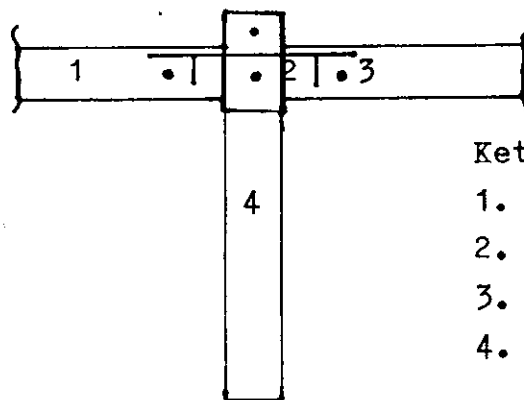
C. PROSEDUR PERCOBAAN

Langkah pertama dari percobaan ini adalah pembuatan model bajak singkal sesuai spesifikasi yang telah ditentukan. Kemudian pemasangan "strain gage" pada batang (beam) tarik dari model bajak singkal (Gambar 37 dan 38). Pengukur "strain gage" dihubungkan ke "Wheatstone bridge", kemudian tegangan dikuatkan dengan Amplifier DPM 613 dan dirangkaian pada RTP 650A serta pada pencetak data "Oscilograph pen recorder" (Gambar 39).



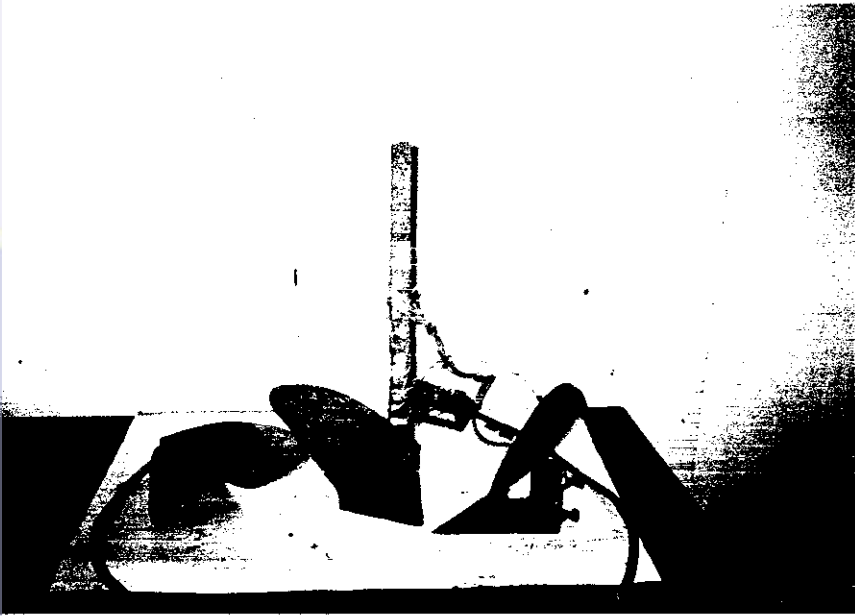
Gambar 37a. Letak Pemasangan "Strain gage" pada "beam" (batang) Tarik.

- Keterangan :
1. Ujung "beam" yang disambungkan pada dudukan "Soil bin".
 2. Ujung "beam", tempat pemasangan model bajak singkal.
 3. "Strain gage" (8 buah).

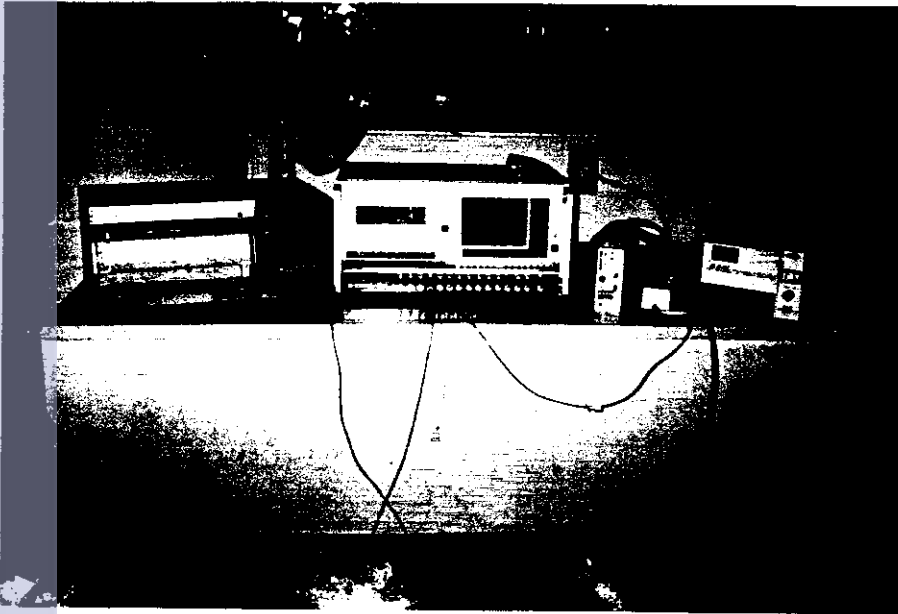


- Keterangan :
1. Dudukan
 2. Penjepit
 3. Sekrup/pengencang
 4. Beam/batang tarik untuk transduser.

Gambar 37b. Posisi "beam" pada Dudukan "Soil Bin".

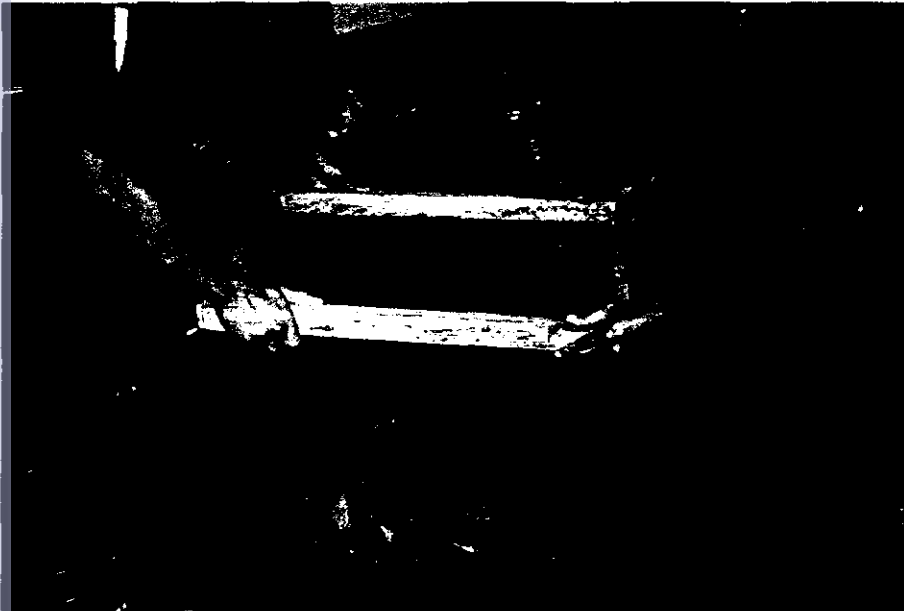


Gambar 38. Hasil Pemasangan "Strain gage" pada "Beam" Tarik dari Model Bajak Singkal.



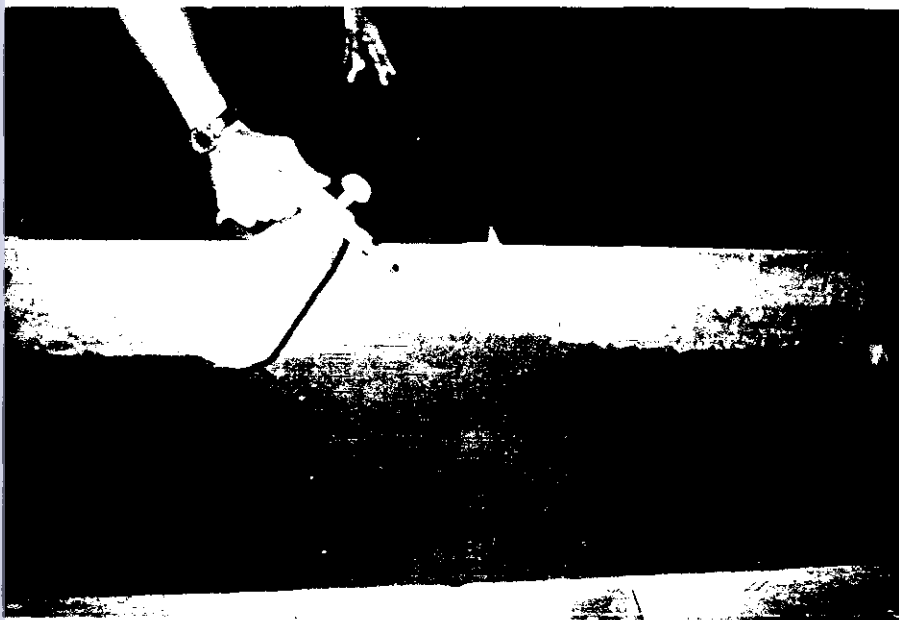
Gambar 39. Rangkaian Alat Peraga.

Langkah kedua, persiapan tanah Latosol Subang, Latosol Kebun Percobaan Dramaga IV dan Podsolik Cikabayan. Tanah diayak dengan saringan 2000Mm untuk memperoleh butiran yang seragam (Gambar 40). Kemudian dimasukkan dalam peti tanah pada "Soil bin test". Setiap satu jenis tanah merupakan satu perlakuan.

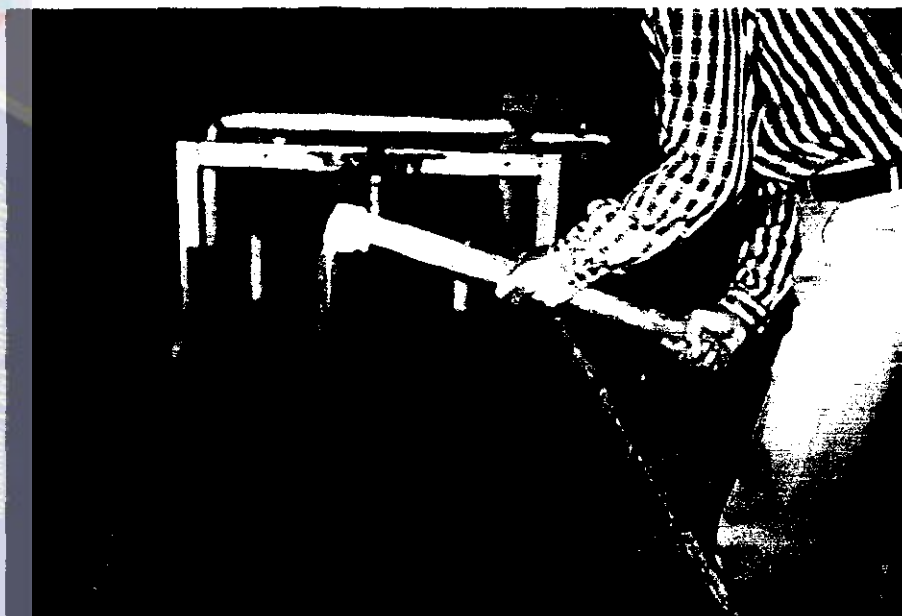


Gambar 40. Pengayakan Tanah dengan Saringan 2000mm untuk Memperoleh Butiran Tanah yang Seragam.

Langkah ketiga, pengaturan kadar air tanah Gambar 41. Pada langkah ini pula dilakukan pengadukan tanah sampai merata (Gambar 42). Pengambilan contoh tanah pada kondisi yang berlainan, yaitu awal, pertengahan dan akhir pengukuran untuk diukur kadar airnya dengan cara dioven (Gambar 43).



Gambar 41. Pengaturan kadar air tanah dengan penambah air menggunakan sprayer.



Gambar 42. Pengadukan dan Perataan Tanah.



Gambar 43. Pengukuran kadar air tanah .

Langkah keempat, pemadatan tanah dengan roda pemadat dan palu pemadat (Gambar 44). Kepadatan tanah diukur dengan penetrometer SR-2 sampai menunjukkan nilai 18 kg/cm^2 (Gambar 45). Kedalaman olah diatur sesuai yang diinginkan, yaitu $d_1 = 3 \text{ cm}$, $d_2 = 4,5 \text{ cm}$ dan $d_3 = 6 \text{ cm}$ dengan cara mengatur ketinggian permukaan tanah dengan dasar model bajak singkal.



Gambar 44. Pemadatan tanah dengan roda pemadat.



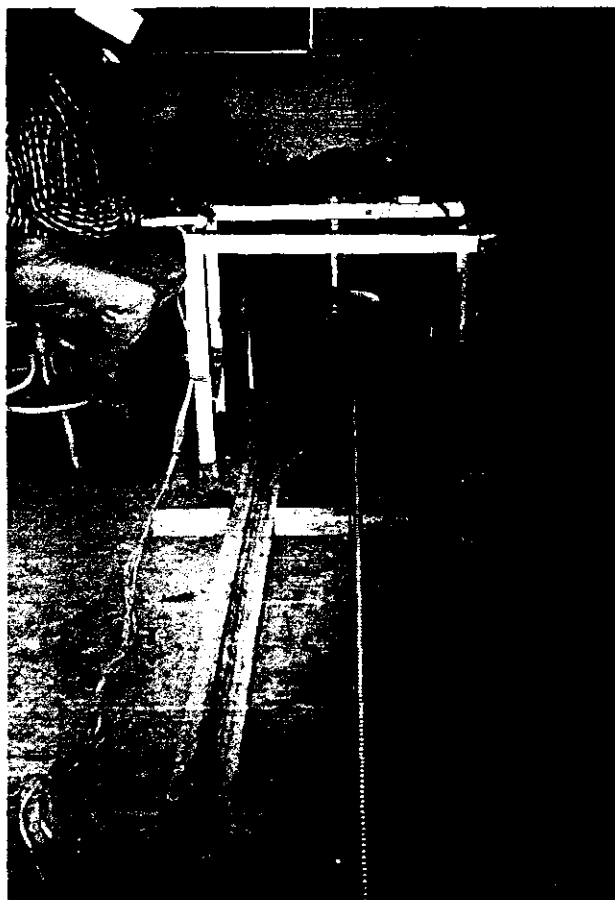
Gambar 45. Pengukuran kepadatan tanah dengan Penetrometer SR-2.

Langkah kelima, pengambilan contoh tanah untuk diukur berat isinya. (Gambar 46). Sedangkan pengukuran kohesi tanah (c) dan sudut friksi internal tanah (ϕ) dilakukan dengan uji triaksial di Laboratorium Mekanika Tanah (Gambar 47). Diagram alir prosedur uji triaksial tertera pada Lampiran 5.



Gambar 46. Pengambilan contoh tanah dengan Ring Sample.

Langkan keenam, rangkaian alat peraga dihidupkan dan amplifier DPM 613 dikalibrasi. Selanjutnya pengukuran dapat dilakukan (Gambar 48).



Gambar 48. Pengukuran mulai dilakukan.

D. KALIBRASI

Sebelum digunakan, dinamometer "strain gage" dikalibrasi dahulu. Cara kalibrasi adalah dengan memberi beban pada "beam" (batang) tarik model bajak singkal. Pemberian beban dilakukan berulang-ulang dengan nilai yang berbeda. Nilai yang didapat dicatat atau direkam. Kemudian pengurangan beban dengan periode yang sama dengan pemberian beban. Dengan cara ini diperoleh hubungan antara beban tarik dengan nilai yang dihasilkan dinamometer "strain gage".

E. PERLAKUAN

Perlakuan yang dilaksanakan terdiri dari empat macam yang masing-masing terdiri dua kali ulangan, yaitu :

- a. Perlakuan terhadap kedalaman olah pembajakan, terdiri dari tiga taraf, yaitu $d_1 = 3$ cm, $d_2 = 4,5$ cm, dan $d_3 = 6$ cm.
- b. Perlakuan terhadap kohesi tanah (c), ada tiga taraf, yaitu c_1 , c_2 , c_3 . Dengan mengubah kadar air tanah akan diperoleh nilai c yang berbeda.
- c. Perlakuan terhadap sudut friksi internal tanah (ϕ), ada tiga taraf, yaitu ϕ_1 , ϕ_2 dan ϕ_3 yang dapat diperoleh dengan mengubah kadar air tanah.

d. Perlakuan terhadap berat isi tanah (ρ), terdiri dari empat taraf, yaitu ρ_1 , ρ_2 , ρ_3 dan ρ_4 .

Sedangkan parameter lain dibuat konstan. Parameter tersebut adalah gravitasi, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; panjang model bajak singkal, $p = 0,135 \text{ m}$; massa model bajak singkal, $m = 0,633 \text{ kg}$; radius kurvatur model bajak singkal, $r = 0,105 \text{ m}$; lebar olah, $l = 0,085 \text{ m}$ dan kecepatan pembajakan, $v = 0,248 \text{ m/s}$.

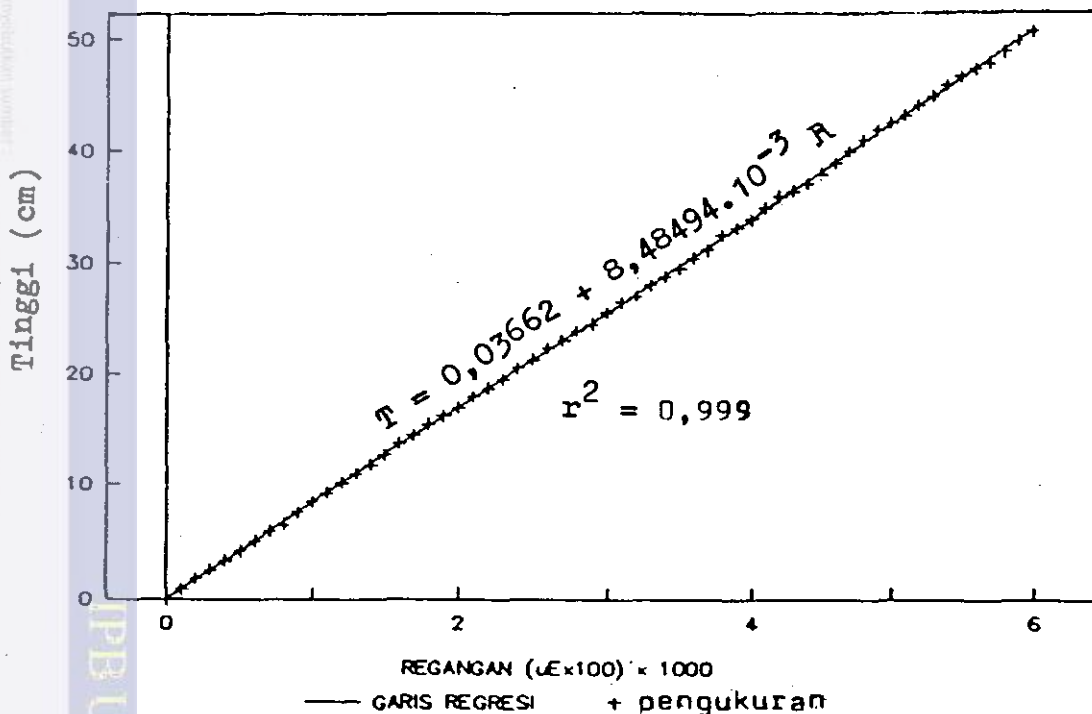


V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KALIBRASI PERALATAN

Kalibrasi dinamometer "strain gage" (transduser) dilakukan dengan pembebanan pada "beam" (batang) tarik model bajak singkal secara berulang-ulang dengan nilai yang berbeda. Beban yang diberikan berkisar dari 0 kg sampai dengan 33,576 kg.

Peralatan yang dikalibrasi adalah DPM 613 B dan "Oscilograph pen recorder". Data hasil kalibrasi DPM 613 terhadap "Oscilograph pen recorder" tertera pada lampiran 6. Hubungan tinggi (cm) pencetakan "Oscilograph pen recorder" dengan Regangan ($\mu\epsilon$) DPM 613 B tertera pada Gambar 49.



Gambar 49. Hubungan antara Tinggi grafik Pencetakan "Oscilograph pen recorder" dengan Regangan ($\mu\epsilon$) DPM 613 B.

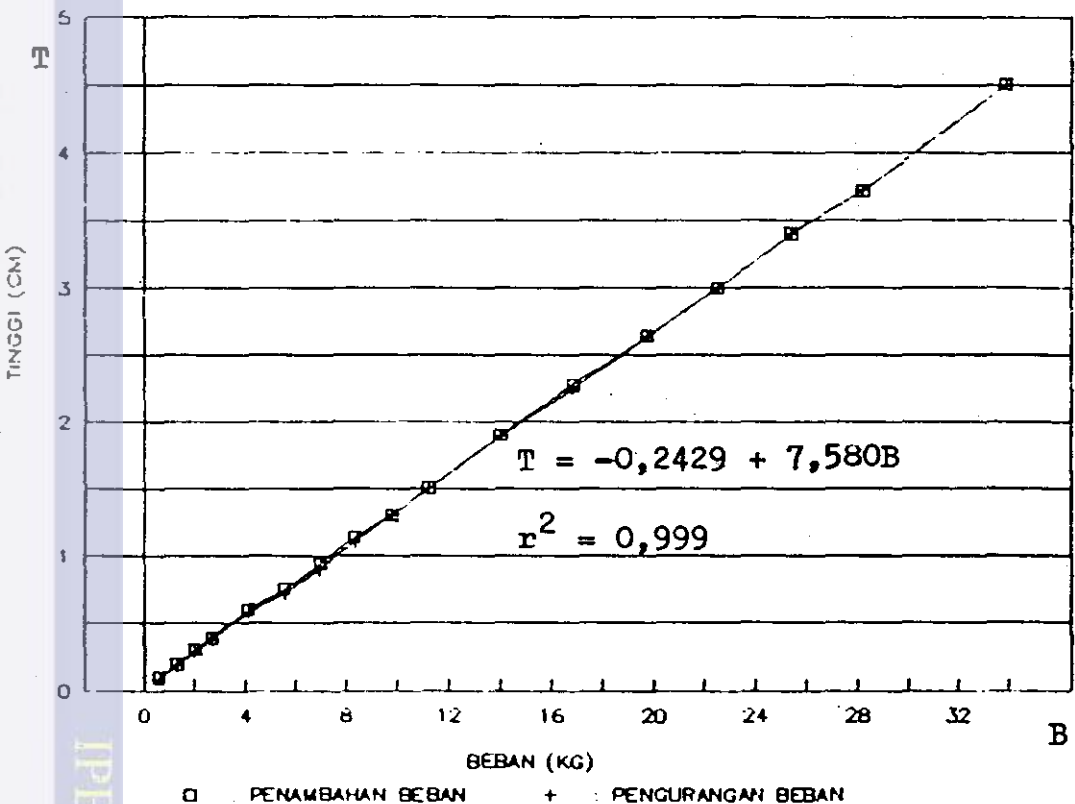
Dari hasil regresi linier diperoleh persamaan :

$$T = 0,03662 + 8,48494 \cdot 10^{-3} R \dots\dots\dots(43)$$

di mana, T : tinggi grafik pencetakan "Oscilograph pen recorder"
recorder"

R : regangan ($\mu\epsilon$) DPM 613 B

Sedangkan hasil kalibrasi penambahan beban dan pengurangan beban terhadap tinggi (cm) grafik pencetakan "Oscilograph pen recorder" tertera pada Lampiran 7a dan 7b. Hubungan tinggi (cm) grafik pencetakan "Oscilograph pen recorder" dengan penambahan beban dan pengurangan beban dapat dilihat pada Gambar 50.



Gambar 50. Hubungan antara tinggi grafik pencetakan "Oscilograph pen recorder" dengan penambahan dan pengurangan beban transducer.

B. HUBUNGAN KEDALAMAN PENGOLAHAN TANAH DENGAN TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN MODEL BAJAK SINGKAL.

Kedalaman pengolahan tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya tahanan tarik tanah (Bainer, et al, 1978). Tahanan tarik tanah meningkat dengan meningkatnya kedalaman pengolahan tanah (Mc Kyes, 1978). Persamaan hubungan antara tahanan tarik tanah dengan kedalaman pengolahan tanah pada penelitian ini adalah :

Untuk tanah Latosol Subang :

$$D = 45,71056.e^{0,23082d} ; r = 0,7275 \dots\dots (48)$$

Untuk tanah Latosol Cikabayan :

$$D = 103,96.e^{0,15548d} ; r = 0,84 \dots\dots\dots (49)$$

Untuk tanah Latosol Darmaga IV :

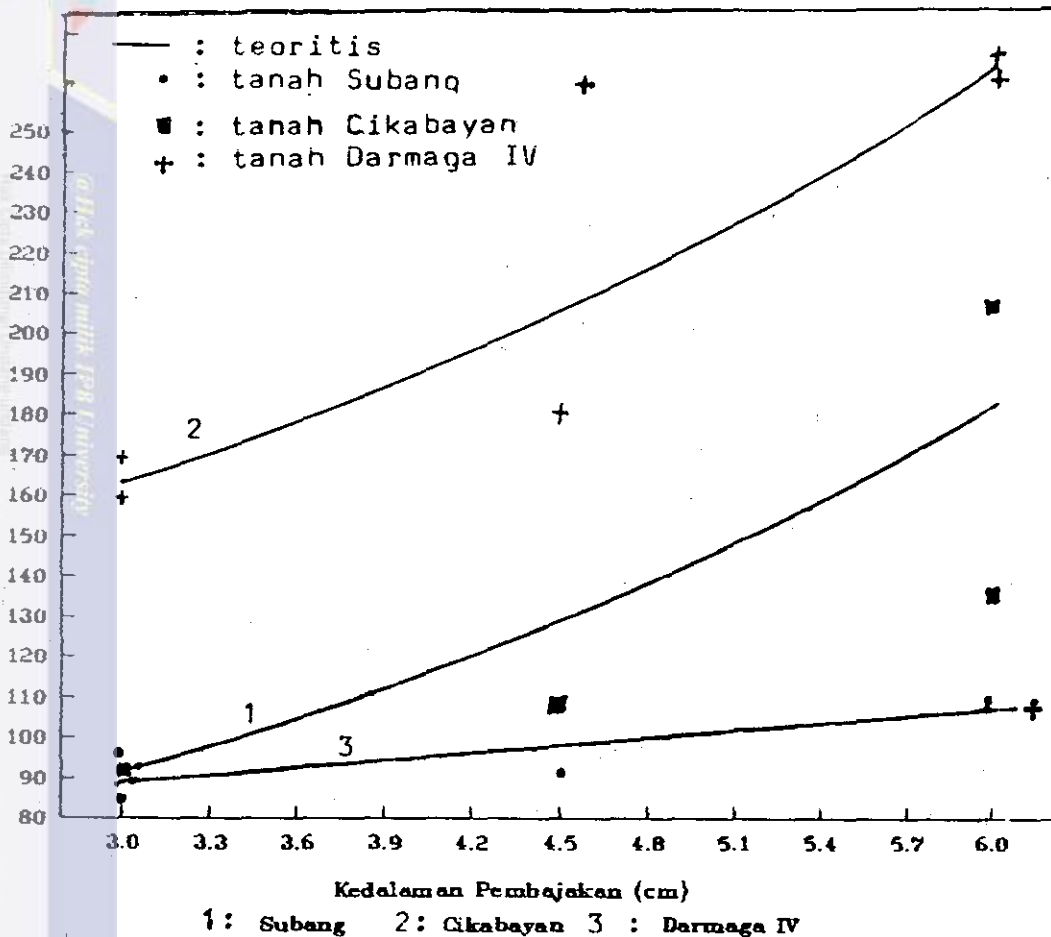
$$D = 73,18753.e^{0,06425d} ; r = 0,7692 \dots\dots (50)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

d : kedalaman pengolahan tanah, cm

Hubungan antara tahanan tarik tanah dengan kedalaman pengolahan tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 52. Kenaikan kedalaman pengolahan tanah mengakibatkan meningkatnya tahanan tarik pengolahan tanah. Hal ini terjadi karena pada pengolahan tanah yang lebih dalam, massa dan volume tanah yang dipotong dan dibalikkan oleh bajak singkal semakin besar. Pemotongan dan pembalikan tanah tersebut membutuhkan gaya yang lebih besar sehingga tahanan tarik tanah bajak singkal meningkat.





Gambar 52. Hubungan Tabanan Tarik Tanah Pembajakan dengan Kedalaman Olah pada Kadar Air 32%.

C. HUBUNGAN BEBERAPA SIFAT FISIK-MEKANIK TANAH DENGAN TAHANAN TARIK TANAH PEMBAJAKAN DENGAN MODEL BAJAK SINGKAL.

1. Kadar Air Tanah.

Menurut Sudrajat, D (1985), hubungan tahanan tarik tanah pembajakan dengan bajak singkal dengan kadar air tanah (persen basis kering) pada kecepatan pembajakan 2L merupakan fungsi kuadratik, sebagai berikut :

$$Y = 41,0281 - 2,0491X + 36,0536X^2 \dots\dots(4)$$

di mana, Y : tahanan tarik tanah pembajakan, Hp

X : kadar air tanah (persen basis kering)

Hasil penelitian ini diperoleh hubungan tahanan tarik tanah dengan kadar air tanah (persen basis kering) pada tanah Latosol Subang sebagai berikut :

Untuk kedalaman pembajakan, d = 3 cm :

$$D = 15340 - 875K + 12,5K^2 ; r = 0,97,47\dots(51)$$

Untuk kedalaman pembajakan, d = 4,5 cm :

$$D = 10281 - 592K + 8,56K^2 ; r = 0,8877 \dots (52)$$

Untuk kedalaman pembajakan, d = 6 cm :

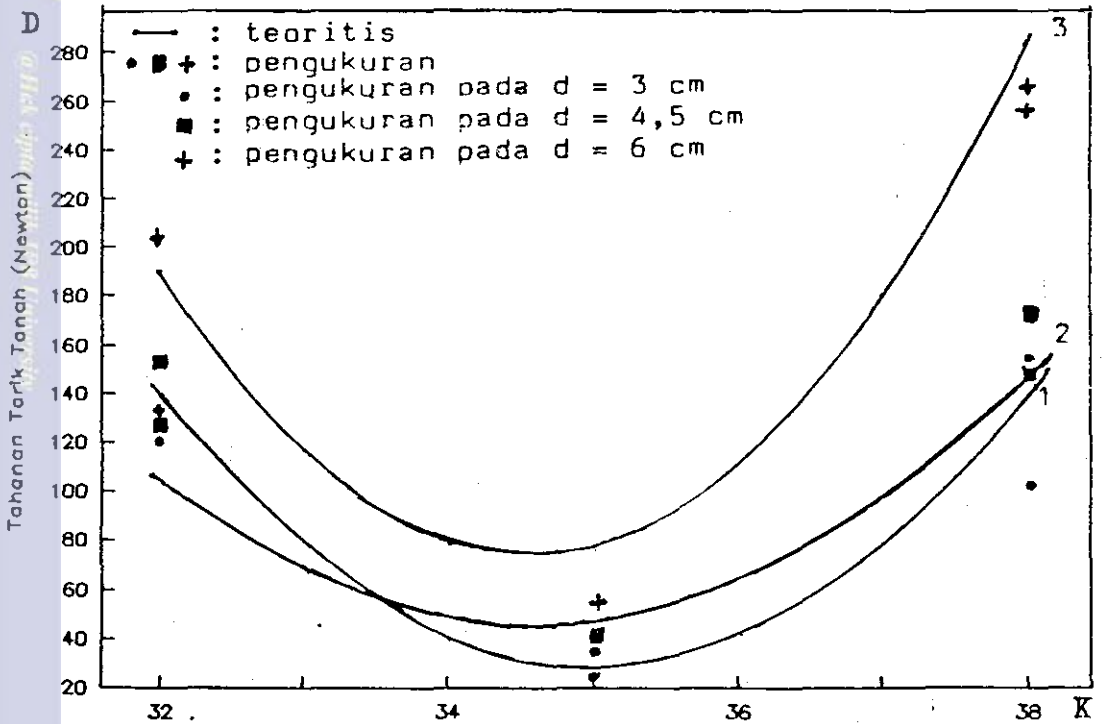
$$D = 21566 - 1244K + 18,0K^2 ; r = 0,9726\dots (53)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

K : kadar air tanah (persen basis kering)

r : koefisien korelasi

Hubungan antara tahanan tarik tanah dengan kadar air tanah (persen basis kering) pada tanah Latosol Subang tertera pada Gambar 53.



Kadar air tanah (% basis kering)
 1 : d = 3 cm 2 : d = 4,5 cm 3 : 6 cm

Gambar 53. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kadar air tanah (% basis kering) pada tanah Latosol Subang .

Tahanan tarik tanah menurun dengan bertambahnya kadar air tanah (Tabrizi, A.N dan Willarson, 1981). Hasil penelitian pada tanah Latosol Cika-bayan adalah sebagai berikut :

Untuk kedalaman pembajakan, d = 3 cm :

$$D = 18,4K - 0,429K^2 ; r = 0,9011 \dots\dots\dots (54)$$

Untuk kedalaman pembajakan, d = 4,5 cm :

$$D = 27,4K - 0,681K^2 ; r = 0,9303 \dots\dots\dots (55)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6 \text{ cm}$:

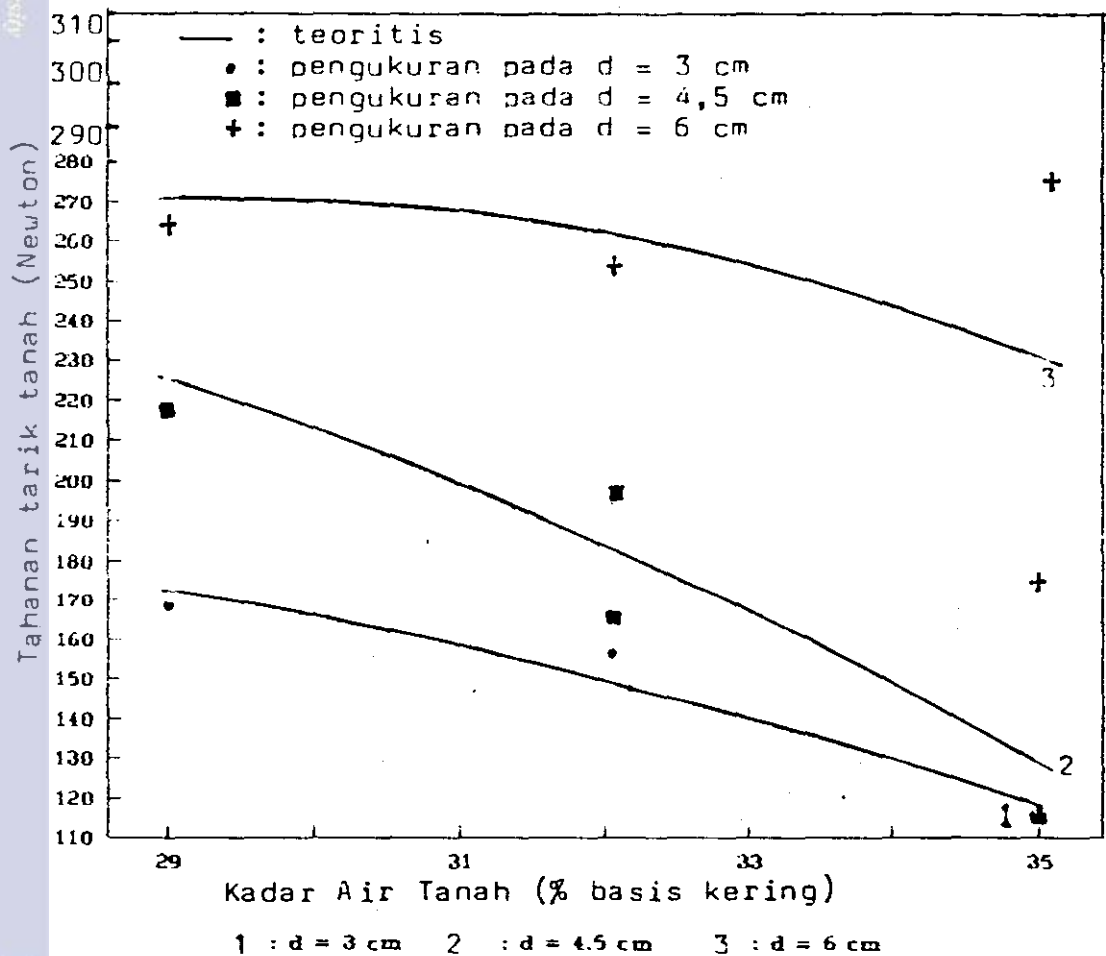
$$D = 22,2K - 0,453K^2 ; r = 0,9352 \dots\dots\dots (56)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

K : kadar air tanah (persen basis kering)

r : koefisien korelasi

Hubungan antara tahanan tarik tanah pembajakan dengan kadar air tanah (persen basis kering) pada tanah Latosol Cikabayan tertera pada Gambar 54.



Gambar 54. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kadar air tanah (% basis kering) pada tanah Latosol Cikabayan.

Hubungan tahanan tarik tanah dengan kadar air tanah (persen basis kering) pada tanah Latosol Darmaga IV merupakan fungsi kuadratik dalam bentuk persamaan :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3 \text{ cm}$:

$$D = 323,5 - 15,80 K + 0,2682 K^2 ; r = 0,8252... (57)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5 \text{ cm}$:

$$D = 293,7 - 14,82 K + 0,2690 K^2 ; r = 0,6892... (58)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6 \text{ cm}$:

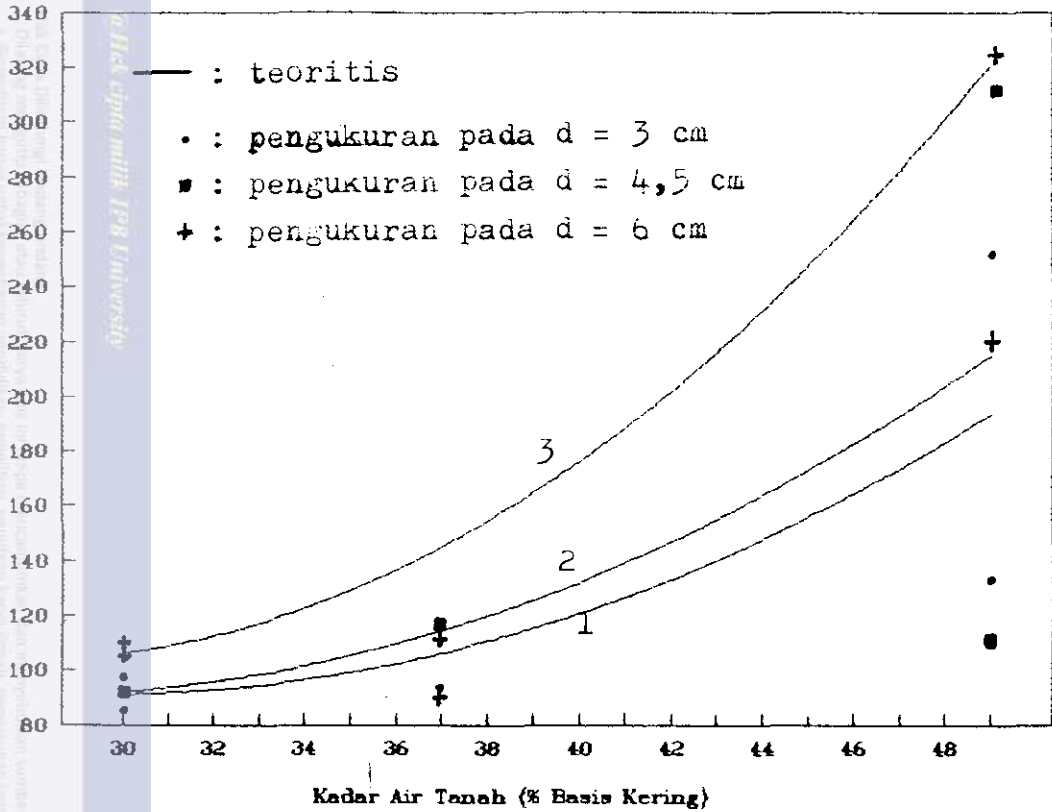
$$D = 468,8 - 26,35 K + 0,4770 K^2 ; r = 0,8631... (59)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

K : kadar air tanah (persen basis kering)

r : koefisien korelasi

Persamaan (57), (58) dan (59) dapat digambarkan seperti tertera pada Gambar 55.



Gambar 55. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kadar air tanah (persen basis kering) pada tanah Latosol Darmaga IV.

Tahanan tarik tanah menurun sesuai dengan meningkatnya kadar air tanah sampai mendekati batas plastis dan akan meningkat lagi setelah melewati batas plastis. Tahanan tarik tanah minimum pada pembajakan tanah Latosol Subang sekitar 27,50 Newton dengan kadar air tanah 35,0% pada kedalaman olah (d) sama dengan 3 cm, 45,48 Newton pada kedalaman olah 4,5 cm dengan kadar air tanah 34,48 % dan 72,44 Newton pada kedalaman olah 6 cm dengan kadar air tanah 34,55%.

Tahanan tarik tanah minimum pada pembajakan tanah Latosol Cikabayan sekitar 118,47 Newton untuk kedalaman olah 3 cm, 124,77 Newton untuk kedalaman olah 4,5 cm dan 222,07 Newton untuk kedalaman olah 6 cm pada kadar air tanah 35,0% basis kering.

Tahanan tarik tanah minimum pada pembajakan tanah Latosol Darmaga IV sekitar 90,80 Newton untuk kedalaman olah 3 cm dengan kadar air tanah 29,45%, 89,58 Newton untuk kedalaman olah 4,5 cm dengan kadar air tanah 27,55% dan 104,9 Newton untuk kedalaman olah 6 cm dengan kadar air tanah 27,62%.

Batas plastis tanah Latosol Subang sekitar 36,76%, tanah Latosol Cikabayan 36,11% dan 37,36% untuk tanah Latosol Darmaga IV. Menurunnya tahanan tarik tanah dengan meningkatnya kadar air tanah sampai mendekati batas plastis karena menurunnya kekuatan geser tanah. Meningkatnya tahanan tarik tanah dengan meningkatnya kadar air tanah di atas batas plastis karena pada kadar air tersebut tanah menjadi lebih lengket sehingga tahanan tarik meningkat.

2. Kohesi Tanah

Besarnya gaya kohesi tanah bervariasi tergantung dari kadar air tanah dan kandungan liat. Gaya kohesi tanah meningkat sesuai dengan menurunnya kadar air tanah dan meningkatnya kandungan liat (Parry, 1960). Menurut Wesley (1973), gaya kohesi tanah dipengaruhi kepadatan tanah. Pada penelitian ini kepadatan tanah dibuat tetap sebesar 18 kg/cm^2 , sehingga gaya kohesi tanah dipengaruhi kadar air tanah dan kandungan liat saja. Kandungan liat tanah Latosol Subang sebesar 74,14%, tanah Latosol Cikabayan 50,68% dan tanah Latosol Darmaga IV sebesar 77,45%. Nilai kohesi tanah untuk tanah Latosol Subang pada selang kadar air 32% sampai 38% sekitar $2,50 \text{ kg/cm}^2$ menurun sampai $2,11 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kohesi tanah Latosol Cikabayan pada selang kadar air 29% sampai 35% sekitar $1,37 \text{ kg/cm}^2$ menurun sampai $1,00 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan nilai kohesi tanah pada tanah Latosol Darmaga IV sekitar $0,55 \text{ kg/cm}^2$ sampai $1,90 \text{ kg/cm}^2$ pada selang kadar air 49% menurun sampai 30%.

Koolen dan Kuipers (1983) menyatakan bahwa tahanan tarik tanah meningkat dengan meningkatnya kohesi tanah dan kandungan liat. Hal ini disebabkan terjadinya bongkahan-bongkahan tanah sehingga diperlukan tenaga yang lebih besar untuk mengolah tanah. Hasil penelitian ini diperoleh hubungan



antara tahanan tarik tanah dengan kohesi tanah pada tanah

Latosol Subang dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3$ cm :

$$D = 11124 - 9518c + 2042c^2 ; r = 0,8877 \dots\dots\dots (60)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5$ cm :

$$D = 16312 - 14091c + 3051c^2 ; r = 0,9747 \dots\dots\dots (61)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6$ cm :

$$D = 24085 - 20800c + 4414c^2 ; r = 0,9726 \dots\dots\dots (62)$$

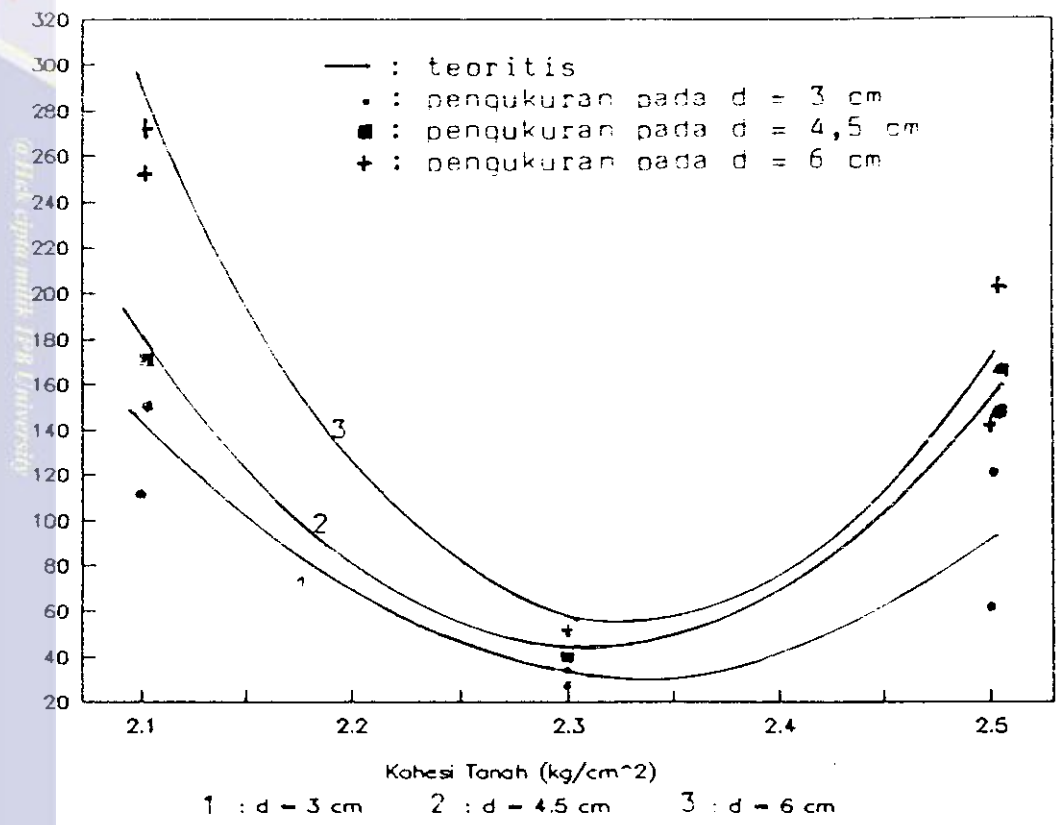
di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

c : kohesi tanah, kg/cm^2

r : koefisien korelasi

Hubungan tahanan tarik tanah dengan kohesi tanah pada tanah

Latosol Subang dapat dilihat pada Gambar 56.



Gambar 56. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kohesi tanah pada tanah Latosol Subang.

Nama: ...
 No. ...
 Tanggal: ...
 Dosen: ...
 Mata Kuliah: ...
 Lokasi: ...

Sedangkan persamaan hubungan antara tahanan tarik tanah dengan kohesi tanah pada tanah Latosol Cikabayan adalah :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3$ cm :

$$D = 101c + 17,3c^2 ; r = 0,9518 \dots\dots\dots (63)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5$ cm :

$$D = 35c + 93c^2 ; r=0,9300 \dots\dots\dots (64)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6$ cm :

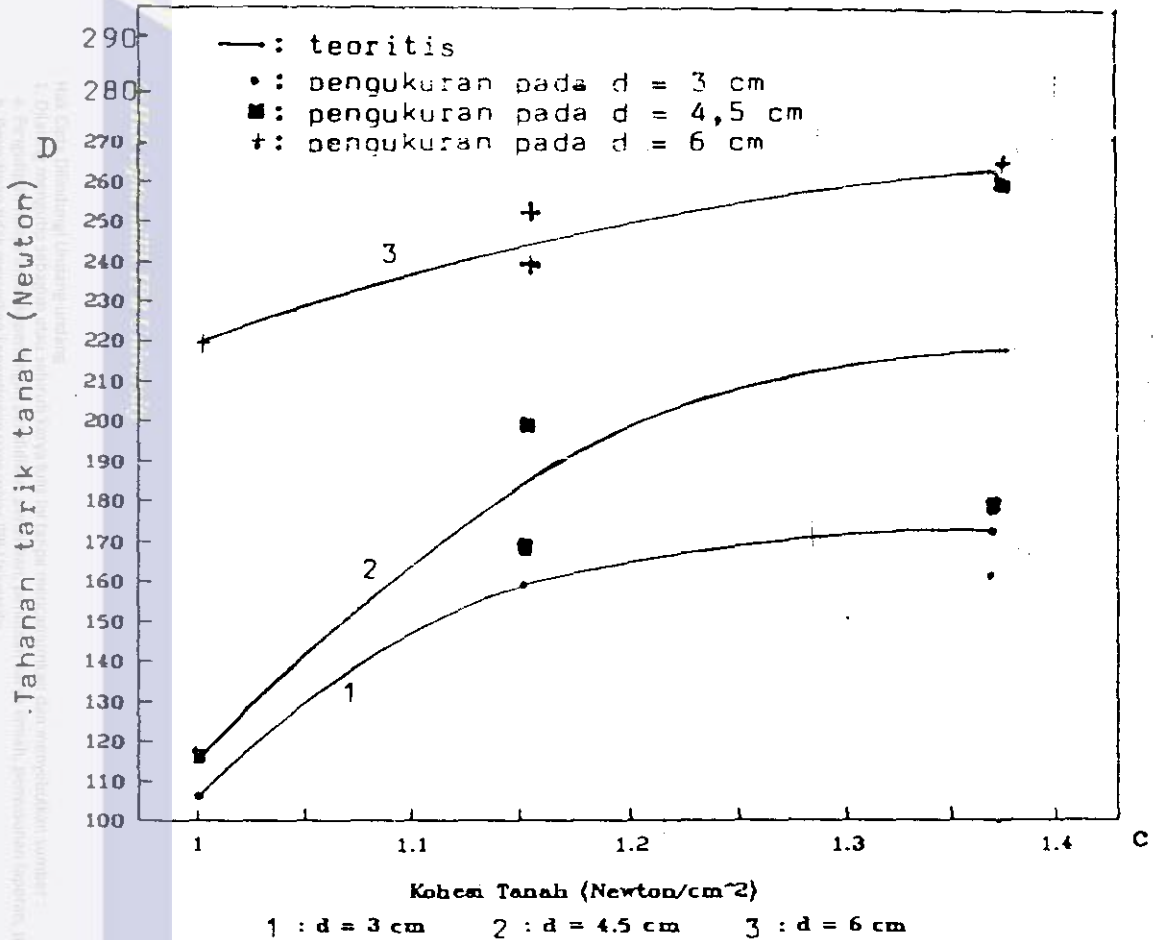
$$D = 304c - 81,7c^2 ; r = 0,9352 \dots\dots\dots (65)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

c : kohesi tanah, kg/cm^2

r : koefisien korelasi

Persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 57.



Gambar 57. Hubungan antara tahanan tarik tanah (D) dengan kohesi tanah (c) pada tanah Latosol Cikabayan.

Hubungan tahanan tarik tanah dengan kohesi tanah pada tanah Latosol Darmaga IV dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3 \text{ cm}$:

$$D = 368,0 - 387,1 c + 127,0 c^2 ; r = 0,8252 \dots (66)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5 \text{ cm}$:

$$D = 399,8 - 410,6 c + 130,6 c^2 ; r = 0,6892 \dots (67)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6 \text{ cm}$:

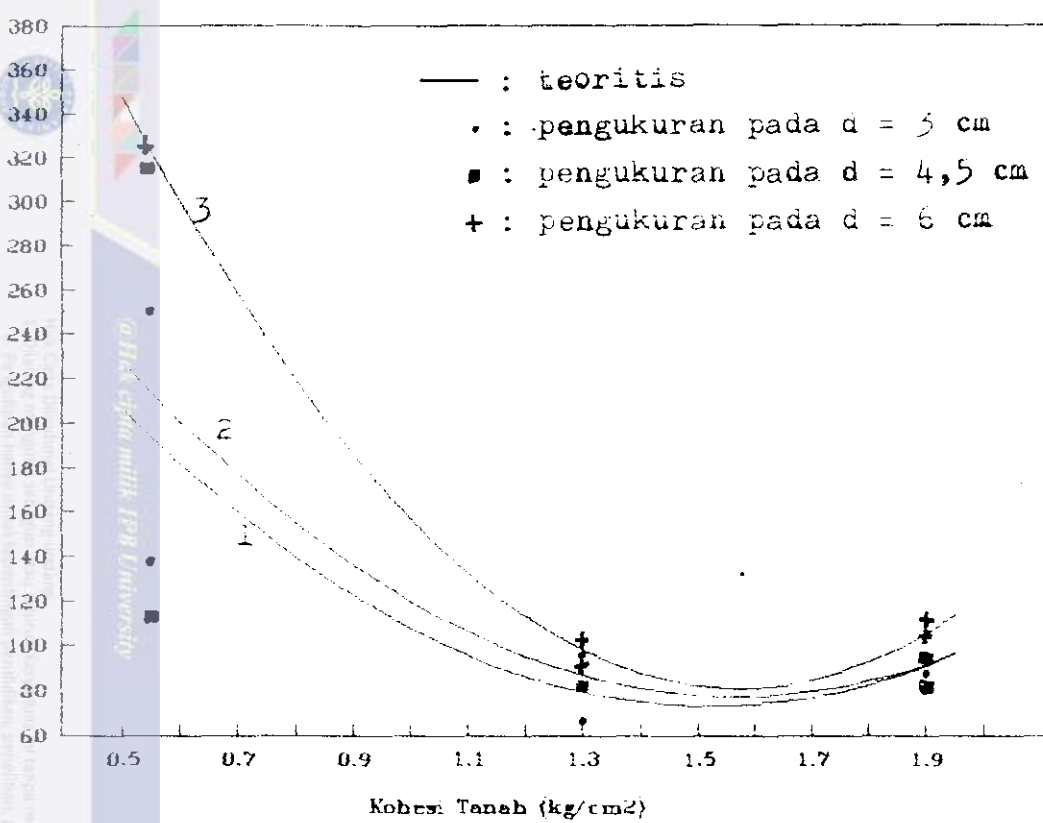
$$D = 652,5 - 726,5 c + 231,5 c^2 ; r = 0,8631 \dots (68)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

c : kohesi tanah, kg/cm^2

r : koefisien korelasi

Persamaan (66), (67) dan (68) dapat dilihat pada Gambar 58.



1 : $d = 3 \text{ cm}$ 2 : $d = 4,5 \text{ cm}$ 3 : $d = 6 \text{ cm}$

Gambar 36. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kohesi tanah pada tanah Latosol Darmaga IV.

Tahanan tarik tanah meningkat sesuai dengan meningkatnya kohesi tanah terjadi pada pembajakan tanah Latosol Cikabayan. Hal ini disebabkan peningkatan kekuatan geser tanah. Tahanan tarik tanah pada pembajakan tanah Latosol Subang dan Latosol Darmaga IV menurun dengan meningkatnya kohesi tanah sampai nilai kohesi tanah $2,32 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Subang dan $1,55 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Darmaga IV. Kemudian akan meningkat lagi pada nilai kohesi tanah lebih besar dari $2,32 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Subang dan $1,55 \text{ kg/cm}^2$ untuk tanah Latosol Darmaga IV.

Menurunnya tahanan tarik tanah dengan meningkatnya kohesi tanah sampai nilai kohesi tanah $2,32 \text{ kg/cm}^2$ pada tanah Latosol Subang dan $1,55 \text{ kg/cm}^2$ pada tanah Latosol Darmaga IV tersebut, karena kelengketan tanah berkurang akibat menurunnya kadar air tanah sampai mendekati batas plastis.

3. Sudut Friksi Internal Tanah.

Kekuatan geser tanah terdiri dari dua bagian, yaitu bagian yang bersifat kohesi dan bagian yang mempunyai sifat gesekan yang besarnya sebanding dengan tegangan efektif yang bekerja pada bidang geser (Wesley, 1973). Sifat gesekan tanah dinyatakan dalam koefisien gesekan yang besarnya sama dengan tangen sudut friksi internal tanah (sudut gesekan dalam tanah). Nilai koefisien gesekan dalam tanah berkisar antara 0,2 sampai 0,8 (Gill dan Vanderberg, 1968). Nilai koefisien gesekan tergantung dari kandungan air tanah (Sumarto, 1983).

Pembajakan dengan bajak singkal pada tanah akan menimbulkan gaya gesekan yang diberikan oleh tanah untuk menentang gaya yang diberikan bajak singkal. Besarnya gaya gesekan dipengaruhi sudut friksi internal tanah. Gaya gesekan tanah meningkat sesuai meningkatnya sudut friksi internal tanah (Parry, 1960). Besarnya gaya gesekan tanah akan mempengaruhi gaya tarik alat pengolah tanah untuk menggeser tanah (Korayem, 1966).

Tahanan tarik tanah alat pengolahan tanah meningkat dengan bertambahnya sudut friksi internal tanah (Larson et al., 1968). Hasil penelitian ini diperoleh hubungan antara tahanan tarik tanah dengan sudut friksi internal tanah. Hubungan tahanan tarik tanah

dengan sudut friksi internal tanah pada tanah Latosol Su-
bang dapat dibuat dalam bentuk persamaan berikut :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3$ cm :

$$D = 1036,4894 - 156,8483 \phi + 6,0683 \phi^2 ; r = 0,7910$$

.....(69)

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5$ cm :

$$D = 1131,043 - 168,0331 \phi + 6,6399 \phi^2 ; r = 0,5815$$

.....(70)

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6$ cm :

$$D = 1377,0951 - 185,6381 \phi + 6,7798 \phi^2 ; r = 0,5044$$

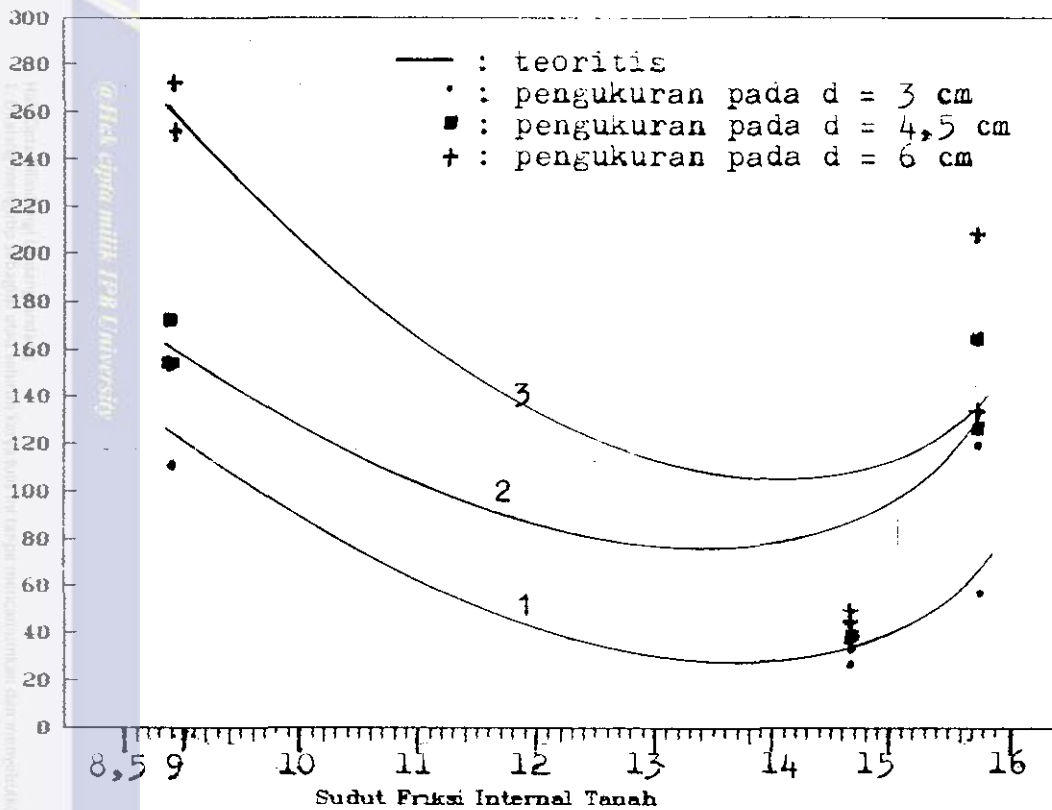
.....(71)

di mana, ν : tahanan tarik tanah, Newton

ϕ : sudut friksi internal tanah, ($^{\circ}$)

r : koefisien korelasi

Persamaan (69), (70) dan (71) dapat dilihat pada Gambar 59.



1 : $d = 3 \text{ cm}$ 2 : $d = 4,5 \text{ cm}$ 3 : $d = 6 \text{ cm}$

Gambar 59. Hubungan tahanan tarik tanah dengan sudut friksi internal tanah pada tanah Latosol Subang.

Hubungan tahanan tarik tanah dengan sudut friksi internal tanah pada Latosol Cikabayan adalah :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3 \text{ cm}$:

$$D = 42,6721 \cdot \phi^{0,4784} ; r = 0,630 \dots\dots\dots(72)$$

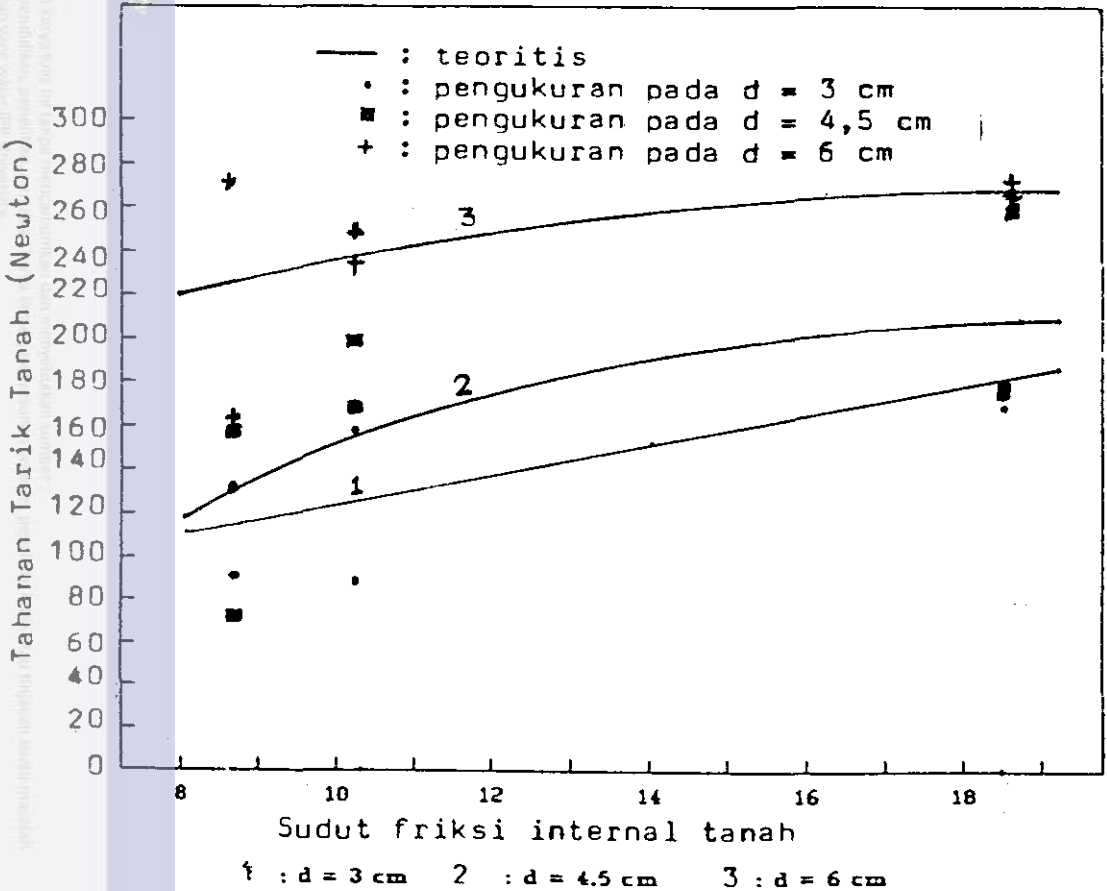
Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5 \text{ cm}$:

$$D = 24,9595 \cdot \phi^{0,7521} ; r = 0,6031 \dots\dots\dots(73)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6 \text{ cm}$:

$$D = 138,5637 \cdot \phi^{0,2241} ; r = 0,4003 \dots\dots\dots(74)$$

Persamaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 60.



Gambar 60. Hubungan antara tahanan tarik tanah dengan sudut friksi internal tanah pada tanah Latosol Cikabayan.

Persamaan hubungan tahanan tarik tanah dengan sudut friksi internal tanah pada tanah Latosol Darmaga IV adalah :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3 \text{ cm}$:

$$D = 178,07 + 1,644 \phi - 0,7773 \phi^2 ; r = 0,8877 \dots (75)$$

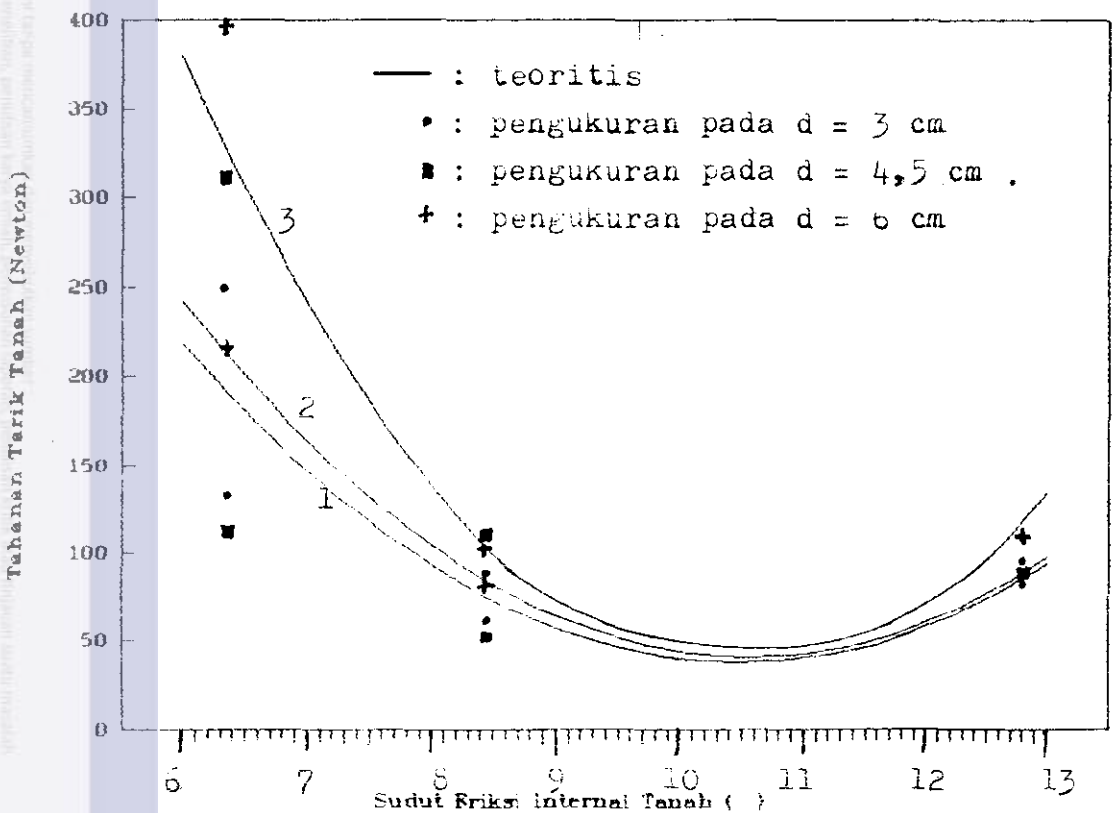
Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5 \text{ cm}$:

$$D = 153,62 + 12,862 \phi - 1,3880 \phi^2 ; r = 0,9772 \dots (76)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6 \text{ cm}$:

$$D = 217,87 + 3,047 \phi - 1,6231 \phi^2 ; r = 0,9726 \dots (77)$$

Persamaan (75), (76) dan (77) dapat digambarkan seperti tertera pada Gambar 61.



1 : $d = 3 \text{ cm}$ 2 : $d = 4,5 \text{ cm}$ 3 : $d = 6 \text{ cm}$

Gambar 61. Hubungan tahanan tarik tanah dengan sudut friksi internal tanah pada tanah Latosol Darmaga IV.

Tahanan tarik tanah meningkat sesuai meningkatnya sudut friksi internal tanah pada pembajakan tanah Latosol Cikabayan. Pembajakan tanah pada tanah Latosol Subang diperoleh nilai tahanan tarik tanah yang menurun dengan meningkatnya sudut friksi internal tanah sampai nilai $\phi = 13,7^{\circ}$. Kemudian meningkat lagi dengan bertambahnya sudut friksi internal tanah. Sedangkan tahanan tarik tanah pembajakan pada tanah Latosol Darmaga IV menurun dengan meningkatnya sudut friksi internal tanah sampai nilai $\phi = 10,5^{\circ}$ dan meningkat lagi dengan meningkatnya sudut friksi internal tanah.

Penurunan tahanan tarik tanah pembajakan pada tanah Latosol Subang dan Latosol Darmaga IV tersebut karena keseragaman tanah yang digunakan kurang merata. Pengukuran dilakukan pada tanah yang diusahakan seragam. Tanah yang dibajak berulang-ulang akan mengalami perubahan struktur. Perlakuan pemadatan tanah menyebabkan terjadinya bongkahan-bongkahan tanah yang lebih besar sehingga tahanan tarik tanah pada sudut friksi di bawah $14,94^{\circ}$ untuk tanah Latosol Subang dan $10,5^{\circ}$ untuk tanah Latosol Darmaga IV akan meningkat.

4. Berat Isi Tanah.

Tahanan tarik tanah meningkat secara linier sesuai bertambahnya berat isi tanah (Payne dalam McKyes, 1978). Sedangkan hasil penelitian ini tahanan tarik tanah meningkat secara eksponensial dengan meningkatnya berat isi tanah. Peningkatan berat isi tanah menyebabkan tekanan tanah yang lebih besar pada bajak singkai sehingga untuk memotong dan membalikkan tanah dibutuhkan gaya yang lebih besar.

Persamaan hubungan antara tahanan tarik tanah dengan berat isi tanah Latosol Subang, Cikabayan dan Darmaga IV adalah :

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 3 \text{ cm}$:

$$D = 20,1871 \cdot e^{1,5128} \quad ; \quad r = 0,9665 \dots\dots\dots (78)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 4,5 \text{ cm}$:

$$D = 16,9705 \cdot e^{1,7322} \quad ; \quad r = 0,9373 \dots\dots\dots (79)$$

Untuk kedalaman pembajakan, $d = 6 \text{ cm}$:

$$D = 14,5630 \cdot e^{2,0281} \quad ; \quad r = 0,9798 \dots\dots\dots (80)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah, Newton

 : berat isi tanah, g/cm^3

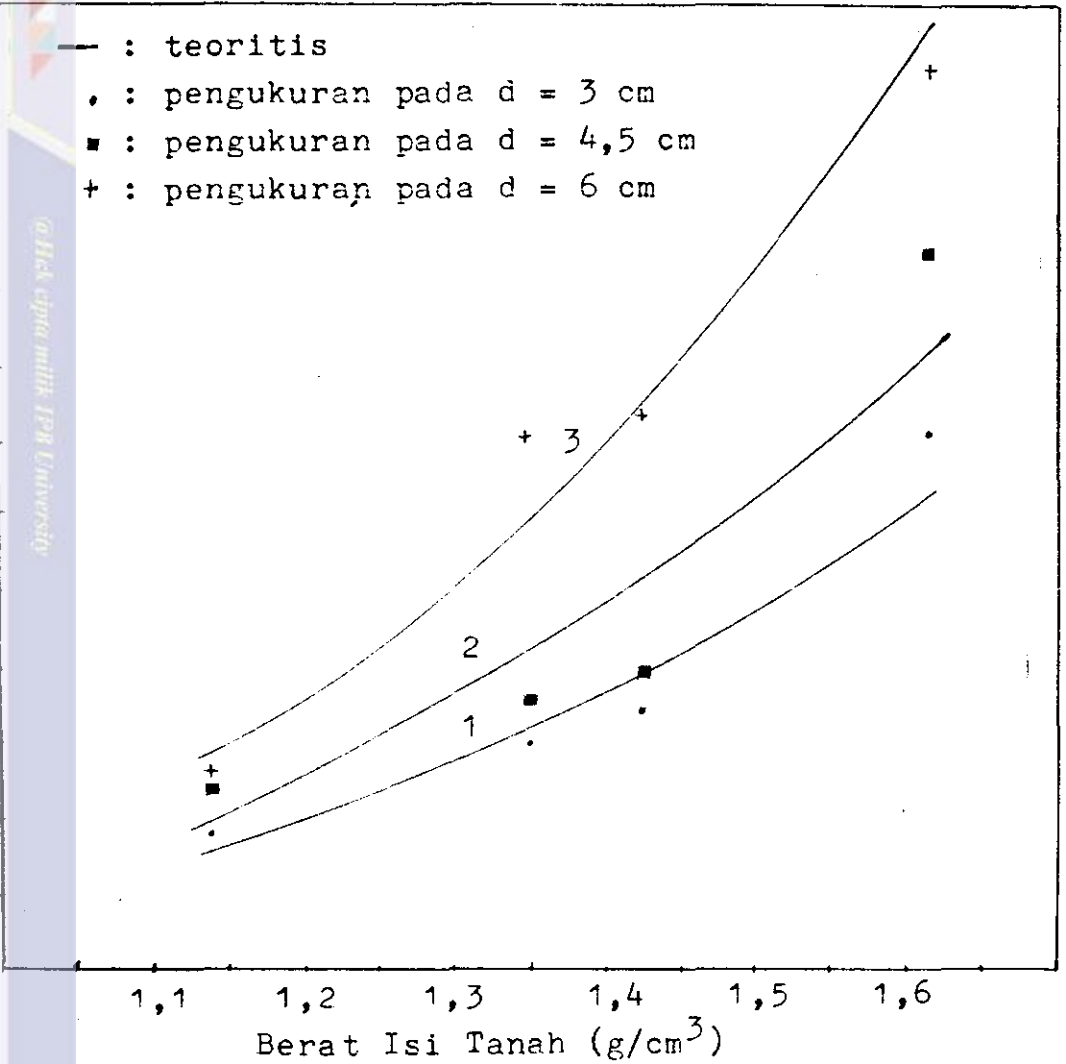
r : koefisien korelasi

Persamaan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk grafik seperti tertera pada Gambar 62.



375
350
325
300
275
250
225
200
175
150
125
100
0

- : teoritis
 . : pengukuran pada $d = 3$ cm
 ■ : pengukuran pada $d = 4,5$ cm
 + : pengukuran pada $d = 6$ cm



1 : $d = 3$ cm 2 : $d = 4,5$ cm 3 : $d = 6$ cm

Gambar 62. Hubungan tahanan tarik tanah dengan berat isi tanah (basis berat basah).

Tahanan tarik tanah merupakan fungsi dari beberapa parameter yang saling mempengaruhi. Faktor yang mempengaruhi tahanan tarik tanah dapat diklasifikasikan menjadi dua, yaitu kondisi lapang dan kondisi alat yang digunakan. Kondisi lapang terdiri dari : jenis tanah, tekstur tanah, vegetasi yang tumbuh dan kadar air tanah. Sedangkan kondisi alat terdiri dari : kecepatan pembajakan, kedalaman olah, bentuk dan tipe bajak, lebar bajak, ketajaman pisau, tipe penggandengan dan penyetulan bajak.

Tahanan tarik tanah tidak dapat ditentukan hanya dengan salah satu parameter saja, sedangkan parameter lainnya konstan. Dalam pelaksanaan penelitian sulit untuk membuat kondisi salah satu parameter berubah dan parameter yang lain konstan. Untuk itu pendugaan tahanan tarik tanah digunakan persamaan yang mencakup beberapa parameter secara simultan.



D. HUBUNGAN TAHANAN TARIK TANAH DENGAN BEBERAPA SIFAT FISIK - MEKANIK TANAH DAN KEDALAMAN OLAH PEMBAJAKAN

Dari analisa dimensional diperoleh persamaan :

$$D/mg = f(d/p, r/p, \tan \phi, \tan \alpha, \rho p^3/m, cv^2 l/mg, l/p) \dots\dots\dots(81)$$

Jika (r/p), (tan α) dan (l/p) dibuat konstan, maka diperoleh persamaan :

$$D/mg = f(d/p, \tan \phi, \rho p^3/m, cv^2 l/mg) \dots\dots\dots(82)$$

Hubungan kualitatif persamaan (82) adalah

$$D/mg = C.(d/p)^a.(tan \phi)^b.(\rho p^3/m)^{c'}.(cv^2 l/mg)^d..(83)$$

Jika persamaan (83) di-log-kan, maka diperoleh persamaan :

$$\log (D/mg) = \log C + a \log (d/p) + b \log (\tan \phi) + c' \log (\rho p^3/m) + d \log (cv^2 l/mg)..(84)$$

$$C_1 = C' + a C_2 + b C_3 + c' C_4 + d C_5 \dots\dots(85)$$

- di mana, C₁ : log (D/mg)
- C₂ : log (d/p)
- C₃ : log (tan φ)
- C₄ : log (ρp³/m)
- C₅ : log (cv²l/mg)

C', a, b, c, d : konstanta yang ditentukan dengan regresi linier berganda program Minitab 6.1

IPB University
 Institut Pertanian Bogor
 Jl. Sekeloa Selatan 1, Bogor, Indonesia
 Telp. (0251) 8717333
 Fax. (0251) 8717333
 Email: ipb@ipb.ac.id
 www.ipb.ac.id

Untuk memperoleh nilai C' , a , b , c dan d digunakan regresi linier berganda dengan program Minitab 6.1.

Setelah diperoleh nilai a , b , c' , d dan C' , persamaan (84) di-antilog-kan sehingga diperoleh persamaan :

$$\frac{D}{mg} = C. (d/p)^a. (\tan \phi)^b. (\rho p^3/m)^{c'}. (cv^2l/mg)^d \dots(83)$$

1. Tanah Latosol Subang.

Hasil regresi linier berganda dengan menggunakan konstanta (Lampiran 15) diperoleh nilai :

$C' = -25,8$ sehingga $C = \text{antilog } C' = 10^{-25,8}$; $a = 0,876$; $b = -5,83$; $c' = 0$ dan $d = 18,4$. Persamaan yang diperoleh adalah

$$\frac{D}{mg} = 10^{-25,8} . \left(\frac{d}{p}\right)^{0,876} . (\tan \phi)^{-5,83} . \left(\frac{cv^2l}{mg}\right)^{18,4} \dots (86)$$

Nilai $m = 0,633 \text{ kg}$, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, $p = 0,135 \text{ m}$, $v = 0,248 \text{ m/s}$, $l = 0,085 \text{ m}$. Sehingga persamaan (86) menjadi :

$$D = (1,51179 \cdot 10^{-81}) . (d)^{0,876} . (\tan \phi)^{-5,83} . (c)^{18,4} \dots (87)$$

Pada regresi linier berganda dengan menggunakan konstanta, faktor $(\rho p^3/m)$ mempunyai hubungan yang sangat tinggi dengan (cv^2l/mg) . Nilai konstanta $c' = 0$ sehingga $(\rho p^3/m)^0 = 1$. Hubungan $(\rho p^3/m)$ dengan (cv^2l/mg) dapat ditentukan dengan regresi linier seperti tertera pada Lampiran 16.

Sedangkan hasil regresi linier berganda tanpa konstanta (noconstant) diperoleh nilai $C' = 0$, sehingga $C = \text{anti-log } C' = 1$; $a = 0,876$; $b = -3,82$; $c' = -7,90$ dan $d = 3,60$. Hasil regresi linier berganda tanpa konstanta (noconstant) tertera pada Lampiran 17.

Persamaan yang diperoleh :

$$D/mg = (d/p)^{0,876} \cdot (\tan \varnothing)^{-3,82} \cdot (\rho p^3/m)^{-7,90} \cdot (cv^2l/mg)^{3,60} \dots (88)$$

$$D = (3,37270 \cdot 10^9) \cdot (d)^{0,876} \cdot (\tan \varnothing)^{-3,82} \cdot (\rho)^{-7,90} \cdot (c)^{3,60} \dots (89)$$

2. Tanah Latosol Cikabayan

Hasil regresi linier berganda dengan menggunakan konstanta (Lampiran 18) diperoleh nilai $C' = -1,99$ sehingga $C = \text{antilog } C' = 10^{-1,99}$; $a = 0,761$; $b = -0,804$; $c' = 0$ dan $d = 3,31$. Persamaan yang diperoleh adalah :

$$D/mg = 10^{-1,99} (d/p)^{0,761} \cdot (\tan \varnothing)^{-0,804} \cdot (cv^2l/mg)^{3,31} \dots (90)$$

$$D = (1,93849 \cdot 10^{-11}) \cdot (d)^{0,761} \cdot (\tan \varnothing)^{-0,804} \cdot (c)^{3,31} \dots (91)$$

Dari hasil regresi linier berganda dengan menggunakan konstanta, $(\rho p^3/m)$ mempunyai hubungan yang sangat tinggi dengan (cv^2l/mg) . Regresi linier untuk memperoleh hubungan antara $(\rho p^3/m)$ dengan (cv^2l/mg) tertera pada Lampiran 19.



Sedangkan hasil regresi linier berganda tanpa konstanta (noconstant) diperoleh nilai $C' = 0$, sehingga $C = \text{antilog } C' = 1$; $a = 0,761$; $b = -0,704$; $c' = -1,59$ dan $d = 2,59$. Hasil regresi linier berganda tanpa konstanta (noconstant) tertera pada Lampiran 20. Persamaan yang diperoleh :

$$D/mg = (d/p)^{0,761} \cdot (\tan \varnothing)^{-0,704} \cdot (\rho p^3/m)^{-1,59} \cdot \left(\frac{cv^2 l}{mg}\right)^{2,59} \dots \dots \dots (92)$$

Dengan memasukkan nilai $m = 0,633 \text{ kg}$; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$; $p = 0,135 \text{ m}$; $v = 0,248 \text{ m/s}$; $l = 0,085 \text{ m}$, maka diperoleh persamaan :

$$D = (2,10778 \cdot 10^{-3}) \cdot (d)^{0,761} \cdot (\tan \varnothing)^{-0,704} \cdot (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots \dots \dots (93)$$

3. Tanah Latosol Darmaga IV

Hasil regresi linier berganda dengan menggunakan konstanta (Lampiran 21) diperoleh nilai sebagai berikut: $C' = 4,61$, sehingga $C = \text{antilog } C' = 10^{4,61}$; $a = 0,415$; $b = 1,75$; $c' = 0$ dan $d = -1,74$. Persamaan yang diperoleh adalah :

$$\frac{D}{mg} = 10^{4,61} \cdot \left(\frac{d}{p}\right)^{0,415} \cdot (\tan \varnothing)^{1,75} \cdot \left(\frac{cv^2 l}{mg}\right)^{-1,74} \dots \dots (94)$$

$$D = (1,30032 \cdot 10^{11}) \cdot (d)^{0,415} \cdot (\tan \varnothing)^{1,75} \cdot (c)^{-1,74} \dots (95)$$

Pada regresi linier berganda dengan menggunakan konstanta diperoleh nilai $c' = 0$ sehingga nilai $(\rho p^3/m) = 1$. $(\rho p^3/m)$ mempunyai hubungan yang sangat tinggi dengan nilai (cv^2l/mg) . Hubungan tersebut dapat dilihat pada Lampiran 22.

Sedangkan hasil regresi linier berganda tanpa konstanta (noconstant) diperoleh nilai $C' = 0$, sehingga $C = 1$; $a = 0,415$; $b = 2,56$; $c' = 6,52$ dan $d = -1,47$. Hasil regresi tersebut dapat dilihat pada Lampiran 23. Persamaan yang diperoleh adalah :

$$D/mg = \left(\frac{d}{p}\right)^{0,415} \cdot (\tan \phi)^{2,56} \cdot (\rho p^3/m)^{6,52} \cdot \left(\frac{cv^2l}{mg}\right)^{-1,47} \dots (96)$$

$$D = (9,07912 \cdot 10^{-11}) \cdot (d)^{0,415} \cdot (\tan \phi)^{2,56} \cdot (\rho)^{6,52} \cdot (c)^{-1,47} \dots (97)$$

- di mana, D = tahanan tarik tanah, Newton
- d = kedalaman pembajakan, m
- $\tan \phi$ = koefisien gesekan tanah, —
- c = kohesi tanah, kg/m^2
- ρ = berat isi tanah, kg/m^3

E. PERKIRAAN TAHANAN TARIK TANAH PROTOTYPE (D_T) DENGAN MODEL BAJAK SINGKAL (D_M)

Model bajak singkal yang digunakan dalam penelitian ini merupakan model rancangan baru. Jika model tersebut dibuat prototipe dan digunakan dalam pembajakan di lapang, maka tahanan tarik tanah pembajakan dapat diduga dengan rumus yang telah ditemukan dalam penelitian dengan menggunakan parameter tertentu.

Model bajak singkal tersebut dirancang dengan spesifikasi :

- a. Bahan terbuat dari baja (plat baja bekas bajak pi-ring)
- b. Panjang, $p = 0,135$ m
- c. Lebar, $l = 0,085$ m
- d. Tebal, $b = 0,002$ m
- e. Massa, $m = 0,633$ kg
- f. Radius kurvatur, $r = 0,103$ m
- g. Tinggi, $t = 0,071$ m
- h. Kecepatan pembajakan, $v = 0,248$ m/s
- i. Sudut potong, $\alpha = 25,0^\circ$

Dari persamaan (35) yaitu :

$$\frac{D}{mg} = f\left(\frac{d}{p}, \frac{r}{p}, \tan \phi, \tan \alpha, \frac{p^3}{m}, \frac{1}{p}, \frac{cv^2 l}{mg}\right)$$

$$\Pi_4 = f(\Pi_3, \Pi_4, \Pi_5, \Pi_6, \Pi_8, \Pi_9, \Pi_{11})$$

diperoleh antara Π_n model dengan prototipe sebagai

berikut :

$$\pi_{1M} = \pi_{1T}$$

$$\pi_{3M} = \pi_{3T}$$

$$\pi_{4M} = \pi_{4T}$$

$$\pi_{5M} = \pi_{5T}$$

$$\pi_{6M} = \pi_{6T}$$

$$\pi_{8M} = \pi_{8T}$$

$$\pi_{9M} = \pi_{9T}$$

$$\pi_{11M} = \pi_{11T}$$

Dikiraan tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal adalah :

$$\pi_{1T} = \pi_{1M} \dots\dots\dots(98)$$

$$(D/mg)_T = (D/mg)_M \dots\dots\dots(99)$$

$$D_T = (m_T/m_M) \cdot D_M \dots\dots\dots(100)$$

di mana, D_T : tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal, Newton

D_M : tahanan tarik pembajakan dengan model bajak singkal (rumus yang diperoleh dari penelitian ini), Newton

m_T : massa prototipe bajak singkal, kg

m_M : massa model bajak singkal, kg

Sedangkan faktor pembatas lain harus disesuaikan antara



Halaman ini adalah hak milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan lain tanpa izin tertulis dari IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian hukum IPB University.

prototipe dengan model bajak singkal dengan menggunakan rumus $\pi_n \text{ model} = \pi_n \text{ prototipe}$

1. Tanah Latosol Subang.

Persamaan untuk memperkirakan tahanan tarik tanah pembajakan pada tanah Latosol Subang adalah

$$D_T = (m_T/m_M) \cdot D_M$$

$$D_T = (m_T/0,633) \cdot (3,37270 \cdot 10^9) \cdot (d_M)^{0,876} \cdot (\tan \phi)^{-3,82} \cdot (\rho)^{-7,90} \cdot (c)^{3,60} \dots\dots\dots (101)$$

$$D_T = (5,32812 \cdot 10^9) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,876} \cdot (\tan \phi)^{-3,82} \cdot (\rho)^{-7,90} \cdot (c)^{3,60} \dots\dots\dots (102)$$

di mana, D_T ; tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal, Newton.

d_M : kedalaman pembajakan model bajak singkal

hasil konversi dari prototipe, meter

$\tan \phi$: koefisien gesekan tanah, —

c : kohesi tanah, kg/m^2

ρ : berat isi tanah, kg/m^3

2. Tanah Latosol Cikabayan.

Persamaan yang diperoleh adalah :

$$D_T = (3,32982 \cdot 10^{-3}) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,761} \cdot (\tan \phi)^{-0,704} \cdot (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots\dots\dots (103)$$



Visi: Menjadi universitas terkemuka di Indonesia yang unggul dalam bidang pertanian, kehutanan, peternakan, kesehatan, lingkungan, teknologi, dan keadilan sosial. Misi: Meningkatkan mutu pendidikan, penelitian, dan pengabdian masyarakat untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat Indonesia.

3. Tanah Latosol Darmaga IV.

Persamaan yang diperoleh adalah :

$$D_T = (1,43429 \cdot 10^{-10}) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,415} \cdot (\tan \phi)^{2,56} \\ \times (\rho)^{6,52} \cdot (c)^{-1,47} \dots \dots \dots (104)$$

Contoh perhitungan tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal. Diketahui : pembajakan pada tanah Latosol Subang dengan nilai $c = 2,00 \text{ kg/m}^2$; $\rho = 1,55 \text{ kg/m}^3$; $\phi = 16,0^\circ$; $d = 18 \text{ cm}$; panjang prototipe bajak singkal empat kali panjang model bajak singkal. Desain bajak singkal yang dibuat adalah :

$$(\rho^3/m)_T = (\rho^3/m)_M \text{ dengan nilai } p_T = 0,540 \text{ m} ; m_T = 40,51 \text{ kg}$$

$$(l/p)_T = (l/p)_M \text{ dengan nilai } l_T = 0,340 \text{ m}$$

$$(cv^2l/mg)_T = (cv^2l/mg)_M \text{ dengan nilai } v_T = 0,992 \text{ m/s}$$

$$(r/p)_T = (r/p)_M \text{ dengan nilai } r_T = 0,412 \text{ m}$$

$$(d/p)_T = (d/p)_M \text{ dengan nilai } d_M = 0,045 \text{ m}$$

Tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal tersebut adalah :

$$D_T = (5,32812 \cdot 10^9) \cdot (40,51) \cdot (0,045)^{0,876} \cdot (\tan 16)^{-3,82} \\ \times (1550)^{-7,90} \cdot (20000)^{3,60} \\ = 321,219 \text{ Newton} \\ = 0,0535 \text{ kg/cm}^2 \text{ (tahanan tarik tanah spesifik).}$$



Jika pembajakan dilakukan pada tanah Latosol Cikaba-
yan dengan desain bajak singkal yang sama, diperoleh taha-
nan tarik tanah :

$$D_T = (3,32982 \cdot 10^{-3}) \cdot (40,51) \cdot (0,045)^{0,761} \cdot (\tan 16)^{-0,704} \\ \times (1550)^{-1,59} \cdot (20000)^{2,59}$$

$$D_T = 35812,98 \text{ Newton}$$

$$D_T = 5,9651 \text{ kg/cm}^2.$$

Dengan desain bajak yang sama untuk digunakan pengo-
lahan tanah pada tanah Latosol Darmaga IV, diperoleh taha-
nan tarik tanah spesifik :

$$D_T = (2,26588 \cdot 10^{-10}) \cdot (40,51) \cdot (0,045)^{0,415} \cdot (\tan 16)^{2,56} \\ \times (1550)^{6,52} \cdot (20000)^{-1,47}$$

$$D_T = 31154,57 \text{ Newton}$$

$$D_T = 5,1092 \text{ kg/cm}^2.$$

Rumus tersebut dapat digunakan untuk memperoleh
ukuran bajak yang mempunyai tahanan tarik tanah minimum
dengan cara substitusi ukuran yang tepat.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Pengukuran tahanan tarik tanah dapat dilakukan secara tidak langsung di Laboratorium dengan menggunakan model bajak singkal pada "Soil Bin". Tahanan tarik tanah pembajakan dengan model bajak singkal dapat digunakan untuk memperkirakan tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal di lapang.

Tahanan tarik tanah pembajakan dengan bajak singkal dipengaruhi oleh faktor kondisi lapang dan kondisi alat yang digunakan.

Beberapa sifat fisik-mekanik tanah dan kedalaman olah pembajakan dengan bajak singkal dipelajari pengaruhnya terhadap tahanan tarik tanah. Tahanan tarik tanah meningkat sesuai meningkatnya kedalaman olah pembajakan.

Tahanan tarik tanah menurun dengan bertambahnya kadar air tanah sampai mendekati batas plastis, kemudian akan meningkat lagi setelah melewati batas plastis. Tahanan tarik minimum terjadi pada kadar air tanah 35,00% (basis kering) yaitu sebesar 27,50 Newton dengan kedalaman olah 3 cm pada pembajakan tanah Latosol Subang. Tahanan tarik tanah minimum untuk tanah Latosol Cikabayan sekitar 118,47 Newton pada kadar air tanah (basis kering) 35% dengan kedalaman olah 3 cm. Sedangkan tahanan tarik tanah

pembajakan pada tanah Latosol Darmaga IV sekitar 90,80 Newton pada kadar air tanah 29,45% dengan kedalaman olah 3 cm.

Tahanan tarik tanah meningkat sesuai meningkatnya kohesi tanah, sudut friksi internal dan berat isi tanah.

Besarnya tahanan tarik tanah sulit ditentukan hanya dengan menggunakan salah satu parameter saja sedangkan parameter lainnya dibuat konstan. Parameter-parameter tersebut saling mempengaruhi sehingga sulit untuk dibuat konstan.

Hubungan tahanan tarik tanah dengan sebagian parameter dapat ditentukan dengan cara sebagian parameter lainnya konstan. Hubungan tahanan tarik tanah dengan kedalaman olah pembajakan dan sifat fisik-mekanik tanah dengan model bajak singkal dirumuskan :

Untuk tanah Latosol Subang :

$$D = (3,3727 \cdot 10^9) \cdot (d)^{0,876} \cdot (\tan \varphi)^{-3,82} \cdot (\rho)^{-7,9} \times (c)^{3,6} \dots\dots\dots (89)$$

Untuk tanah Latosol Cikabayan :

$$D = (2,10778 \cdot 10^{-3}) \cdot (d)^{0,761} \cdot (\tan \varphi)^{-0,704} \times (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots\dots\dots (93)$$

Untuk tanah Latosol Darmaga IV :

$$D = (9,07912 \cdot 10^{-11}) \cdot (d)^{0,415} \cdot (\tan \varphi)^{2,56} \times (\rho)^{6,52} \cdot (c)^{-1,47} \dots\dots\dots (97)$$

di mana, D : tahanan tarik tanah pembajakan dengan model bajak singkal, Newton
 d : kedalaman olah pembajakan, m
 ρ : berat isi tanah, kg/m^3
 c : kohesi tanah, kg/m^2
 $\tan \phi$: koefisien gesekan tanah (tangen sudut friksi internal tanah), —

Tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal dapat diperkirakan dengan model bajak singkal. Persamaan yang digunakan untuk memperkirakan tersebut adalah :

Untuk tanah Latosol Subang :

$$D_T = (5,32812 \cdot 10^9) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,876} \cdot (\tan \phi)^{-3,82} \times (\rho)^{-7,90} \cdot (c)^{3,60} \dots\dots\dots(102)$$

Untuk tanah Latosol Cikabayan :

$$D_T = (3,32982 \cdot 10^{-3}) \cdot (m_T) \cdot (d_M)^{0,761} \cdot (\tan \phi)^{-0,704} \times (\rho)^{-1,59} \cdot (c)^{2,59} \dots\dots\dots(103)$$

Untuk tanah Latosol Darmaga IV :

$$D_T = (1,43429 \cdot 10^{-10}) \cdot (m_T) \cdot (d)^{0,415} \cdot (\tan \phi)^{2,56} \times (\rho)^{6,52} \cdot (c)^{-1,47} \dots\dots\dots(104)$$

di mana, D_T : tahanan tarik tanah pembajakan dengan prototipe bajak singkal, Newton

m_T : massa prototipe bajak singkal, kg

$\tan \phi$: koefisien gesekan tanah (tangen sudut friksi internal tanah), —

ρ : berat isi tanah, kg/m^3

c : kohesi tanah, kg/m^2

d_M : kedalaman pembajakan prototipe yang dikonversikan dalam ukuran model

Dengan teori Π (Pi) Buchingham, desain bajak singkal yang mempunyai tahanan tarik tanah minimum dapat ditentukan dengan cara simulasi ukuran bajak singkal.

B. SARAN

Penelitian dilakukan dengan menggunakan model bajak singkal yang dibuat dari plat baja yang didesain dengan cara pengelasan. Perlakuan pemadatan dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan silinder pemadat sehingga kurang sempurna. Persamaan yang telah diperoleh hanya berlaku untuk tiga jenis tanah, yaitu Latosol Subang, Latosol Cikabayan dan Latosol Darmaga IV. Untuk itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan model bajak singkal yang terbuat dari baja cor ataupun baja tuang, alat pemadat yang lebih sempurna dan pada tanah yang berlainan.



LAMPIRAN

Halaman Muka (Front Cover) Universitas Jember

1. **Quoting** mengutip sebagian atau seluruh karya tulis itu tanpa menguraikan dan menyimpulkan sumber:
 - a. Peristiwa yang bersifat kepublikan (jurnal, koran, siaran, pertunjukan, karya ilmiah, persahabatan, laporan, perjalanan kerja, atau kegiatan sosial) termasuk
 - b. Mengetik atau tidak menyetik, memperbanyak yang wajar (100-200 orang)
2. **Paraphrase** menguraikan dan menyimpulkan karya tulis itu dalam bentuk apapun tanpa ada IPB University

Lampiran 1. Spesifikasi strain gage

Pabrik pembuat	: Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.
Tipe	: KFC-5-C1-11
Resistansi nominal	: $120.0 \Omega \pm 0.3$
Faktor K	: $2.11 \pm 1\%$
Panjang filamen	: 5 mm
Muai suhu yang cocok (adoptable thermal expansion)	: 10.8 PPM/ °C
Perubahan Faktor K karena suhu	: 0.015 % / °C
Batas regangan maksimum	: 2%
Arus listrik maksimum yang diijinkan	: 30 mA atau kurang



Lampiran 2. Spesifikasi bridge box

Pabrik pembuat	: Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd.
Tipe	: DB-120 P
Strain gage yang cocok	: 120 Ω
Konfigurasi strain gage	: satu, dua dan empat strain gage

Cara pemasangan strain gage pada bridge box

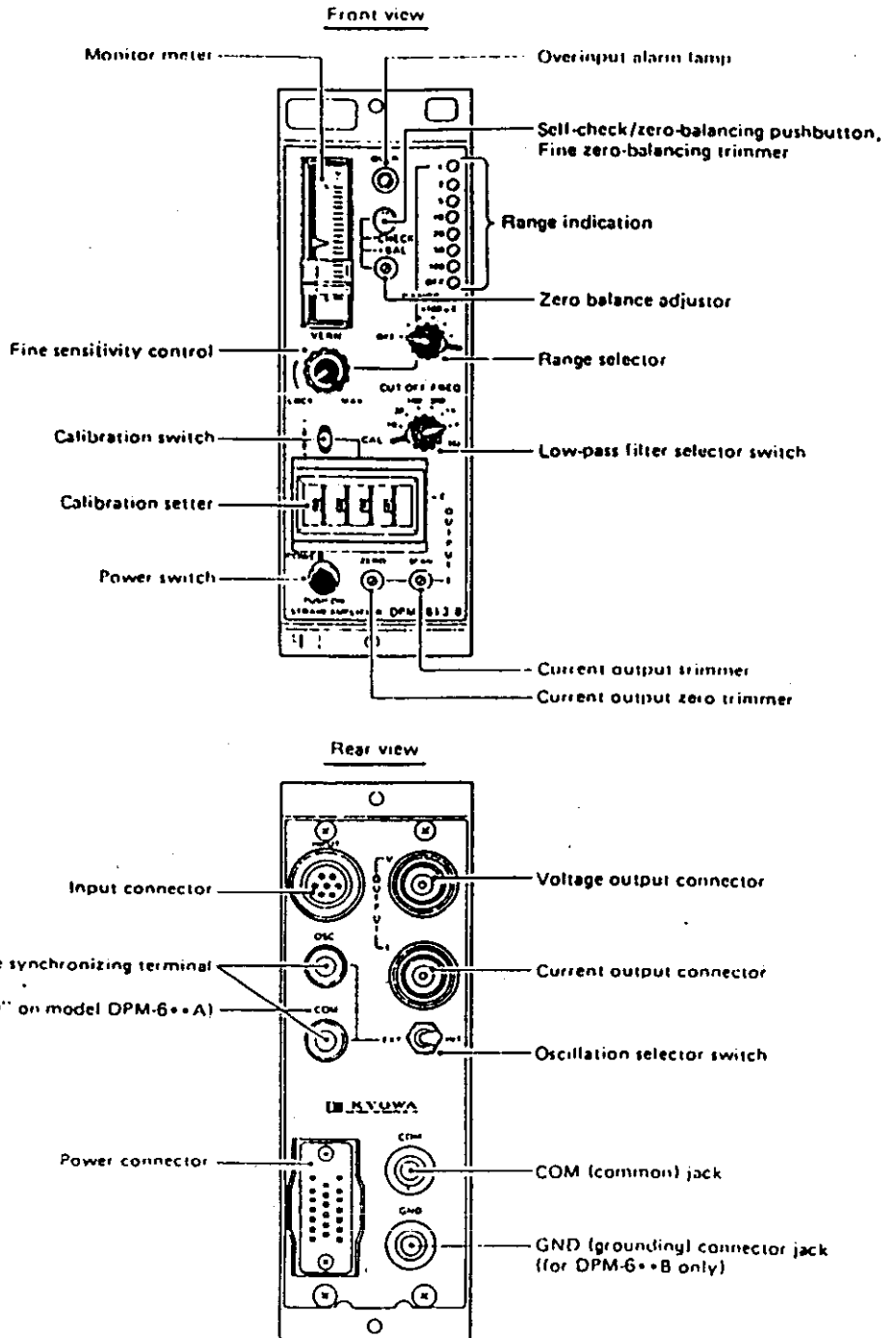
Metoda pengukuran	Sirkuit Jembatan	Koneksi
1 strain gage		
2 strain gage		
4 strain gage		

Lampiran 3. Spesifikasi dan identifikasi bagian dynamic strain amplifier model DPM 611 A dan DPM 613 B

Jumlah saluran pengukur	: satu
Impedansi keluaran	: 10 Ω
Strain gage yang dapat dipakai	: 60 - 1000 Ω
Catu bridge box	: AC 2 Volt atau 0.5 Volt (dapat dipilih)
Kepekaan (10×10^{-6} regangan masuk)	: 0.2 V (R_L : 5 k Ω) 3 mA (R_L : 30 Ω)
Sensitivity adjusment	: 1, 2, 5, 10, 20, 50, x100, x100 $\mu\epsilon$ dan OFF (8 tahap) dan 1 sampai 1/2.5
Kepekaan keluaran arus	: 1 sampai 1/100
Respon frekuensi	: DC sampai 2.5 kHz (DPM611) DC sampai 10 kHz (DPM613)
Filter lewat rendah (low pass filter)	: 10, 30, 100, 1 kHz, F
Suhu kerja	: -10 sampai +50 $^{\circ}\text{C}$, RH 85% atau kurang
Catu daya	: jaringan AC 220 V atau DC 10.5 - 15 V, 0.4A
Daya tahan terhadap kejutan tegangan listrik AC 1500V	: hanya pada DPM 613B

Lampiran 3 lanjutan

Identifikasi bagian DPM-611 dan DPM-613



Lampiran 4. Spesifikasi perekam data

Pabrik pembuat	: Kyowa Electronic Instruments Co., Ltd., Jepang.
Tipe	: RTP 650 A
Jumlah saluran pengukur	: 14 saluran data + satu saluran untuk masukan suara
Jenis penyimpan data	: pita kaset video beta format (L500)
Tegangan keluaran	: 0 V sampai ± 5 V
Tegangan kalibrasi	: 0-100% input tegangan untuk AC dan DC
Impedansi masukan	: 1 M Ω
Level tegangan masuk	: ± 0.2 sampai ± 16 V (16 tahap 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6 dan x10)
Impedansi keluaran	: 10 Ω
Linearitas DC	: $\pm 0.5\%$ FS
Kecepatan pita	: 76.2, 38.1, 19.05, 9.52, 4.76, 2.38 dan 1.19 cm/detik (dapat dipilih)
Catu daya	: 11 sampai 30 V DC atau 90 sampai 260 V AC (48-440 Hz)

a. Sari

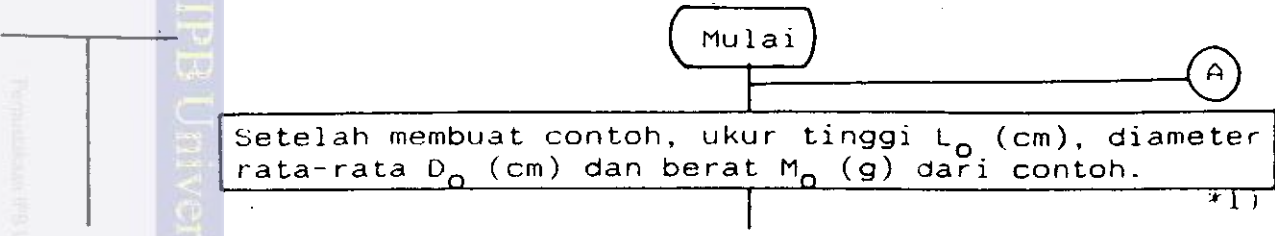
Uji ini merupakan uji yang paling sempurna untuk mendapatkan parameter tanah (c , ϕ). Uji kompresi triaksial dibedakan menjadi 3, yaitu :

- "UU (Unconsolidated Undrained) test". Uji ini untuk kondisi tanah sewaktu pekerjaan konstruksi.
- "CU (Consolidated Undrained) test". Uji ini untuk kondisi dimana pekerjaan tanah telah selesai.
- "CD (Consolidated Drained) test". Untuk kondisi seperti CU. "CD test" tidak praktis, karena uji ini memerlukan waktu yang lama.

b. Peralatan

1. Peralatan pembebanan aksial.
2. Pengukur beban aksial (proving ring).
3. Pengukur deformasi.
4. Tabung bertekanan dan penstabil tekanan.
5. Tabung kompresi triaksial.
6. Membran karet, tutup (cap) dan dasar (base) untuk contoh.
7. Peralatan lainnya (miter box, membran expander, timmer, stop watch, neraca, mistar geser dll.).

c. Prosedur



Letakkan kertas saring diatas dan dibawah contoh.

Gulungkan kertas drainase disekitar contoh (tidak untuk UU test).

*2)

Pasang membran karet didalam membran expander, hisap udara yang berada antara membran dengan dinding.

Pasangkan tutup (cap) dan dasar (base) pada contoh, kemudian masukkan contoh kedalam membran.

*3)

Hentikan hisapan, ikat erat-erat membran pada tutup dan-dasar sehingga contoh terbungkus rapat.

Periksa fungsi dari pipa-pipa pemasukan air, pengeluaran air, tekanan, buret, dsb.

Letakkan contoh yang terbungkus membran karet, tutup dan dasar pada dasar dari tabung tekanan triaksial.

Pasangkan tabung tekanan triaksial.

Pasangkan peralatan pembebanan, proving ring dan dial gauge.



Pasangkan peralatan pengukur tekanan pori (tidak untuk UU test).

Buka katup aerasi tabung bertekanan, dan isi dengan air.

Jika air sudah melimpas dari katup aerasi, tutup katup tersebut.

Buat tekanan pada tabung bertekanan pada satu nilai tertentu.

Setelah dilakukan pembacaan nilai awal tekanan pori, buka katup drainase contoh agar terjadi proses konsolidasi (tidak untuk UU test).

Baca dan catat tekanan pori setiap interval waktu tertentu.

Apakah konsolidasi primer telah selesai

tidak

ya

Tutup katup untuk pengukuran tekanan pori, kemudian baca tekanan porinya.

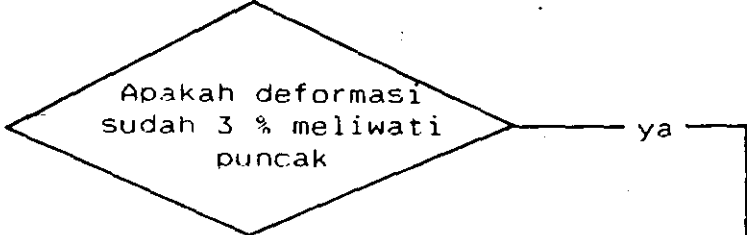
Buka kembali katup untuk pengukuran tekanan pori (tidak untuk UU dan CU test).

Baca beban aksial, deformasi dan tekan pori.

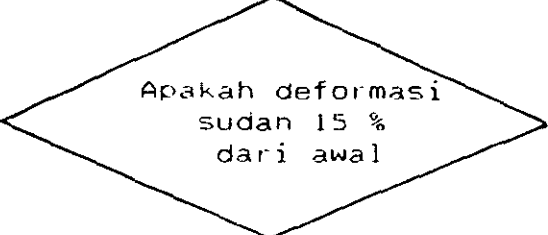
Beri beban aksial.

*5)

Baca beban aksial (R) dan tekanan pori (u) pada setiap interval tertentu (pada CU dan UU, u tidak dibaca).



tidak



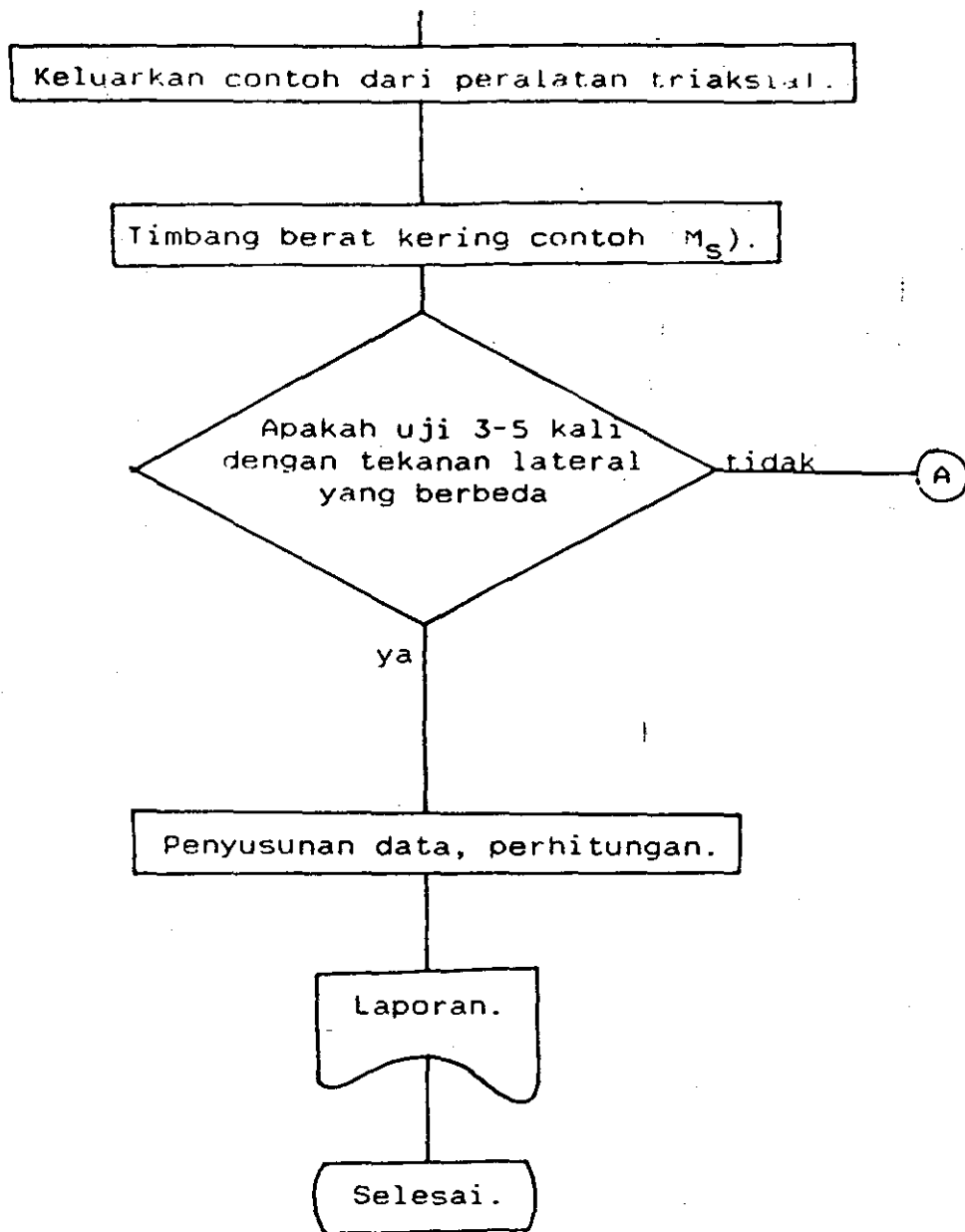
tidak

Tentukan pembebanan aksial.

Buat sketsa dari patahan.

Pembebanan





Gambar 36. Prosedur uji kompresi triaksial.

Catatan :

1. Dimensi standar contoh : diameter 3.5 cm, 5.0 cm atau 10 cm dan panjang 1.8 - 2.5 kali diameter.
2. Contoh yang dicetak kembali seperti pada uji kompresi tidak tertekan.
3. Tutup (cap) dan dasar (base) untuk pengukuran tekar pori atau uji dengan drainase, menggunakan batu berpori

(porous stone).

4. Lama proses konsolidasi tergantung kepada dimensi dan jenis tanah, contoh berdiameter 3.5 cm selama 100 menit, contoh berdiameter 5.0 cm selama 150 menit.
5. Laju pembebanan : - UU dan CU 1 %/menit.
 - $\overline{\text{CU}}$: tanah halus 0.5 - 1 %/menit.
 tanah kasar 0.2 - 0.005 %/menit
 - CD : kurang dari 0.5 %/menit.
6. Untuk pengukuran tekanan pori dan perubahan volume, lihat buku petunjuk penggunaan alat (operation manual).

d. Perhitungan

1. Hitung kondisi awal dari contoh

$$\begin{aligned} V_0 &= \text{volume awal} & e_0 &= \text{nisbah void} \\ P_0 &= \text{berat isi basah} & S_{r0} &= \text{derajat jenuh} \\ w_0 &= \text{kadar air awal} \end{aligned}$$

2. Proses konsolidasi

$$\begin{aligned} V_c &= V_0 - \Delta V \quad (\text{cm}^3) \\ L_c &= (1 - \Delta V/3V_0) * L_0 \quad (\text{cm}) \\ A_c &= V_c/L_c \quad (\text{cm}^2) \end{aligned}$$

dimana :

$$\begin{aligned} V_c &= \text{volume setelah konsolidasi} \\ L_c &= \text{panjang setelah konsolidasi} \\ A_c &= \text{luas penampang setelah konsolidasi} \\ L_0 &= \text{panjang awal} \\ \Delta V &= \text{perubahan volume} \\ L_c &= \text{perubahan panjang} \end{aligned}$$

3. Proses kompresi

$$E = L/L_C * 100 \%$$

dimana E : regangan aksial (axial strain)

a. Pada UU, CU dan CC

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = Q/A = [k*(P-R_0)/A_C]*(1-E/100) \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

b. CD :

$$(\sigma_1 - \sigma_3) = [k*(R-R_0)/A_C]*[(1-E/100)/(1-\sqrt{V/V_C})] \quad (\text{kgf/cm}^2)$$

dimana :

$(\sigma_1 - \sigma_3)$ = deviator stress

L = perubahan panjang selama kompresi

Q = beban aksial

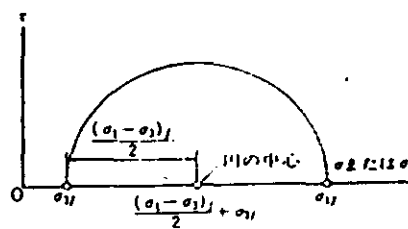
k = koefisien proving ring

R = lenturan proving ring

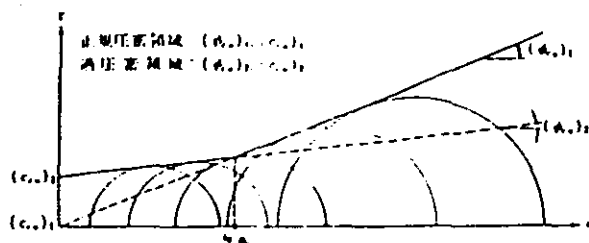
R_0 = lenturan awal proving ring

4. Penentuan nilai parameter kekuatan

a. Buat lingkaran mohr.



b. Buat "mohr's envelope"



5. Penentuan koefisien tekanan pori

$$A_f = u_f / (\sigma_1 - \sigma_3)_f$$

dimana : A_f = koefisien tekanan pori saat runtuh.

$(\sigma_1 - \sigma_3)$ = deviator stress saat runtuh.

u_f = koefisien

Lampiran 6. Data kalibrasi instrumen

No.	Regangan (μE)x100	Tinggi (cm)	No.	Regangan (μE)x100	Tinggi (cm)
1	0	0.00	32	3100	26.50
2	100	0.87	33	3200	27.00
3	200	1.85	34	3300	28.00
4	300	2.60	35	3400	28.75
5	400	3.40	36	3500	29.50
6	500	4.25	37	3600	30.50
7	600	5.10	38	3700	31.25
8	700	5.90	39	3800	32.50
9	800	6.50	40	3900	33.20
10	900	7.60	41	4000	34.00
11	1000	8.50	42	4100	35.00
12	1100	9.30	43	4200	36.00
13	1200	10.20	44	4300	36.50
14	1300	11.00	45	4400	37.20
15	1400	11.80	46	4500	38.00
16	1500	12.72	47	4600	39.00
17	1600	13.75	48	4700	40.00
18	1700	14.50	49	4800	41.00
19	1800	15.50	50	4900	42.00
20	1900	16.25	51	5000	42.60
21	2000	17.00	52	5100	43.30
22	2100	18.00	53	5200	44.20
23	2200	18.75	54	5300	45.00
24	2300	19.50	55	5400	46.00
25	2400	20.50	56	5500	46.80
26	2500	21.25	57	5600	47.50
27	2600	22.25	58	5700	48.00
28	2700	23.00	59	5800	49.00
29	2800	23.90	60	5900	50.00
30	2900	24.50	61	6000	50.80
31	3000	25.50			

Lampiran 7a. Data Kalibrasi Penambahan Beban dengan Pen Recorder dan RTP.

No.	Beban (kg)	Tinggi (cm)	V (volt)
1.	0,580	0,10	0,00
2.	1,288	0,20	0,05
3.	1,996	0,30	0,05
4.	2,704	0,39	0,05
5.	4,102	0,60	0,05
6.	5,536	0,75	0,05
7.	6,952	0,94	0,05
8.	8,368	1,14	0,05
9.	9,784	1,30	0,10
10.	11,200	1,50	0,10
11.	14,032	1,90	0,10
12.	16,864	2,27	0,15
13.	19,696	2,64	0,15
14.	22,528	3,00	0,15
15.	25,360	3,40	0,20
16.	28,192	3,72	0,20
17.	33,856	4,50	0,25

Lampiran 7b. Data Kalibrasi Pengurangan Beban dengan Pen Recorder dan RTP.

No.	Beban (kg)	Tinggi (cm)	V (volt)
1.	33,856	4,50	0,25
2.	28,192	3,72	0,20
3.	25,360	3,40	0,15
4.	22,528	3,00	0,15
5.	19,696	2,64	0,15
6.	16,864	2,24	0,15
7.	14,032	1,89	0,10
8.	11,200	1,50	0,10
9.	9,784	1,30	0,05
10.	8,368	1,10	0,05
11.	6,952	0,90	0,05
12.	5,536	0,72	0,05
13.	4,102	0,58	0,05
14.	2,704	0,37	0,05
15.	1,996	0,28	0,00
16.	1,288	0,18	0,00
17.	0,580	0,09	0,00

Lampiran 8. Data Pengukuran Kedalaman Pembajakan (d) dan Tahanan Tarik Tanah (D).

a. Tanah Latosol Subang.

d (cm)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
3,0	59,56	120,03
4,5	169,90	133,92
6,0	206,42	138,30

b. Tanah Latosol Cikabayan.

d (cm)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
3,0	159,20	169,68
4,5	260,33	172,81
6,0	263,08	260,36

c. Tanah Latosol Darmaga IV.

d (cm)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
3,0	84,17	97,93
4,5	91,21	91,41
6,0	108,26	106,94



Halaman ini adalah milik IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website kami di www.ipb.ac.id. Kami sangat menghargai kontribusi Anda dalam meningkatkan kualitas pendidikan di IPB University.

Lampiran 9. Data Pengukuran Kadar Air Tanah (KA) dan Tabanan Tarik Tanah (D) Pembajakan.

a. Tanah Latosol Subang.

$$d = 3 \text{ cm}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
32	59,56	120,03
35	37,85	28,85
38	150,05	111,99

$$d = 4,5 \text{ cm}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
32	133,92	151,91
35	40,75	42,49
38	149,38	167,08

$$d = 6,0 \text{ cm}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
32	206,42	138,30
35	57,77	51,97
38	268,29	253,85

Lanjutan Lampiran 9.

b. Tanah Latosol Cikabayan.

$$\underline{d = 3 \text{ cm}}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
29	159,20	169,68
33	158,68	158,44
35	127,08	105,44

$$\underline{d = 4,5 \text{ cm}}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
29	260,33	172,81
33	165,52	199,96
35	159,94	70,50

$$\underline{d = 6 \text{ cm}}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
29	263,08	260,36
33	250,44	237,58
35	278,85	161,21

Lanjutan Lampiran 9.

c. Tanah Latosol Darmaga IV.

$$d = 3 \text{ cm}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
30	84,17	97,93
37	95,10	63,82
49	251,93	135,19

$$d = 4,5 \text{ cm}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
30	91,21	91,41
37	55,62	118,08
49	315,73	111,39

$$d = 6 \text{ cm}$$

KA (%)	D (Newton)	
	Ulangan I	Ulangan II
30	108,26	106,94
37	109,97	88,35
49	218,46	322,94

Lampiran 10. Data Hasil Pengukuran Kohesi Tanah (c), Sudut Friksi Internal Tanah (ϕ) dan Tahanan Tarik Tanah (D).

a. Tanah Latosol Subang.

$$\underline{d = 3 \text{ cm}}$$

c (kg/cm ²)	ϕ (°)	D (N)	
		Ulangan	
		I	II
2,50	15,71	59,56	120,03
2,30	14,74	37,85	28,85
2,11	8,93	150,05	111,99

$$\underline{d = 4,5 \text{ cm}}$$

2,50	15,71	169,90	133,92
2,30	14,94	40,75	42,23
2,11	8,93	149,38	167,08

$$\underline{d = 6 \text{ cm}}$$

2,50	15,71	206,42	138,30
2,30	14,74	57,77	51,97
2,11	8,93	268,29	253,85

Lampiran 10 Lanjutan.

b. Tanah Latosol Cikabayan.

d = 3 cm

c (kg/cm ²)	φ (°)	D (Newton)	
		Ulangan	
		I	II
1,37	18,44	159,70	169,68
1,15	10,31	158,68	158,44
1,00	8,70	127,08	83,80

d = 4,5 cm

1,37	18,44	260,33	172,81
1,15	10,31	165,52	199,96
1,00	8,70	159,94	70,50

d = 6 cm

1,37	18,44	263,08	260,36
1,15	10,31	250,44	237,58
1,00	8,70	278,85	161,21

IPB University
 Institut Pertanian Bogor
 Jalan Sekeloa Selatan 1, Bogor, Jawa Barat 16129
 Telp: (0251) 8324111, 8324112, 8324113, 8324114, 8324115, 8324116, 8324117, 8324118, 8324119, 8324120, 8324121, 8324122, 8324123, 8324124, 8324125, 8324126, 8324127, 8324128, 8324129, 8324130, 8324131, 8324132, 8324133, 8324134, 8324135, 8324136, 8324137, 8324138, 8324139, 8324140, 8324141, 8324142, 8324143, 8324144, 8324145, 8324146, 8324147, 8324148, 8324149, 8324150, 8324151, 8324152, 8324153, 8324154, 8324155, 8324156, 8324157, 8324158, 8324159, 8324160, 8324161, 8324162, 8324163, 8324164, 8324165, 8324166, 8324167, 8324168, 8324169, 8324170, 8324171, 8324172, 8324173, 8324174, 8324175, 8324176, 8324177, 8324178, 8324179, 8324180, 8324181, 8324182, 8324183, 8324184, 8324185, 8324186, 8324187, 8324188, 8324189, 8324190, 8324191, 8324192, 8324193, 8324194, 8324195, 8324196, 8324197, 8324198, 8324199, 8324200

Lampiran 10 Lanjutan.

c. Tanah Latosol Darmaga IV

$$\underline{d = 3 \text{ cm}}$$

c (kg/cm ²)	ϕ (°)	D (Newton)	
		Ulangan	
		I	II
1,90	12,80	84,17	97,93
1,30	8,43	95,10	63,82
0,55	6,34	251,93	135,19

$$\underline{d = 4,5 \text{ cm}}$$

1,90	12,80	91,21	91,41
1,30	8,43	55,62	118,08
0,55	6,34	315,73	111,35

$$\underline{d = 6 \text{ cm}}$$

1,90	12,80	108,26	106,94
1,30	8,43	109,97	88,35
0,55	6,34	218,46	427,42

Lampiran 11. Data Hasil Pengukuran Berat Isi Tanah (ρ) dan Tahanan Tarik Tanah (D).

a. Kedalaman olah, $d = 3$ cm :

(g/cm ³)	D
	(Newton)
1,14	120,03
1,35	150,05
1,43	159,70
1,62	251,93

b. Kedalaman olah, $d = 4,5$ cm :

(g/cm ³)	D
	(Newton)
1,14	133,92
1,35	167,08
1,43	172,81
1,62	213,54

c. Kedalaman olah, $d = 6$ cm :

(g/cm ³)	D
	(Newton)
1,14	138,30
1,35	253,85
1,43	260,36
1,62	372,94

Lampiran 12. Hasil Pengukuran Tahanan tarik tanah dengan model bajak singkal.

No. Jenis Tanah Kadar D(N) d(cm) c(kg/cm²) ϕ (^o) ρ (gr/cm³)
Air %

SUBANG

1.	32	89,93	3	2,50	15,71	1,14
2.	35	33,35	3	2,30	14,74	1,31
3.	38	131,02	3	2,11	8,93	1,35
4.	32	151,91	4,5	2,50	15,71	1,14
5.	35	41,49	4,5	2,30	14,74	1,31
6.	38	158,23	4,5	2,11	8,93	1,35
7.	32	172,36	6	2,50	15,71	1,14
8.	35	54,87	6	2,30	14,74	1,31
9.	38	261,07	6	2,11	8,93	1,35

CIKABAYAN

1.	29	164,44	3	1,37	18,44	1,43
2.	33	158,38	3	1,15	10,31	1,49
3.	35	105,44	3	1,00	8,70	1,57
4.	29	216,57	4,5	1,37	18,44	1,43
5.	33	182,74	4,5	1,15	10,31	1,49
6.	35	115,22	4,5	1,00	8,70	1,57
7.	29	261,72	6	1,37	18,44	1,43
8.	33	244,01	6	1,15	10,31	1,49
9.	35	220,03	6	1,00	8,70	1,57

Lanjutan lampiran 12

No.	Jenis Tanah	Kadar Air %	D(N)	d(cm)	c(kg/cm ²)	ϕ ($^{\circ}$)	ρ (gr/cm ³)
-----	-------------	-------------	------	-------	------------------------	-----------------------	------------------------------

DRAMAGA IV

1.		30	91,09	3	1,90	12,80	1,41
2.		37	79,46	3	1,30	8,43	1,51
3.		49	193,56	3	0,55	6,34	1,62
4.		30	91,31	4,5	1,90	12,80	1,41
5.		37	86,85	4,5	1,30	8,43	1,51
6.		49	213,56	4,5	0,55	6,34	1,62
7.		30	107,60	6	1,90	12,80	1,41
8.		37	99,16	6	1,30	8,43	1,51
9.		49	322,94	6	0,55	6,34	1,62

ampiran 13. Data Tekstur Tanah.

Jenis tanah	Tekstur tanah (%)				Klas Tekstur
	Pasir kasar	Pasir halus	Debu	Liat	
Subang (Latosol)	1,79	5,46	18,61	74,14	berliat (sangat halus)
Cikabayan (Latosol)	6,83	12,15	30,33	50,68	berliat (halus)
Darmaga IV (Latosol)	2,34	5,40	14,81	77,45	berliat (sangat halus)

Keterangan : Pasir kasar : (0,42 - 2,00) mm

Pasir halus : (0,074 - 0,42) mm

Debu : (0,005 - 0,074) mm

Liat : (< 0,005) mm

Lampiran 14. Data Hasil Pengukuran Plastisitas Tanah.

Jenis tanah	Plastisitas(%)	
	Batas plastis	Batas cair
Subang	36,76	67,0
Cikabayan	36,11	61,0
Darmaga IV	37,36	68,0

Lampiran 15. Hasil Regresi Linier Berganda dengan Menggunakan Konstanta pada Tanah Latosol Subang.

No	D/mg	d/p	Tan ϕ	cv^{21}/mg	$\rho p^3/m$
1	14.4821	0.222222	0.281257	21.0469	4.43100
2	24.4632	0.333333	0.281257	21.0469	4.43100
3	27.7564	0.444444	0.281257	21.0469	4.43100
4	5.3706	0.222222	0.263166	19.3632	5.09176
5	6.6814	0.333333	0.263166	19.3632	5.09176
6	8.8361	0.444444	0.263166	19.3632	5.09176
7	21.0991	0.222222	0.157150	17.7636	5.24724
8	25.4810	0.333333	0.157150	17.7636	5.24724
9	42.0421	0.444444	0.157150	17.7636	5.24724

No	LogD/mg	Log d/p	Logtan ϕ	Log $\frac{cv^2}{mg}$	Log $\rho p^3/m$
1	1.16083	-0.653212	-0.550897	1.32319	0.646502
2	1.38851	-0.477121	-0.550897	1.32319	0.646502
3	1.44336	-0.352183	-0.550897	1.32319	0.646502
4	0.73002	-0.653212	-0.579770	1.28698	0.706868
5	0.82487	-0.477121	-0.579770	1.28698	0.706868
6	0.94626	-0.352183	-0.579770	1.28698	0.706868
7	1.32426	-0.653212	-0.803685	1.24953	0.719931
8	1.40622	-0.477121	-0.803685	1.24953	0.719931
9	1.62368	-0.352183	-0.803685	1.24953	0.719931

Lampiran 15 Lanjutan.

x Lrhp³/m is highly correlated with other X variables
 x Lrhp³/m has been removed from the equation

The regression equation is

$$\text{LogD/mg} = -25.8 + 0.876 \text{ Log d/p} - 5.83 \text{ Logtan}\theta + 18.4 \text{ Log cv}^2\text{1/mg}$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	-25.769	1.884	-13.68	0.000
Log d/p	0.8761	0.1263	6.94	0.001
Logtan θ	-5.8322	0.3467	-16.82	0.000
Log cv ² 1/mg	18.380	1.303	14.11	0.000

s = 0.04678 R-sq = 98.6% R-sq(adj) = 97.7%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	0.74856	0.24952	114.03	0.000
Error	5	0.01094	0.00219		
Total	8	0.75950			

CONTINUE?

SOURCE	DF	SEQ SS
Log d/p	1	0.10533
Logtan θ	1	0.20755
Log cv ² 1/mg	1	0.43568

MTB > CORR

	LogD/mg	Log d/p	Logtan θ	Log cv ² 1/mg
Log d/p	0.372			
Logtan θ	-0.523	0.000		
Log cv ² 1/mg	0.178	0.000	0.917	
Log p ³ /m	-0.157	0.000	-0.714	-0.934

Lampiran 16 . Hasil Regresi Linier Hubungan antara (cv^2/mg) dengan $(\rho p^3/m)$ pada Tanah Latosol Subang.

MTB > REGR C4 1 C5

The regression equation is
 $Lcv^1/mg = 1.89 - 0.878 Lrhp^3/m$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	1.89338	0.08793	21.53	0.000
Lrhp^3/m	-0.8780	0.1271	-6.91	0.000

s = 0.01219 R-sq = 87.2% R-sq(adj) = 85.4%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	0.0070978	0.0070978	47.73	0.000
Error	7	0.0010410	0.0001487		
Total	8	0.0081388			

ampiran 17. Hasil Regresi Linier Berganda Tanpa Konstanta pada Tanah Latosol Subang.

SUBC> NOCONSTANT.

* NOTE * Lcv1/mg is highly correlated with other predictor variables
 * NOTE * Lrhp^3/m is highly correlated with other predictor variables

The regression equation is

$$\text{LogD/mg} = 0.876 \text{ Log d/p} - 3.82 \text{ Logtan}\phi + 3.60 \text{ Lcv}^2\text{/mg} - 7.90 \text{ Log}\rho^3\text{/m}$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Noconstant				
Log d/p	0.8761	0.1263	6.94	0.001
Logtan ϕ	-3.8221	0.2158	-17.71	0.000
Log cv ² /mg	3.6030	0.2327	15.49	0.000
Log ρ^3 /m	-7.9029	0.5778	-13.68	0.000

s = 0.04678

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	4	13.8241	3.4560	1579.35	0.000
Error	5	0.0109	0.0022		
Total	9	13.8350			

CONTINUE?

SOURCE	DF	SEQ SS
Log d/p	1	11.7612
Logtan ϕ	1	1.5191
Log cv ² /mg	1	0.1344
Log ρ^3 /m	1	0.4093

Lampiran 18. Hasil Regresi Linier Berganda dengan Menggunakan Konstanta pada Tanah Latosol Cikabayan.

No.	D/mg	d/p	Tan \emptyset	cv ² l/mg	$\rho p^3/m$
1	26.4810	0.222222	0.333334	11.5337	5.55820
2	34.8759	0.333334	0.333334	11.5337	5.55820
3	42.1468	0.444445	0.333334	11.5337	5.55820
4	25.5051	0.222222	0.181821	9.6816	5.79139
5	29.4280	0.333334	0.181821	9.6816	5.79139
6	39.2948	0.444445	0.181821	9.6816	5.79139
7	16.9798	0.222222	0.152950	8.4188	6.10235
8	18.5548	0.333334	0.152950	8.4188	6.10235
9	35.4331	0.444445	0.152950	8.4188	6.10235

No.	LogD/mg	Log d/p	Log tan \emptyset	Logcv ² l/mg	Log $\rho p^3/m$
1	1.42293	-0.653212	-0.477120	1.06197	0.744934
2	1.54253	-0.477121	-0.477120	1.06197	0.744934
3	1.62476	-0.352182	-0.477120	1.06197	0.744934
4	1.40663	-0.653212	-0.740356	0.98595	0.762783
5	1.46876	-0.477121	-0.740356	0.98595	0.762783
6	1.59433	-0.352182	-0.740356	0.98595	0.762783
7	1.22993	-0.653212	-0.815450	0.92525	0.785497
8	1.26846	-0.477121	-0.815450	0.92525	0.785497
9	1.54941	-0.352182	-0.815450	0.92525	0.785497

Lampiran 18 Lanjutan.

- * $\text{Log} p^3/m$ is highly correlated with other X variables
- * $\text{Log} p^3/m$ has been removed from the equation

The regression equation is

$$\text{LogD/mg} = -1.99 + 0.761 \text{ Log d/p} - 0.804 \text{ Log tan } \phi + 3.31 \text{ Log cv}^2_{1/\text{mg}}$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	-1.994	1.942	-1.03	0.352
Log d/p	0.7609	0.1718	4.43	0.007
Log tan ϕ	-0.8038	0.6004	-1.34	0.238
Log $\text{cv}^2_{1/\text{mg}}$	3.312	1.557	2.13	0.087

s = 0.06365 R-sq = 86.8% R-sq(adj) = 78.9%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	3	0.133548	0.044516	10.99	0.012
Error	5	0.020253	0.004051		
Total	8	0.153802			

CONTINUE?

CONTINUE?

SOURCE	DF	SEQ SS
Log d/p	1	0.079463
Log tan ϕ	1	0.035769
Log $\text{cv}^2_{1/\text{mg}}$	1	0.018317

Unusual Observations

Obs.	Log d/p	LogD/mg	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
9	-0.352	1.5494	1.4573	0.0441	0.0921	2.01R

R denotes an obs. with a large st. resid.

MTB > CORR

* NOTE * Please insert MINITAB DISK 2.
Press <ENTER> to continue or . to quit Minitab ==>

	LogD/mg	Log d/p	Log tan ϕ	Log $\text{cv}^2_{1/\text{mg}}$
Log d/p	0.719			
Log tan ϕ	0.482	0.000		
Log $\text{cv}^2_{1/\text{mg}}$	0.552	0.000	0.970	
Log p^3/m	-0.576	0.000	-0.929	-0.991

Lampiran 19 . Hasil Regresi Linier Hubungan antara (cv^2l/mg) dengan $(\rho p^3/m)$ pada Tanah Latosol Cikabayan.

MTB > REGR C9 1 C10

The regression equation is
 $cv^2l/mg = 42.7 - 5.63 rh p^3/m$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	42.656	2.399	17.78	0.000
rh p ³ /m	-5.6345	0.4120	-13.67	0.000

s = 0.2755 R-sq = 96.4% R-sq(adj) = 95.9%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	14.197	14.197	187.00	0.000
Error	7	0.531	0.076		
Total	8	14.728			



20. Basic Regression Analysis: Simple Linear Regression with Constant
 and Non-constant Error Terms

C> NOCONSTANT.

NOTE *Log tan ϕ is highly correlated with other predictor variables
 NOTE *Log cv²/mg is highly correlated with other predictor variables
 NOTE *Log $\rho p^3/m$ is highly correlated with other predictor variables

regression equation is

$$\text{Log D/mg} = 0.781 \text{ Log d/p} - 0.704 \text{ Log tan } \phi + 2.59 \text{ Log cv}^2/\text{mg} - 1.59 \text{ Log } \rho p^3/m$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant				
d/p	0.7609	0.1718	4.43	0.007
tan ϕ	-0.7042	0.5057	-1.39	0.223
cv ² /mg	2.5935	0.8608	3.01	0.030
$\rho p^3/m$	-1.590	1.548	-1.03	0.352

0.06365

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	p
Regression	4	19.2239	4.8060	1186.45	0.000
Error	5	0.0203	0.0041		
Total	9	19.2441			

CONTINUE?

Source	DF	SEQ SS
d/p	1	17.3937
tan ϕ	1	0.7635
cv ² /mg	1	1.0624
$\rho p^3/m$	1	0.0043

Normal Observations

Log d/p	Log D/mg	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
-0.352	1.5494	1.4573	0.0441	0.0921	2.01R

R denotes an obs. with a large st. resid.

Lampiran 21. Hasil Regresi Linier Berganda dengan Konstanta pada Tanah Latosol Darmaga IV.

No.	Log D/mg	Log d/p	Log tan ϕ	Logcv ² l/mg	Log ρp^3 /m
1	1.16640	-0.653212	-0.643462	1.20400	0.738817
2	1.16745	-0.477121	-0.643462	1.20400	0.738817
3	1.23874	-0.352182	-0.643462	1.20400	0.738817
4	1.10708	-0.653212	-0.829302	1.03919	0.768575
5	1.14569	-0.477121	-0.829302	1.03919	0.768575
6	1.20326	-0.352182	-0.829302	1.03919	0.768575
7	1.49374	-0.653212	-0.954255	0.66561	0.799113
8	1.53645	-0.477121	-0.954255	0.66561	0.799113
9	1.71605	-0.352182	-0.954255	0.66561	0.799113

	Log D/mg	Logd/p	Log tan ϕ	Logcv ² l/mg	Log ρp^3 /m
1	1.16640	-0.653212	-0.643462	1.20400	0.738817
2	1.16745	-0.477121	-0.643462	1.20400	0.738817
3	1.23874	-0.352182	-0.643462	1.20400	0.738817
4	1.10708	-0.653212	-0.829302	1.03919	0.768575
5	1.14569	-0.477121	-0.829302	1.03919	0.768575
6	1.20326	-0.352182	-0.829302	1.03919	0.768575
7	1.49374	-0.653212	-0.954255	0.66561	0.799113
8	1.53645	-0.477121	-0.954255	0.66561	0.799113
9	1.71605	-0.352182	-0.954255	0.66561	0.799113



Lampiran 21 Longman.

- * Log₁₀p3/m is highly correlated with other X variables
- * Log₁₀p3/m has been removed from the equation

The regression equation is

$$\text{LogD/mg} = 4.61 + 0.415 \text{ Logd/p} + 1.75 \text{ Logtan}\theta - 1.74 \text{ Logcv}^2_{1/\text{mg}}$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
Constant	4.6113	0.5370	8.59	0.000
Logd/p	0.4146	0.1343	3.09	0.027
Log tan θ	1.7487	0.3973	4.40	0.007
Logcv ² _{1/mg}	-1.7361	0.2253	-7.71	0.001

s = 0.04974 R-sq = 96.7% R-sq(adj) = 94.7%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	0.36311	0.12104	48.93	0.000
Error	5	0.01237	0.00247		
Total	8	0.37548			

CONTINUE?

SOURCE	DF	SEQ SS
Logd/p	1	0.02359
Log tan θ	1	0.19258
Logcv ² _{1/mg}	1	0.14694

Unusual Observations

Obs.	Logd/p	LogD/mg	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
9	-0.352	1.7160	1.6409	0.0345	0.0751	2.09R

R denotes an obs. with a large st. resid.



Lampiran 22. Hasil Regresi Linier Gubungan antara (cv^{21}/mg) dengan ($\rho p^3/m$) pada Tanah Latosol Arwaga IV.

The regression equation is

$$\log \frac{cv^{21}}{mg} = 7.85 - 8.94 \log \rho p^3/m$$

Predictor	Coef	Stdev	t-ratio	P
Constant	7.8457	0.5618	13.97	0.000
$\log \rho p^3/m$	-8.9436	0.7303	-12.25	0.000

s = 0.05393 R-sq = 95.5% R-sq(adj) = 94.9%

Analysis of Variance

SOURCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	1	0.43623	0.43623	149.97	0.000
Error	7	0.02036	0.00291		
Total	8	0.45659			

ipiran 23 Hasil regresi dengan dan tanpa Konstanta pada Panjang dan Berat Ikan W.

C> NOCONSTANT
 OTE * Log tan ϕ is highly correlated with other predictor variables
 OTE * Log cv²_{1/mg} is highly correlated with other predictor variables
 OTE * Log ρ ³/m is highly correlated with other predictor variables

regression equation is
 $D/mg = 0.415 \text{ Logd/p} + 2.56 \text{ Logtan } \phi - 1.47 \text{ Logcv}^2_{1/mg} + 6.52 \text{ Log}\rho^3/m$

predictor	Coef	Stdev	t-ratio	p
constant				
d/p	0.4146	0.1343	3.09	0.027
tan ϕ	2.5614	0.4907	5.22	0.003
cv ² _{1/mg}	-1.4747	0.1958	-7.53	0.001
ρ ³ /m	6.5232	0.7597	8.59	0.000

0.04974
 Analysis of Variance

RCE	DF	SS	MS	F	p
Regression	4	15.7683	3.9421	1593.67	0.000
Error	5	0.0124	0.0025		
Total	9	15.7807			

CONTINUE?

RCE	DF	SEQ SS
d/p	1	14.2177
tan ϕ	1	1.3496
cv ² _{1/mg}	1	0.0187
ρ ³ /m	1	0.1824

usual Observations

Logd/p	LogD/mg	Fit	Stdev.Fit	Residual	St.Resid
-0.352	1.7160	1.6409	0.0345	0.0751	2.09R

denotes an obs. with a large st. resid.

DAFTAR PUSTAKA

- Bainer, R., R.A. Kepner and E.L. Barger. 1960. Principle of Farm Machinery. John Willey and Sons Inc, New York.
- Barger, E.L., W.M. Carleton, E.G. Mc Kibben and R. Bainer. 1958. Tractor and Their Power Unit. John Willey and Sons Inc, New York.
- Baver, L.D., Gardner and Gardner. 1972. Soil Physics. John Willey and Sons Inc, New York.
- Daywin, F.J., Moeljarno Djojowartono dan R.G. Sitompul. 1991. Motor Bakar Internal dan Tenaga Di Bidang Pertanian. JICA-DGHE/IPB Project/ADAET : JTA-9a(132). IPB, Bogor.
- Djojowasito, G. 1989. Pengaruh Kecepatan Maju Bajak Terhadap Beberapa Sifat Dinamik Tanah Dalam Pengolahan Tanah. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Gill, W.R. and G.E. Vanderberg. 1968. Soil Dynamics in Tillage and Traction. Agricultural Research Service, US. Departement of Agriculture.
- Hendrick, H.P. and Bailey. 1982. Soil Reaction in Tillage and Traction. Agricultural Research Service, US. Departement of Agriculture.
- Koolen, A.J. and Kuipers. 1983. Soil Loosening Processes in Tillage Analysis, Systematics and Predicability. Agricultural University of Wageningen, Nederland.
- Korayem, A.Y. 1981. Soil Parameter for Predicting The Draught of Model Plough Bodies. Jour. Agric. Eng. Res., 26 : 193 - 201.
- Lapu Katu dan R.G. Sitompul. 1970. Sumber Tenaga Pertanian Khususnya untuk Motor Bakar Internal dan Beberapa Segi Penggunaannya. Departemen Mekanisasi Pertanian, Fate-Meta, IPB, Bogor.
- Larson, L.W., W.G. Lovely and C.W. Bockhop. 1968. Predicting Draft Forces Using Model Moldboard Plows in Agricultural Soils. Trans. ASAE, 11(1).
- McKyes, E. 1978. The Calculation of Draft Forces and Soil Failure Boundaries of Narrow Cutting Blades. Trans. of the ASAE, 21(1) : 20 - 24.

- Richey, C.B., P. Jacobson and C.W. Hall. 1961. Agricultural Engineer Handbook. Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- Sembiring, E.N. 1977. Report on The Application of Strain gage. Departement of Agricultural Engineering, Agricultural University of Wageningen. Nederland.
- Smith, A.E. 1977. Farm Machinery and Equipment. Mc Graw-Hill Book Company, Inc, New York, Toronto.
- Soepardi, G. 1979. Sifat dan Ciri Tanah I dan II. IPB, Bogor.
- Srivastava, A.C. 1987. Teknik Instrumentasi. Terjemahan oleh Sutanto. Penerbit UI, Jakarta.
- Stone, A.A. and H.E. Gulvin. 1977. Machine for Power Farming. John Willey and Sons, Inc, New York.
- Sudrajat, D. 1985. Mempelajari Pengaruh Kandungan Air Tanah dan Kecepatan Terhadap Kebutuhan Tenaga. Skripsi. Fateta, IPB, Bogor.
- Sumarto, C.M. 1983. Kemungkinan Penggunaan Elektroosmosis dalam Usaha Meningkatkan Efisiensi Pengolahan Tanah. Tesis. Fakultas Pasca Sarjana, IPB, Bogor.
- Tabrizi, A.N. and Willarson, L.S. 1981. Effects of Vibration and Soil Moisture on The Draft of a Model Mole Plow. Trans. of ASAE, 24(6) : 1490 - 1495.
- Wesley, L.D. 1973. Mekanika Tanah. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Winson, F. 1969. Efisiensi Pemakaian Traktor Kecil Kubota Model MF dan KA. Laporan Praktek Lapang. Fatemeta, IPB, Bogor.