KAJIAN HUBUNGAN ANTARA KEKUATAN TANAH DENGAN DENSITAS PADA TANAH LATOSOL DAN PODSOLIK MERAH KUNING

(Study on the Soil Strength and Density Relationships of Latosol and Red Yellow Podzolic Soils)

Asep Sapei[1], E. Namaken Sembiring[1] dan Gatot Pramuhadi[1]

ABSTRACT

The soil strength characteristic, which is usually expressed by cohesion and internal friction, is as basic data for applying farm machineries/equipments and farm structures. The objective of this research is to study the soil strength and density relationships of latosol and red yellowish podzolic soil. This research was conducted by standard compaction test and soil strength test (uniaxial, direct shear and triaxial).

The results showed that the maximum densities were between 1.12 – 1.48 g.cm^{-3} and the optimum water contents were between 23 – 48 %. The soil strength reached the maximum values if soils were compacted at water content just smaller than optimum water content. The soil strength parameters obtained were: maximum qus' were between 2.3 – 3.7 kg.f.cm^{-2} , cohesion were between 0.4 – 1.2 kg.f.cm^{-2} (direct shear) and between 1.16 – 1.39 kg.f.cm^{-2} (triaxial); and internal friction were between 37^{0} – 52^{0} (direct shear)

PENDAHULUAN

Unjuk kerja mesin/alat pertanian yang beroperasi di lapang (lahan pertanian) antara lain ditentukan oleh interaksi antara mesin/alat pertanian dengan tanah. Nilai-nilai tahanan tarik (*draft*), traksi (*traction*), tahanan gelinding (*rolling resistance*), mobilitas dan dampak pemadatan dari penggunaan traktor pertanian ditentukan oleh interaksi antara alat/mesin pertanian dengan tanah tersebut. Salah satu faktor yang mempengaruhi nilai-nilai di atas adalah faktor tanah, baik sifat fisik tanah (seperti tekstur, densitas dan kadar air) maupun sifat mekanik tanah (seperti sifat/karakteristik pemadatan dan karakteristik kekuatan tanah).

Ketahanan atau stabilitas dari suatu struktur/bangunan pertanian, seperti bangunan tanah (tanggul, dam/ben-dungan, jalan dsb) maupun gedung, ditentukan oleh sifat-sifat fisik dan mekanik tanah, antara lain kekuatan tanah, kompresibilitas dan

[1] Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, FATETA-IPB

permeabilitas. Akan tetapi Lambe dan Whitman (1979) menyatakan bahwa sifat/karakteristik tanah di lokasi yang dimaksud seringkali tidak memenuhi persyaratan teknis.

Salah satu cara yang umum dilakukan untuk meningkatkan sifat/ karakteristik tanah adalah meningkatkan densitas (densifikasi) atau pemadatan tanah (Lambe dan Whitman, 1979; Wesley, 1973 dan Koga, 1991). Tanah yang dipadatkan (densitas lebih tinggi) akan mempunyai kekuatan yang relatif besar, kompresibilitas yang kecil, dan pengaruh air terhadapnya akan diperkecil (Wesley, 1973).

Dari penjelasan di atas, terlihat bahwa perubahan densitas dan kekuatan tanah merupakan sifat/ karakteristik tanah yang penting di dalam penerapan mesin/alat pertanian maupun di dalam menjaga ketahanan/ stabilitas bangunan.

Kadar air, ukuran dan distribusi partikel serta perilaku pembebanan merupakan faktor-faktor yang mempe-ngaruhi efektifitas pemadatan (Roosenak, 1963). Bila pemadatan dilakukan pada suatu jenis tanah dan perilaku pemadatan tertentu, maka efektifitas pemadatan hanya dipengaruhi oleh kadar air. Sifat pemadatan tanah umumnya ditentukan di laboratorium dengan beban dinamis (Roosenak, 1963; Lambe dan Whitman, 1979, McKyes, 1989, Koga, 1991 dan Craigh, 1992). Hasil percobaan ini kemudian dipakai untuk menentukan syarat-syarat yang harus dipenuhi dalam kaitannya dengan perubahan kadar air dan densitas di lapangan.

Kekuatan tanah umumnya berupa kekuatan geser tanah, dan dinyatakan dengan kohesi dan sudut gesekan dalam. Metoda yang digunakan untuk menganalisis kekuatan tanah di labora-torium antara lain: uji uniaksial, uji geser langsung dan uji triaksial. Sedangkan untuk mengevaluasi kekuatan geser tanah biasanya menggunakan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb (Roosenak, 1963: Lambe dan Whitman, 1979, McKyes, 1989 dan Craigh, 1992).

Penelitian ini bertujuan mempelajari hubungan antara kekuatan tanah dengan pengaruh densitas pada beberapa jenis tanah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai data dasar di dalam penerapan mesin/alat pertanian dan di dalam menganalisis ketahanan atau stabilitas struktur/bangunan pertanian.

METODE PENELITIAN

Contoh tanah yang digunakan sebagai bahan penelitian ini adalah tanah latosol coklat kemerahan Darmaga, tanah podsolik merah kuning Jasinga, dan tanah podsolik merah kuning Terbanggi Besar, Lampung. Contoh tanah diambil dari kedalaman 0 – 20 cm dan 20 – 40 cm. Analisis dan uji tanah dilakukan di Laboratorium Fisika dan Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Pertanian FATETA-IPB.

Sifat/karakteristik tanah bahan penelitian seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat/Karakteristik tanah bahan penelitian

Sifat/Karakteristik	Latosol coklat kemerahan Darmaga		Podsolik merah kuning Jasinga		Podsolik merah kuning Lampung	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Kadar air (%)	29.73	31.04	34.41	31.04	28.41	28.85
Bulk density (gcm^{-3})	1.18	0.79	0.79	0.79	1.15	1.22
Fraksi : - Liat (%)	31.37	31.39	12.19	18.73	21.27	18.30
- Debu (%)	26.05	23.30	4.97	6.63	5.23	2.64
- Pasir (%)	42.58	45.32	82.84	74.63	73.50	79.06
Tekstur (ISSS)	Liat ringan		Lempung berpasir		Lempung liat berpasir	
Batas cair (%)	70.11	80.82	78.83	76.95	52.78	55.68
Batas plastis (%)	43.96	46.62	54.11	53.89	25.06	32.24
Indeks plastisitas (%)	26.15	34.20	24.72	23.06	27.72	23.44

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Analisis perubahan kadar air dan densitas (pemadatan tanah). Analisis ini dilakukan dengan uji pemadatan standar (*standard Proctor test*) untuk mendapatkan kurva karakteristik pemadatan yang mengggambarkan hubungan antara kadar air dengan densitas.
2) Analisis kekuatan tanah dari tanah yang telah dipadatkan. Analisis ini dilakukan dengan:
   a) Uji kompresi uniaksial (*uniaxial compressive test*). Uji ini dilakukan untuk mendapatkan parameter kekuatan tanah yang dinyatakan dengan kekuatan tak tertekan (qu, *unconfined compressive strength*)
   b) Uji geser langsung (*direct shear test*). Uji ini dilakukan pada kondisi *unconsolidated undrained* untuk mendapatkan parameter kekuatan tanah yang dinyatakan dengan kohesi (c) dan sudut gesekan dalam (ϕ).
   c) Uji kompresi triaksial (*triaxial compressive test*). Uji ini juga dilakukan pada

Tabel 2. Kadar air optimum dan densitas maksimum tanah bahan percobaan

Tanah	Kedalaman (cm)	Kadar air optimum (%)	Densitas maksimum (g cm^{-3})
Latosol coklat kemerahan Darmaga	0 – 20	38	1.25
	20 - 40	32	1.30
Podsolik merah kuning Jasinga	0 – 20	48	1.12
	20 - 40	46	1.13
Podsolik merah kuning Terbanggi	0 – 20	24	1.48
Besar, Lampung	20 - 40	23	1.48

kondisi *unconsolidated undrained* untuk mendapatkan parameter kekuatan tanah yang dinyatakan dengan kohesi (c) dan sudut gesekan dalam (ϕ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pemadatan Tanah

Karakteristik pemadatan dari tanah bahan penelitian yang dilakukan dengan uji pemadatan standar dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan kadar air optimum dan densitas maksimum tanah yang didapat disajikan pada Tabel 2.

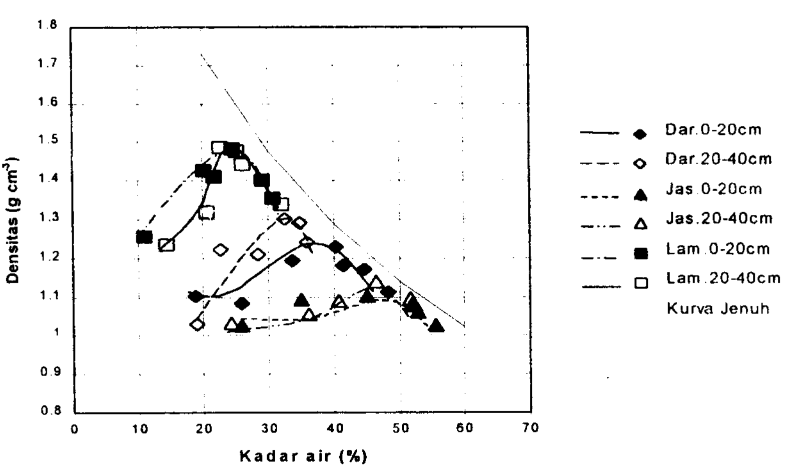
Dari Gambar 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa kadar air optimum yang diperoleh dari uji pemadatan berkisar antara 23 - 48 % dan densitas maksimum antara 1.12 - 1.48 g/cm^3. Terlihat pula bahwa tanah pada kedalaman 0 - 20 cm dari tanah latosol Darmaga dan podsolik merah kuning Jasinga mempunyai densitas maksimum yang lebih kecil dari tanah pada kedalaman 20 - 40 cm. Selain itu, juga terlihat bahwa tanah podsolik merah kuning Terbanggi Besar mempunyai kadar air optimum yang lebih kecil dari kedua jenis tanah lainnya, sedangkan densitas maksimumnya lebih besar. Hasil ini diduga disebabkan oleh nilai batas plastis dan komposisi fraksi liat, debu dan pasir. Tanah yang mempunyai nilai batas plastis lebih rendah akan mempunyai nilai kadar air optimum yang lebih rendah.

1. Kekuatan Tanah

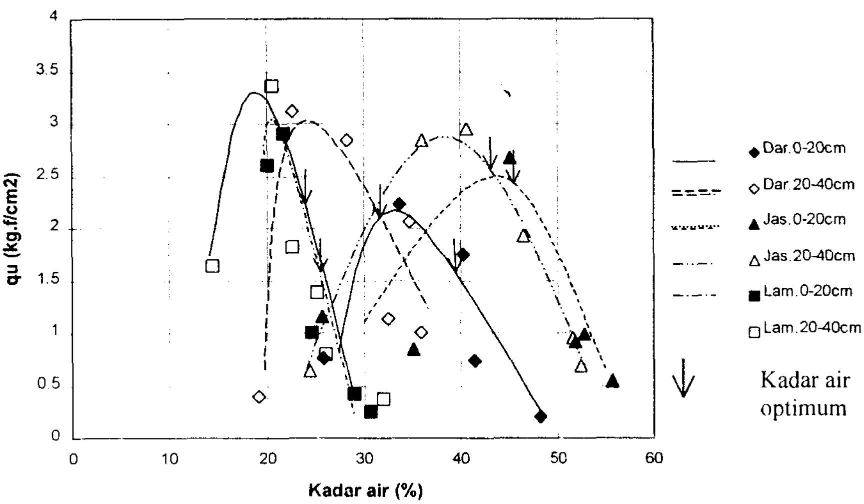
1.1. Uji Uniaksial

Parameter kekuatan tanah yang dinyatakan dengan kekuatan tanah tidak tertekan (*qu*) yang didapat dari uji kompresi tidak tertekan dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai *qu* semakin meningkat



Gambar 1. Kurva karakteristik pemadatan tanah



Gambar 2. Kurva hubungan antara kadar air dengan *qu*

dengan meningkatnya kadar air pemadatan (*molding water content*) hingga mencapai nilai maksimum, kemudian akan menurun dengan semakin meningkatnya kadar air. Umumnya nilai *qu* maksimum dicapai pada tanah yang dipadatkan pada kadar air sedikit dibawah kadar air optimum, dan berkisar antara 2.3 – 3.7 kg.f cm^{-2}.

Nilai *qu* maksimum dari tanah podsolik merah kuning Terbanggi Besar relatif lebih tinggi dari dua jenis tanah lainnya. Hal ini diduga karena pemadatan pada tanah podsolik merah kuning Terbanggi Besar dapat mencapai densitas yang lebih tinggi dari dua jenis tanah lainnya.

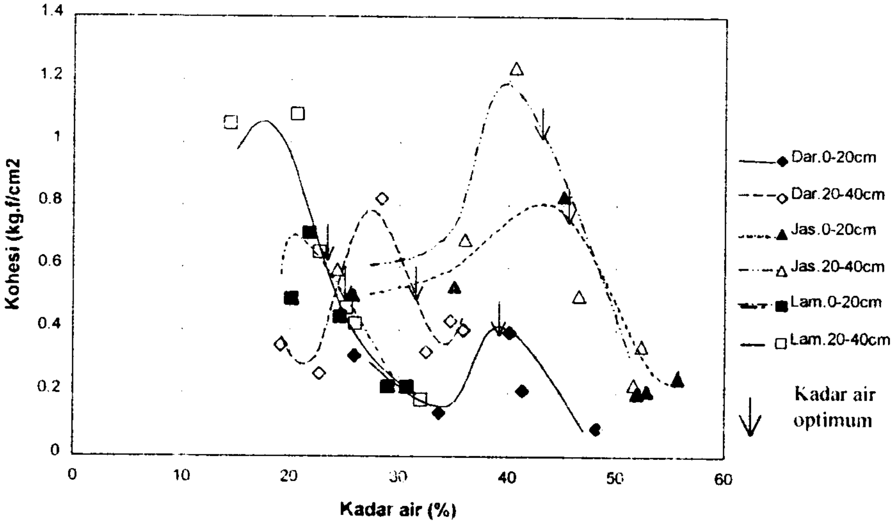
1.2. Uji Geser Langsung

Parameter kohesi (c) dan sudut gesekan dalam (ϕ) yang didapat dari uji geser langsung dengan kondisi *unconsolidated undrained* dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

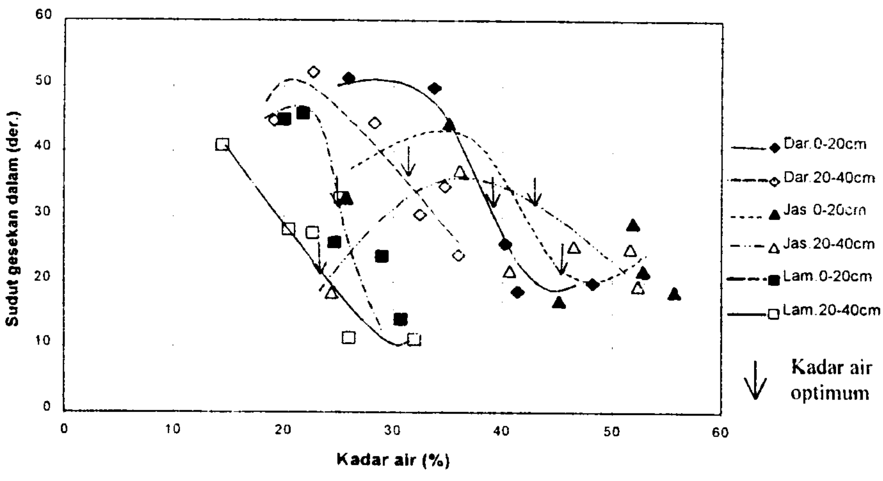
Dari Gambar 3 terlihat bahwa nilai kohesi ketiga jenis tanah mempunyai kecenderungan yang hampir sama, yaitu nilai kohesi meningkat sampai nilai maksimum kemudian menurun dengan bertambahnya kadar air pemadatan. Nilai kohesi maksimum umumnya juga dicapai pada kadar air pemadatan dibawah kadar air optimum dan berkisar antara 0.4–1.2 kg.f cm^{-2}.

Sedangkan Gambar 4 menunjukkan bahwa kecuali tanah podsolik merah kuning Jasinga, nilai sudut gesekan dalam relatif besar pada kadar air pemadatan rendah, dan akan menurun dengan meningkatnya kadar air pemadatan. Nilai sudut gesekan dalam maksimum berkisar antara $37^0 – 52^0$.

Dari data kohesi dan sudut gesekan dalam tersebut terlihat bahwa kekuatan tanah yang



Gambar 3. Hubungan antara kohesi dengan kadar air pemadatan hasil uji geser langsung



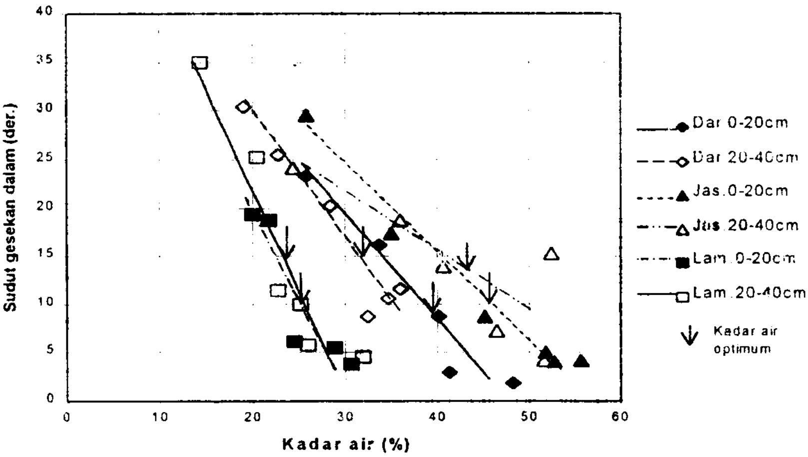
Gambar 4. Hubungan antara sudut gesekan dalam dengan kadar air hasil uji geser langsung

dipadatkan mencapai maksimum bila dipadatkan sedikit dibawah kadar air optimum. Hasil ini juga ditun-jukkan oleh uji uniaksial seperti yang telah dijelaskan diatas.

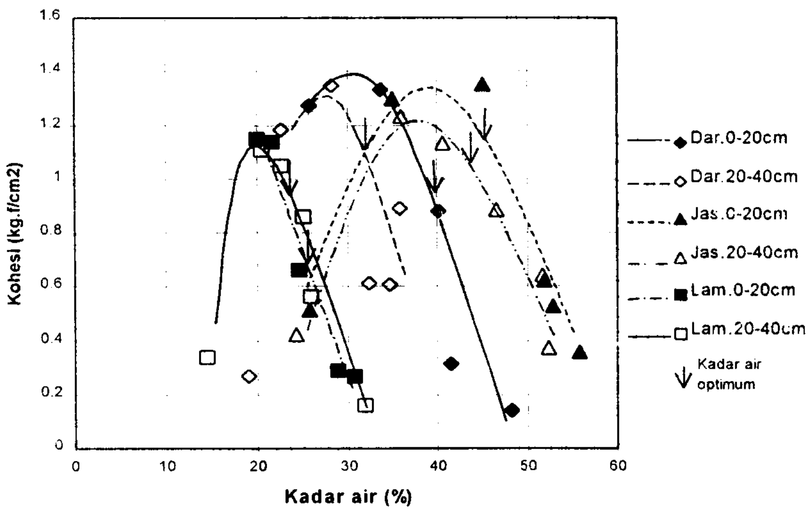
1.3. Uji Triaksial

Parameter kekuatan tanah yang dinyatakan dengan kohesi dan sudut gesekan dalam hasil uji triaksial pada kondisi *unconsolidated undrained* disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa nilai kohesi umumnya meningkat sampai nilai maksimum dengan meningkatnya kadar air pemadatan, kemudian nilai tersebut menurun dengan semakin meningkatnya kadar air pemadatan. Nilai kohesi maksimum hasil uji triaksial relatif lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kohesi maksimum hasil uji geser langsung, dan dicapai pada kadar air pemadatan sedikit dibawah kadar air optimum. Nilai tersebut bekisar antara 1.16 – 1.39 kg.f cm^{-2}.



Gambar 5. Hubungan antara kohesi dengan kadar air pemadatan hasil uj triaksial



Gambar 6. Hubungan antara sudut gesekan dalam dan kadar air pemadata hasil uji triaksial

Dari Gambar 6 terlihat bahwa nilai sudut gesekan dalam dari ketiga jenis tanah padat yang diuji mempunyai kecenderungan menurun secara linier dengan bertambahnya kadar air pemadatan. Pola tersebut sedikit berbeda dengan pola hasil uji geser langsung dimana nilai gesekan dalam umumnya meningkat dahulu kemudian menurun dengan meningkatnya kadar air pemadatan.

Perbedaan hasil antara uji geser langsung dengan uji triaksial ini diduga terutama disebabkan oleh perbedaan bidang geser. Pada uji geser langsung, bidang geser ditentukan dengan pasti, sedangkan pada uji triaksial bidang geser terjadi secara acak.

Uji triaksial juga menunjukkan bahwa kekuatan tanah mencapai maksimum bila dipadatkan pada kadar air sedikit dibawah kadar air optimum.

KESIMPULAN

1. Densitas maksimum yang dicapai pada uji pemadatan tanah contoh berkisar antara 1.12 – 1.48 $g.cm^{-3}$, dan kadar air optimum berkisar antara 23 – 48 %. Densitas tertinggi diperoleh pada tanah podsolik merah kuning Terbanggi Besar, sedangkan kadar air optimum tertinggi diperoleh pada tanah podsolik merah kuning Jasinga.
2. Uji kekuatan tanah (uji uniaksial, uji geser langsung dan uji triaksial) menunjukkan bahwa kekuatan tanah mencapai maksimum bila tanah dipadatkan pada kadar air sedikit dibawah kadar air optimum.
3. Nilai kekuatan tanah adalah sebagai berikut:
   a) Nilai kekuatan tanah tidak tertekan (qu) maksimum hasil uji uniaksial berkisar antara 2.3 – 3.7 $kg.f.cm^{-2}$.
   b) Nilai kohesi (c) maksimum hasil uji geser langsung antara 0.4 – 1.2 $kg.f.cm^{-2}$, dan nilai sudut gesekan dalam (ϕ) maksimum antara $37^0 - 52^0$.
   c) Nilai kohesi maksimum hasil uji triaksial berkisar antara 1.16 – 1.39 $kg.f.cm^{-2}$, dan nilai sudut gesekan dalam menurun secara linier dengan meningkatnya kadar air pemadatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan sebagai penyedia dana untuk penelitian ini melalui Proyek Pengkajian dan Penelitian Ilmu Pengetahuan Dasar.

DAFTAR PUSTAKA

Craigh, R.F., 1992, Soil Mechanics, Chapman & Hall, London

Koga, K., 1991, Soil Compaction in Agricultural Land Development, AIT, Bangkok

Lambe,T.W. and R.V. Whitman, 1979, Soil Mechanics, John Wiley Eastern Limited, New Delhi

McKyes, E., 1985, Soil Cutting and Tillage, Elsevier, Amsterdam

McKyes, E., 1989, Agricultural Engineering Soil Mechanics, Elsevier, Tokyo

Roosenak, S., 1963, Soil Mechanics, B.T. Batsford Ltd, London

Wesley, L.D., 1973, Mekanika Tanah, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Bandung