

KORELASI ANTARA BERAT VOLUME DAN IMPEDENSI LISTRIK PADA TANAH PODSOLIK: II. PERCOBAAN DI LAPANGAN

CORRELATION BETWEEN BULK DENSITY AND ELECTRICAL IMPEDANCE ON PODSOLIC SOIL: FIELD EXPERIMENT

Bandi Hermawan

Program Studi Ilmu tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu

ABSTRACT

An experiment on the correlation between bulk density (ρ_b) and electrical impedance (Z) was conducted on a loamy Podsolik in Bengkulu City. A 20 x 20 m grassland was cleaned out and divided into two main plots, a half of which was cultivated twice to a depth of 20 cm and the other half was left uncultivated. Each main plot was then redivided into four sub-plots (5 x 10 m) and planted with upland rice, corn, soybean and bare, respectively. Instrument components set in the laboratory study was slightly modified for the measurements of Z in the field at the depths of 0-10 and 10-20 cm. After Z measurements, an undisturbed soil sample was taken from each depth for the measurements of ρ_b and water content in the laboratory. Results show that ρ_b has a fairly close correlation with Z (r of about 0.70) while the shape of the relation follows the exponential law as found in the laboratory study. The correlation between the two variables was not influenced by water content anymore, therefore ρ_b may be predicted from Z more easily when conducted in the field.

Key Words: bulk density, electrical impedance, water content

ABSTRAK

Percobaan tentang penetapan nilai berat volume (BV) melalui pengukuran impedensi listrik (Z) dilaksanakan pada tanah Podsolik berlempung di Kota Bengkulu. Lahan berukuran 20 x 20 m dibersihkan dari alang-alang dan dibagi menjadi dua petak utama, sebagian dicangkul dan digaru sedalam 20 cm dan sebagian lagi tidak diolah. Masing-masing petak utama lalu dibagi lagi menjadi empat anak petak (ukuran 5 x 10 m) dan masing-masing anak petak ditanami dengan padi, jagung, kedelai dan tanpa tanaman. Alat yang telah dirakit di laboratorium dimodifikasi untuk pengukuran nilai Z di lapangan pada kedalaman 0-10 dan 10-20 cm. Setelah pengukuran Z contoh tanah utuh lalu diambil dari kedalaman yang sama untuk pengukuran nilai BV dan kadar air di laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat volume memiliki korelasi yang cukup erat dengan Z (r sekitar 0,70) sementara bentuk hubungan tersebut mengikuti hukum eksponensial sebagaimana yang diperoleh dari percobaan di laboratorium. Korelasi antara kedua variabel tidak lagi dipengaruhi oleh kadar air tanah sehingga pendugaan nilai BV dari nilai Z dapat dilakukan lebih sederhana di lapangan.

Kata-kata kunci: Berat volume, impedensi listrik, kadar air, lapangan.

PENDAHULUAN

Pengukuran berat volume tanah di lapangan sering menghadapi kendala terutama bila dilaksanakan pada lahan yang sedang ditanami tanaman semusim atau pada tanah-tanah yang sangat padat. Hal ini disebabkan karena teknik pengukuran berat volume yang dikenal selama ini harus menggunakan contoh tanah utuh dengan menggunakan silinder berukuran sekitar 300 cm² (Blake and Hartge, 1986). Pengambilan contoh tanah utuh yang sedemikian banyak bisa merusak lingkungan

media tanam untuk tanaman semusim, sementara pengambilannya dari dalam profil akan sangat sulit pada tanah-tanah yang sangat padat seperti pada lahan bekas tambang (Munawar, 1998). Salah satu alternatif dalam penetapan berat volume di lapangan adalah secara tidak langsung melalui pendugaan dari variabel-variabel lain.

Pendugaan berat volume dan nilai-nilai kepadatan yang lain telah pernah dilakukan melalui pengukuran nilai resistensi penetrasi (Busscher dan Sojka, 1987), dan sifat-sifat dielektrik (Kettel, 1991).

Hubungan antara kepadatan dan dielektrik disebabkan oleh kenyataan bahwa keberadaan ruang pori di dalam tanah menghasilkan frekuensi resonansi (F), sementara proporsi dari partikel-partikel padat menentukan impedensi (Z) dan resistensi (R) ketika listrik dialirkan ke dalam tanah. *Banton et al.* (1997), misalnya, menemukan bahwa R memiliki hubungan yang bagus dengan distribusi ukuran partikel dan kandungan bahan organik, tetapi R tidak berhubungan dengan kepadatan tanah. Pendugaan porositas dan berat volume dengan menggunakan sifat dielektrik tanah baru dapat dibuktikan secara teoritik tetapi belum secara eksperimen oleh Friedman (1997).

Penelitian terdahulu di laboratorium telah melahirkan suatu model yang menggambarkan hubungan yang erat antara berat volume (BV) dan Z (*Hermawan et al.*, 2000). Model yang dihasilkan mengikuti persamaan regresi non-linier $BV = A(e^{BZ})$ (*Snedecor dan Cochran*, 1980) di mana A dan B adalah konstanta. Nilai A rata-rata mendekati 1,096 dan $B = 0,045 - 0,372 T$, di mana T adalah kadar air tanah, bila kadar air pada saat pengukuran kurang dari $0,3 \text{ g g}^{-1}$. Sementara itu nilai koefisien korelasi (r) pada kisaran kadar air tersebut juga menunjukkan angka yang sangat tinggi (semuanya di atas 0,92), yang berarti korelasi antara BV dan Z mencapai tingkat optimum pada kisaran kadar air tanah tersebut.

Hasil penelitian di laboratorium juga menunjukkan bahwa kadar air tanah pada saat dilakukan pengukuran mempengaruhi bentuk dan keeratan hubungan antara BV dan Z. Korelasi antara BV dan Z nampaknya kurang akurat bila diukur pada kadar air di atas $0,3 \text{ g g}^{-1}$. Padahal kadar air di atas $0,3 \text{ g g}^{-1}$ umumnya berada pada kondisi kapasitas lapang untuk sebagian besar jenis tanah pertanian. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang modifikasi model untuk diterapkan pada tanah-tanah yang memiliki kadar air yang lebih tinggi dari $0,3 \text{ g g}^{-1}$. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menerapkan hasil penelitian di laboratorium secara langsung di lapangan.

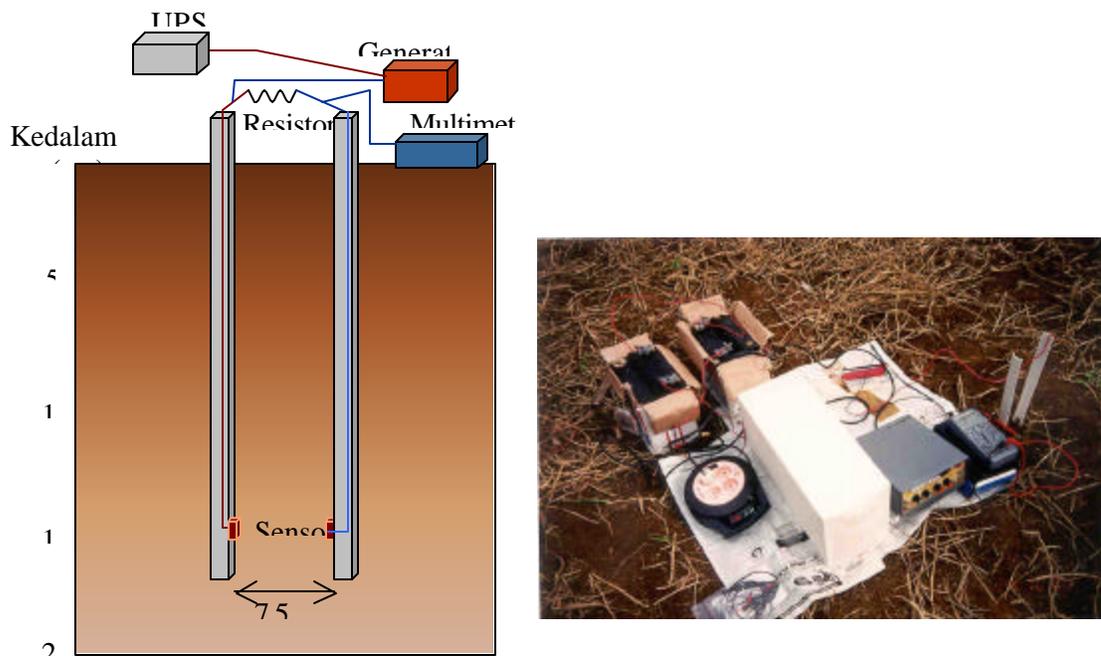
METODE PENELITIAN

Rangkaian alat yang digunakan dalam penelitian di laboratorium (*Hermawan et al.*, 2000) dimodifikasi untuk pengukuran di lapangan seperti yang terlihat pada Gambar 1. Dua buah sensor (terbuat dari perak) mula-mula ditempelkan pada dua batang pancang (*probe*) yang terbuat dari paralon yang dibelah. Setiap sensor lalu dihubungkan dengan kabel ke arah ujung pancang yang berada di atas permukaan tanah ketika dilakukan pengukuran. Kabel tersebut selanjutnya dihubungkan dengan rangkaian alat pengukur, seperti generator, perlakuan (tiga buah resistor) dan digital multimeter (sebagai pengganti *oscilloscope* yang digunakan di laboratorium). Berbeda dengan percobaan di laboratorium, sumber arus yang digunakan adalah UPS yang mampu menghasilkan arus AC berkekuatan 220 volt.

Percobaan lapangan dilaksanakan dari bulan Agustus 2000 sampai Maret 2001 di Desa Dusun Besar, Kota Bengkulu. Jenis tanah yang digunakan adalah Podsolik yang telah lama ditumbuhi oleh alang-alang dengan sifat-sifat dasar seperti disajikan dalam Tabel 1. Dari tabel tersebut terlihat bahwa sifat-sifat fisik dan kimia tanah yang diteliti relatif homogen pada lokasi-lokasi pengamatan yang berbeda, baik berdasarkan tingkat pengolahan maupun kedalaman. Perbedaan nilai Z diasumsikan lebih disebabkan oleh perbedaan tingkat kepadatan tanah dan faktor-faktor lain yang berhubungan dengannya.

Lahan seluas $20 \times 20 \text{ m}$ mula-mula dibersihkan dari alang-alang dan dibagi menjadi dua petak utama, sebagian diolah dua kali (cangkul dan garu) sedalam 20 cm dan sebagian lagi dibiarkan tanpa diolah sama sekali. Petak-petak utama tersebut masing-masing ditanami dengan padi gogo, jagung, kedelai dan tanpa tanaman. Dengan demikian diperoleh 8 petak berukuran $5 \times 10 \text{ m}$ untuk setiap kombinasi pengolahan tanah dan penanaman.

Pengukuran dilakukan dua minggu setelah pengolahan tanah (Nopember 2000) di tiga titik



Gambar 1. Skema (kiri) dan komponen-komponen alat pengukur sifat dielektrik (kanan) yang dirancang untuk pengukuran di lapangan (dua buah baterai disiapkan sebagai sumber arus cadangan untuk pengukuran yang berlangsung lama).

Tabel 1. Sifat-sifat fisik dan kimia tanah yang digunakan dalam penelitian.

Parameter	Tanpa Olah		Diolah	
	0 – 10 cm	10 – 20 cm	0 – 10 cm	10 – 20 cm
Pasir (%)	37,53	41,90	57,95	49,86
Debu (%)	27,35	19,15	13,13	21,20
Liat (%)	35,12	38,95	28,92	28,94
C-organik (%)	4,14	3,14	4,02	3,26
DHL (C/s)	230	227	415	278

untuk setiap petak pada kedalaman 0-10 dan 10-20 cm dari permukaan. Mula-mula, pancang sensor dimasukkan ke dalam tanah dengan hati-hati, sehingga bagian permukaan sensor bersentuhan langsung dengan tanah, hingga kedalaman 10 cm.

Sensor dihubungkan dengan rangkaian alat pengukur (UPS, generator dan voltmeter). Ketiga komponen alat tersebut lalu dihidupkan secara bersamaan, data yang terbaca oleh voltmeter dicatat. Parameter dielektrik yang

diukur adalah beda tegangan total (V_{AD}) dan tanah (V_{CD}). Pancang kemudian ditekan lagi ke dalam tanah hingga kedalaman 20 cm, nilai V_{AD} dan V_{CD} selanjutnya diukur lagi seperti di atas.

Contoh tanah utuh diambil di dekat titik pengukuran dielektrik (sejajar dengan kedua lobang pancang) dengan menggunakan ring sampel (diameter 7,0 cm). Sampel tanah utuh tersebut selanjutnya digunakan untuk mengukur BV dan kadar air. Pengukuran BV dilakukan dengan

menggunakan metode standar sebagaimana ditulis oleh Blake dan Hartge (1986). Nilai V_{AD} dan V_{CD} yang terukur di lapangan dikonversi menjadi Z lalu digunakan untuk menduga nilai BV dengan mengikuti prosedur Hermawan *et al.* (2000). Modifikasi terhadap beberapa konstanta dilakukan guna mendapatkan nilai BV hasil pendugaan yang terbaik. Nilai-nilai BV tanah hasil dugaan selanjutnya dibandingkan dengan nilai-nilai BV hasil pengukuran untuk melihat peluang penggunaan sifat dielektrik tanah sebagai variabel penduga BV di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran nilai-nilai V_{AD} dan V_{CD} di lapangan membutuhkan kuantitas dan kualitas kerja yang lebih besar dibandingkan dengan pengukuran di laboratorium. Rasio antara V_{AD} dan V_{CD} yang terbaca oleh multimeter berubah menurut tingkat kepadatan tanah. Semakin padat tanah yang diukur maka semakin besar pula rasio tersebut, yang biasanya ditunjukkan oleh menu-runnya nilai V_{CD} . Perubahan itu biasanya terlihat bila pengukuran dilakukan pada kedalaman atau tingkat pengolahan yang berbeda. Kesalahan pembacaan paling sering terjadi akibat buruknya kontak antara alat dan kabel yang menghubungkan sensor. Oleh sebab itu, titik-titik sambungan tersebut harus selalu bersih agar arus listrik tidak terhambat.

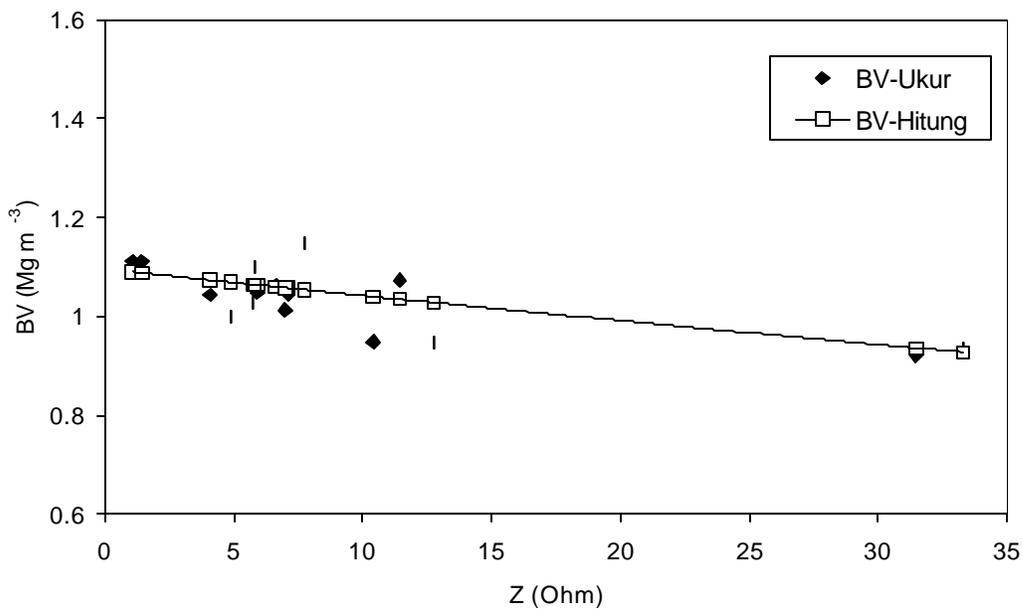
Persamaan $BV = A(e^{BZ})$ yang dihasilkan pada percobaan di laboratorium (Hermawan *et al.*, 2000) digunakan untuk menghitung korelasi dari set data BV -ukur dan Z yang disajikan dalam Tabel 2. Regresi nonlinear tersebut menghasilkan parameter A yang sama dengan hasil di laboratorium, yaitu 1,096, dan parameter B sebesar $-0,005$ pada semua kadar air tanah. Dengan demikian, untuk keperluan pendugaan di lapangan maka persamaan tersebut dapat ditulis menjadi:

$$BV = 1.096 (e^{-0,005Z}), \quad r = 0,70 \quad (1)$$

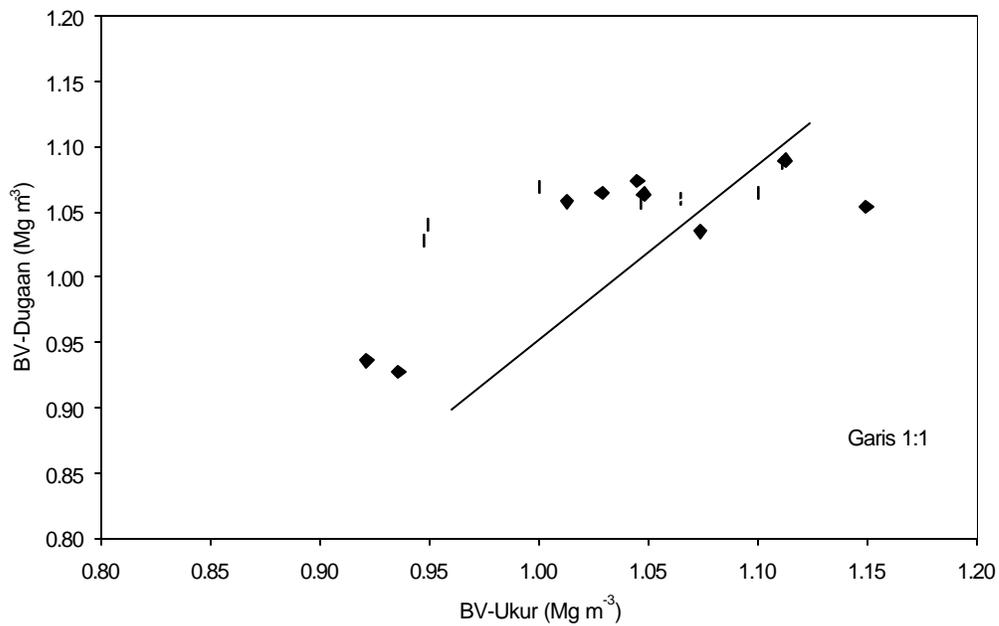
Nilai B yang negatif menunjukkan bahwa BV berkorelasi negatif dengan Z , dimana nilai BV akan turun sebesar $0,005 \text{ Mg m}^{-3}$ untuk setiap ohm kenaikan Z .

Koefisien korelasi antara BV dan Z yang diukur secara in-situ di lapangan adalah sebesar 0.70, yang berarti ada sekitar 50% dari keragaman BV di lapangan yang dapat diasosiasikan dengan keragaman Z . Nilai koefisien korelasi itu masih lebih rendah 11-29% bila dibandingkan dengan koefisien korelasi dari hasil pengukuran Hermawan *et al.* (2000) di laboratorium. Perbedaan tersebut adalah wajar mengingat pengukuran di lapangan lebih banyak menghadapi keragaman lingkungan mengingat pengukuran Z dan BV tidak dilakukan persis pada titik yang sama. Selain itu, arah hubungan kedua variabel tersebut (Gambar 2) tetap konsisten dengan hasil percobaan di laboratorium, sehingga membuktikan bahwa nilai Z dapat dijadikan sebagai variabel terukur dalam metode penetapan nilai BV secara in-situ di lapangan. Penggunaan Persamaan 1 dalam menduga nilai BV sudah terbebas dari pengaruh kadar air yang besarnya antara 0,36 sampai 0,47 g g^{-1} ketika pengukuran dilakukan. Nilai koefisien korelasi antara kadar air dan Z hanya sebesar 0,06. Hasil ini cukup baik bila dibandingkan dengan hasil di laboratorium dimana model yang dikembangkan tidak dapat menduga nilai BV dengan baik bila kadar air tanah berada di atas 0,3 g g^{-1} . Proses pemadatan tanah yang berjalan secara alami, bukan karena adanya tekanan artifisial, kemungkinan telah membuat rasio padatan dan ruang pori lebih berpengaruh terhadap sifat dielektrik.

Gambar 3 membandingkan nilai-nilai BV -dugaan yang dihitung dengan menggunakan Persamaan 1 dan BV -ukur yang datanya disajikan dalam Tabel 2. Nilai-nilai BV -dugaan berkisar antara 0,92 pada tanah yang diolah sampai 1,14 Mg m^{-3} pada tanah yang tidak diolah. Kisaran nilai tersebut berada dalam batas yang biasanya ditemui pada tanah-tanah yang baru dibuka atau baru diolah (Hermawan, 1990; Hermawan and Bomke., 1997). Koefisien korelasi antara BV -dugaan dan BV -ukur adalah 0,71 yang menunjukkan hasil pendugaan yang cukup baik untuk pengukuran yang dilaksanakan secara in-situ di lapangan.



Gambar 2. Nilai berat volume tanah sebagai fungsi dari impedensi Z.



Gambar 3. Berat volume tanah hasil pengukuran vs. BV hasil pendugaan dengan menggunakan Persamaan 1.

Tabel 2. Rataan nilai impedensi (Z, ohm), berat volume (BV, Mg m³) dan kadar air (θ_g , g g⁻¹) yang diukur dua minggu setelah pengolahan tanah (setiap data Z, BV dan θ_g merupakan rata-rata dari tiga titik pengamatan).

Pengolahan	Kedalaman (cm)	Tanaman	Z	BV	θ_g
Tanpa Olah	0-10	Padi	4,10	1,05	0,41
	0-10	Jagung	5,91	1,09	0,41
	0-10	Kedelai	5,17	1,12	0,40
	0-10	Bera	16,53	1,08	0,40
	10-20	Padi	4,90	1,05	0,47
	10-20	Jagung	5,71	1,02	0,45
	10-20	Kedelai	1,46	1,11	0,45
	10-20	Bera	16,95	1,08	0,43
Diolah	0-10	Padi	10,42	0,95	0,36
	0-10	Jagung	7,13	1,05	0,40
	0-10	Kedelai	12,79	1,00	0,45
	0-10	Bera	33,26	0,94	0,41
	10-20	Padi	9,99	1,02	0,45
	10-20	Jagung	7,01	1,05	0,44
	10-20	Kedelai	5,83	1,10	0,45
	10-20	Bera	31,46	0,92	0,44

KESIMPULAN

Berat volume memiliki korelasi negatif yang cukup erat dengan Z (R sekitar 0.70), dan bentuk hubungannya mengikuti model persamaan eksponensial $BV = 1.096 (e^{-0.005Z})$. Korelasi antara kedua variabel tidak lagi dipengaruhi oleh kadar air tanah sehingga nilai berat volume dapat ditetapkan secara lebih sederhana di lapangan melalui pengukuran nilai impedensi. Nilai berat volume yang diduga dari nilai Z cukup berdekatan (r sekitar 0,71) dengan nilai berat volume dari hasil pengukuran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui program Hibah Bersaing. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Ir. Hasanudin, MP., Firdaus dan Sukisno yang telah membantu

dalam penyiapan alat dan pengukuran di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Banton, O., M.K. Seguin, dan M.A. Cimon, 1997. Mapping field-scale physical properties of soil with electrical resistivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1010-1017.
- Blake, G.R. dan K.H. Hartge, 1986. Bulk density. *In* A. Klute (Editor): *Methods of Soil Analysis*. Second edition. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Publ., Madison. Pp. 363-375.
- Busscher, W.J. dan P.E. Sojka, 1987. Enhancement of subsoiling effect on soil strength by conservation tillage. *Trans. ASAE* 30: 888-892.
- Friedman, S.P., 1997. Statistical mixing model for the apparent dielectric constant of unsaturated porous media. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 742-745.

- Hermawan, 1990. Effects of management systems on soil structure and other physical properties. M.Sc. Thesis, Lincoln University, New Zealand.
- Hermawan, B. and A.A. Bomke, 1997. Effects of winter cover crops and successive spring tillage on soil aggregation. *Soil and Tillage Research* 44: 109-120.
- Hermawan, B., Hasanudin dan Z. Bahrum, 2000. Pendugaan nilai kepadatan tanah melalui pengukuran sifat dielektrik: suatu teknik analisis tanah baru yang berwawasan lingkungan. Laporan Penelitian Hibah Bersaing Tahun I, Lembaga Penelitian UNIB.
- Kettel, C., 1991. *Introduction to Solid State Physics*. John Wiley & Sons, Singapore.
- Munawar, A., 1998. Reklamasi lahan bekas tambang secara vegetatif dan pengaruhnya terhadap kesuburan tanah. Laporan Penelitian Hibah Bersaing, Lembaga Penelitian UNIB.
- Snedecor, G.W. dan W.G. Cochran, 1980. *Statistical Methods*. Seventh edition. Iowa State Univ. Press., Ames, IA.