

ANALISIS ERROR PENGUKURAN KONDUKTIVITAS PANAS MULSA LIMBAH PADAT ORGANIK: SEKAM PADI

Error Analysis on Measurement of Heat Conductivity of Organic Solid Waste: Paddy Chaf.

Diswandi Nurba¹, Wahyu Purnama², Warji³

ABSTRACT

The objective of this paper is to analyze measurement error of heat conductivity of organic solid waste (paddy chaf). Error analyze is to obtain accuration of the measured result. Visual Basic Ap plications (VBA) on excel was used in simulation. The result showed that heat conductivity of paddy chaf is 0,501 W/mK with error 0,00936 W/mK. Voltage tolerance value gives highest effect on total error.

Keywords: *heat conductivity, error analyze, organic solid waste*

Diterima: 9 Mei 2007; Disetujui: 24 Mei 2007

PENDAHULUAN

Mulsa adalah bahan organik maupun anorganik yang digunakan untuk melapisi permukaan tanah selama musim pertumbuhan tanaman (URI, 2000). Beberapa tanaman hortikultura seperti cabai, tomat, strawberi, dan lain-lain berbuah dengan baik jika tanah ditutup dengan mulsa. Mulsa anorganik seperti plastik banyak dipilih petani karena lebih praktis dan pasti tidak mengandung benih-benih gulma atau penyakit yang dapat mengganggu tanaman. Tetapi, selain mahal (Abdul-Baki dan Teasdale, 1997; McCraw dan Motes, 2001), penggunaan mulsa anorganik tidak memperbaiki struktur dan hara tanah (URI, 2000), dan berpotensi

menghasilkan aliran permukaan (*runoff*) beracun yang dapat mencemari sungai. Oleh karena itu penggunaan mulsa organik perlu dikembangkan.

Salah satu peranan penting penggunaan mulsa adalah dalam pengelolaan suhu tanah. Suhu tanah merupakan parameter pengontrol dalam proses-proses fisik, kimia dan biologi dalam tanah serta berperan dalam manajemen praktis (Bussiere and Cellier, 1994). Suhu tanah yang baik memberikan keuntungan ganda bagi tanaman: di satu sisi evaporasi berkurang sehingga mempertahankan kelengasan tanah, di sisi lain aktivitas mikroorganisme menjadi meningkat. Dengan demikian pengaturan suhu tanah dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman,

¹ Program Studi Keteknikan Pertanian Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, E-mail: me_delta@yahoo.com

² Program Studi Keteknikan Pertanian Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, E-mail: wpumama@yahoo.com.

³ Program Studi Keteknikan Pertanian Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, E-mail: warji1978@yahoo.com

terutama jenis tanaman tertentu yang membutuhkan regim suhu yang berbeda dengan lingkungannya.

Pendekatan Teoritis

Jenis mulsa dan tanah yang berbeda mengakibatkan suhu tanah yang berbeda pula. Hal ini disebabkan karena setiap bahan memiliki konduktivitas panas yang berbeda-beda. Jika pada suatu bahan homogen terdapat gradien suhu $\delta T/\delta x$, maka pada *steady state* besarnya laju aliran panas (Q) melintasi bahan tersebut dapat dinyatakan dengan persamaan Hukum Fourier berikut (Karel, 1975):

$$Q = -kA \frac{\delta T}{\delta x} \quad (1)$$

dengan k adalah konduktivitas panas dan A adalah luasan normal pada arah aliran. Konduktivitas panas adalah suatu yang menunjukkan kemampuannya untuk.

Persamaan (1) merupakan persamaan diferensial yang menghasilkan solusi berbeda bergantung geometri benda. Solusi terhadap Persamaan (1) untuk benda dengan geometri silinder adalah:

$$Q = \frac{2k\pi L}{\ln(r_2/r_1)}(T_1 - T_2) \quad (2)$$

Dengan asumsi seluruh energi listrik diubah menjadi panas, maka panas adalah sama dengan tegangan dikalikan kuat arus. Hasil pengukuran suhu pada node dicatat hingga tercapai *steady state*. Pada *steady state*, konduktivitas panas (k) bahan mulsa dapat dihitung dengan :

$$k = \frac{VI \ln(r_2/r_1)}{2\pi L(T_1 - T_2)} \quad (3)$$

dimana:

k = konduktivitas panas (W/(m.K))

V = Tegangan listrik (V)

I = kuat arus listrik yang melintasi elemen pemanas yang terukur (A)

L = panjang silinder (m)

r_1 = radius pengukuran titik 1 (m)

r_2 = radius pengukuran titik 2 (m)

T_1 = suhu pada radius r_1 (K)

T_2 = suhu mulsa pada radius r_2 (K)

Analisis Error

Dalam suatu riset, kesalahan (*error*) pengukuran tidak bisa dipisahkan dalam proses pengambilan data. Kesalahan ini pada umumnya digolongkan ke dalam kesalahan sistematis maupun kesalahan acak, yang sangat berhubungan dengan pemakaian instrumen pada pengukuran ataupun kondisi lingkungan sehingga mempengaruhi ketelitian dalam pengukuran (Jordan, et.al, 1991). Analisis error dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil pengukuran.

BAHAN DAN METODE

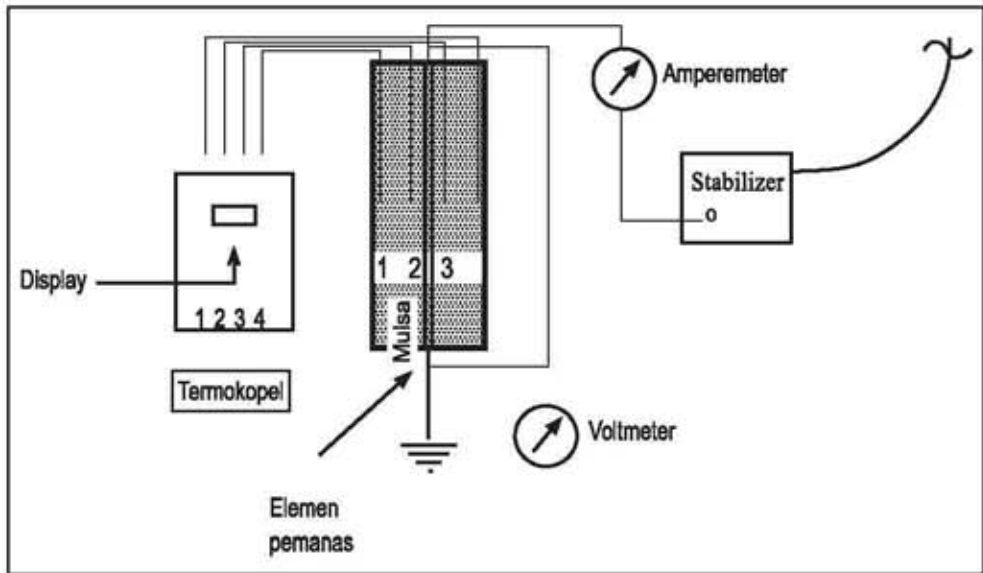
Alat dan Bahan

Bahan mulsa yang digunakan adalah sekam padi. Sedang peralatan yang dipergunakan adalah satu set alat pemanas, termokopel, termometer, multimeter digital, dan pisau.

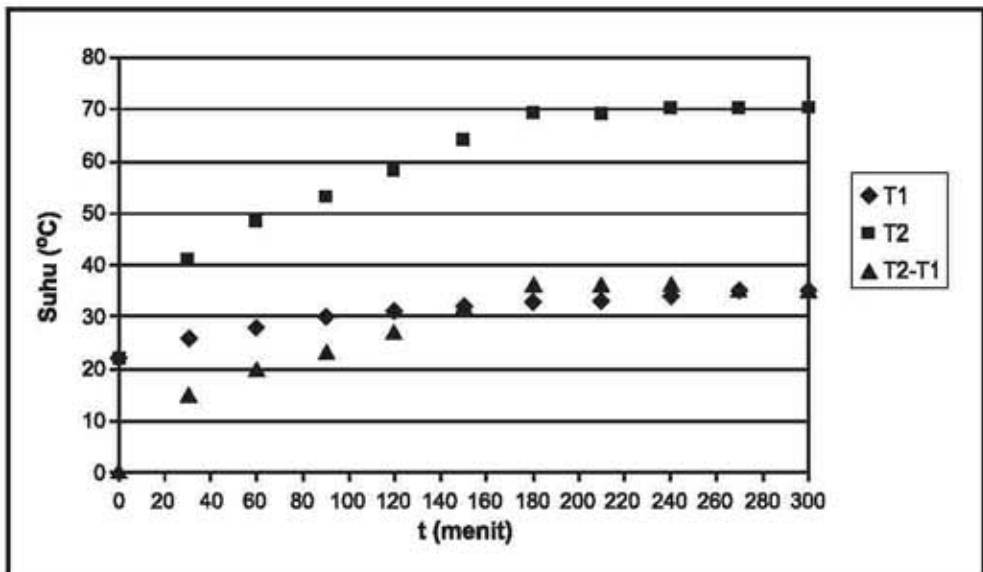
Metodologi

1. Konduktivitas panas bahan mulsa diukur menggunakan silinder uji dengan skema seperti pada Gambar 1.
2. Alat terdiri atas silinder uji yang terbuat dari pipa besi 6 inci dengan elemen pemanas diletakkan di pusat silinder. Ujung-ujung termokopel diletakkan pada node 1, 2, 3, dan 4 dalam silinder uji. Jarak node 1 dari pusat sama dengan node 4, dan node 2 sama dengan node 3.

3. Bahan mulsa dijejakkan ke dalam silinder uji, lalu ditutup rapat.
4. Jika listrik dialirkan maka akan timbul panas dari elemen listrik. Panas ini dialirkan secara konduksi pada arah radial melalui bahan mulsa. Dengan asumsi seluruh energi listrik diubah menjadi panas, maka dapat diketahui laju aliran panas.
5. Hasil pengukuran suhu pada node dicatat hingga tercapai *steady state*.



Gambar 1. Skema alat uji konduktivitas



Gambar 2. Pengukuran suhu mulsa sekam

Tabel 1. Data hasil pengukuran

Data Pengukuran	Nilai
Diameter dalam (N 02) r1	2 cm
Diameter luar (N 01) r2	7 cm
Voltase (V)	110 V
Arus Listrik (I)	0,32 A
Panjang tabung (L)	40 cm

Tabel 2. Data hasil pengukuran

γ	Nilai	Toleransi (\pm)	Error (%)	$\frac{\partial k}{\partial \gamma}$	$\frac{\partial k}{\partial \gamma} \Delta \gamma$	$\frac{\frac{\partial k}{\partial \gamma} \Delta \gamma}{k}$	Bobot Akhir
V	110 V	2	1,82	0,00456	0,00912	1,81818	1
I	0,32 A	0,0002	0,06	1,56738	0,00031	0,06250	1
L	0,4 m	0,0001	0,03	-1,25390	-0,00013	-0,02500	-1
r1	0,02 m	0,0001	0,50	-20,01820	-0,00200	-0,39912	-0,798236
r2	0,07 m	0,0001	0,14	5,71949	0,00057	0,11403	0,798236
T1	343 K	0,1	0,03	-0,00015	-0,00001	-0,00297	-0,102041
T2	308 K	0,1	0,03	0,000185	0,00002	0,00396	0,1136364
k = 0,501 W/mK			Total error = 0,00936 W/mK				

Analisis Error

Analisis error dilakukan dengan penurunan persamaan differensial parsial dari setiap variabel yang dianalisis. Menurut Jordan, et.al. (1991), nilai error konduktivitas panas dinyatakan dengan:

$$\Delta k = \sqrt{\left(\left(\frac{\partial k}{\partial V} \Delta V \right)^2 + \left(\frac{\partial k}{\partial I} \Delta I \right)^2 + \left(\frac{\partial k}{\partial L} \Delta L \right)^2 + \left(\frac{\partial k}{\partial T_1} \Delta T_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial k}{\partial T_2} \Delta T_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial k}{\partial r_1} \Delta r_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial k}{\partial r_2} \Delta r_2 \right)^2 \right)} \quad (4)$$

Analisi error dibuat dalam program *Visual Basic Application* (VBA) yang terdapat pada MS Excel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konduktivitas Panas

Hasil pengukuran suhu menunjukkan bahwa *steady state* pada mulsa sekam padi tercapai setelah t 240 menit. Pada *steady state*, suhu pada node 1 (T_1) besarnya 343 K, suhu pada node 2 (T_2) besarnya 308 K. Sehingga didapat selisih suhu ($T_2 - T_1$) sebesar 35 K. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 2.

Selain data suhu, data lain yang diukur adalah diameter luar (r_2), diameter dalam (r_1), panjang tabung percobaan (L), arus listrik (I) dan voltase (V). Data-data tersebut ditampilkan pada Tabel 1.

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai konduktivitas mulsa sekam padi sebesar

0,501 ± 0,00936 W/mK. Hasil perhitungan konduktivitas dan error disajikan pada Tabel 2.

Analisis Error

Jika diberikan toleransi alat yang sama maka kontribusi kesalahan pengukuran terbesar akan diberikan oleh V, I dan L kemudian diikuti r_1 , r_2 dan T_1 , T_2 , dilihat dari bobot kesalahan (Tabel 2). Jika menggunakan nilai toleransi seperti Tabel 2 maka V memberikan kontribusi terbesar yaitu 1,5% kemudian diikuti r_1 , r_2 , I dan T_1 , T_2 dan L.

Part II Physical Principles of Food Preservation. Marcel Dekker. New York.

McCraw, D., and J. E. Motes, 2001, Use of Plastic Mulch and Row Covers in Vegetable Production. Online matter: URI (University of Rhode Island), 2001, *Mulch: Greenshare Fact Sheets*, online matter: <http://www.Uri.edu/ce/factsheets/sheets/mulch.htm>.

USDA-NRCS, 2001, Benefits of Mulch, USDA-NRCS Feature, online matter on <http://www.Nhq.nrcs.usda.gov/CCS/benmulch.htm>.

KESIMPULAN

Hasil riset menunjukkan bahwa besarnya nilai konduktivitas panas mulsa sekam padi adalah 0,501 W/mK dengan nilai error 0,00936 W/mK, dimana tegangan listrik memberikan kontribusi error terbesar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Baki, A. A., and J. R. Teasdale, 1997, *Sustainable Production of Fresh-Market Tomatoes and other Summer Vegetables with Organic Mulches*. Farmers' Bulletin No. 2279. August 1997.
- Bussiere, F., and P. Cellier. 1994. *Modification of the soil temperature and water content regimes by a crop residue mulch: Experiment and modeling*. *Agric. & Forest Meteorol.* 68(1-2): 1-28.
- Jordan, K.A., R.O. Kuehl, J.I. Sewel. 1991. *Planning the experiment* dalam Henry, Z.A., G.C. Zoerb, G.S. Birth. 1991. *Instrumen and measurement for environmental Sciences*. Third edition. ASAE. 2950 Niles road. St. Josephs, Michigan USA.
- Karel, M., Fennema, O.R., and Lund, D.B. 1975. *Principles of Food Science:*

