

PERANCANGAN DAN PENGUJIAN UNJUK KERJA SISTEM MONITORING KADAR LENGAS BERBASIS GYPSUM BLOCK UNTUK MEMANTAU DINAMIKA TANAH POLIETILEN, POLISTIREN DAN *OTHER*

Agung Prasetyo¹, Eka Firmansyah², LilikSutiarso³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro FT UGM, ³Fakultas Teknik Pertanian UGM

Masuk: 12 Oktober 2015, revisi masuk: 9 Desember 2015, diterima: 10 Januari 2016

ABSTRACT

Soil moisture sensor (moisture content) is very important in determining the time a crop irrigation, soil wetting depth, the depth of the growth of plant roots and soil wetting sufficiency. This study discusses the design and implementation of the system of measuring soil moisture content of gypsum block based electronic. Measurement data are stored automatically in a database and then performed with a sensor calibration step gravimetric measurement results. The test results demonstrate system performance design performance measurement system with accuracy (%) error rate. Then used to determine gypsum block sensors with good performance.

Keywords: *Moisture soil, Gypsum block, gravimetric*

INTISARI

Sensor kelembaban tanah (kadar lengas) sangat penting dalam menentukan waktu irigasi suatu tanaman, kedalaman pembasahan tanah, kedalaman pertumbuhan akar tanaman dan kecukupan pembasahan tanah. Penelitian ini membahas mengenai rancang bangun dan implementasi sistem pengukur kadar lengas tanah elektronik berbasis gypsum block. Data hasil pengukuran disimpan secara otomatis di database dan selanjutnya dilakukan langkah kalibrasi sensor dengan hasil pengukuran gravimetri. Hasil pengujian kinerja sistem menunjukkan kinerja rancangan sistem pengukuran dengan akurasi (%) tingkat kesalahan. Selanjutnya digunakan untuk menentukan sensor gypsum block dengan kinerja yang paling baik.

Kata Kunci: kadar lengas, gypsum block, gravimetri.

PENDAHULUAN

Manfaat air dalam bidang pertanian adalah sangat penting. Air bagi para petani adalah sumber daya pokok yang menunjang berlangsungnya kegiatan pertanian. Fungsi air dalam pertanian secara umum adalah sebagai irigasi atau pengairan, karena tanpa adanya pengairan yang baik maka hasil dari tanaman yang dikelola oleh petani tidak akan mendapatkan hasil yang maksimal.

Di seluruh dunia, diperkirakan sekitar 68% jumlah air digunakan untuk keperluan irigasi, sehingga banyak dikembangkan sistem yang dijumpai pada area sawah atau ladang dengan sistem pengairan yang cukup canggih.

Dengan mengetahui kadar air dalam suatu tanah dan pengaturan irigasi

yang baik untuk tanaman pertanian maka akan mendatangkan hasil produksi yang lebih baik pula.

Dengan tingkat ketersediaan kadar lengas pada suatu tanaman yang berbeda akan mempengaruhi hasil pertumbuhan yang berbeda pula, dengan mengetahui volume penyiraman yang tepat untuk tanaman, sehingga diperoleh kandungan klorofil dan pertumbuhan yang maksimal, sehingga perlu dipantau tingkat kelembabannya. Teknik pengukuran kadar air tanah diklasifikasikan ke dalam dua cara, yaitu langsung dan tidak langsung. Pengukuran secara langsung adalah berupa pemisahan air dari matriks tanah dan pengukuran langsung dari jumlah air yang dipisahkan tersebut. Pemisahan air dari matriks tanah dapat

dicapai melalui: (1) pemanasan; (2) ekstraksi dan penggantian oleh larutan; atau (3) reaksi kimia. Jumlah air yang dipisahkan ditentukan dengan: (1) mengukur perubahan massa/berat setelah pemanasan dan (2) pengukuran kuantitatif dari hasil reaksi. Pemisahan air dengan pemanasan biasa disebut dengan metode gravimetri, dan merupakan metode pengukuran secara langsung. Menurut (G. C., And P. A. (T.Y) Ferre Opp), 2002, metode tidak langsung adalah dengan mengukur beberapa sifat fisik atau kimia tanah yang berhubungan dengan kadar air tanah. Sifat ini meliputi konstanta dielektrik (permitivity relatif),

konduktivitas elektrik, kapasitas panas, kandungan ion H, dan kepekaan magnetik. Berlawanan dengan metode langsung, metode tidak langsung bersifat lebih tidak merusak atau nondestruktif, sehingga kandungan air dalam contoh tidak berubah selama pengukuran. Penetapan kadar air tanah dengan neutron probe adalah salah satu cara pengukuran kadar air tanah tidak langsung. Cara ini bersifat tidak destruktif, sehingga pengukuran dapat dilakukan sangat intensif. Dengan menggunakan neutron probe, kadar air tanah dapat ditetapkan pada titik-titik yang sama pada berbagai kedalaman tanah secara berulang-ulang. Oleh karena itu, metode ini sering digunakan dalam penelitian neraca air tanah, penelitian penyerapan air, penelitian pergerakan air tanah, dan lain-lain.

Menurut (Hillel), 1982. dalam penelitian ini akan dikembangkan pada model tak langsung dengan merancang suatu prototipe pengukur kadar lengas dengan menggunakan model gypsum block dan analisis data serta unjuk kerja rangkaian.

Kadar lengas tanah adalah air yang terdapat dalam tanah yang terikat oleh berbagai kaskas, yaitu kaskas ikat matrik, osmosis dan kapiler. Kaskas ikat matrik-dinangkitkan oleh zarah tanah. Kaskas ini meningkat sejalan dengan peningkatan permukaan jenis zarah dan kerapatan muatan elektrostatik zarah tanah. Kaskas ikat osmosis dibangkitkan oleh zat-zat terlarut di dalam air, maka kaskas ini meningkat sejalan dengan peningkatan kepekatan

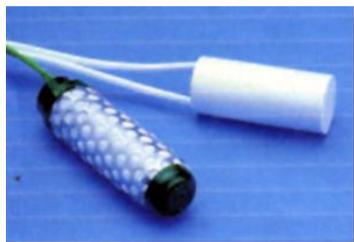
larutan air. Kaskas ikat kapiler dibangkitkan oleh pori-pori tanah yang berkaitan dengan tegangan muka air. Makin sempit pori tanah berarti kaskas kapiler makin tinggi. Air yang berada pada lapisan atas zone aerasi disebut lengas tanah. Apabila kapasitas menahan air tanah pada zone aerasi telah dipenuhi air, air bergerak ke bawah menuju zone saturasi. Air pada zone saturasi (saturation zone) disebut air tanah. Diatas zone saturasi terdapat kapiler. Air pada daerah kapiler mengisi ruang-ruang pori yang kecil. Selain berasal dari hujan, air kapiler dapat berasal dari air tanah yang terangkat oleh gaya-gaya kapiler (Buckman, 1982).

Kadar lengas yang diukur perlu diubah dari sifat fisis ke sifat listrik dengan menggunakan komponen sensor. Salah satu sensor yang sering digunakan dan bersifat murah adalah *gypsum*. *Gypsum block* adalah alat yang terbuat dari serbuk *gypsum*. *Gypsum block* pertama kali dipakai di bidang pertanian untuk mengukur kelengasan tanah dengan cara dikalibrasi dulu, lalu ditanam di tempat yang diteliti. di bidang teknik sipil *gypsum block* dipakai dalam pengukuran kadar air tanah dengan tujuan agar tidak merusak struktur tanah di sekitar daerah penelitian.

Untuk mengetahui nilai resistansi yang terjadi, kedua kabel dihubungkan dengan *multivibrator* sehingga diperoleh nilai frekuensi dari *gypsum block* tersebut. Kemudian nilai frekuensi setiap *gypsum block* dimasukkan dalam grafik kalibrasi maka diperoleh suatu persamaan hubungan frekuensi dengan gravimetri yang dipakai dalam pengukuran kadar air. (Tri M.W. Dkk, 2012).

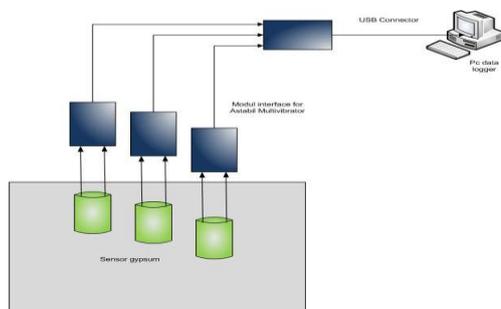
Gypsum block terdiri dari 2 jenis yaitu yang tidak memakai kawat kasa (*konvensional*) dan memakai kawat kasa pada lapisan bagian dalam seperti ditunjukkan pada Gambar 1 (A Skinner, 1997).

Perancangan sensor kadar lengas diukur menggunakan prototipe alat yang dirancang sekaligus diuji pada penelitian ini. Dalam perancangannya perlu adanya perubahan besaran fisis dari nilai kadar air ke sifat listrik yaitu menggunakan sensor.



Gambar. 1. Sensor *gypsum block*

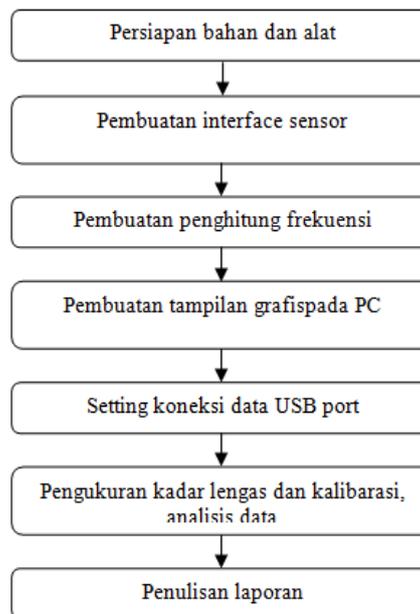
Sensor yang biasa digunakan dan mudah dibuat adalah jenis *gypsum block*. Perubahan sifat hambatan pada elektroda sensor *gypsum* berpengaruh terhadap keluaran pembangkit *astabil multivibrator* yang keluarannya frekuensinya dihitung dan disimpan pada komputer



Gambar 2. Blok diagram rancangan prototype monitoring kadar lengas dengan sensor *gypsum block*

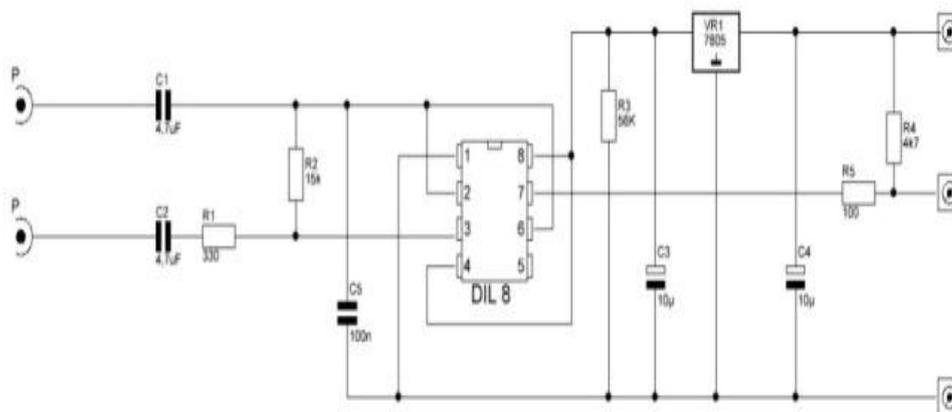
Gambar 2. menunjukkan blok diagram dari prototype monitoring kadar lengas dengan sensor *gypsum block*

yang terdiri dari empat komponen utama yaitu: *sensor gypsum*, *interface sensor*, penghitung frekuensi, dan modul akuisisi data. Pada Gambar 3. Dijelaskan diagram alir penelitian

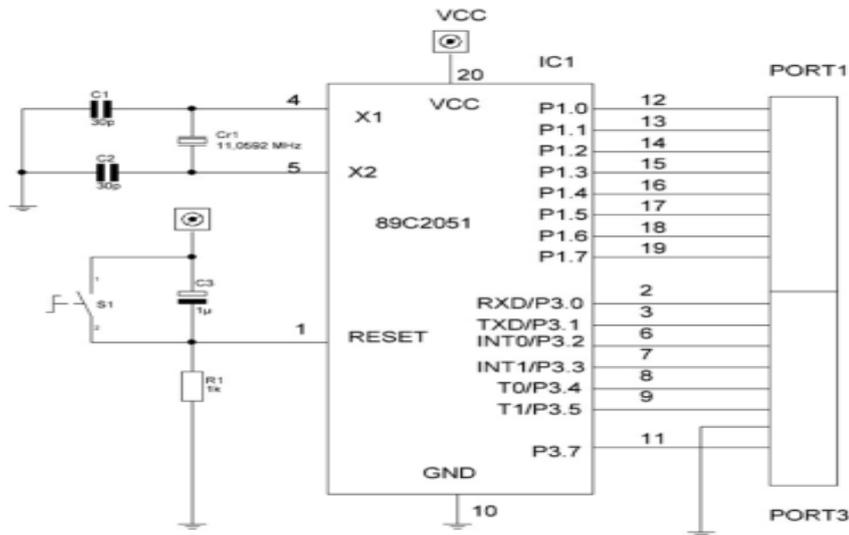


Gambar. 3. Blok diagram alir penelitian

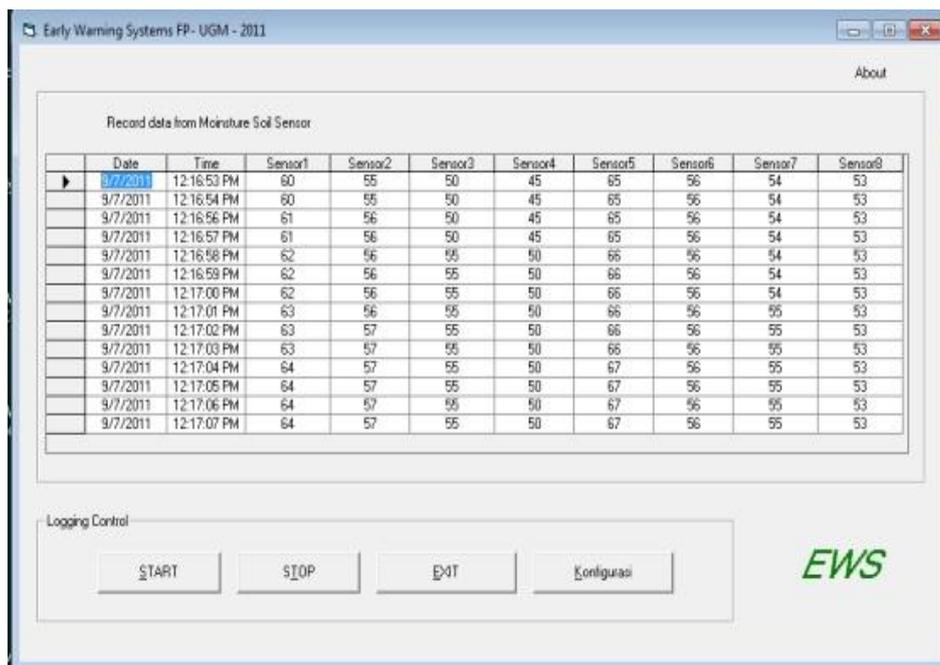
Sensor *gypsum block* yang akan dipergunakan perlu dihubungkan sebuah rangkaian *multivibrator* sebagai pembangkit pulsa yang nantinya menghasilkan pulsa-pulsa.



Gambar 4. Rangkaian *interface* sensor 555



Gambar. 5. Rangkaian skema penghitung frekuensi dengan AT89C2051



Gambar. 6. Tampilan antar muka grafis pada komputer

METODE

Metode pengukuran kadar lengas dengan cara gravimetri digunakan sebagai data kalibrasi dari pengukuran dengan frekuensi pada alat yang dibuat. Langkah-langkah pengambilan data dengan metode gravimetric adalah sebagai berikut: Pertama, mengambil contoh tanah dengan meng-

gunakan *soil sampler*. Tanah diambil pada kedalaman sama dengan penempatan sensor *gypsum* yaitu 10 cm. Tahapan selanjutnya adalah menghitung volume contoh tanah dan menimbanginya kemudian dimasukkan ke dalam oven pengering pada suhu tertentu selama 24 jam dan dilanjutkan dengan menimbang berat keringnya, dengan demikian kadar

lengas dapat dihitung. Rumus perhitungan kadar lengas adalah sebagai berikut:

$$\text{Fraksi berat} = \frac{\text{berat air yang dikandung}}{\text{berat kering contoh tanah}}$$

$$\theta_m = \frac{(b - a) - (c - a)}{(c - a)} = \frac{M_w}{M_s}$$

Dimana a berat cawan (*gram*), b berat cawan sebelum dioven (*gram*), c berat cawan setelah dioven (*gram*), M_w berat air (*mass water*), dan M_s berat tanah (*mass solid*). Langkah berikutnya adalah menghitung prosentase kandungan kadar lengas (P_m): $P_m = \theta_m \times 100\%$

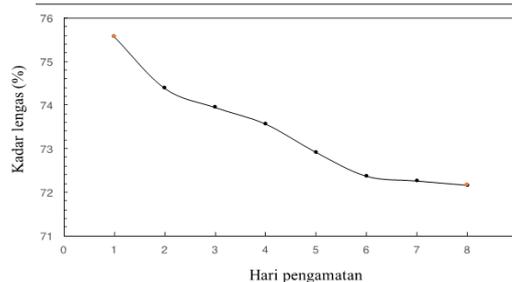
Pengukuran frekuensi pada setiap sensor *gypsum* dilakukan dengan menggunakan prototipe alat yang dirancang yang memfasilitasi proses pembacaan, pengiriman, dan penyimpanan secara otomatis di database yang ada pada komputer.

PEMBAHASAN

Hasil pengukuran frekuensi (hz) dari rancangan prototipe system monitoring kadar lengas berbasis *gypsum* dibandingkan dengan pengukuran kadar lengas tanah hasil gravimetric (P_m). Dilakukan plot perbandingan antara frekuensi dan kadar lengas pada masing masing hari pengamatan(1-8) dan dilakukan analisis menggunakan persamaan linier sederhana guna menentukan persamaan fungsi kalibrasi dari pembacaan frekuensi ke nilai kadar lengas yang sesungguhnya. Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan berdasarkan prosentase kadar lengas (P_m) dengan menghitung nilai berat air yang dikandung (M_s), berat kering contoh tanah (M_w), didapat fraksi berat (θ_m) yang disajikan pada Tabel 4.1. Dengan menggunakan persamaan *prosentase massa*, diperoleh prosentase kadar lengas P_m , dalam satuan %. Gambar 7. Menunjukkan plot pengamatan selama 8 hari dari hari pengukuran secara gravimetri.

Tabel 1. Hasil perhitungan kadar lengas tanah secara gravimetri

Hari	a	b	c	M_w	M_s	θ_m	P_m (%)
1	5.6	83.2	49.8	33.4	44.2	0.755656109	75.56561086
2	5.6	96.8	57.9	38.9	52.3	0.743785851	74.37858509
3	5.6	87.7	52.8	34.9	47.2	0.73940678	73.94067797
4	5.6	77.8	47.2	30.6	41.6	0.735576923	73.55769231
5	5.6	75.8	46.2	29.6	40.6	0.729064039	72.90640394
6	5.6	90.4	54.8	35.6	49.2	0.723577236	72.35772358
7	5.6	77.6	47.4	30.2	41.8	0.722488038	72.24880383
8	5.6	84.1	51.2	32.9	45.6	0.721491228	72.14912281



Gambar.7. Kadar lengas tanah selama delapan hari pengamatan

Tabel 2. Hasil pembacaan frekuensi (hz) dari setiap sensor gypsum

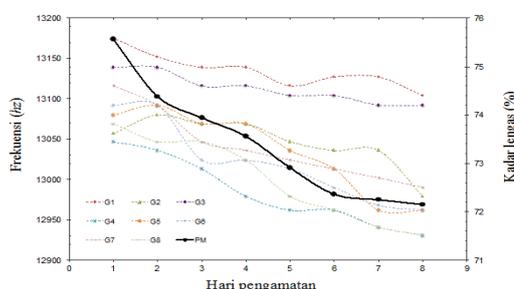
Hari	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8
1	13175	13057	13139	13047	13080	13092	13116	13069
2	13152	13080	13139	13036	13092	13092	13092	13047
3	13139	13069	13116	13013	13069	13024	13047	13047
4	13139	13069	13116	12979	13069	13024	13036	13024
5	13116	13047	13104	12962	13036	13013	13024	12979
6	13127	13036	13104	12962	13013	12990	13013	12962
7	13127	13036	13092	12941	12962	12968	13002	12941
8	13104	12979	13092	12931	12962	12962	12990	12931

Berdasarkan data pada tabel 1. dan tabel 2 setelah dibandingkan didapat pada tabel 3. Yang merupakan Frekuensi pembacaan setiap sensor gypsum G1-G8 dengan kadar lengas (K_a) hasil gravimetri

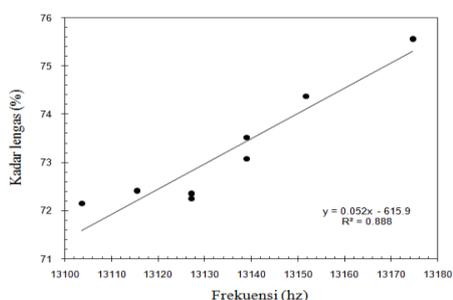
Dari hasil plot frekuensi vs kadar lengas untuk setiap gypsum dapat dilihat didapat regresi linear, seperti pada Gambar. 9,10,11, 12, 13, 14,15, dan 16.

Tabel 3. Frekuensi pembacaan setiap sensor gypsum G1-G8 dengan kadar lengas (Ka) hasil gravimetri

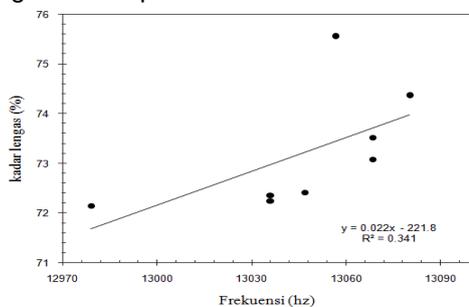
Hari	Frekuensi (hz)								Ka (%)
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	
1	13175	13057	13139	13047	13080	13092	13116	13069	75.56561086
2	13152	13080	13139	13036	13092	13092	13047	13047	74.37858509
3	13139	13069	13116	13013	13069	13024	13047	13047	73.94067797
4	13139	13069	13116	12979	13069	13024	13036	13024	73.55769231
5	13116	13047	13104	12962	13036	13013	13024	12979	72.90640394
6	13127	13036	13104	12962	13013	12990	13013	12962	72.35772358
7	13127	13036	13092	12941	12962	12968	13002	12941	72.24880383
8	13104	12979	13092	12931	12962	12990	12931	12931	72.14912281



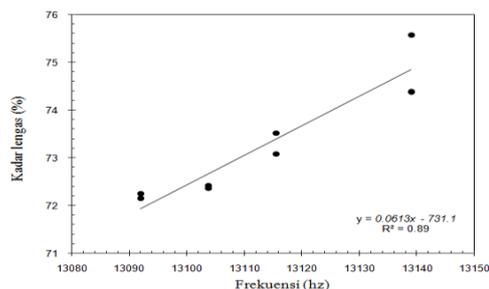
Gambar 8. Perubahan nilai frekuensi (hz) dan kadar lengas (%) terhadap waktu pengamatan



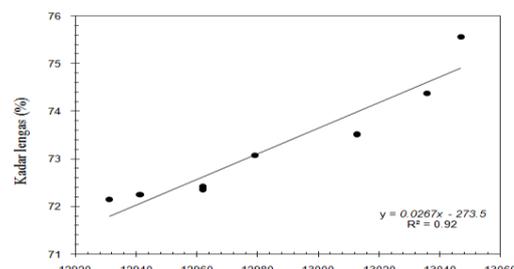
Gbr. 9. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G1



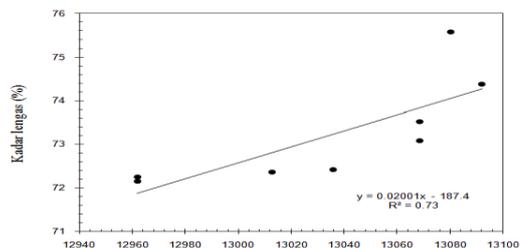
Gambar 10. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G2



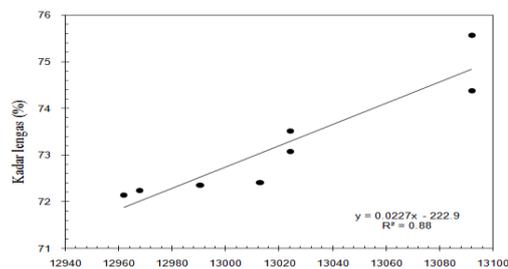
Gambar 11. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G3



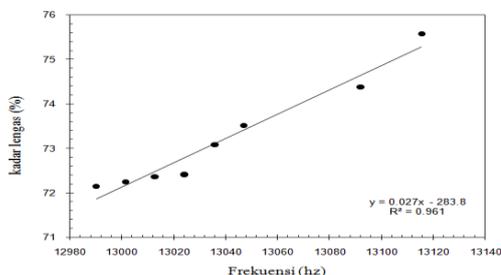
Gambar 12. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G4



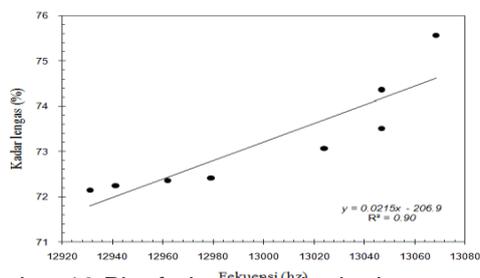
Gambar 13. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G5



Gambar 14. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G6



Gambar 15. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G7



Gambar 16. Plot frekuensi vs kadar lengas dan regresi linier pada G8

Tabel 4. Estimasi perbandingan kadar lengas (Ka Estimasi) dengan dengan kadar lengas aktual hasil gravimetric (Ka Aktual) setiap sensor

Sensor	Persamaan fungsi	R ²	MSE
G1	$y = 0.0525x - 615.9$	0.89	0.23
G2	$y = 0.0254x - 258.2$	0.34	0.75
G3	$y = 0.0613x - 731.1$	0.89	0.14
G4	$y = 0.0267x - 273.5$	0.92	0.10
G5	$y = 0.02001x - 187.4$	0.73	0.34
G6	$y = 0.0227x - 222.9$	0.88	0.15
G7	$y = 0.0267x - 275.9$	0.94	0.06
G8	$y = 0.0215x - 206.9$	0.90	0.12

Hasil perhitungan Estimasi perbandingan kadar lengas (Ka Estimasi) dengan dengan kadar lengas aktual hasil gravimetri (Ka Aktual) setiap sensor seperti pada

Tabel 4. Berdasarkan

Tabel 4, dapat dilihat G7 mempunyai nilai MSE yang paling kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data secara lengkap, dapat disimpulkan kesimpulan beberapa hal yaitu: Sistem yang dibuat sudah berjalan dengan baik sesuai dengan yang diharapkan, baik sensor gypsum pada interface sensor, penghitung frekuensi, dan penyimpan database dengan *Personal Computer (PC)*. Data yang diperoleh dikumpulkan dan diolah dengan membentuk suatu hubungan antara kadar lengas (ka) dengan frekuensi (hz) digunakan sebagai dasar kalibrasi untuk pada setiap sensor *gypsum block*. Dari 8 (delapan) persamaan tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa setiap sensor *gypsum* mempunyai fungsi yang berbeda-beda dengan dengan tingkat kesalahan pengukuran yang paling kecil terjadi pada *gypsum* G7 sebesar 0.06 dan *gypsum* G2 mempunyai nilai paling besar yaitu 0.75.

DAFTAR PUSTAKA

- A Skinner, "Resurrecting The Gypsum Block For Soil Moisture Measurement," Measurement Engineering Australia,
Buckman, Irigasi Dan Pengolahannya. Jakarta: Lp2es, 1982.
G. C., And P. A. (T.Y) Ferre Opp, The Soil Phase. Methods Of Soil Analysis. Madison, Wi 5371, Usa: Soil Science Society Of America, 2002.
Tri M.W. Dkk, "Penggunaan Gypsum Block Untuk Mengukur Kadar Air," 2012.