

ALAT UJI PUPUK UNTUK INDUSTRI KECIL DAN MENENGAH (PORTABLE FERTILIZER TESTING KIT FOR SMALL AND MEDIUM SCALE INDUSTRY)

Nurkamari
Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya

ABSTRAK

U ntuk mendukung pengendalian mutu produk pada industri kecil dan menengah (IKM) pupuk di Jawa Timur yang jumlahnya mencapai 150 unit, telah dilaksanakan rekayasa alat uji unsur hara pupuk seperti nitrogen (N), fosfat (P) dan kalium (K). Alat uji ini menggunakan prinsip kerja analisa kolorimetri. Sebagai sumber cahaya dipergunakan dioda LED (*Light Emitting Diode*), untuk sensor cahaya digunakan resistor LDR (*Light Dependent Resistor*) dan sebagai pengolah sinyal digunakan prinsip kerja pengukuran nilai resistor (jembatan Wheatstone) dimana salah satu lengan jembatannya adalah sensor cahaya LDR tersebut. Sedangkan sebagai keluaran digunakan peraga digital dari LCD (*Liquid Crystal Display*) yang akan mengubah keluaran jembatan berupa tegangan listrik menjadi bentuk peragaan angka kadar NPK pupuk. Uji coba prototip alat uji pupuk (NPK) ini memberikan hasil yang positif. Dengan menggunakan alat ini potensi penghematan pada IKM pupuk dapat direalisasikan. Pada industri pupuk fosfat alam untuk pertanian, penghematan biaya uji mencapai Rp. 13.410.000,- / tahun. Sedangkan pada industri pupuk NPK padat akan mencapai Rp. 60.810.000,- / tahun. Selain diperoleh penghematan, penggunaan prototip ini sekaligus dapat lebih menjamin konsistensi mutu produk.

Kata kunci : uji pupuk, analisa kolorimetri, LDR, LED, jembatan Wheatstone, LCD

ABSTRACT

F or supporting quality control needs in almost 150 units of small and medium scale fertilizer industries in East Java Province, a portable testing kit for nitrogen (N), phosphate (P) and potassium (K) testing has been developed. The testing equipment follows the principle of colorimetric analysis. Light Emitting Diode (LED) and Light Dependent Resistor (LDR) were used as light sources and light detector respectively. Signal manipulation was based on the principle of Wheatstone Bridge and as an output unit Liquid Crystal Display (LCD) was used. Trial for N,P and K testing of SMEs fertilizer industries indicated positive impact. In phosphat rock processor for agricultural fertilizer testing cost could be saved for about Rp. 13.410.000,- and for NPK fertilizer industries the testing cost saved for about Rp. 60.810.000,-. Beside of saving money consistency of product quality can be more guaranteed by using this portable kit.

Keywords : fertilizer testing, colorimetric analysis, LDR, LED, Wheatstone Bridge, LCD

PENDAHULUAN

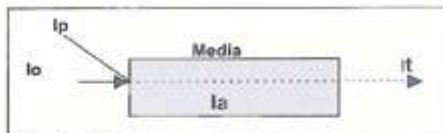
Untuk mendukung peran propinsi Jawa Timur sebagai lumbung padi nasional, telah berdiri lebih dari 150 unit industri pupuk yang sebagian besar adalah industri kecil dan menengah (IKM). Industri pupuk sudah diwajibkan memenuhi persyaratan SNI terkait dan menerapkan sistem manajemen mutu mengacu pada Pedoman BSN – 10 – 1999. Salah satu elemen persyaratan dari BSN.– 10 – 1999 adalah bahwa industri pupuk wajib menerapkan inspeksi produk mulai dari bahan baku, produk dalam proses produksi serta produk akhir. Fakta dilapangan menunjukkan bahwa hampir semua industri pupuk IKM tidak mampu menerapkan inspeksi produk karena tidak adanya sarana laboratorium pengujian. Salah satu dampaknya adalah maraknya peredaran pupuk yang kurang bermutu bahkan juga pupuk aspal atau pupuk asli tapi palsu. Hal ini selain merugikan petani juga dapat berakibat tidak terpuhinya target produksi pertanian di Jawa Timur.

Berdasarkan hal-hal diatas di Baristand Indag Surabaya telah dilakukan penelitian rekayasa dengan tujuan untuk menciptakan suatu alat uji pupuk yang sederhana. Untuk itu maka spesifikasi prototip alat harus mempunyai karakteristik sebagai berikut : sederhana pengoperasiannya sehingga bisa dilaksanakan oleh orang awam, dengan harga terjangkau oleh IKM pupuk , jangkauan uji yang mencakupi sehingga mampu mendeteksi pemalsuan pupuk, serta mempunyai sifat mudah dibawa untuk uji di lapangan. Manfaat yang dapat diperoleh dari rekayasa ini antara lain adalah kelangsungan hidup IKM pupuk, petani serta tercapainya produksi padi secara nasional. Penelitian ini dilaksanakan meliputi rekayasa alat uji pupuk untuk hara makro N,P dan K kemudian dilanjutkan dengan uji coba fungsi prototip.

Prinsip kerja analisis kolorimetri.

Prinsip kerja analisa kolorimetri didasarkan pada hukum Lambert Beer yang berbunyi:

"Apabila seberkas sinar mengenai suatu media cairan, maka sebagian dari sinar akan dipantulkan dan sebagian sinar diserap serta sebagian lainnya akan dilewatkan" (Gambar 1)



Gambar 1. Prinsip analisa kolorimetri

- lo : cahaya datang
- lt : cahaya yang dilewatkan
- lp : cahaya yang dipantulkan
- la : cahaya yang diserap
- $lo = lp + la + lt$ (Lyalikov.YU, 1968)

Hk. Lambert : ketebalan media berbanding lurus dengan berkas cahaya yang diserap.

Hk. Beer : kepekatan media berbanding lurus dengan berkas cahaya yang diserap.

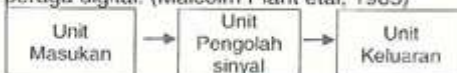
Dalam penerapannya pada analisa kolorimetri, ketebalan media diatur selalu sama sehingga hanya konsentrasi media saja yang mempengaruhi intensitas cahaya yang diserap. Penerapan prinsip kolorimetri tersebut pada alat uji pupuk adalah sebagai berikut:

1. Intensitas sumber cahaya diatur selalu sama
2. Ketebalan media diatur selalu sama
3. Yang diukur adalah intensitas cahaya yang dilewatkan.
4. Cahaya yang dilewatkan berbanding terbalik dengan konsentrasi media

Peralatan / Instrumen uji

Pada dasarnya instrumen uji terdiri dari tiga bagian yaitu unit masukan, unit pengolahan sinyal dan unit keluaran, seperti pada Gambar 2 (Srivastava.Ac 1987)

Unit masukan berupa sensor atau transduser, berfungsi untuk menangkap besaran yang akan diuji seperti suhu, nilai hambatan listrik, kelembaban , tingkat kemagnitan dan lain-lainnya. Unit pengolah sinyal berfungsi untuk mengubah besaran yang diuji menjadi sinyal listrik yang biasanya menjadi suatu tegangan listrik mulai dari orde milivolt sampai orde Volt. Sedangkan unit keluaran berfungsi untuk memperagakan sinyal listrik dari pengolahan sinyal menjadi bentuk peraga analog atau peraga digital. (Malcolm Plant etal, 1985)



Gambar 2. Skema instrumen uji

Suatu prinsip pengujian nilai tahanan resistor adalah dengan menggunakan prinsip jembatan *Wheatstone* karena selain sederhana juga murah harganya. Adapun prinsip jembatan *Wheatstone* adalah seperti pada Gambar 3.

Pada sistem diatas dialirkan arus DC dari positif (+) ke negatif (-) , sehingga pada keadaan selimbang tegangan keluaran = 0 dan berlaku persamaan :

$$R1 \times R4 = R3 \times R2$$

Untuk menjaga kesetimbangan jembatan, cukup dengan merubah-ubah nilai R2 sampai tegangan keluaran sama dengan nol. (Wasito.S, 1991)

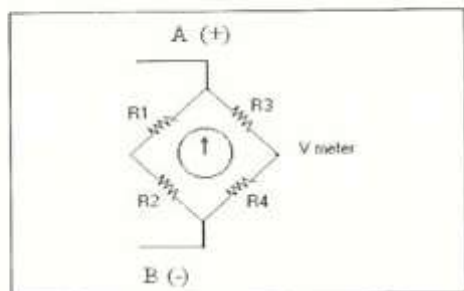
Peraga Kristal Cair (Liquid Crystal Display)

Keping 7106 sebagai IC digital telah dikeluarkan sejak tahun 1977. Keping ini mengandung semua kebutuhan peraga digital dalam satu keping seperti decoder tujuh segmen, penggerak peraga serta clock dan tegangan acuan (Anonimous,1986 dan Samuel.H.T, 1997)

BAHAN DAN METODA

Bahan :

Komponen elektronika seperti LDR, LED, Potensiometer, Resistor permanen berbagai nilai, PCB kosongan, circle potensio-meter dan box plat, pipa PVC ½ dim serta peraga digital. Pereaksi pengembang warna (Amonium Molibdo Vanadat, Soda, Nessler, AgNitrat)



Gambar 3. Perawatan rangkaian sistem jembatan *Wheatstone*

- R1 = resistor yang akan diuji
- R2 = resistor variabel sebagai penyeimbang Jembatan
- R3 dan R4 = Resistor permanen

Peralatan :

Solder dengan kelegkapannya, Avometer digital, bor, dan peralatan gelas laboratorium umumnya.

Perekayasaan prototip alat uji pupuk memanfaatkan prinsip-prinsip analisa kolorimetri yang meliputi beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Pembuatan unit masukan yang berupa sistem deteksi cahaya
2. Mempelajari respon kombinasi detektor cahaya (LDR) dan sumber cahaya (LED) terhadap warna larutan
3. Pembuatan unit pengolah sinyal menggunakan sistem jembatan *Wheatstone*.
4. Mempelajari respon kombinasi detektor cahaya (LDR) dan sumber cahaya (LED) dalam sirkuit jembatan *Wheatstone* terhadap variasi kandungan P2O5 (3.0 – 12,50 ppm)
5. Tahapan 2 dan 4 dilakukan dengan variasi sebagai berikut :
 - konsentrasi unsur Phospor, Nitrogen dan Kalium (N,P dan K)
 - warna sumber cahaya : Merah, Kuning, Hijau, Biru

Dari percobaan ini diharapkan diperoleh kombinasi detektor cahaya dan sumber cahaya yang peka terhadap warna dari N, P dan K. Perakitan peraga digital menggunakan IC 7106 yang berfungsi sebagai AD-Converter dengan keluaran Peraga Kristal Cair (LCD VI-302-DP-RC) dipasang dengan unit masukan serta pengolah sinyal sehingga terbentuklah rangkaian lengkap alat uji pupuk.

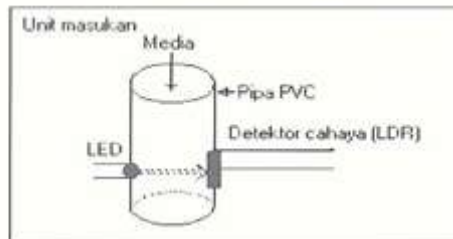
6. Uji fungsi prototip alat uji pupuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembuatan unit masukan berupa sistem deteksi cahaya.

Gambar 4 adalah skema dari sistem unit masukan yang terdiri dari :

- LED sebagai sumber cahaya
- LDR sebagai detektor cahaya
- Tabung dari PVC (diameter ½ dim) sebagai tempat media larutan
- Sebagai sumber daya dipergunakan arus bertegangan 9 Volt yang diregulasi dengan IC regulator (LM 7805) menjadi arus bertegangan 5 Volt stabil



Gambar 4. Skema unit masukan

Unit ini terdiri dari kombinasi sumber cahaya dan sensor cahaya yang dipasang berhadapan pada dinding pipa PVC ukuran ½ dim. Bagian bawah pipa ditutup permanen sedangkan bagian atas pipa terbuka.

2. Respon Kombinasi Detektor Cahaya (LDR) Terhadap Sumber Cahaya (LED)

Hasil percobaan ini tertera pada Tabel 1. Ternyata kombinasi LED bening nyala merah menghasilkan penurunan nilai hambatan menjadi 1,18 K Ω , sedangkan LED bening nyala biru menghasilkan penurunan hambatan LDR sampai 3,47 K Ω . Sementara untuk LED yang berwarna merah jingga, kuning, merah serta hijau menghasilkan perubahan nilai hambatan LDR mulai dari 17,37 K Ω sampai 27 K Ω . Hal ini menunjukkan bahwa LDR yang beredar dipasaran dan lebih peka terhadap cahaya adalah LED yang berwarna bening keluaran cahaya merah atau biru.

Fakta ini memberikan kemungkinan penggunaan cahaya warna biru yang merupakan komplemen dari warna kuning yang merupakan warna larutan Phosphomolibdo vanadat. Nitrogen setelah direaksikan dengan pereaksi Nessler serta warna dari endapan putih stabil dari AgCl. (Lyalikov.Yuri 1968)

3. Respon Kombinasi LDR-LED Terhadap Konsentrasi P₂O₅

Dari percobaan ini diperoleh data seperti pada Tabel 2. Ternyata kombinasi LDR-LED yang cukup peka terhadap larutan fosfat yang berwarna kuning adalah LED bening nyala merah dan LED bening nyala biru. LED bening nyala merah bisa menurunkan nilai hambatan LDR mulai dari 3,97 Kohm sampai 6,12 Kohm, sedangkan LED bening nyala biru bisa menurunkan hambatan LDR antara 7,40 Kohm sampai 8,49 Kohm.

Untuk LED warna kuning hanya menurunkan nilai hambatan LDR antara 10,68 Kohm sampai 15,51 Kohm. Sementara untuk LED warna orange hanya menurunkan nilai hambatan LDR antara 15,2 Kohm sampai 50,3 Kohm, sedangkan untuk LED warna hijau hanya menurunkan nilai hambatan LDR antara 23,48 Kohm sampai 30,0 Kohm. Kenyataan ini memperkuat hasil percobaan sebelumnya yang menyimpulkan bahwa LED bening nyala merah dan biru cukup peka terhadap media yang berwarna kuning.

4. Pembuatan Sistem Jembatan Wheatstone Sebagai Pengolah Sinyal

Pembuatan unit pengolah sinyal menggunakan sistem jembatan Wheatstone dapat dilihat pada Gambar 5. Jembatan Wheatstone terdiri dari dua lengan yang terdiri dari resistor permanen dengan nilai 1 K Ohm; sedangkan dua lengan lainnya terdiri dari sensor cahaya (LDR) dan resistor variabel (potensiometer.)

Tabel 1. Respon detektor cahaya (LDR) terhadap sumber cahaya (LED)

No.	Jenis LED	Hambatan LDR (KOhm)
1	Bening nyala merah	1,18
2	Bening nyala biru	3,47
3	Orange	17,37
4	Kuning	20,90
5	Merah nyala merah	21,48
6	Hijau	27,00

Tabel 2. Respon Kombinasi LDR – LED terhadap Konsentrasi P₂O₅

Larutan P ₂ O ₅ (ppm)	LED Bening nyala Merah	LED Bening nyala biru	LED Kuning	LED Orange	LED Hijau
	LDR (Kohm)	LDR (Kohm)	LDR (Kohm)	LDR (Kohm)	LDR (Kohm)
Blanko	3,97	7,40	10,68	15,20	23,48
5	5,75	8,08	13,01	36,40	28,20
10	5,43	8,01	13,50	35,20	27,66
15	5,03	8,10	11,51	37,12	15,33
20	4,93	7,84	11,53	35,60	26,22
25	4,46	6,97	11,28	35,70	25,92
30	4,79	6,87	12,09	38,60	25,66
35	5,71	8,49	14,42	43,90	28,20
40	6,50	8,06	17,72	51,50	31,20
45	5,33	6,71	12,79	42,20	28,56
50	6,12	7,11	15,51	50,30	30,00

Kesetimbangan jembatan diperoleh bila keluaran jembatan adalah 0 volt sehingga berlaku persamaan

$$R1 \times R4 = R3 \times R2.$$

Fluktuasi nilai sensor cahaya (R1) tergantung dari cahaya yang mengenainya dan tergantung konsentrasi media / larutan sehingga langsung mempengaruhi keluaran jembatan.

5. Respon Intensitas Warna Larutan P2O5 Terhadap Keluaran Jembatan

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil dari dua percobaan yang dilakukan, yaitu (1) mempelajari respon kombinasi detektor cahaya (LDR) dan sumber cahaya (LED) dalam sirkuit jembatan Wheatstone terhadap variasi kandungan P₂O₅ (3,0 – 12,50 ppm), dan (2) mempelajari respon kombinasi detektor cahaya (LDR) dan sumber cahaya (LED) terhadap variasi kandungan P₂O₅ (0 – 12,5).

Dari hasil percobaan ini ternyata kombinasi LED bening nyala merah menghasilkan nilai keluaran 0,6 – 73 mVolt, sedangkan LED bening nyala biru meng-

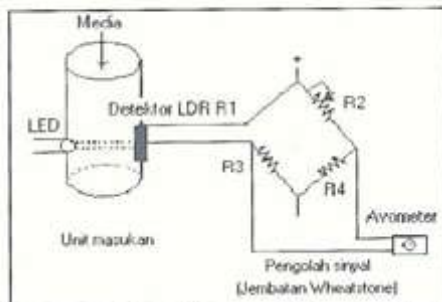
hasilkan nilai keluaran jembatan sebesar 0,6 – 77,5 mVolt.

Fakta ini sesuai dengan data sebelumnya dan kesimpulan yang bisa ditarik adalah bahwa kombinasi LED bening nyala merah dan bening nyala biru bersama warna larutan biru dan kuning merupakan kombinasi yang tepat. (Lyalikov.Yuri 1968)

IC 7106 yang berfungsi sebagai Analog to Digital Converter (AD-Converter) dengan Peraga Kristal Cair (LCD VI-302-DP-RC) dipasangkan dengan unit masukan serta pengolah sinyal sehingga terbentuklah rangkaian lengkap alat uji pupuk.

Berdasarkan percobaan diatas maka dapat dirakit prototip alat uji pupuk yang secara skematis seperti pada Gambar 6.

Sakelar NPK dipergunakan untuk memilih jenis Uji (N, P, K) merupakan hambatan referensi yang mengatur seting keluaran peraga digital untuk masing-masing Fosfat, Nitrogen dan Kalium, sekaligus memilih seting intensitas sumber cahaya. Tampilan prototip alat uji NPK berupa gambar foto dapat dilihat pada Gambar 7.



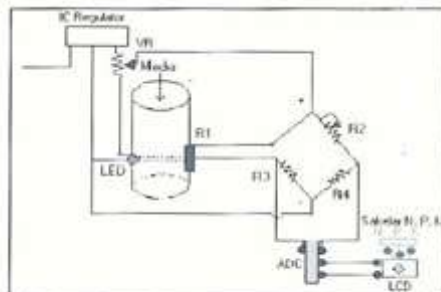
Gambar 5. Pengolah sinyal sistem jembatan Wheatstone

Tabel 3 . Pengaruh variasi konsentrasi larutan P₂O₅ terhadap keluaran jembatan

Larutan P2O5	LED Bening nyala Merah (mVolt)	LED Bening nyala Biru (mVolt)
blanko	0,6	0,6
10	32,4	27,2
20	71,7	66,3
30	73,3	77,5
40	72,0	72,9
50	72,4	71,3

Tabel 4. Komplementasi warna

Warna larutan media	Warna filter cahaya	Panjang gelombang (mμ)
Ungu	Kuning kehijauan	560-575
Biru	Kuning	575-590
Biru kehijauan	Merah	625-750
Kuning kehijauan	Ungu	400-450
Kuning	Biru	450-480
Merah jingga	Hijau kebiruan	480-490
Merah	Biru kehijauan	490-500



Gambar 6. Rangkaian lengkap prototip alat uji pupuk (NPK)



Gambar 7 Foto prototip alat uji pupuk NPK

6. Uji coba fungsi prototip

a. Nitrogen :

Dibuat sederetan larutan standard N kemudian, alat diset blanko (0) dan maksimal pembacaan sebesar 50 (%), selanjutnya masing-masing standar dibaca pada prototip

Dari percobaan dengan menggunakan larutan Nitrogen yang telah direaksikan dengan pereaksi Nessler yang berwarna kuning muda sampai kuning tua diperoleh persamaan regresi yaitu : $Y = 0,932 X + 2$ dan linieritas mencapai sebesar 0,9914 dan koefisien korelasi sebesar 0,9957 (Wijaya,2001). Kurva kalibrasi seperti pada Gambar 8. Dapat disimpulkan bahwa data pembacaan prototip dapat dipergunakan untuk memprediksi kandungan N dalam contoh

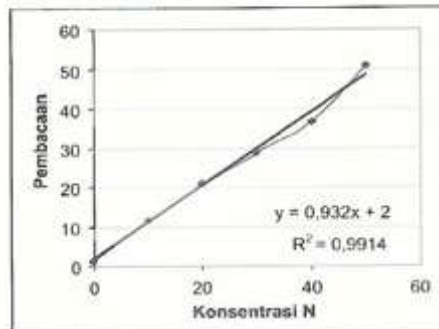
b. Fosfor

Dibuat sederetan larutan standard P₂O₅ kemudian, alat diset blanko (0) dan maksimal pembacaan sebesar 45, kemudian masing-masing larutan standard dibaca pada prototip. Percobaan dengan menggunakan larutan fosfor yang telah direaksikan dengan pereaksi Amonium Molido Vanadat yang berwarna kuning muda sampai kuning tua memberikan persamaan regresi seperti grafik (Gambar 9), yaitu : $Y = 1,0415 + 0,4$ dan linieritas mencapai 0,9767 dan koefisien korelasi sebesar 0,9883 (Wijaya,2001). Dapat disimpulkan bahwa data pembacaan prototip dapat dipergunakan untuk memprediksi kandungan P dalam contoh

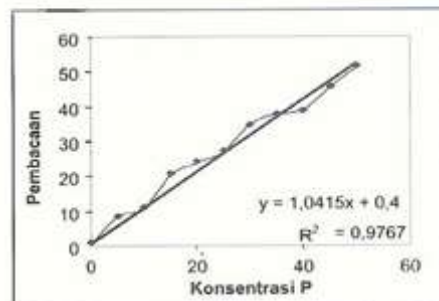
c. Kalium

Dibuat sederetan larutan standard K₂O kemudian, alat diset blanko (0) dan maksimal pembacaan sebesar 30, kemudian masing-

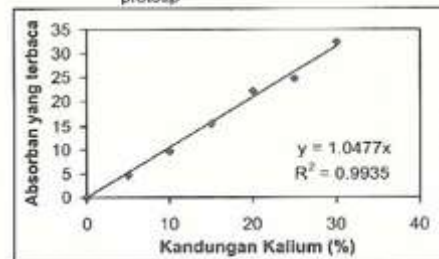
masing larutan standard dibaca pada prototip. Adapun grafik kalibrasinya adalah seperti pada Gambar 10



Gambar 8. Kurva kalibrasi unsur Nitrogen



Gambar 9 Grafik Hubungan antara konsentrasi larutan standard Fosfor dengan pembacaan prototip



Gambar 10. Grafik kalibrasi Kalium

Aspek ekonomi

Pada dasarnya usaha yang bisa dilakukan dalam menjaga konsistensi mutu produk adalah dengan menerapkan sistem pengendalian mutu yang baik dan benar, mengacu pada Pedoman BSN 10 – 1999. Proses produksi pupuk mencakup tiga tahapan kegiatan pengendalian mutu yaitu :pengujian bahan baku, pengujian selama proses formulasi dan pencampuran, serta pengujian produk jadi.

Penggunaan prototip akan menghemat biaya pengujian Industri pupuk fosfat alam untuk pertanian :

- Pengujian ke Baristand Indag Surabaya : Rp. 52.200,- / hari
- Pengujian menggunakan Prototipe : Rp. 7.500,- / hari
- Penghematan biaya uji Rp. 44.700,- / hari atau Rp. 13.410.000,- / tahun

Industri pupuk NPK padat :

- Pengujian ke Baristand Indag Surabaya Rp 220.200,- / hari
- Pengujian menggunakan Prototip : Rp 17.500,- / hari
- Penghematan biaya uji Rp 202.700,- / hari atau Rp. 60.810.000,- / tahun

Selain diperoleh penghematan, penggunaan prototip sekaligus dapat menjamin konsistensi mutu produk. Pada skala regional atau nasional maka penghematan ini akan menjadi potensi yang sangat besar untuk diperlembangkan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan.

Telah berhasil direkayasa prototip alat uji pupuk NPK dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Prinsip kerja : Analisa kolorimetri
 Kisaran uji : Fosfor : 0 – 45 %
 Nitrogen: 0 – 50 %
 Kalium : 0 – 30 %

Jumlah contoh: 0,1 gram

Biaya operasi : Fospor : Rp. 5.000,-/uji

Nitrogen : Rp. 7.500,-/uji

Kalium : Rp. 5.000,-/uji

Tenaga Batere : 2 X 9 Volt

Dimensi dalam kemasan :

(10 X 30 X 40) cm

Saran

Agar dapat dilakukan sosialisasi ke pengusaha pupuk IKM dengan lebih intensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terutama Bp. Harsono staf Lab. Fisika lanjut ITS.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANDRIAN W.I.,Peralatan Ukur dan Uji Elektronik, Penerbit Carya Remaja Bandung, 1996
2. ANNONIMOUS, General purpose 3 ½ digit Panel meter, 1977
3. Boltz.DF, Colorimetric Determination of Nonmetals, Intersci. Pub.INC.New York 1958.
4. BRINK O.G etal, Dasar-dasar Ilmu Instrumen Penerbit Bina Cipta Bandung, 1984
5. Lyalikov.Y, physicochemical analysis, MIR Publisher. Mscw. 1968.
6. PLANT M. and STUART.J Pengantar Ilmu Teknik Instrumentasi Penerbit Gramedia Jakarta.1985
7. SRIVASTAVA.AC.Teknik Instrumentasi Penerbit Universitas Indonesia Jakarta 1987
8. WASITO.S Teknik Ukur dan Peranti Ukur Elektronika Penerbit PT.Elex Media Komputindo Jakarta. 1991
9. WIJAYA.IR, Analisis Statistik dengan Program SPSS 10.0 Penerbit ALFABETA Bandung, 2001
- 10.Tirtamihardja.Samuel.H,“Elektronika Digital” Penerbit ANDI Yogyakarta 1996