

## Analisis Spesifisitas Terhadap Sensor NPK

Ivan Lionel<sup>\*1</sup>, Abdul Ro'uf<sup>2</sup>, Bakhtiar Alldino<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Elektronika dan Instrumentasi, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

<sup>2,3</sup>Departemen Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM, Yogyakarta, Indonesia

e-mail: <sup>\*1</sup>ivanlionel@ugm.ac.id, <sup>2</sup>rouf@ugm.ac.id, <sup>3</sup>b.alldino.as@ugm.ac.id

### Abstrak

Penggunaan pupuk yang kurang dalam pertanian mengakibatkan pertumbuhan tumbuhan yang tidak optimal, sedangkan penggunaan yang berlebihan bersifat boros dalam segi sumberdaya serta mengakibatkan pencemaran lingkungan. Penggunaan sensor merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur kandungan unsur hara dalam tanah sehingga proses pemupukan dapat dilakukan secara presisi. Akurasi, presisi, dan error merupakan nilai yang sangat umum digunakan dalam menganalisis kualitas dari sensor. Namun dalam sensor yang mengukur senyawa kimia, spesifisitas dari sensor juga perlu dianalisis. Hal tersebut dikarenakan tanah merupakan medium yang mengandung berbagai jenis unsur hara, sehingga perlu diketahui apakah pembacaan dari sensor tersebut hanya berasal dari unsur hara yang ingin dibaca atau unsur lainnya. Dalam penelitian ini, unsur yang diukur ialah unsur N, P, dan K yang merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan dalam jumlah besar. Sensor diuji menggunakan senyawa yang mengandung unsur N, P, atau/dan K serta pupuk NPK majemuk dengan perbandingan NPK yang berbeda. Hasil penelitian membuktikan sensor tidak spesifik karena pembacaan sensor diketahui menggunakan metode elektrokonduktivitas yang dibuktikan dari hasil regresi kedua variabel tersebut yang memiliki  $R^2 \approx 1$ . Selain itu sensor juga menghasilkan pembacaan untuk unsur/senyawa yang tidak seharusnya terbaca dan tidak dapat membedakan rasio jenis pupuk NPK majemuk dengan jenis yang berbeda.

**Kata kunci**— Sensor NPK, Pertanian Presisi, Elektrokonduktivitas

### Abstract

Insufficient use of fertilizers results in non-optimal plant growth, while excessive use is wasteful and results in pollution. Sensor usage is one method for measuring the nutrient content in the soil so that the fertilization process can be carried out precisely. Accuracy, precision, and error are commonly used in analyzing sensor quality. But for chemical measurements, the specificity also needs to be analyzed. This is because the soil contains various types of nutrients, so it is necessary to know whether the readings from the sensor only come from the desired nutrients or the others. In this writing, the elements measured were N, P, and K which are nutrients needed by plants in large quantities. The sensors were tested using compounds containing N, P, or/and K elements and NPK fertilizers with different NPK ratios. Results of this study prove that the sensor is not specific as the readings are known to use the electroconductivity method as proved by the regression results between the two variables which have  $R^2 \approx 1$  correlation. In addition, the sensor also produces readings for elements/compounds that should not be read and cannot distinguish the ratio of types of compound NPK fertilizer with different types.

**Keywords**—NPK Sensor, Precision Farming, Electroconductivity

## 1. PENDAHULUAN

Agar suatu tumbuhan dapat tumbuh secara optimal, terdapat 3 jenis makronutrien dalam tanah yang dibutuhkan, yaitu nitrogen (N), fosfat (P) dan kalium (K) dikarenakan unsur tersebut memiliki peran yang signifikan dalam perkembangan tanaman dan dibutuhkan dalam kuantitas yang besar. Nitrogen merupakan komponen utama dari klorofil dan asam amino dan merupakan faktor penting dalam pertumbuhan tanaman. Fosfat merupakan unsur utama dalam DNA dan RNA tanaman, serta memiliki peran penting dalam perkembangan akar dan produksi biji. Sedangkan, kalium berperan penting secara tidak langsung dalam perkembangan tumbuhan seperti untuk mengaktifkan lebih dari 80 enzim di keseluruhan tanaman tersebut. [1]. Sistem pertanian presisi merupakan sistem pertanian yang memaksimalkan penggunaan sumberdaya dan juga mengurangi dampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, pemupukan dalam sistem pertanian presisi tidak boleh lebih ataupun kurang. Penggunaan pupuk yang kurang mengakibatkan pertumbuhan tumbuhan yang tidak optimal, sedangkan penggunaan pupuk yang berlebihan bersifat boros dalam segi sumberdaya serta mengakibatkan pencemaran lingkungan. Penggunaan sensor merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur kandungan unsur hara dalam tanah sehingga proses pemupukan dapat dilakukan secara lebih presisi. Nilai akurasi, presisi, dan error merupakan nilai yang sangat umum digunakan dalam menganalisis kualitas dari sensor. Namun dalam sensor yang mengukur senyawa kimia, spesifisitas dari sensor juga perlu dianalisis. Hal tersebut dikarenakan tanah merupakan medium yang mengandung berbagai jenis unsur hara, sehingga perlu diketahui apakah pembacaan dari sensor tersebut hanya berasal dari unsur hara yang ingin dibaca atau juga berasal dari unsur lainnya.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Objek Uji dan Peralatan

Sensor NPK yang digunakan sebagai objek uji dalam penelitian ini memiliki merek 普锐森社 (Type 485) PR-3001-TR-ECTHPH-N01 Ver 2.0. Berdasarkan *datasheet*, sinyal *output* dari sensor berupa RS485 sehingga dalam penelitian ini akan menggunakan *USB/RS485 Converter* untuk membaca sensor dari laptop. Bentuk fisik dari sensor yang digunakan yang sedang terpasang dengan *USB/RS485 Converter* dapat dilihat pada Gambar 1. Pembacaan konduktivitas dari sensor tersebut memiliki *range* 0-20000 $\mu$ S/cm, resolusi 1 $\mu$ S/cm, dan presisi  $\pm 3\%$ FS untuk pembacaan 0-10000 $\mu$ S/cm dan  $\pm 5\%$ FS untuk pembacaan 10000-20000 $\mu$ S/cm. Sedangkan untuk pembacaan nilai NPK, sensor memiliki *range* pembacaan 1-1999 mg/L, resolusi 1 mg/L, dan presisi  $\pm 2\%$ FS [2]. Dalam proses persiapan larutan uji, timbangan yang digunakan memiliki merek *Professional Digital Jewelry Scale 8028-series* dengan kapasitas 50 gram, resolusi 0.001 gram, dan akurasi  $\pm 0.001$  gram.



Gambar 1 Sensor NPK 普锐森社(Type 485) PR-3001-TR-ECTHPH-N01 Ver 2.0.

## 2.2. Larutan Uji dan Larutan Kalibrasi

Untuk proses kalibrasi nilai NPK, larutan yang dipilih sebagai kalibrator adalah  $\text{NaNO}_3$  untuk proses kalibrasi nilai N,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  untuk kalibrasi nilai P, dan kalium KCl untuk kalibrasi nilai K.  $\text{NaNO}_3$  biasanya dipakai sebagai pupuk nitrogen [3],  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  biasanya dipakai dalam pengolahan air [4], dan KCl biasanya dipakai sebagai pupuk kalium [3].

Dalam pengujian pengukuran terhadap unsur N, senyawa yang digunakan ialah urea,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , dan  $\text{KNO}_3$ . Senyawa-senyawa tersebut biasanya digunakan sebagai pupuk nitrogen [3]. Urea dipilih karena urea merupakan senyawa non-ionik dan memiliki dua buah unsur nitrogen dalam satu senyawa urea.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  dipilih dikarenakan dalam satu senyawa tersebut terdapat dua jenis nitrogen dalam bentuk yang berbeda, yaitu  $\text{NH}_4$  dan  $\text{NO}_3$ , sedangkan  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  dipilih karena memiliki ekuivalen dua nitrogen per molekul  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dipilih karena memiliki jumlah ekuivalen satu nitrogen per molekul senyawa tersebut.  $\text{KNO}_3$  dipilih karena merupakan senyawa yang mengandung unsur K dan N dalam satu senyawa. Dalam pengujian pengukuran terhadap unsur P, senyawa yang digunakan ialah  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ , dan  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Senyawa-senyawa tersebut biasanya digunakan sebagai pupuk fosfor [3], [5], [6].  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  dipilih karena memiliki dua buah ion dalam satu senyawa,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  dipilih karena memiliki kandungan nitrogen dalam senyawa fosfor tersebut, dan  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dipilih karena memiliki kandungan kalium dalam senyawa fosfor tersebut. Dalam pengujian pengukuran terhadap unsur K, senyawa yang digunakan ialah  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ , dan  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ . Senyawa-senyawa tersebut biasanya digunakan sebagai pupuk kalium [3], [6].  $\text{K}_2\text{SO}_4$  dipilih karena memiliki jumlah ion sebanyak tiga,  $\text{KNO}_3$  dipilih karena memiliki unsur nitrogen dalam senyawa tersebut, dan  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  dipilih karena memiliki unsur fosfor dalam senyawa tersebut.

Untuk menguji spesifisitas terhadap unsur N/P/K, maka akan digunakan senyawa yang tidak mengandung unsur N/P/K. Tujuannya adalah untuk melihat apakah sensor melakukan pembacaan terhadap zat tersebut atau tidak. Senyawa yang digunakan adalah NaCl dan  $\text{CuSO}_4$ . NaCl dipilih karena merupakan mineral yang sangat umum ditemukan di tanah, sedangkan  $\text{CuSO}_4$  terkandung dalam campuran *Bordeaux* yang berfungsi sebagai fungisida untuk tanaman anggur, melon, dan beri-beri lainnya [7]. Oleh karena itu, pemilihan kedua senyawa tersebut masih relevan dalam pengujian sensor NPK karena merupakan kandungan dari tanah serta dipakai di bidang pertanian.

Untuk pengujian pupuk NPK sendiri digunakan pupuk NPK dengan kombinasi 16-16-16, 15-09-20+TE, dan 20-10-10. Tujuan dipilihnya kombinasi tersebut ialah untuk menambahkan variasi larutan uji yang dimana memiliki perbandingan komposisi yang berbeda-beda.

## 2.3. Metode Analisis

Terdapat tiga analisis yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Analisis pertama ialah analisis teknik pembacaan, dan *output* yang diperlukan dari analisis teknik pembacaan adalah apakah teknik pembacaan dari sensor tersebut menggunakan metode elektrokonduktivitas. Oleh karena itu, proses analisis yang dilakukan ialah mencari keterhubungan antara nilai *EC* terhadap pembacaan konsentrasi NPK, sedangkan input dari analisis ini ialah data *EC*, konsentrasi massa N, konsentrasi massa P, dan konsentrasi massa K.

Analisis kedua ialah analisis terhadap karakteristik pembacaan nilai NPK, yang dimana bertujuan untuk melihat karakteristik pembacaan nilai N, P, dan K secara individu ketika diuji dengan menggunakan senyawa yang hanya memiliki unsur tertentu saja.

Analisis ketiga adalah analisis pembacaan terhadap pupuk NPK majemuk, yang dimana bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih realistis terkait spesifisitas dan pengaruh spesifisitas terhadap pembacaan sensor, yaitu melihat nilai error ketika sensor melakukan pembacaan berbagai jenis pupuk majemuk NPK serta melihat rasio hasil pembacaan sensor antara nilai N, P, dan K terhadap rasio nilai N, P, dan K dari larutan uji.

#### 2.4. Pengambilan Data

Sebelum melakukan pengambilan data, sensor dilakukan kalibrasi untuk pembacaan unsur N, P, dan K dengan menggunakan senyawa  $\text{NaNO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , dan  $\text{KCl}$ . Variasi yang digunakan adalah 5 mEq/L, 10 mEq/L, 15 mEq/L, 20 mEq/L, dan 25 mEq/L. Hasil kalibrasi berupa persamaan yang dihasil dari regresi linear antara konsentrasi larutan kalibrasi dengan konsentrasi pembacaan sensor. Proses regresi linear dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan (1) dan (2), yang dimana  $M$  merupakan gradien dari persamaan linear hasil regresi dan  $b$  merupakan jarak antara garis regresi terhadap sumbu  $x$  pada titik (0,0) pada sistem koordinat kartesian, dengan  $x_i$  dan  $y_i$  merupakan koordinat dari setiap titik data dan  $\bar{x}$  dan  $\bar{y}$  merupakan nilai rata-rata pada sumbu  $x$  (hasil pembacaan sensor) dan  $y$  (konsentrasi larutan kalibrasi) dari setiap titik data. [8].

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

$$b = \bar{y} - M\bar{x} \quad (2)$$

Persamaan hasil kalibrasi untuk pembacaan nilai N ditunjukkan pada persamaan (3), nilai P pada persamaan (4), dan nilai K pada persamaan (5).

$$\rho_N = 1.0898 \rho_{N_0} + 7.7345 \quad (3)$$

$$\rho_P = 2.7135 \rho_{P_0} - 7.688 \quad (4)$$

$$\rho_K = 0.7144 \rho_{K_0} + 9.4516 \quad (5)$$

Larutan uji selain pupuk NPK disiapkan dengan 7 variasi konsentrasi, yaitu 5 mEq/L, 10 mEq/L, 15 mEq/L, 20 mEq/L, 25 mEq/L, 30 mEq/L, dan 35 mEq/L. Data yang diambil dari larutan uji tersebut adalah nilai  $EC$  dan konsentrasi N, P, dan K. Sedangkan larutan uji pupuk majemuk disiapkan 3 buah variasi untuk setiap jenis pupuk NPK majemuk yang digunakan, yaitu 5 mEq/L komponen N, 5 mEq/L komponen P, dan 5 mEq/L komponen K. Data yang diambil dari

Dalam protokol pengambilan data, tahap pertama yang dilakukan ialah memastikan sensor tidak terkontaminasi dengan zat lain dengan cara membilas dan dikeringkan terlebih dahulu. Sebelum dilakukan pengambilan data, sensor dicelupkan ke larutan uji selama 5 detik terlebih dahulu untuk memastikan kestabilan pembacaan. Kemudian larutan uji tersebut dilakukan *sampling* sebanyak 20 data dan data yang diambil adalah data yang paling sering muncul, yang dimana tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan data yang diambil memiliki *noise* yang minimal.

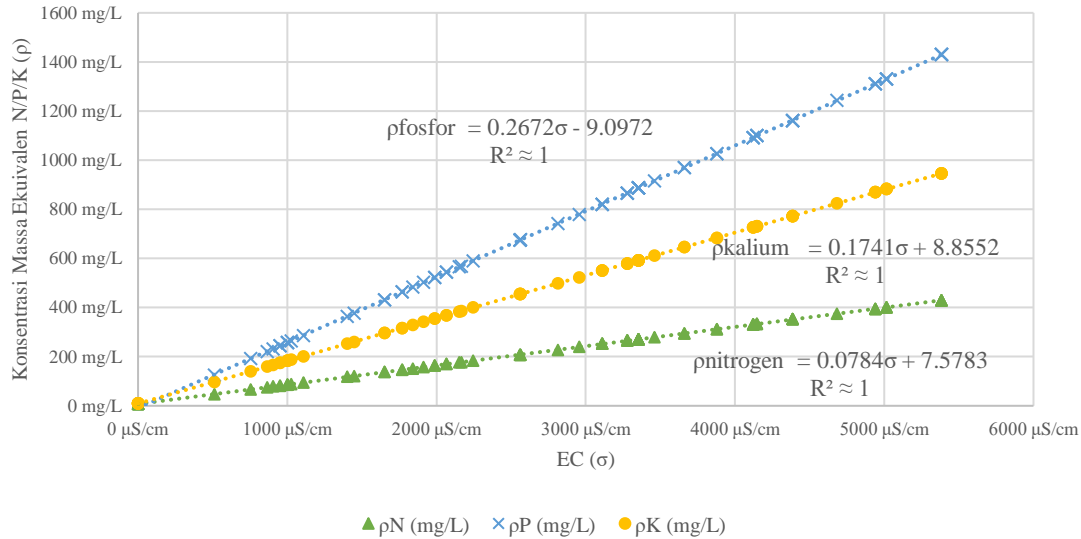
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Analisis Terhadap Teknik Pembacaan yang Digunakan Sensor

Tahap pertama dari analisis ini ialah hasil pengambilan data  $EC$  dan konsentrasi N, P, dan K setelah kalibrasi dari larutan uji ( $\text{NH}_4$ ) $_2$  $\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ , urea,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  yang kemudian di *plot* pada bidang kartesian dengan nilai  $EC$  pada sumbu  $x$  dan konsentrasi N, P, dan K pada sumbu  $y$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk setiap pembacaan unsur N, P, dan K dilakukan regresi linear antara nilai  $EC$  dengan konsentrasi N, P, atau K menggunakan persamaan (1) dan (2), kemudian dilanjutkan dengan menghitung nilai  $R^2$  dari fungsi hasil regresi tersebut. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) merupakan pengukuran non-dimensional terkait seberapa bagus sebuah model regresi mendeskripsikan suatu kumpulan data. [9]. Untuk melakukan perhitungan nilai  $R^2$  dapat menggunakan persamaan (6), yang dimana  $y_i$  merupakan nilai  $y$  dari suatu titik data,  $\hat{y}_i$  merupakan hasil prediksi nilai  $y$  dari suatu titik data oleh fungsi hasil regresi, dan  $\bar{y}$  merupakan nilai rata-rata dari data input.  $R^2$  bernilai 0 ketika nilai  $EC$  dan konsentrasi N, P, atau K tidak

memiliki korelasi sama sekali, sedangkan  $R^2$  bernilai 1 ketika nilai  $EC$  dan konsentrasi N, P, atau K berkorelasi sempurna.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (6)$$



Gambar 2 Hasil Pembacaan Nilai Elektrokonduktivitas Terhadap Nilai Konsentrasi N/P/K

Elektrokonduktivitas merupakan suatu besaran fisis yang mengukur kemampuan suatu larutan elektrolit dalam menghantarkan listrik. Tanah merupakan Sebuah larutan dapat dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu: elektrolit dan non-elektrolit. Larutan elektrolit merupakan zat yang ketika larut dalam air dapat menghantarkan listrik, sedangkan larutan non-elektrolit tidak akan menghantarkan listrik ketika dilarutkan dalam air. Oleh karena itu, pengukuran konduktivitas hanya dapat dilakukan untuk larutan elektrolit dikarenakan hanya larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik[10]. Ketika senyawa elektrolit dilarutkan, anion dan kation menjadi bebas untuk bergerak. Ketika diberikan beda potensial dalam larutan tersebut, kation akan ditarik menuju elektroda negatif dan anion ke elektroda positif, yang dimana menyebabkan larutan menghantarkan listrik. Oleh karena itu pengukuran konsentrasi berbasis elektrokonduktivitas bersifat tidak spesifik. Yang dimaksud dengan spesifik ialah kualitas dari sensor yang dimana nilai hasil pembacaan sensor ialah berasal dari zat yang sesuai dengan jenis zat yang akan diukur oleh sensor. Dalam hal ini, sensor NPK dinyatakan spesifik apabila hasil pembacaan konsentrasi N hanya berasal dari senyawa yang mengandung unsur N, hasil pembacaan konsentrasi P hanya berasal dari senyawa yang mengandung unsur P, dan hasil pembacaan konsentrasi K hanya berasal dari senyawa yang mengandung unsur K. Hal tersebut dikarenakan pengukuran konduktivitas akan menghasilkan pembacaan untuk semua jenis ion yang terkandung dalam larutan. Oleh karena itu, konsentrasi suatu larutan tidak akan bisa ditentukan hanya menggunakan nilai konduktivitas saja. Metode elektrokonduktivitas dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu senyawa apabila memenuhi syarat syarat sebagai berikut :

- Larutan yang diukur hanya terdapat satu jenis elektrolit. Jika terdapat komponen zat terlarut lainnya, maka konduktivitas nya harus bernilai sangat rendah.
- Konduktivitas yang diakibatkan oleh elektrolit lain cukup besar dibandingkan konduktivitas dari zat yang akan diukur, namun konsentrasi dari elektrolit lain harus bernilai konstan.
- Larutan dengan beberapa jenis elektrolit dapat diukur konsentrasi setiap komponennya, apabila rasio dari elektrolit tersebut bernilai konstan.[11]

Oleh karena itu, pengukuran konsentrasi NPK menggunakan metode elektrokonduktivitas tidak bisa digunakan untuk medium tanah karena tanah memiliki lebih dari satu jenis elektrolit, dan rasio dari setiap jenis elektrolitnya juga tidak dapat diketahui. Dalam pembacaan konsentrasi NPK pada tanah menggunakan metode elektrokonduktivitas terjadi suatu kesalahan logika. Kesalahan logika (*logical fallacy*) merupakan kesalahan dalam penalaran yang membuat suatu argumen menjadi tidak valid [12]. Kesalahan logika dalam penggunaan metode elektrokonduktivitas untuk mengukur konsentrasi NPK ialah *wrong direction*. *Wrong direction* merupakan kesalahan logika yang dimana ketika suatu sebab akibat dari suatu korelasi disusun secara terbalik [13], yang dimana menganggap bahwa apabila jumlah konsentrasi NPK berkorelasi dengan elektrokonduktivitas dalam tanah, maka nilai NPK dalam tanah juga pasti meningkat apabila pembacaan konduktivitas meningkat. Hal tersebut tidak benar dikarenakan banyak jenis senyawa lain yang dapat meningkatkan elektrokonduktivitas dalam tanah, seperti mineral yang terlarut dalam tanah dari hasil pelapukan batuan dan mikronutrien lainnya selain NPK. Berdasarkan grafik pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembacaan konsentrasi massa unsur N ( $\rho_{\text{nitrogen}}$ ) dan elektrokonduktivitas ( $\sigma$ ) memiliki koefisien determinasi  $R^2 \approx 1$  dengan persamaan :

$$\rho_{\text{nitrogen}} = 0.0784\sigma + 7.5783 \quad (7)$$

2. Pembacaan konsentrasi massa unsur P ( $\rho_{\text{fosfor}}$ ) dan elektrokonduktivitas ( $\sigma$ ) memiliki koefisien determinasi  $R^2 \approx 1$  dengan persamaan :

$$\rho_{\text{phosphor}} = 0.2672\sigma - 9.0972 \quad (8)$$

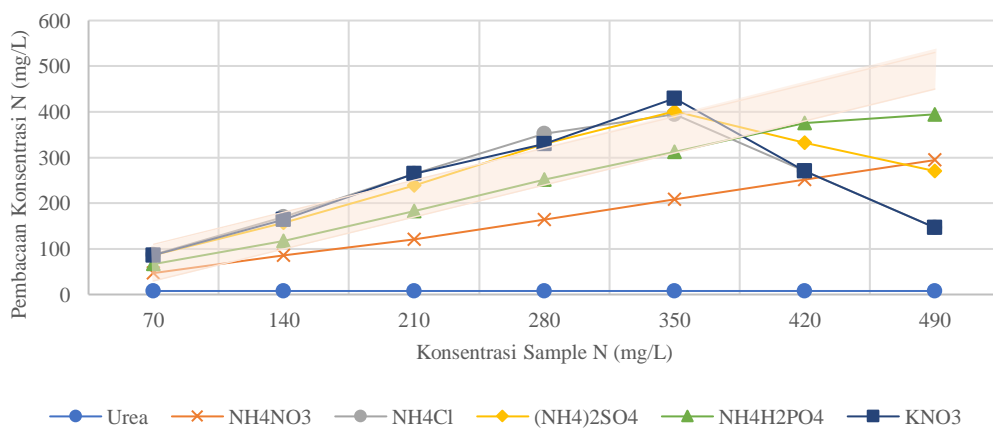
3. Pembacaan konsentrasi massa unsur K ( $\rho_{\text{kaliium}}$ ) dan elektrokonduktivitas ( $\sigma$ ) memiliki koefisien determinasi  $R^2 \approx 1$  dengan persamaan :

$$\rho_{\text{kaliium}} = 0.1741\sigma + 8.8552 \quad (9)$$

Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa pembacaan nilai NPK pada sensor tidak spesifik berdasarkan analisis teknik pembacaan dikarenakan nilai pembacaan NPK terbukti dihitung berdasarkan nilai elektrokonduktivitas yang dimana korelasi nilai konsentrasi pembacaan NPK terhadap nilai pembacaan *EC* tersebut memiliki koefisien determinasi  $R^2 \approx 1$ .

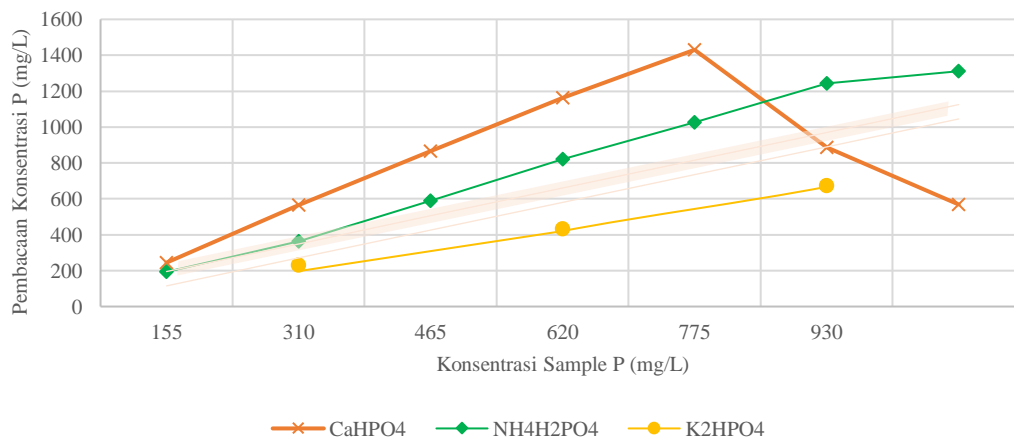
### 3.2. Analisis Terhadap Karakteristik Pembacaan Nilai NPK

Senyawa yang digunakan untuk menguji unsur N adalah urea,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  dan  $\text{KNO}_3$ . Berdasarkan hasil pembacaan konsentrasi N pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa korelasi antara senyawa yang diuji memiliki konstanta gradien yang berbeda.

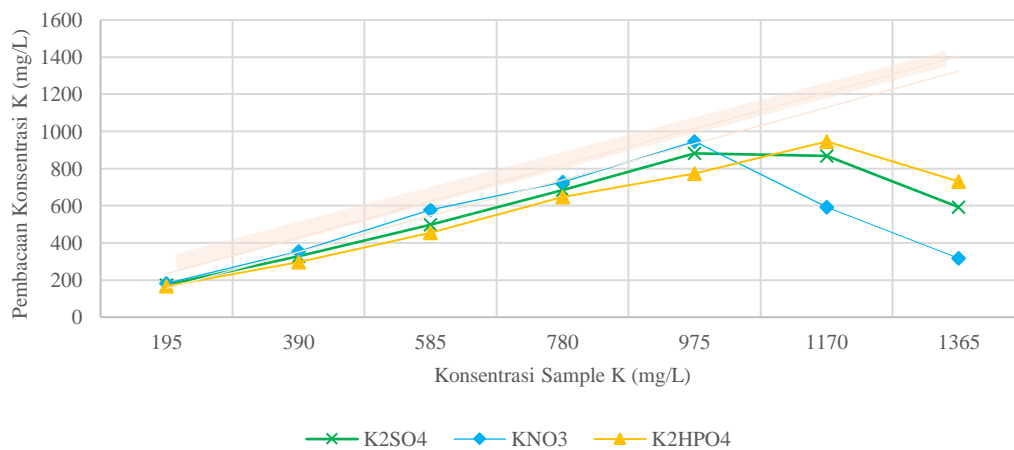


Gambar 3 Variasi Hasil Pembacaan Nilai N dari Senyawa yang Mengandung Unsur N

Pembacaan larutan uji urea benilai konstan dikarenakan urea bukan merupakan senyawa ionik, sehingga tidak mempengaruhi nilai konduktivitas. Hal yang sama juga terjadi untuk hasil pembacaan konsentrasi P yang diuji dengan menggunakan senyawa  $K_2HPO_4$ ,  $NH_4H_2PO_4$ , dan  $Ca_3(PO_4)_2$  pada Gambar 4 dan hasil pembacaan konsentrasi K yang diuji dengan menggunakan senyawa  $K_2SO_4$ ,  $KNO_3$ , dan  $K_2HPO_4$  pada Gambar 5. Hal tersebut menjelaskan bahwa metode elektrokonduktivitas tidak dapat digunakan untuk mengukur konsentrasi suatu unsur atau senyawa ketika medium yang diukur memiliki lebih dari satu jenis elektrolit yang terlarut. Bagian yang diarsir merah merupakan bagian batas toleransi pembacaan nilai sensor NPK terhadap nilai sebenarnya. Area tersebut dihitung berdasarkan nilai konsentrasi larutan uji yang dijumlahkan dan dikurangkan terhadap nilai 2% FS.

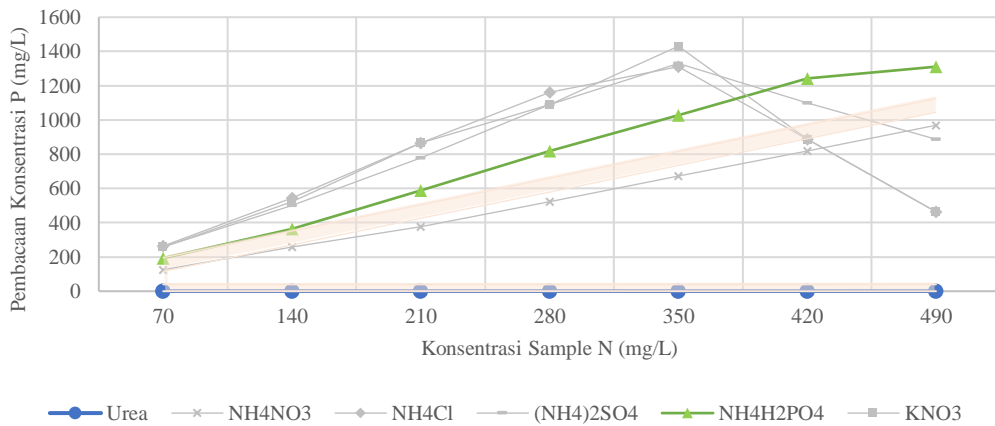


Gambar 4 Variasi Hasil Pembacaan Nilai P dari Senyawa yang Mengandung Unsur P

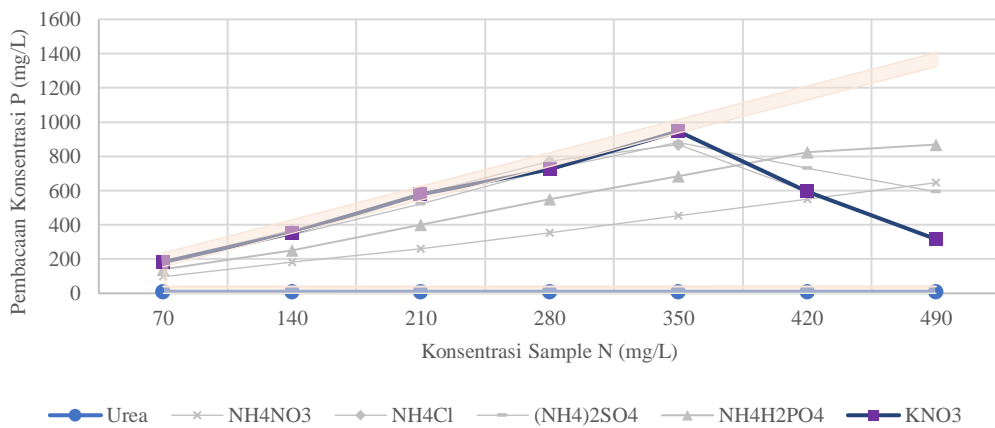


Gambar 5 Variasi Hasil Pembacaan Nilai K dari Senyawa yang Mengandung Unsur K

Bagian selanjutnya ialah menganalisis hasil pembacaan unsur N, P, atau K ketika dalam larutan uji tidak memiliki unsur N, P, atau K. Hasil pembacaan unsur P pada senyawa yang digunakan untuk menguji unsur N dapat dilihat pada Gambar 6 dan hasil pembacaan unsur K dapat dilihat pada Gambar 7, yang dimana pada senyawa  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  dan  $KNO_3$  menghasilkan pembacaan P yang dimana pada senyawa tersebut tidak memiliki unsur P dan pada senyawa  $NH_4NO_3$ ,  $NH_4Cl$ ,  $(NH_4)_2SO_4$  dan  $NH_4H_2PO_4$  menghasilkan pembacaan K yang dimana pada senyawa tersebut tidak memiliki unsur K.

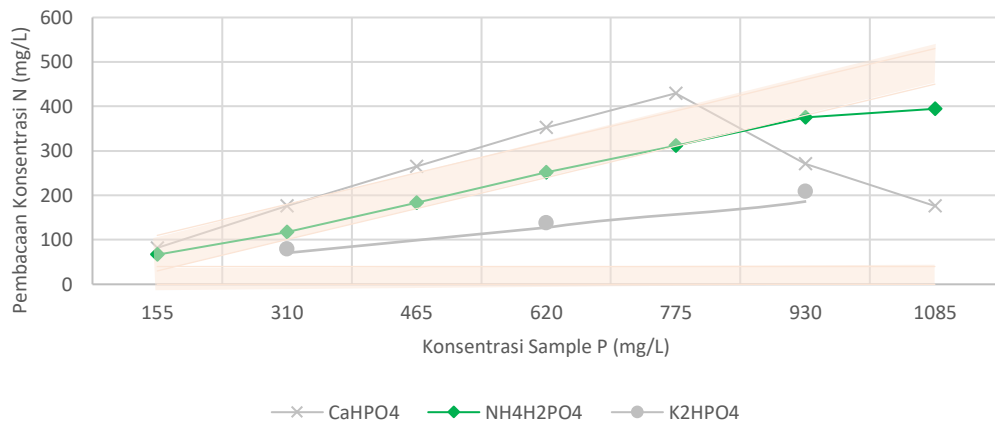


Gambar 6 Hasil Pembacaan Nilai P terhadap Senyawa yang Mengandung Unsur N



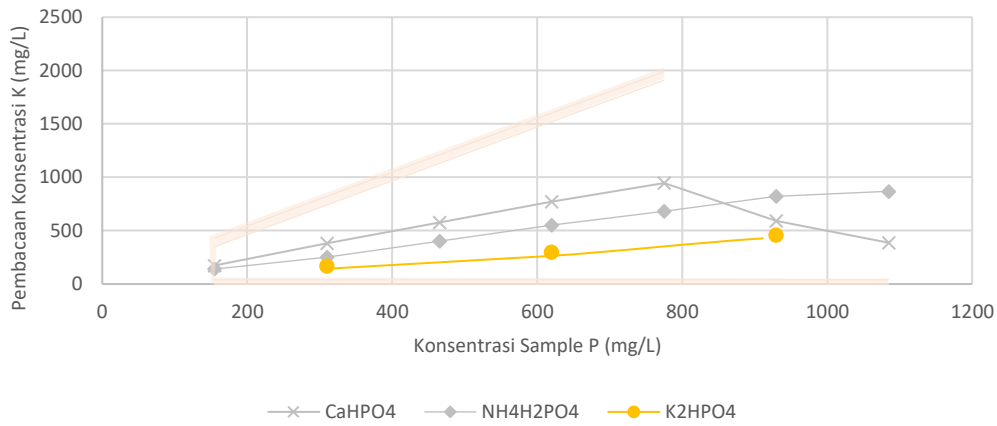
Gambar 7 Hasil Pembacaan Nilai K terhadap Senyawa yang Mengandung Unsur N

Hasil pembacaan unsur P pada senyawa yang digunakan untuk menguji unsur N dapat dilihat pada Gambar 8 dan hasil pembacaan unsur K dapat dilihat pada Gambar 9, yang dimana pada senyawa  $K_2HPO_4$  dan  $Ca_3(PO_4)_2$  menghasilkan pembacaan N yang dimana pada senyawa tersebut tidak memiliki unsur N dan pada senyawa  $NH_4H_2PO_4$  dan  $Ca_3(PO_4)_2$  menghasilkan pembacaan K yang dimana pada senyawa tersebut tidak memiliki unsur K.



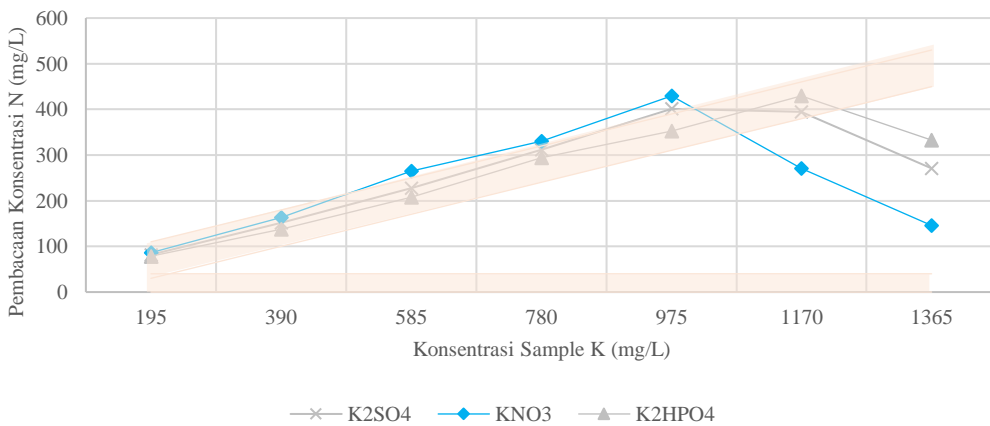
Gambar 8 Hasil Pembacaan Nilai N terhadap Senyawa yang Mengandung Unsur P



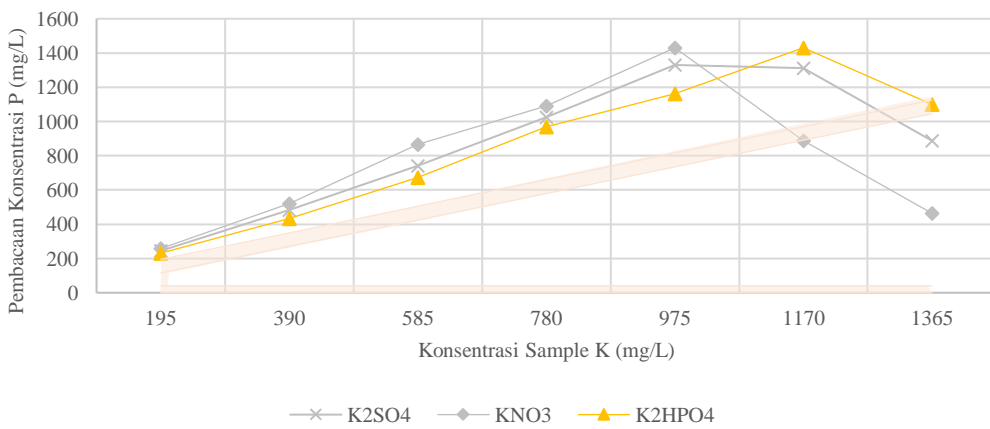


Gambar 9 Hasil Pembacaan Nilai K terhadap Senyawa yang Mengandung Unsur P

Hasil pembacaan unsur K pada senyawa yang digunakan untuk menguji unsur N dapat dilihat pada Gambar 10 dan hasil pembacaan unsur P dapat dilihat pada Gambar 11, yang dimana pada senyawa  $K_2SO_4$  dan  $K_2HPO_4$  menghasilkan pembacaan N yang dimana pada senyawa tersebut tidak memiliki unsur N dan pada senyawa  $K_2SO_4$  dan  $KNO_3$  menghasilkan pembacaan P yang dimana pada senyawa tersebut tidak memiliki unsur P.

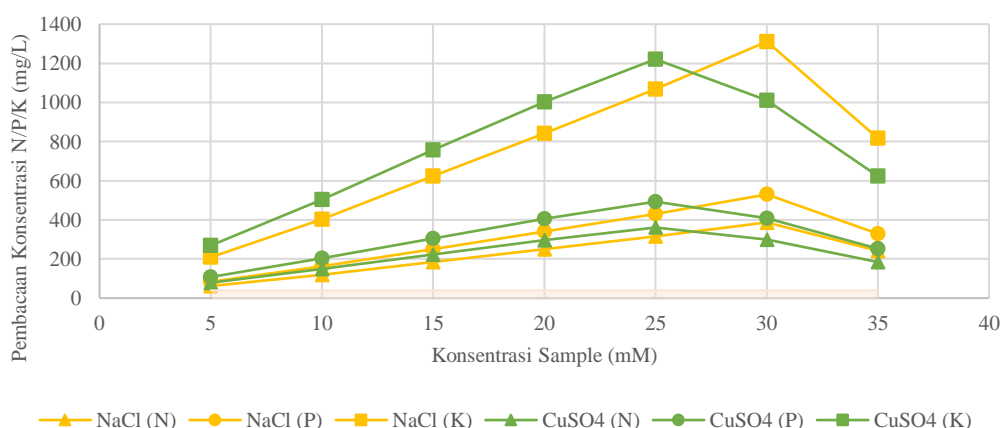


Gambar 10 Hasil Pembacaan Nilai N terhadap Senyawa yang Mengandung Unsur K



Gambar 11 Hasil Pembacaan Nilai P terhadap Senyawa yang Mengandung Unsur K

Untuk menguji pembacaan unsur NPK terhadap senyawa yang tidak memiliki kandungan NPK, digunakan senyawa NaCl dan CuSO<sub>4</sub>. Hasil dari pembacaan dapat dilihat pada Gambar 12, yang dimana sensor menghasilkan pembacaan nilai N, P, dan K.



Gambar 12 Pembacaan Nilai N/P/K terhadap Senyawa yang Tidak Mengandung Unsur N/P/K

### 3.3. Analisis Pembacaan Terhadap Pupuk NPK Majemuk

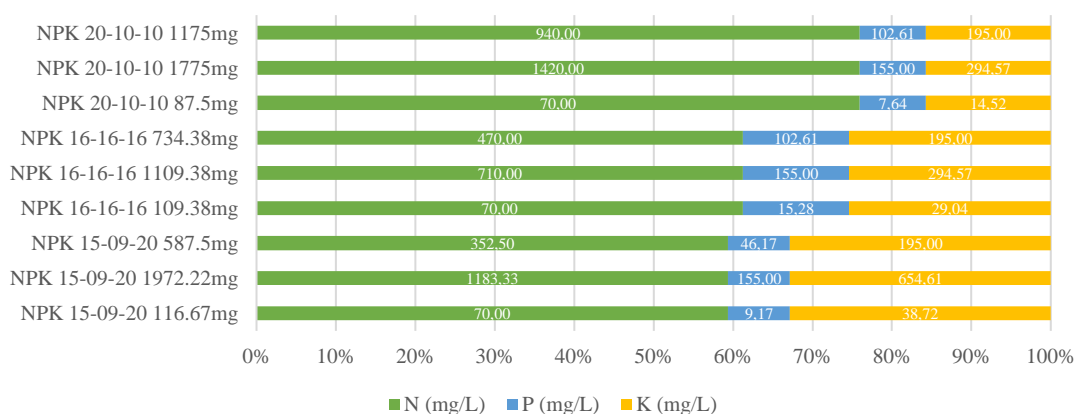
Analisis pertama yang dilakukan ialah melihat error hasil pembacaan. Pengambilan data larutan uji pupuk majemuk dan error %FS hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1. Pada tabel diarsir dengan beberapa jenis warna. Bagian yang diarsir hijau menunjukkan bahwa larutan uji memiliki jumlah konsentrasi yang sama dari segi konsentrasi unsur N, warna jingga dari segi konsentrasi unsur P, dan warna biru dari segi konsentrasi unsur K.

Tabel 1 Hasil Pembacaan dan Error %FS Konsentrasi NPK dari Pupuk NPK Majemuk

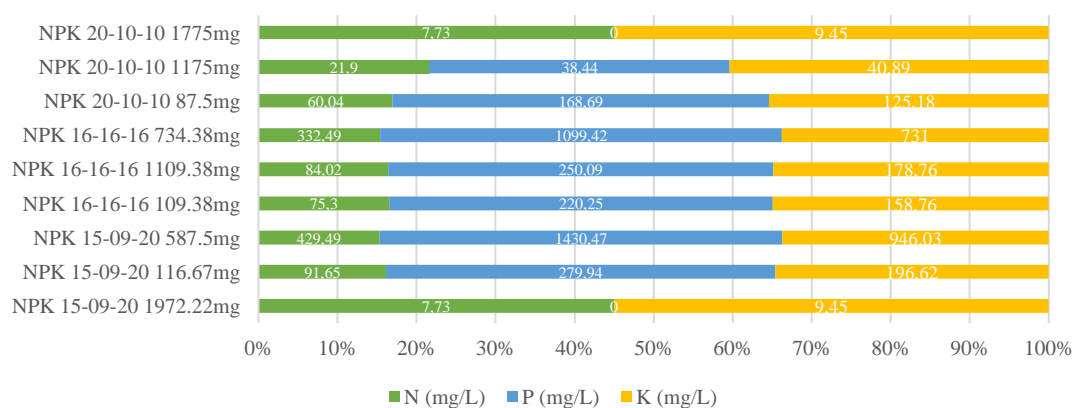
Jenis Pupuk NPK	Sampel				Hasil Pembacaan			%FS Error		
	G sampel (mg)	$\rho_{\text{nitrogen}}$ (mg/L)	$\rho_{\text{fosfor}}$ (mg/L)	$\rho_{\text{kaliun}}$ (mg/L)	$\rho_{\text{nitrogen}}$ (mg/L)	$\rho_{\text{fosfor}}$ (mg/L)	$\rho_{\text{kaliun}}$ (mg/L)	N	P	K
16-16-16	109.38	70.00	15.28	29.04	75.3	220.25	158.76	0.27%	10.25%	6.49%
	1109.38	710.00	155.00	294.57	84.02	250.09	178.76	31.31%	4.76%	5.79%
	734.38	470.00	102.61	195.00	332.49	1099.42	731	6.88%	49.87%	26.81%
15-09-20	116.67	70.00	9.17	38.72	91.65	279.94	196.62	1.08%	13.55%	7.90%
	1972.22	1183.33	155.00	654.61	7.73	0	9.45	58.81%	7.75%	32.27%
	587.50	352.50	46.17	195.00	429.49	1430.47	946.03	3.85%	69.25%	37.57%
20-10-10	87.50	70.00	7.64	14.52	60.04	168.69	125.18	0.50%	8.06%	5.54%
	1775.00	1420.00	155.00	294.57	7.73	0	9.45	70.65%	7.75%	14.26%
	1175.00	940.00	102.61	195.00	21.9	38.44	40.89	45.93%	3.21%	7.71%

Dari 27 titik data hanya 3 titik data memiliki error %FS dibawah 2% sesuai dengan spesifikasi *datasheet* [2]. Hal tersebut dikarenakan saat proses kalibrasi hanya menggunakan satu jenis senyawa, yang dimana memiliki jumlah ion terlarut yang lebih sedikit dibandingkan pupuk majemuk NPK yang memiliki jumlah ion terlarut yang lebih banyak. Jumlah ion mempengaruhi pembacaan jumlah NPK yang terbaca karena berdasarkan analisis terhadap teknik pembacaan telah terbukti bahwa sensor menggunakan metode elektrokonduktivitas, yang dimana nilai elektrokonduktivitas berkorelasi dengan jumlah ion terlarut dalam larutan.

Analisis selanjutnya ialah membandingkan rasio konsentrasi NPK larutan uji dengan rasio hasil pembacaan sensor yang disajikan dalam bentuk grafik batang. Rasio konsentrasi larutan uji NPK dicantumkan pada Gambar 13, sedangkan rasio konsentrasi hasil pembacaan menggunakan sensor dicantumkan pada Gambar 14. Rasio NPK pada pupuk yang ditampilkan pada Gambar 13 berbeda dengan rasio yang tertulis di pupuk itu sendiri dikarenakan rasio yang tertulis di pupuk ditulis dalam bentuk persen massa dan kandungan unsur P dan K dinyatakan dalam  $P_2O_5$  dan  $K_2O$ , sedangkan rasio dari grafik tersebut dihasilkan berdasarkan konsentrasi massa unsur N, P, dan K. Rasio konsentrasi larutan uji NPK pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa sampel larutan uji dengan jenis pupuk yang sama memiliki rasio yang sama, dan setiap jenis pupuk tersebut memiliki rasio yang berbeda antara satu jenis pupuk dengan pupuk yang lain. Sedangkan dari grafik hasil pembacaan pada Gambar 14 dapat dilihat bahwa rasio antar data tidak dapat dibedakan antara pembacaan pupuk NPK 16-16-16, 15-09-20, dan 20-10-10. Hal tersebut dikarenakan berdasarkan analisis terhadap teknik pembacaan yang digunakan sensor, nilai NPK dihitung berdasarkan nilai *EC*, yang dimana hasil pembacaan akan selalu memiliki rasio yang sama sesuai dengan hasil kalibrasi dari sensor. Oleh karena itu sensor NPK dengan jenis elektrokonduktivitas tidak dapat digunakan pada medium tanah yang rasio NPK dalam tanah tidak diketahui.



Gambar 13 Rasio Nilai NPK Pada Larutan Uji Pupuk Majemuk



Gambar 14 Rasio Nilai NPK Pada Hasil Pembacaan Terhadap Larutan Uji Pupuk Majemuk

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian, pengamatan dan analisis hasil penelitian yang telah diperoleh, maka didapatkan kesimpulan dari penelitian ini bahwa sensor NPK yang diuji tidak spesifik,

sehingga tidak cocok dalam pengaplikasian pertanian presisi untuk medium tanah. Tidak spesifiknya sensor karena metode pembacaan yang digunakan oleh sensor terbukti menggunakan metode elektrokonduktivitas dalam pengambilan data NPK berdasarkan hasil analisis terhadap teknik pembacaan yang digunakan sensor, yang dimana korelasi hasil pembacaan nilai  $EC$  terhadap pembacaan konsentrasi N, P, dan K memiliki koefisien determinasi  $R^2 \approx 1$ . Oleh karena itu sensor tidak dapat diimplementasikan untuk medium tanah karena tanah mengandung beragam jenis senyawa dan unsur. Hal tersebut dikarenakan metode elektrokonduktivitas tidak dapat membedakan jenis ion/elektrolit apa yang dibaca, dan tanah merupakan medium yang mengandung banyak jenis elektrolit. Hasil analisis karakteristik pembacaan nilai NPK juga mendukung premis ketidakspezifiknya sensor, yang dimana pembacaan NPK terhadap senyawa NaCl dan  $CuSO_4$  menghasilkan pembacaan. Premis lain yang mendukung tidak spesifiknya sensor Hasil analisis pembacaan terhadap pupuk NPK majemuk juga mendukung tidak spesifiknya sensor, yang dimana hasil pembacaan konsentrasi NPK memiliki rasio yang hampir sama untuk jenis larutan uji pupuk NPK dengan rasio NPK yang berbeda, yang dalam hal ini terbukti bahwa sensor tidak dapat membedakan zat apa yang dibaca.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. P. Potdar, M. M. Shirolkar, A. J. Verma, P. S. More, and A. Kulkarni, "Determination of soil nutrients (NPK) using optical methods: a mini review," *J Plant Nutr*, vol. 44, no. 12, pp. 1826–1839, Jul. 2021, doi: 10.1080/01904167.2021.1884702.
- [2] 普锐森社, "Five-pin soil transmitter (Type 485) PR-3001-TR-ECTHPH-N01 Ver 2.0." 2021.
- [3] Alabama A&M & Auburn University, "Nutrient Content of Fertilizer Materials," 2008. Accessed: Nov. 13, 2022. [Online]. Available: [https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/11/ANR-0174\\_NutrientContentFertilizerMaterials\\_103119L-1.pdf](https://www.aces.edu/wp-content/uploads/2018/11/ANR-0174_NutrientContentFertilizerMaterials_103119L-1.pdf)
- [4] Phosphatesfacts.org, "The Use of Phosphates For Potable Water Treatment." 2015. Accessed: Nov. 13, 2022. [Online]. Available: <https://phosphatesfacts.org/wp-content/uploads/2015/09/The-Use-of-Phosphates-For-Potable-Water-Treatment.pdf>
- [5] G. L. Terman, D. R. Bouldin, and J. R. Lehr, "Calcium Phosphate Fertilizers: I. Availability to Plants and Solubility in Soils Varying in pH," *Soil Science Society of America Journal*, vol. 22, no. 1, pp. 25–29, Jan. 1958, doi: 10.2136/sssaj1958.03615995002200010008x.
- [6] Inc. Foliar Nutrients, "Dipotassium Phosphate (176407) Fact Sheet." United States Environmental Protection Agency, 2002. Accessed: Nov. 13, 2022. [Online]. Available: [https://www3.epa.gov/pesticides/chem\\_search/reg\\_actions/registration/fs\\_PC-176407\\_11-Oct-02.pdf](https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-176407_11-Oct-02.pdf)
- [7] H. Martin., "Studies Upon The Copper Fungicides," *Annals of Applied Biology*, vol. 20, no. 2, pp. 342–363, May 1933, doi: 10.1111/j.1744-7348.1933.tb07770.x.
- [8] Howard J. Seltman, *Experimental Design and Analysis*. 2018. Accessed: Nov. 16, 2022. [Online]. Available: <https://www.stat.cmu.edu/~hseltman/309/Book/Book.pdf>
- [9] Glantz S.A., Slinker B.K., and Neilands T.B, *Primer of applied regression and analysis of variance*, 3rd ed. McGraw-Hill, 2016.
- [10] Raymond Chang, *Chemistry*, 10th ed. Boston: McGraw-Hill, 2010.
- [11] Randy D. Down and Jay H. Lehr, *Environmental instrumentation and analysis handbook*. Hoboken, N.J.: John Wiley, 2005.
- [12] Michael C. Labossiere, *42 Fallacies*. Createspace Independent Pub, 2013.
- [13] J. B Cederblom and David W Paulsen, *Critical reasoning*. Belmont (Calif.): Wadsworth, 2012.