

Penerapan *Fuzzy logic* Pada Alat Ukur Kandungan Nutrisi Media Tanam Hidroponik

Muhammad Qayyum Hamka¹, Ahmad Munir¹, dan Muh. Tahir Sapsal¹
Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Hasanuddin Makassar

ABSTRAK

Pemberian nutrisi pada budidaya secara hidroponik diberikan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pada proses budidaya hidroponik, nutrisi yang terkandung dalam media tanam hidroponik akan berkurang dikarenakan penyerapan tanaman maupun transpirasi. Namun, petani tidak memiliki informasi mengenai jumlah nutrisi yang hilang. Akibatnya penambahan nutrisi diberikan pada takaran seperti pada awalnya saja. pemberian nutrisi dengan cara tersebut tidak efisien, karena banyak nutrisi yang terbuang. Maka dari itu informasi mengenai jumlah nutrisi pada media tanam hidroponik sangat penting untuk diketahui. Karena itu, diperlukan sebuah instrumen yang mampu mengukur kandungan nutrisi pada media tanam hidroponik secara akurat. *Fuzzy logic* merupakan metode yang mampu menyelesaikan suatu masalah *nonlinier* yang sangat kompleks. Penerapan *fuzzy logic* pada alat ukur mampu menghasilkan alat ukur yang akurat. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan alat ukur yang dapat mengukur kandungan nutrisi pada media tanam *hidroponik* dengan menggunakan sistem *fuzzy logic*. Dari penelitian ini, dihasilkan alat ukur kandungan nutrisi pada media tanam hidroponik dengan total *error* sebesar 0,506 % .

Kata kunci: Hidroponik, Alat Ukur, *Fuzzy logic*, Efisiensi, Kandungan Nutrisi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Hidroponik merupakan sistem budidaya pertanian tanpa menggunakan tanah, tetapi menggunakan air yang berisi larutan nutrisi. Budidaya pertanian secara hidroponik bisa dilakukan walaupun pada lahan yang terbatas. Sehingga, hidroponik dapat menjadi alternatif dalam budidaya pertanian untuk mengatasi keterbatasan lahan (Roidah, 2014).

Kelebihan budidaya secara hidroponik selain dapat memaksimalkan lahan, juga dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman sehingga mutu produk seperti bentuk, ukuran, rasa, warna, dapat dijamin karena kebutuhan nutrisi tanaman dipasok secara terkendali (Roidah, 2014).

Pada budidaya hidroponik, pemberian nutrisi menjadi hal pokok. Pada proses budidaya hidroponik, nutrisi yang terkandung dalam media tanam akan berkurang. Berkurangnya nutrisi

dikarenakan penyerapan tanaman maupun transpirasi sehingga kandungan nutrisi pada media tanam tidak diketahui secara pasti. Dengan demikian, pembudidaya tidak memiliki informasi mengenai jumlah nutrisi yang hilang. Akibatnya penambahan nutrisi diberikan pada takaran seperti pada awalnya saja. pemberian nutrisi dengan cara tersebut tidak efisien, karena banyak nutrisi yang terbuang (Rosliani dan Sumarni, 2005).

Pembuatan alat ukur didasarkan pada hubungan fungsi alih terhadap perubahan nilai objek yang pada umumnya menggunakan persamaan linier. Namun, persamaan linier cenderung memiliki penyimpangan-penyimpangan data, sehingga cenderung tidak akurat. Pembuatan alat ukur juga dapat berdasarkan metode *fuzzy Logic*. *Fuzzy logic* merupakan metode yang mampu menyelesaikan suatu masalah nonlinier yang sangat kompleks. Menurut Syah (2012), *Fuzzy logic* dapat memformulasikan masalah lebih mudah,

memiliki presisi yang tinggi dan memberikan solusi yang akurat.

Berdasarkan uraian tersebut, perlu adanya alat yang dapat mengukur kandungan nutrisi pada media tanam hidroponik sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemberian nutrisi pada budidaya secara hidroponik.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana mengetahui kandungan nutrisi pada media tanam hidroponik ?
2. Bagaimana tingkat keakuratan alat ukur kandungan nutrisi pada media tanam hidroponik dengan menggunakan sistem *fuzzy logic* ?

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat ukur yang dapat mengukur kandungan nutrisi pada media tanam *hidroponik* dengan menggunakan sistem *fuzzy logic*

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini yaitu:

1. Digunakan untuk mengukur kandungan nutrisi pada media tanam *Hidroponik*
2. Sebagai rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.
3. Dapat menjadi bagian dari sistem kontrol yang membutuhkan nilai kadar nutrisi

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober sampai Desember 2015 bertempat di Laboratorium Mekanika Fluida, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Alat dan Bahan

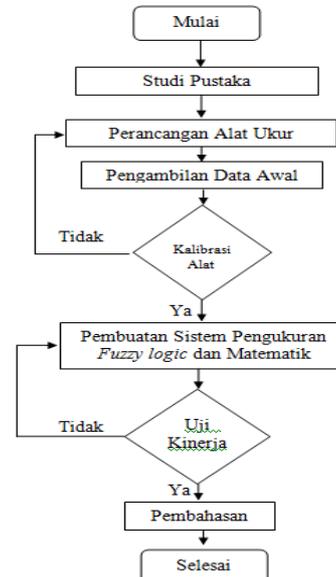
Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu Avometer, baskom atau

wadah, botol, pipet tetes, gelas ukur, rangkaian *downloader*, dan Laptop.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari bahan konstruksi dan bahan pengujian. Bahan konstruksi yaitu elektroda Stainless steel, Mikrokontroler ATmega16, kabel *jumper*, LCD *display* 2x16, kabel, trafo, kapasitor, papan pcb, IC 7805 dan 7905, resistor, IC 741, soket IC, konektor, timah, dan isolasi bakar. Sedangkan bahan pengujian yaitu air dan nutrisi AB Mix. Software yang digunakan yaitu codevision AVR, matlab, Microsoft Excel, dan AVR OPII.

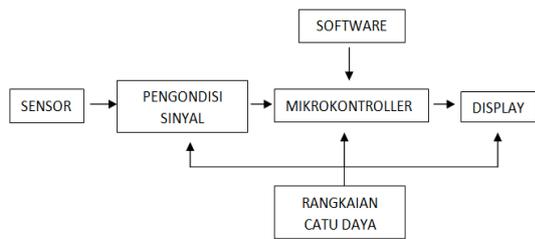
Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini terdiri dari studi pustaka, perancangan alat ukur yang terdiri dari perancangan perangkat keras (Hardware) dan perancangan perangkat lunak, uji fungsional, Kalibrasi alat ukur, pembuatan system pengukuran *Fuzzy logic* dan Matematik, Uji Kinerja Alat, dan pembahasan. Diagram alur penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Gambaran Umum Sistem



Gambar 2. Gambaran Umum Sistem

Pada gambar 2. menjelaskan gambaran umum bagaimana sistem alat ukur ini bekerja. Sistem dari instrument ini dimulai dari sensor yang terhubung ke rangkaian pembagi tegangan menangkap besaran tahanan. Tahanan yang ditangkap oleh sensor dirubah menjadi tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan. Kemudian dari rangkaian pembagi tegangan, tegangan keluaran dikuatkan satu kali dengan menggunakan rangkaian *buffer*. Keluaran dari *buffer* kemudian diolah pada mikrokontroller dan ditampilkan pada *display* menggunakan LCD. Catu daya digunakan untuk memberikan daya pada rangkaian pengondisi sinyal, mikrokontroller dan *display*. Software digunakan untuk memberikan perintah pada mikrokontroller untuk mengolah data.

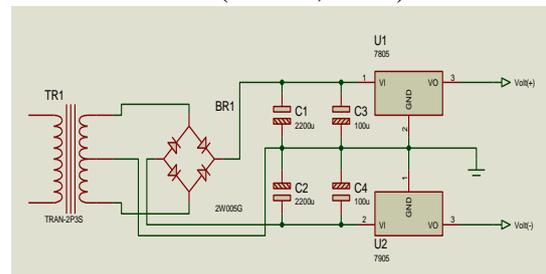
Perancangan Alat Ukur

Perancangan alat ukur terdiri dari dua bagian yaitu:

1. Perancangan Perangkat Keras
 - a. Rangkaian Catu Daya

Rangkaian catu daya digunakan untuk memberikan tegangan atau daya pada rangkaian dan komponen-komponen aktif. Pada penelitian ini menggunakan rangkaian catu daya simetris dimana catu daya simetris menghasilkan dua tegangan keluaran yang bernilai positif dan negatif. Catu daya ini diharapkan memberikan tegangan sebesar 5 Volt pada rangkaian. Komponen yang digunakan pada catu daya ini yaitu *travo ct* yang digunakan untuk menurunkan tegangan, dioda bridge yang digunakan untuk mengubah sinyal AC ke DC, Kapasitor 2200 μf dan kapasitor 100 μf yang digunakan untuk menstabilkan sinyal dan menghilangkan noise, dan IC

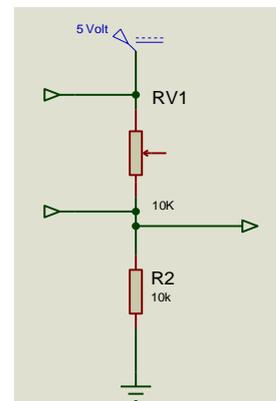
7805 untuk mengregulasi tegangan sehingga bernilai +5 Volt dan IC 7905 untuk meregulasi tegangan sehingga bernilai -5 Volt (Suhata, 2005).



Gambar 3. Rangkaian Catu Daya Simetris

b. Rangkaian Pembagi Tegangan

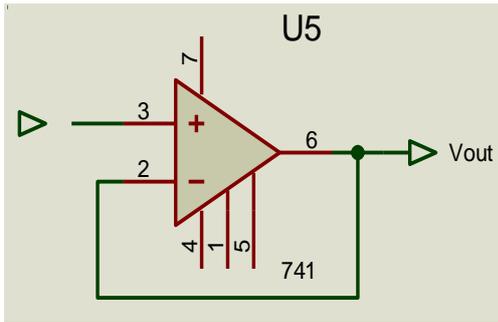
Rangkaian pembagi tegangan digunakan untuk merubah besaran tahanan dari sensor menjadi besaran tegangan. Komponen yang digunakan pada rangkaian ini yaitu resistor variabel yang dirangkai seri dengan sensor elektroda dan satu buah resistor tetap berukuran 10 k Ω . Skema rangkaian pembagi tegangan seperti pada gambar 4 (Bolton, 2014).



Gambar 4. Rangkaian Pembagi Tegangan

c. Rangkaian *Buffer*

Rangkaian *buffer* adalah rangkaian yang menghasilkan tegangan *output* sama dengan tegangan *input*-nya. Dalam hal ini seperti rangkaian common kolektor yaitu berpenguatan = 1. Fungsi dari rangkaian *buffer* pada penelitian ini adalah sebagai penyangga, dimana prinsip dasarnya adalah penguat arus tanpa terjadi penguatan tegangan. Skema Rangkaian *buffer* pada penelitian ini seperti pada Gambar 5 (Syah, 2015).



Gambar 5. Rangkaian *Buffer*

d. Sensor Elektroda

Pada penelitian ini, sensor yang digunakan yaitu sensor yang terbuat dari dua batang stainless steel sepanjang 15 cm yang dirangkai sejajar dengan jarak 2 cm. stainless steel kemudian dihubungkan dengan kabel sepanjang 150 cm untuk menghubungkan sensor dengan rangkaian pembagi tegangan.

2. Perancangan Perangkat Lunak

Pembuatan perangkat lunak menggunakan software Codevision AVR. Program yang dibuat pada tahap ini yaitu program pembacaan ADC, program matematik dan program *fuzzy logic*

Uji Fungsi

Uji fungsi dilakukan untuk mengetahui perangkat keras yang telah dirancang telah sesuai dengan fungsinya. Pengujian perangkat keras dilakukan secara langsung dengan melihat keluaran dari rangkaian menggunakan AVO Meter dan membandingkan dengan software Proteus.

Kalibrasi Alat Ukur

Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tegangan listrik (Output Sensor) terhadap nilai ppm pada larutan nutrisi. Kemudian, dari hubungan ini dapat ditentukan persamaan yang digunakan untuk mengukur nilai ppm larutan nutrisi.

Pembuatan Sistem Pengukuran *Fuzzy logic* dan Matematik

Penelitian ini menggunakan penalaran *fuzzy logic* dan penalaran matematika. Penalaran *fuzzy logic*

menggunakan metode sugeno orde nol. *Fuzzy logic* terdiri dari beberapa proses yaitu fuzzifikasi, aplikasi fungsi implikasi, dan defuzzifikasi. Kemudian, data yang didapatkan diolah menggunakan matlab. Hasil logika fuzzy yang didapatkan diubah kedalam bentuk program bahasa C. Sedangkan untuk program matematik menggunakan metode linearisasi sehingga didapatkan persamaan matematik yang kemudian diubah dalam bentuk program bahasa C. Kemudian dari kedua program tersebut diupload ke mikrokontroler.

Uji Kinerja

Uji kinerja alat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat ketelitian alat. Metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat ketelitian alat dengan membandingkan pengukuran menggunakan alat ukur dengan nilai sebenarnya. Perbandingan tersebut akan diperoleh nilai selisih (*error*) dalam bentuk persentase yang mewakili tingkat ketelitian alat.

Pembuatan Larutan Nutrisi

Pembuatan larutan nutrisi dilakukan dengan cara:

1. Melarutkan pupuk A dan B dalam dua wadah dengan air 500 ml.
2. Membuat larutan nutrisi bernilai 500 ppm, 1000 ppm, 1500 ppm, dan 2000 ppm
3. Membuat larutan bernilai 500 ppm yaitu dengan cara pupuk A sebanyak 2,5 ml ditambah pupuk B sebanyak 2,5 ml dan air sebanyak 1 L dicampurkan dalam satu wadah. Untuk nilai PPM yang lain cukup menambahkan larutan pupuk A dan B sebanyak 2,5 ml setiap kenaikan 500 PPM.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Perangkat Keras



Gambar 6. Perangkat Keras Alat Ukur Kandungan Nutrisi

Penelitian ini menghasilkan sebuah alat ukur kandungan nutrisi media tanam hidroponik. Dari gambar 6. Terlihat bahwa alat ukur tersebut terdiri dari beberapa komponen rangkaian yang saling melengkapi.

Alat ukur Kandungan Nutrisi ini terdiri dari rangkaian catu daya, rangkaian *buffer*, rangkaian pembagi tegangan, sensor elektroda, rangkaian filter, mikrokontroler atmega 16, dan LCD 2x16.

Sensor yang digunakan pada alat ukur kandungan nutrisi ini terbuat dari dua batang *stain steel* yang dihubungkan dengan kabel. Sensor elektroda bekerja dengan prinsip konduktivitas listrik. Suatu logam memiliki kemampuan mengalirkan listrik. Sensor berguna untuk menangkap besaran fisika dalam bentuk tahanan. Tahanan yang dihasilkan dari sensor kemudian dikonversi menjadi besaran tegangan. Maksud pengkonversian tersebut, karena mikrokontroler hanya dapat membaca nilai dalam bentuk besaran tegangan (mVolt).

Rangkaian pembagi tegangan berfungsi untuk merubah nilai tahanan yang ditangkap oleh sensor menjadi nilai tegangan. Nilai tahanan yang telah terkonversi menjadi tegangan kemudian diteruskan menggunakan rangkaian *buffer*. Rangkaian *buffer* digunakan untuk menguatkan nilai tegangan sebesar satu

kali. Artinya tegangan yang keluar dari rangkaian pembagi tegangan akan sama dengan tegangan yang keluar dari rangkaian *buffer*. Penggunaan rangkaian *buffer* ini dimaksudkan agar data yang ditangkap oleh sensor tidak berubah karena noise.

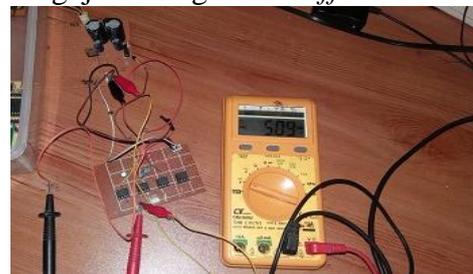
Rangkaian catu daya digunakan sebagai sumber tegangan bagi mikrokontroler, rangkaian *buffer*, dan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian catu daya ini menggunakan trafo ct. tegangan AC diubah ke DC menggunakan dioda bridge. Catu daya ini menghasilkan tegangan keluar sebesar +5 Volt dan -5 Volt.

Nilai yang ditangkap oleh sensor yang telah terkonversi dalam bentuk tegangan diolah atau dikonversi dalam bentuk data digital menggunakan mikrokontroler kemudian ditampilkan melalui LCD.

Uji Fungsional

A. Pengujian Perangkat Keras

1. Pengujian Rangkaian *Buffer*



Gambar 7. Tegangan tanpa Rangkaian *Buffer*



Gambar 8. Tegangan Menggunakan *Buffer*

Pengujian rangkaian *buffer* dilakukan dengan melihat perbandingan antara tegangan keluar sebelum menggunakan rangkaian *buffer* dengan tegangan keluar setelah menggunakan

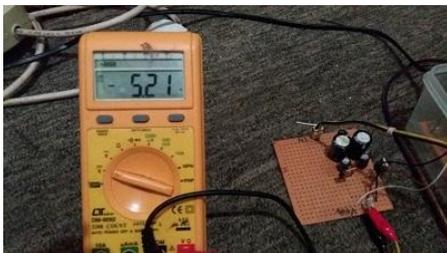
rangkain *buffer*. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan awal yang diketahui.

Pada gambar 7 menunjukkan bahwa nilai tegangan awal sebesar 5,09 Volt. Kemudian pada gambar 8 dilakukan pengujian dengan menghubungkan tegangan awal memasuki rangkain *buffer*. Tegangan yang dihasilkan setelah dihubungkan dengan rangkain *buffer* sebesar 5,09 volt. Hal ini menunjukkan bahwa tegangan yang masuk sama dengan tegangan yang keluar.

2. Pengujian Rangkain Catu Daya



Gambar 9. Pengujian Rangkain Catu Daya Tegangan Positif



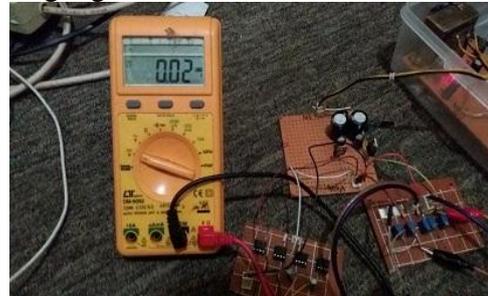
Gambar 10. Pengujian Rangkain Catu Daya Tegangan Negatif

Rangkain catu daya digunakan sebagai sumber tegangan bagi rangkain dan komponen lain. Tegangan catu daya digunakan pada rangkain pembagi tegangan, rangkain *buffer*, dan mikrokontroller. Rangkain catu daya yang digunakan adalah rangkain catu daya simetris yang menghasilkan dua tegangan yaitu tegangan negative dan tegangan positif.

Pengujian catu daya dilakukan dengan menggunakan avo meter untuk mengukur tegangan keluar pada rangkain catu daya. Pada gambar 9. dilakukan pengukuran pada tegangan positif rangkain catu daya. Keluaran yang dihasilkan sebesar 5,09 volt. Sedangkan

pada gambar 10. menunjukkan pengujian rangkain catu daya pada tegangan negatifnya. Hasil tegangan keluar yang didapatkan sebesar 5,21 Volt.

3. Pengujian Rangkain Pembagi Tegangan



Gambar 11. Pengujian Rangkain Pembagi Tegangan

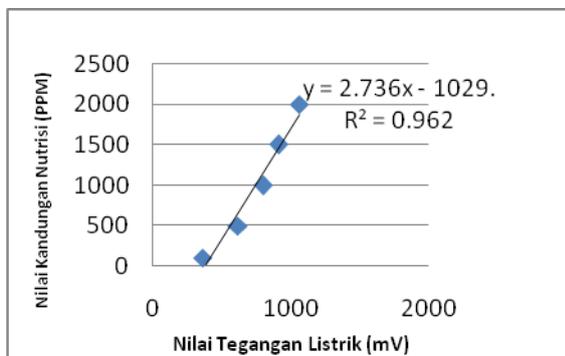
Rangkain pembagi tegangan digunakan sebagai perubah nilai tahanan yang ditangkap oleh sensor menjadi nilai tegangan. Pengonversian ini dilakukan karena mikrokontroller hanya dapat membaca atau mengolah data dalam bentuk tegangan.

Pengujian dilakukan dengan melihat nilai keluran dari rangkain pembagi tegangan. Avometer dihubungkan pada tegangan keluar dan ground rangkain pembagi tegangan. Kemudian pada tegangan masuk dihubungkan dengan tegangan 5 Volt dari catu daya. Dari gambar 11. menunjukkan nilai 0,02 Volt. Hal tersebut berarti nilai keluaran dari rangkain pembagi tegangan berupa nilai tegangan bukan lagi berupa nilai tahanan. Besarnya kecilnya nilai tahanan dipengaruhi oleh jumlah kandungan nutrisi dalam air yang ditangkap oleh sensor. Pada gambar 11. menunjukkan bahwa tegangan berkisar 0 volt, hal ini karena sensor belum dimasukkan pada larutan nutrisi.

Kalibrasi Alat Ukur

Kalibrasi dilakukan untuk mengetahui nilai tegangan listrik yang dihasilkan untuk setiap rentang kandungan nutrisi (PPM). Nilai tegangan listrik kemudian akan dikonversi menjadi nilai ppm.

Nilai tegangan listrik kemudian diplot dengan membandingkan nilai tegangan terhadap nilai kandungan nutrisi (PPM). Perbandingan ini dimaksudkan untuk melihat seberapa akurat persamaan yang dihasilkan. Dari perbandingan tersebut didapatkan persamaan matematika untuk menentukan hubungan antara nilai tegangan dan nilai PPM. Persamaan inilah yang nantinya akan dijadikan program untuk mengukur nilai kandungan nutrisi (PPM) dalam air dengan menggunakan metode matematika. Hubungan nilai tegangan terhadap nilai ppm dapat dilihat pada gambar 12.

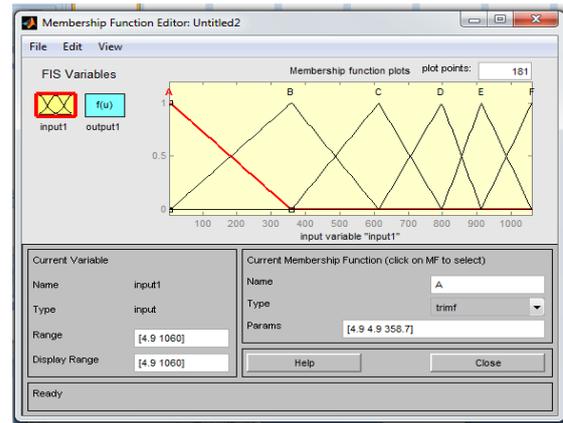


Gambar 12. Grafik perbandingan Nilai V terhadap Nilai PPM

Pembuatan Program *Fuzzy logic*

1. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses mengubah nilai variabel numerik ke nilai variabel linguistik dimana proses ini memetakan ruang *input* ke himpunan *fuzzy* yang didefinisikan pada semesta pembicaraan variabel *input*. Penelitian ini menggunakan satu masukan yaitu besaran tegangan listrik (mili Volt) yang diperoleh dari pembacaan alat ukur. Berikut adalah tegangan *input* yang dihasilkan oleh alat ukur, yaitu: [4.9], [358.7], [613.7], [798.6], [912.6], dan [1060.1].



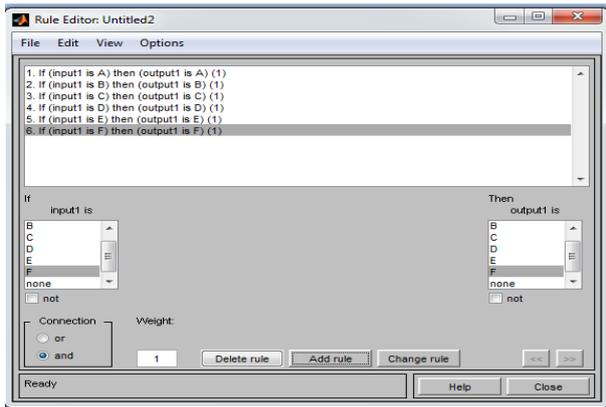
Gambar 13. Fuzzifikasi

Gambar 13 memperlihatkan hasil dari proses fuzzifikasi dimana terdapat pemetaan titik-titik *input* ke dalam derajat keanggotaan *fuzzy* menggunakan representasi kurva segitiga dengan skala derajat keanggotaan dari nol sampai satu. Gambar 22. juga menunjukkan skala semesta pembicaraan dimulai dari 4,9 sampai 1060.1 dengan variabel *fuzzy* PPM terdiri dari enam himpunan *fuzzy* yaitu A, B, C, D, E, dan F.

2. Aplikasi Implikasi dan Komposisi Aturan

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah "IF x is A THEN y is B" dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuen. Maka dari itu aplikasi implikasi dan komposisi aturan diartikan sebagai suatu upaya menghubungkan variabel *input* dan variabel *output*.

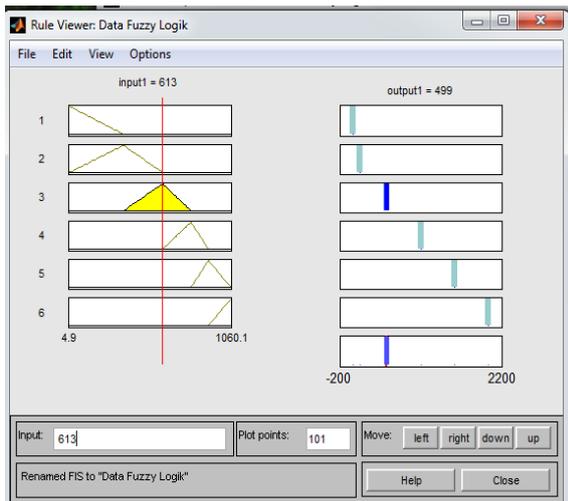
Gambar 14. Menunjukkan komposisi aturan dan aplikasi implikasi dari variabel fuzzy terhadap keluaran (*output*) (ppm). Pada penelitian ini menunjukkan terdapat enam rule yang dapat dibuat antara hubungan *input* dan *output*.



Gambar 14. Komposisi Aturan dan Implikasi

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan pemetaan dari ruang aksi kendali *fuzzy* yang didefinisikan pada semesta pembicaraan keluar ke ruang aksi kendali *nonfuzzy* (numerik).



Gambar 15. Rule Viewer

Pada gambar 15, kotak sebelah kiri menunjukkan himpunan keanggotaan nilai *input*, sedangkan kotak sebelah kanan menunjukkan perubahan menjadi nilai tunggal. Secara umum, Gambar 15 menunjukkan perubahan nilai himpunan menjadi nilai tunggal.

Uji Kinerja Alat

Uji Kinerja alat dilakukan untuk mengetahui seberapa dekat pengukuran yang dilakukan dengan metode *fuzzy* dan matematik terhadap pengukuran nilai sebenarnya (aktual). Pada penelitian ini, pengujian dilakukan sebanyak tiga kali

untuk melihat nilai *error* dari alat ukur yang telah dibuat. Nilai *error* menunjukkan seberapa besar nilai kesalahan pengukuran dari alat ukur. Hasil pengujian kinerja alat dapat dilihat pada table 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Hasil Pengujian Ke-1 Kinerja Alat Ukur Nutrisi

Pengukuran Kadar Nutrisi (PPM)			Error (%)	
<i>Fuzzy</i>	<i>Matt</i>	Aktua l	<i>Fuzz y</i>	<i>Matt</i>
296.9	292.61	300	1.033	2.46
695.3	847.6	700	0.67	21.08
1295	1354	1300	0.38	4.15
1698.2	1627.6	1700	0.10	4.25
Error Rata-Rata			0.54	7.99

Sumber: Data Primer Setelah Diolah, 2015

Table 1. menunjukkan hasil pengujian ke-1 dimana nilai *error* rata-rata untuk pengukuran dengan metode *fuzzy logic* sebesar 0,54 %, sedangkan untuk pengukuran dengan metode matematik persamaan *linier* sebesar 7,99 %. *Error* terkecil pada pengukuran *Fuzzy* yaitu 0,10 % dan *error* terbesar yaitu 1,033 %. Hal ini menunjukkan pengukuran *fuzzy logic* lebih akurat dibandingkan dengan metode matematik.

Tabel 2. Hasil Pengujian Ke-2 Kinerja Alat Ukur Nutrisi

Pengukuran Kadar Nutrisi (PPM)			Error (%)	
<i>Fuzzy</i>	<i>Matt</i>	Aktua l	<i>Fuzz y</i>	<i>Matt</i>
296.7	293.8	300	1.1	2.06
697.2	850.4	700	0.4	21.48
1302.4	1344.8	1300	0.18	3.44
1703.2	1631.8	1700	0.18	4.01
Total Error			0.46	7.75

Sumber: Data Primer Setelah Diolah, 2015

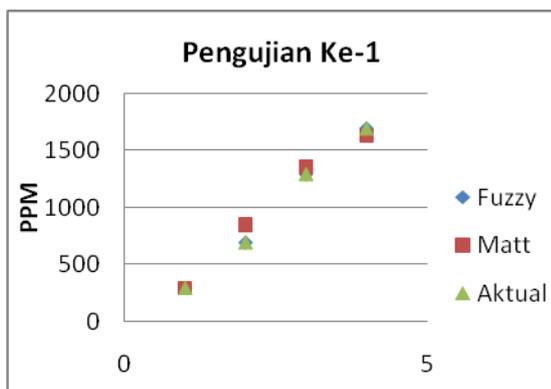
Pada tabel 2. menunjukkan pegujian ke-2 alat ukur kadar nutrisi *fuzzy logic* dengan *error* rata-rata sebesar 0,46 lebih kecil dari pada pengujian ke-1. Sedangkan pada metode matematik sebesar 7,75 %. *Error* terbesar pada pengujian dengan *fuzzy logic* sebesar 1.1 % sedangkan *error* terkecil 0,18 %.

Tabel 3. Hasil Pengujian Ke-3 Kinerja Alat Ukur Nutrisi

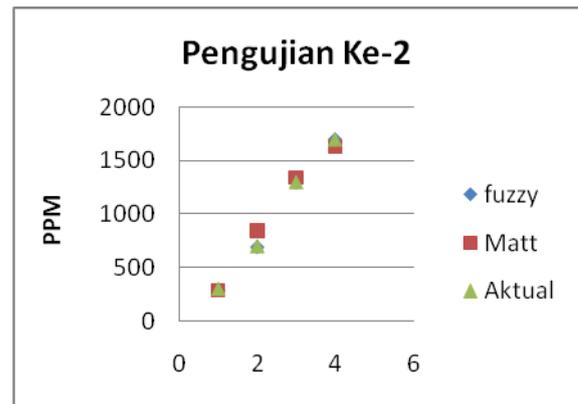
Pengukuran Kadar Nutrisi (PPM)			Error (%)	
Fuzzy	Matt	Aktual	Fuzzy	Matt
298	298.7	300	0.67	0.43
695.3	847	700	0.67	21
1309	1356.6	1300	0.69	4.35
1701.4	1630.2	1700	0.082	4.10
Total Error			0.52	7.473

Sumber: Data Primer Setelah Diolah, 2015

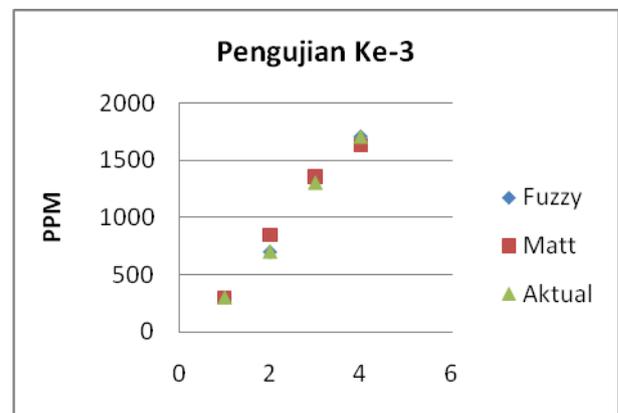
Tabel 3. menunjukkan hasil pengujian ke 3 kinerja alat ukur nutrisi dimana *error* untuk kedua metode yaitu 0,52 untuk metode *fuzzy logic* dan 7.473 untuk metode matematik. *Error* terbesar pada pengukuran metode *fuzzy logic* sebesar 0,69 % untuk nutrisi sebesar 1300 ppm. Sedangkan nilai terkecil sebesar 0,082 % untuk nutrisi sebesar 1700 ppm.



Gambar 16. Grafik Pengujian Ke-1 Perbandingan Pengukuran Kandungan Nutrisi dengan metode matematik dan *fuzzy* terhadap nilai sebenarnya (Aktual).



Gambar 17. Grafik Pengujian Ke-2 Perbandingan Pengukuran Kandungan Nutrisi dengan metode matematik dan *fuzzy* terhadap nilai sebenarnya (Aktual).



Gambar 18. Grafik Pengujian Ke-3 Perbandingan Pengukuran Kandungan Nutrisi dengan metode matematik dan *fuzzy* terhadap nilai sebenarnya (Aktual).

Gambar 16 sampai gambar 17 menggambar grafik dengan perbandingan hasil pengukuran dengan metode pengukuran matematik, *fuzzy logic* dan nilai sebenarnya (aktual). Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pengukuran dengan metode *fuzzy logic* selalu mendekati terhadap nilai pengukuran sebenarnya (aktual), sedangkan pengukuran dengan metode matematik memiliki beberapa pengukuran yang cenderung menjauhi dari nilai sebenarnya (aktual). Hal ini terlihat pada hasil pengukuran *fuzzy logic* selalu tumpang

tindih dengan titik pengukuran nilai sebenarnya (aktual).

Berdasarkan hasil ketiga pengujian, dapat diamati bahwa pengujian dengan menggunakan metode *fuzzy logic* lebih mendekati dengan nilai sebenarnya dibandingkan dengan menggunakan metode matematik persamaan *linier*. Bila ketiga nilai *error* pada pengujian dirata-ratakan maka nilai *error* rerata pada pengujian dengan menggunakan metode *fuzzy logic* sebesar 0,506 %. Sedangkan, *error* rerata pada pengujian dengan menggunakan metode matematik sebesar 7,73 %. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa alat ukur kadar nutrisi dengan metode *fuzzy logic* lebih baik dibandingkan dengan metode matematik persamaan *linier*. Hal ini dikarenakan metode *linier* hanya dapat memrepresentasikan *output* dengan akurat jika perubahan *input* berubah secara *linier*, sedangkan perubahan nilai *input* (tegangan) pada tiap penambahan jumlah nutrisi tidak selalu sama. Hal ini menyebabkan metode matematik persamaan *linier* memiliki *error* yang cukup besar. Sedangkan *fuzzy logic* mampu memetakan *output* terhadap *input* bahkan dengan keadaan *nonlinier* yang kompleks sekalipun. Hal ini sejalan dengan pendapat Kusumadewi dan Hartati (2010), bahwa *fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi-fungsi *nonlinear* yang sangat kompleks.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dihasilkan alat ukur nutrisi pada media tanam hidroponik dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.
2. Alat ukur nutrisi pada media tanam hidroponik dengan menggunakan metode *fuzzy logic* lebih akurat dibandingkan menggunakan metode matematika persamaan *linier*

DAFTAR PUSTAKA

- Bolton, W. 2004. William Bolton *Programmable Logic Controller (PLC) Sebuah Pengantar Edisi Ketiga*. Erlangga; Jakarta.
- Hendra, H.A. dan A. Andoko, 2014. *Bertanam Sayuran Hidroponik Ala Paktani Hydrofram*. PT. AgroMedia Pustaka; Jakarta Selatan.
- Kusumadewi, S. dan Hartati. S., 2010. *Neuro-Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf Edisi*. Graha Ilmu; Yogyakarta.
- Roidah, I.S., 2014. *Pemanfaatan Lahan Dengan Menggunakan Sistem Hidroponik*. Jurnal Universitas Tulungagung Bonorowo. Vol. 1.No.2.
- Suhata, 2005. *VB sebagai Pusat kendali peralatan elektronika*. PT. Elex Media komputindo; Jakarta.
- Syah, H., 2015. *Penerapan Fuzzy Logic Pada Alat Ukur Kadar Air Tanam Multisensor*. Unhas; Makassar.