

RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL LOGIKA FUZZY PADA PENGATURAN KONSENTRASI NUTRISI HIDROPONIK DENGAN METODA PENGAIRAN NUTRIENT FILM TECHNIQUE

DESIGN OF FUZZY LOGIC CONTROLLER FOR CONTROLLING HYDROPONIC NUTRITIONS WITH NUTRIENT FILM TECHNIQUE CULTIVATION METHODE

Shelvy Adila El Safura¹, M.Ramdlan Kirom, S.Si, M.Si.², Dr.Eng.Asep Suhendi, S.Si, M.Si³.

^{1,2,3} Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.

¹shelvyadila93@gmail.com, ²jakasantang@gmail.com, ³asepsuhendi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pada teknik budaya hidroponik dengan metoda pengairan NFT (Nutrient Film Technique) pemupukan dilakukan pada bak nutrisi kemudian dialirkan keseluruhan tanaman. Larutan nutrisi hidroponik tersebut mengandung semua unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman agar tercapai pertumbuhan yang baik. Nutrisi yang diperlukan terdiri dari unsur makro dan mikro. Unsur makro yang dibutuhkan tanaman hidroponik terdiri atas unsur N, K, Ca, dan Fe sedangkan unsur mikro yang diperlukan terdiri atas unsur P, Mg, S, B, Mn, Cu, Na, Mo, dan Zn. Kadar nutrisi akan berubah seiring dengan pertumbuhan tanaman hidroponik. Larutan nutrisi harus diatur kadarnya dan pada air kadar nutrisi akan berkurang setiap kali penyerapan oleh tanaman maupun penguapan yang disebabkan oleh suhu udara. Umumnya nutrisi dikontrol secara manual dengan mengukur kadar nutrisi pada bak menggunakan TDS (Total Dissolved Solid) meter pada waktu tertentu dan menambahkan kadar nutrisi sesuai dengan yang dibutuhkan. Kekurangan dari kontrol nutrisi secara manual tersebut adalah tidak diketahui waktu secara pasti kadar nutrisi sudah mulai berkurang, oleh karena itu perlu dibuat suatu sistem kontrol otomatis yang dapat memonitoring sistem hidroponik tersebut.

Metode fuzzy logic controller dapat diaplikasikan untuk mempertahankan nilai EC selama proses pengujian. Terbukti dengan diperolehnya data pada pengujian pertama yakni proses menurunkan nilai EC dan level diperoleh rise time (EC) = 760 detik (12,60 menit), rise time (level) = 720 detik (12 menit), settling time (EC) = 997,5 detik (16,25 menit), settling time (level) = 945 detik (15,75 menit), peak time (EC) = 1050 detik (17,5 menit), % Overshoot (EC) = 1.0013, error steady state (EC) = 0,2 %, error steady state (level) = 0,3 %. Sedangkan pada saat sistem kontrol diberikan set point EC dan level di atas level aktual pada tanki pencampuran memiliki respon rise time (EC) = 560 detik (9,33 menit), rise time (level) = 600 detik (10 menit), settling time (EC) = 735 detik (12,25 menit), settling time (level) = 787,5 detik (13,21 menit), error steady state (EC) = 0,06 %, error steady state (level) = 0,307 %.

Kata kunci : Hidroponik, Nutrient Film Technique, *electrical conductivity*, dan *fuzzy logic*

Abstract

In hydroponic culture techniques with watering method NFT (Nutrient Film Technique) fertilization done on the tub of nutrients and then flowed throughout the plant. The hydroponic nutrient solution contains all the nutrients needed by plants to achieve good growth. Nutrition required consists of macro and micro elements. The macro element required by hydroponic plants consists of elements N, K, Ca, and Fe while the required micro elements consist of elements P, Mg, S, B, Mn, Cu, Na, Mo, and Zn. Nutritional levels will change along with the growth of hydroponics plants. The nutrient solution should be regulated and the water content of the nutrients will be reduced each time the absorption by the plant or evaporation caused by air temperature. Generally, nutrients are controlled manually by measuring the nutritional content of the tub using TDS (Total Dissolved Solid) meters at a given time and adding the required nutritional levels. The deficiency of nutritional control manually is not known when the exact level of nutrients has begun to decrease, therefore need to create an automatic control system that can monitor the hydroponic system.

The fuzzy logic controller method can be applied to maintain the EC value during the test process. Proven with the data obtained at the first test of the process of lowering the EC value and the level obtained rise time (EC) = 760 seconds (12.60 minutes), rise time (level) = 720 seconds (12 minutes), settling time (EC) = 997,5 seconds (16.25 minutes), settling time (level) = 945 seconds (15.75 minutes), peak time (EC) = 1050 seconds (17.5 minutes), % Overshoot (EC) = 1.0013, steady error state (EC) = 0.2%, steady state error (level) = 0.3%. While the control system is given the EC point set and the level above the actual level in the mixing tank has a rise time response (EC) = 560 seconds (9.33 minutes), rise time (level) = 600 seconds (10 minutes), settling time (Steady state (EC) = 0.06%, steady state error (level) = 0.307 (720 seconds (12.25 minutes), settling time (level) = 787.5 seconds (13.21 minutes) %.

Keyword : Hydroponic, Nutrient Film Technique, Electrical Conductivity, and Fuzzy Logic

1. Pendahuluan

Pada teknik budaya hidroponik dengan metoda pengairan NFT (*Nutrient Film Technique*) pemupukan dilakukan pada bak nutrisi kemudian dialirkan keseluruh tanaman. Larutan nutrisi hidroponik tersebut mengandung semua unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman agar tercapai pertumbuhan yang baik. Nutrisi yang diperlukan terdiri dari unsur makro dan mikro. Unsur makro yang dibutuhkan tanaman hidroponik terdiri atas unsur N, K, Ca, dan Fe sedangkan unsur mikro yang diperlukan terdiri atas unsur P, Mg, S, B, Mn, Cu, Na, Mo, dan Zn. Kadar nutrisi akan berubah seiring dengan pertumbuhan tanaman hidroponik. Larutan nutrisi harus diatur kadarnya dan pada air kadar nutrisi akan berkurang setiap kali penyerapan oleh tanaman maupun penguapan yang disebabkan oleh suhu udara. Umumnya nutrisi dikontrol secara manual dengan mengukur kadar nutrisi pada bak menggunakan TDS (*Total Dissolved Solid*) meter pada waktu tertentu dan menambahkan kadar nutrisi sesuai dengan yang dibutuhkan. Kekurangan dari kontrol nutrisi secara manual tersebut adalah tidak diketahui waktu secara pasti kadar nutrisi sudah mulai berkurang [2].

Dari latar belakang tersebut lahirlah ide untuk mengembangkan sistem kontrol tersebut dengan mengganti aktuator dari pompa menjadi DC *water pump* 12 volt agar tidak perlu lagi menggunakan kontrol *ON-OFF* tetapi menggunakan kontrol *fuzzy* berbasis PWM (*Pulse Width Modulation*). Adapun kelebihan dari sistem kendali *fuzzy* adalah kemampuannya untuk melakukan proses pengendalian dengan mengikuti pendekatan secara linguistik dan dalam aksi kontrolnya tidak tergantung pada variabel – variabel proses kendali. Sistem kendali *fuzzy* berbasis PWM akan melakukan proses pengendalian nilai PWM sesuai dengan kondisi *error* nilai EC (*Electrical Conductivity*) dan *level*/ketinggian fluida pada bak pencampuran hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*).

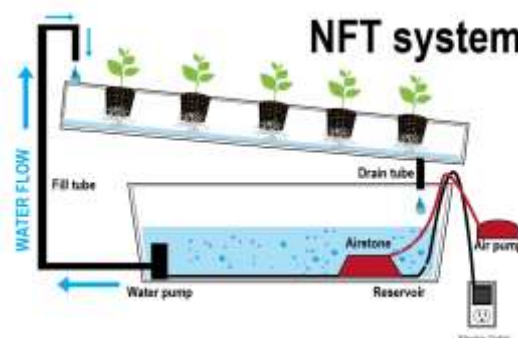
2. Dasar Teori

2.1 Sistem Hidroponik *Nutrient Film Technique*

Kata hidroponik pertama kali dikenalkan oleh Dr. W.F. Gericke pada tahun 1936 untuk mendeskripsikan metoda penanaman dalam campuran antara air dan nutrisi terlarut baik untuk tanaman yang dikonsumsi maupun tanaman hias. Hidroponik merupakan suatu metoda bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah sebagai media penanamannya melainkan menggunakan air, kerikil, pasir, sabut kelapa, zat silikat, pecahan batu karang atau batu bata, potongan kayu, dan busa. Sistem hidroponik biasanya digunakan untuk menanam tanaman hortikultura seperti sayuran ataupun buah [4]. Kelebihan metode hidroponik dibandingkan dengan metoda biasa yang menggunakan tanah yakni :

- Nutrisi dapat diatur sesuai kebutuhan, berbeda dengan menggunakan tanah nutrisi sulit untuk diatur.
- Tidak memerlukan lahan yang luas seperti halnya penanaman menggunakan tanah.
- Sistem ini dapat diaplikasikan pada daerah dengan tipe tanah tidak sesuai untuk menanam seperti tanah bertoksik atau di padang pasir.
- Tidak perlu menyiram dan mencangkul
- Sayur-sayuran dapat cepat tumbuh dan hasilnya memiliki kualitas unggul.

Salah satu metode budidaya hidroponik adalah dengan menggunakan sistem pengairan NFT (*Nutrient Film Technique*). NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan salah satu metode sistem pengairan hidroponik yang menggunakan *film* larutan nutrisi dan tersirkulasi. *Film* atau lapisan tipis tersebut berupa lapisan nutrisi setebal 1-3 mm, dipompa dan dialirkan melewati akar tanaman secara terus menerus dengan kecepatan aliran tertentu. Larutan nutrisi tersebut disirkulasikan dan digunakan ulang selama 24 jam atau diatur pada waktu-waktu tertentu sesuai dengan kebutuhan. Keuntungan dari sistem pengairan NFT yakni tanaman dapat memperoleh unsur hara, air, dan oksigen yang cukup.



Gambar 2. 1 Tanaman hidroponik dengan metoda pengairan NFT

2.2 Nutrisi Tanaman Hidroponik Dan Konduktivitas Listrik (EC)

Tanaman membutuhkan 16 jenis unsur hara untuk pertumbuhan yang berasal dari udara, air, dan pupuk. Unsur-unsur tersebut adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo) dan khlorin (Cl). Unsur-unsur C, H dan O biasanya disuplai dari udara dan air dalam jumlah yang cukup. Unsur hara lainnya didapatkan melalui pemupukan atau larutan nutrisi.

Unsur-unsur nutrisi penting dapat digolongkan ke dalam tiga kelompok berdasarkan kecepatan hilangnya dari larutan (Bugbee 2003). Kelompok pertama adalah unsur-unsur yang secara aktif diserap oleh akar dan hilang dari larutan dalam beberapa jam yaitu N, P, K dan Mn. Kelompok kedua adalah unsur-unsur yang mempunyai tingkat serapannya sedang dan biasanya hilang dari larutan agak lebih cepat daripada air yang hilang (Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mo, Cl). Kelompok ketiga adalah unsur-unsur yang secara pasif diserap dari larutan dan sering bertumpuk dalam larutan (Ca dan B).

Salah satu jenis pupuk yang digunakan tanaman hidroponik adalah AB mix (*fertimix*). AB mix dikemas menjadi 2 bagian yaitu kemasan nutrisi A dan kemasan nutrisi B dalam bentuk padat (kristal bubuk). Sebelum pupuk tersebut diaplikasikan pada tanaman hidroponik, terlebih dahulu pupuk tersebut masing-masing dicampurkan air sebanyak 1000 ml sehingga diperoleh pekatan A dan pekatan B. Setelah diperoleh larutan pekatan/konsentrat maka dilakukan proses pengenceran dengan mencampurkan sejumlah tertentu dari kedua konsentrat tersebut kedalam air sesuai dengan yang dibutuhkan oleh tanaman hidroponik [3].

2.3 Fuzzy Logic Controller

Dalam kamus *Oxford*, istilah *fuzzy* didefinisikan sebagai *blurred* (kabur atau remang-remang), *indistinct* (tidak jelas), *imprecisely defined* (didefinisikan secara tidak presisi), *confused* (membingungkan), *vague* (tidak jelas). Logika *fuzzy* yang pertama kali diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh Juli 1965 untuk menyatakan kelompok atau himpunan yang dapat dibedakan dengan himpunan lain berdasarkan derajat keanggotaan dengan batasan yang tidak begitu jelas (samar), tidak seperti himpunan klasik yang membedakan keanggotaan himpunan menjadi dua, himpunan anggota atau bukan anggota. Logika *fuzzy* memiliki derajat keanggotaan diantara nilai rentang 0 (nol) hingga 1(satu), berbeda dengan logika digital yang hanya memiliki dua nilai yaitu 1(satu) atau 0 (nol). Logika *fuzzy* digunakan untuk menerjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan bahasa (*linguistic*), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat dan sangat cepat. Secara umum dalam sistem logika *fuzzy* terdapat empat buah elemen dasar, yaitu:

- Basis kaidah (*rule base*), yang berisi aturan-aturan secara linguistik yang bersumber dari para pakar;
- Suatu mekanisme pengambilan keputusan (*inference engine*), yang memperagakan bagaimana para pakar mengambil suatu keputusan dengan menerapkan pengetahuan (*knowledge*);
- Proses fuzzifikasi (*fuzzification*), yang mengubah besaran tegas (*crisp*) ke besaran *fuzzy*;
- Proses defuzzifikasi (*defuzzification*), yang mengubah besaran *fuzzy* hasil dari *inference engine*, menjadi besaran tegas (*crisp*).

Fuzzy set merupakan dasar dari *fuzzy logic* dan *fuzzy system*. Himpunan yang membedakan anggota dan non anggotanya dengan batasan yang jelas disebut *crisp set*. Misalnya, jika $C = \{x|x \text{ integer}, x > 2\}$, maka anggota C adalah 3, 4, 5, dan seterusnya. Sedangkan yang bukan anggota C adalah 2, 1, 0, -1, dan seterusnya. Misalkan U adalah *universe* (semesta) objek dan x adalah anggota U . Suatu *fuzzy set* A di U didefinisikan sebagai suatu fungsi keanggotaan $\mu_A(x)$, yang memetakan setiap objek di U menjadi suatu nilai *real* dalam interval $[0,1]$. Nilai-nilai $\mu_A(x)$ menyatakan derajat keanggotaan x di dalam A .

Variabel linguistic adalah suatu *interval numeric* dan mempunyai nilai-nilai *linguistic*, yang semantiknya didefinisikan oleh fungsi keanggotaannya. Suatu sistem berbasis aturan *fuzzy* yang lengkap terdiri dari tiga komponen utama yakni fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) ke dalam bentuk *fuzzy input*, yang berupa nilai *linguistic* yang semantiknya ditentukan berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. Inferensi melakukan penalaran menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan *fuzzy output*. Sedangkan defuzzifikasi mengubah *fuzzy output* menjadi *crisp rule* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan.

2.4 Sensor Electrical Conductivity

Pengukuran konsentrasi nutrisi hidroponik dilakukan dengan menggunakan elektroda *electrical conductivity*. Elektroda ini memonitor perubahan nutrisi di dalam bak pencampuran nutrisi tanaman hidroponik. Prinsip kerja *electrical conductivity* adalah mengukur nilai konduktivitas listrik dalam suatu larutan/cairan dimana nilai konduktivitas tersebut dijadikan nilai referensi atas jumlah ion serta konsentrasi padatan terlarut didalam suatu larutan. Satuan dari *electrical conductivity* dalam SI (Standar Internasional) adalah S/m (*Siemens per metre*) [7]. Pada penelitian tugas akhir akan digunakan sensor *electrical conductivity* SKU:DFR00300 jenis analog yang sudah tergabung dengan modul arduino.

2.5 Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi perubahan besaran fisis berupa ketinggian/kedalaman suatu objek berdasarkan transmisi gelombang ultrasonik yang dipantulkan oleh suatu benda dan mengubahnya menjadi suatu besaran listrik yang dapat diukur. Lamanya waktu pantulan suatu benda berdasarkan pada tingkat kedalaman/posisi dari benda tersebut. Semakin lama waktu pantulan semakin jauh

posisi benda tersebut. Sensor ultrasonik yang digunakan dalam penelitian tugas akhir adalah sensor ultrasonik PING Parallax.

2.6 DC Water Pump 12 Volt

Dalam sistem kontrol, diperlukan aktuator sebagai sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Pada penelitian tugas akhir ini, aktuator yang digunakan adalah DC Water Pump 12V seperti yang tercantum pada gambar 2.8 dibawah ini :



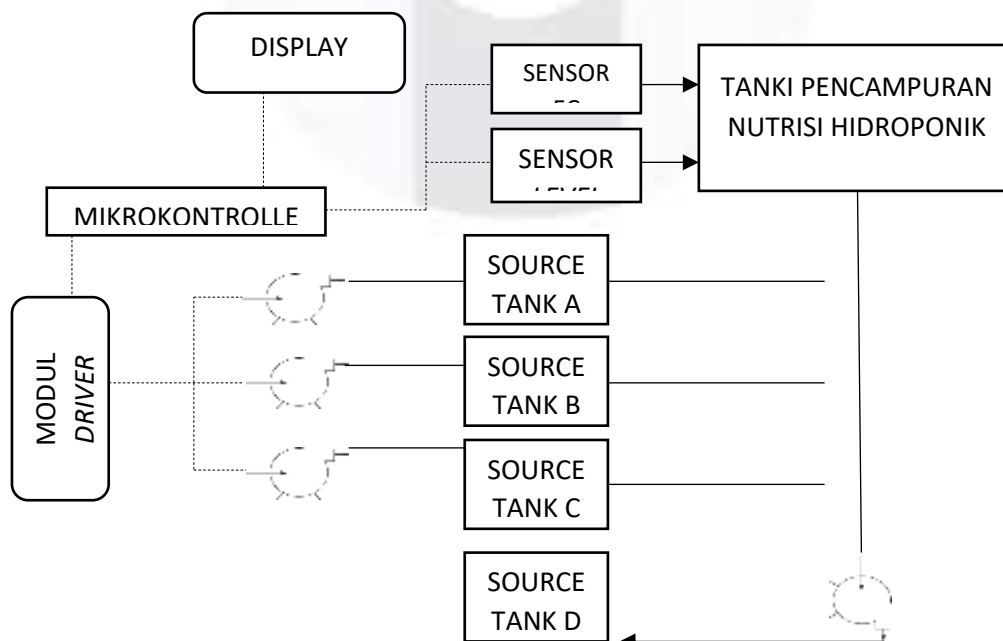
Gambar 2.2 DC Water Pump 12V

DC Water Pump 12V tersebut memiliki tegangan kerja dari 3-12 volt dan dapat memompa air hingga sejauh 3 meter. DC Water Pump tersebut akan dipasang sebagai pemompa nutrisi dan air pada tanki nutrisi dan tanki air

3. Pembahasan

3.1 Rancangan Penelitian

Perancangan sistem kontrol konsentrasi nutrisi hidroponik bertujuan untuk memudahkan pengguna dalam memonitoring jumlah nutrisi hidroponik dan juga dapat meningkatkan efisiensi sistem pengairan nutrisi hidroponik. Perancangan sistem kontrol konsentrasi nutrisi hidroponik ini secara garis besar memiliki mekanisme proses kontrol seperti yang tertera pada gambar 3.2. Berdasarkan gambar tersebut terdapat 4 buah tanki, 1 buah bak pencampuran nutrisi, dan 1 buah modul pengontrol. Tanki A, B, dan C dipasang aktuator berupa pompa motor DC 12 volt. Pada bak pencampuran nutrisi dipasang sensor ec (*electrical conductivity*) SKU:DFR0300, sensor PING Parallax sebagai sensor *level*, dan aktuator pompa motor DC 12 volt. Setiap tanki memiliki fungsi masing-masing. Tanki A berfungsi sebagai penyuplai air untuk proses simulasi penurunan jumlah nutrisi akibat serapan nitrogen oleh tanaman. Tanki B berfungsi sebagai penampung dan penyuplai nutrisi AB mix. Tanki C berfungsi sebagai penyuplai air selama proses kontrol. Sedangkan Tanki D berfungsi sebagai penampung kelebihan larutan di dalam bak pencampuran nutrisi.



Gambar 3.1 Mekanisme Sistem Kontrol Konsentrasi Nutrisi Hidroponik NFT

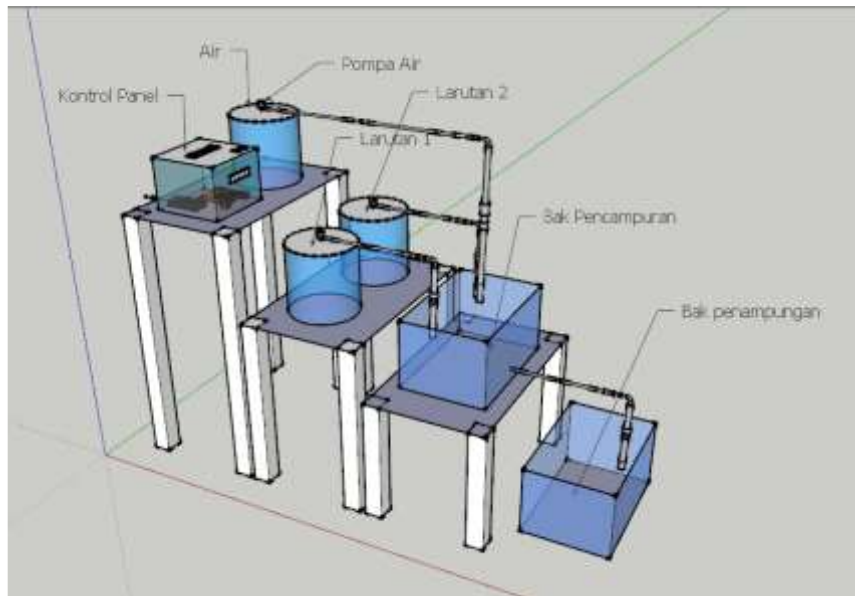
3.2 Design Sistem Mekanik

Desain sistem mekanik untuk sistem kontrol dibuat dengan menggunakan software *Sketchup Make 2017* dengan spesifikasi alat tertera pada tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Rancangan Mekanik Sistem Kontrol

Komponen	Spesifikasi
Source Tank A, B, C, & D	Silinder dengan diameter = 14.5 cm dan tinggi = 17 cm
Panel Kontrol	Box akrilik ukuran 20 cm x 12,5 cm x 16 cm
Tanki Pencampuran	Box plastik ukuran 34 cm x 24 cm x 20 cm

Berikut adalah desain mekanik untuk sistem kontrol logika *fuzzy* pada pengaturan konsentrasi nutrisi hidroponik :



Gambar 3.2 Desain mekanik sistem kontrol

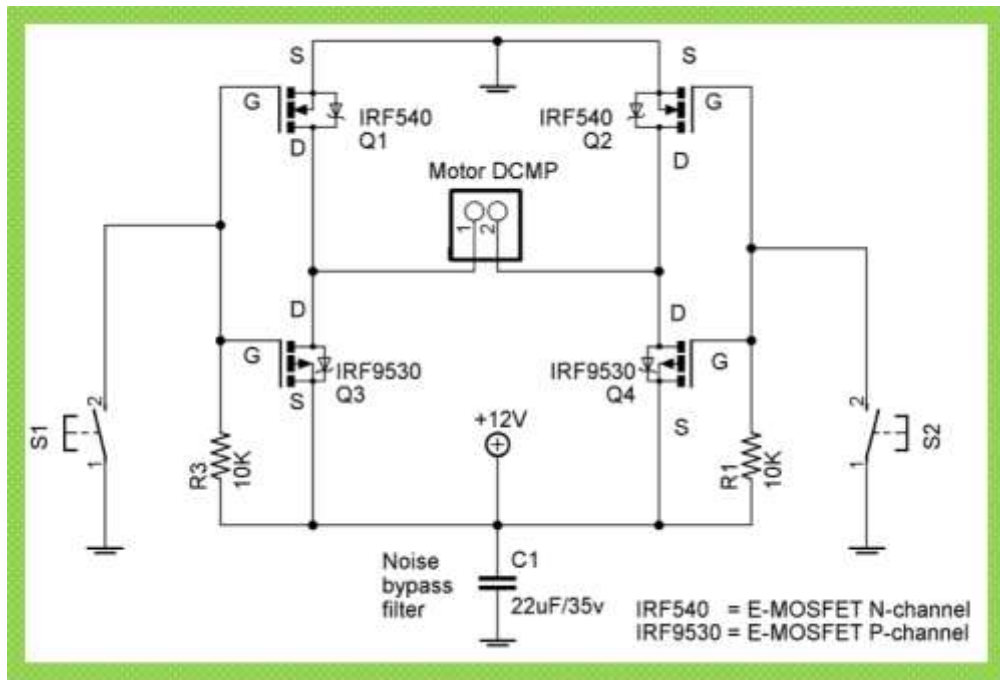
Berdasarkan gambar 32 terdapat beberapa komponen dalam perancangan mekanik sistem kontrol logika *fuzzy* untuk pengaturan konsentrasi nutrisi hidroponik sebagai berikut :

1. Kotak panel kontrol berfungsi sebagai *interface* antara sistem kontrol terhadap pengguna. Panel tersebut nantinya akan memuat LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai display yang akan menunjukkan kondisi saat pengontrolan berlangsung. Selain itu terdapat tombol berupa *keypad* yang berfungsi sebagai antarmuka *input* Panel juga dilengkapi tombol power yang berfungsi sebagai saklar.
2. Sensor untuk nutrisi akan digunakan sensor *ec* (*electrical conductivity*). Pemasangan sensor ini akan dipasang menempel dibagian pinggir bak pencampuran.
3. Sensor *level* yang digunakan adalah sensor ultrasonik dengan jenis *PING Parallax*. Sensor ultrasonik dipasang pada tanki pencampuran berfungsi sebagai indikator *level* cairan pada tanki tersebut.
4. DC *Water Pump* 12V merupakan aktuator yang akan dipasang pada tanki nutrisi dan tanki air. Fungsi dari pemasangan aktuator ini adalah untuk mengontrol jumlah *supply* nutrisi/air sesuai dengan perintah dari sistem kontrol.

3.3 Design Sistem Elektrik

a. Driver MOSFET

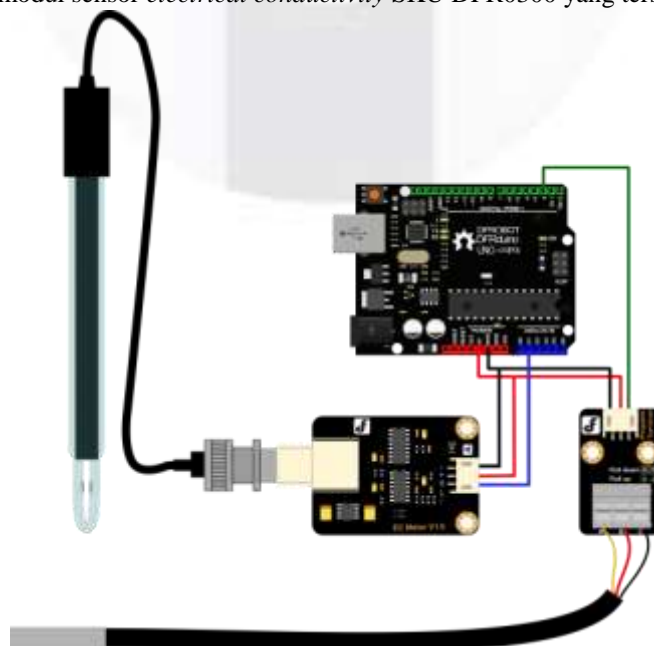
Driver MOSFET yang digunakan pada penelitian berfungsi sebagai *Driver* pompa motor DC 12 volt dengan arus yang cukup besar (lebih dari 1 *Ampere*) dan tegangan kerja yang juga cukup besar. *Driver MOSFET* dapat mengubah arah putaran dan juga kecepatan putar (dengan metode PWM). *Driver* motor ini akan digunakan sebagai sumber tegangan untuk DC *Water Pump* 12V. Berikut adalah skema rangkaian *Driver* motor :



Gambar 3.3 Skematik Driver MOSFET

b. Modul *Electrical Conductivity*

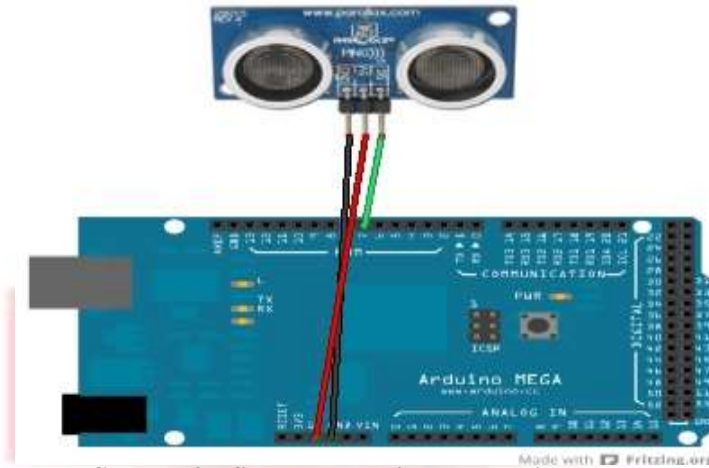
Bagian elektroda dari sensor *electrical conductivity* akan dipasang pada bak pencampuran nutrisi. Elektroda ini dihubungkan rangkaian pembaca (modul) *electrical conductivity*. Modul sensor *electrical conductivity* tersebut berisi rangkaian pengkondisian sinyal berupa penguat tegangan dan rangkaian filter. Modul tersebut kemudian dihubungkan pada pin analog dari arduino. Berdasarkan gambar 3.7 pin sumber pada modul ec akan dihubungkan pada *source* 5 volt arduino sedangkan *ground* modul ec akan dihubungkan pada pin *ground* dari arduino. Pin *output* bacaan sensor pada modul akan dihubungkan dengan salah satu pin *input* analog dari arduino. Sebelum sensor *electrical conductivity* digunakan akan dilakukan kalibrasi terhadap beberapa larutan dengan nilai ec berbeda-beda yang sebelumnya telah diukur nilai ecnya dengan EC Meter standar. Gambar 3.5 dibawah ini merupakan elektroda dan modul sensor *electrical conductivity* SKU DFR0300 yang tersambung pada arduino.



Gambar 3.4 Rangkaian modul sensor electrical conductivity

c. Sensor Level

Sensor ultrasonik bekerja dengan cara mentransmisikan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tertentu menuju benda yang dapat memantulkan gelombang tersebut, kemudian dalam selang waktu tertentu gelombang tersebut akan dipantulkan. Lama waktu pemantulan tersebut dapat dihitung sebagai jarak/level/ketinggian dari suatu benda. Sensor ultrasonik yang akan digunakan pada penelitian adalah sensor ultrasonik PING Parallax. Sensor ini memiliki 3 pin yaitu pin 5v, pin *ground*, dan pin SIG (*Signal Input/Output*). Skema pemasangan pin sensor ping sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.8 dibawah ini



Gambar 3.5 Skema rangkaian sensor Ping Parallax

3.4 Design Logika Fuzzy

Sistem kontrol *fuzzy* pada penelitian dirancang untuk mampu mempertahankan nilai set point ec maupun *level* yang pengguna berikan baik pada saat proses kontrol diterapkan pada tanaman hidroponik. *Output* dari logika *fuzzy* akan digunakan untuk mengontrol nilai PWM (*Pulse Widht Modulation*) yang dihasilkan agar aktuator dapat memberikan aksi kontrol yang sesuai. Proses perancangan logika *fuzzy* terdiri dari 3 tahap yakni fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi

3.5 Pembahasan Data

a. Data Simulasi

Tabel 3.5 Jumlah Tanaman yang Menyebabkan Variasi Gradien Selama Simulasi

Fase	Gradien Simulasi	Gradien 1 Tanaman Tomat	Rasio	Jumlah Tanaman (1 x Rasio)
1	2,3244	0,0983	23,64	± 24
2	3,1389	0,1764	17,79	± 18
3	2,3362	0,1173	19,91	± 20

b. Data Kontrol

Pada simulasi penurunan EC akibat serapan nitrogen di fase ketiga yakni saat set point EC 1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, terdapat overshoot sebesar 25,41 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Hal ini terjadi karena sensor EC jenis SKU:DFR0300 memerlukan waktu untuk stabil membaca nilai EC. Diperlukan setidaknya 30 kali pembacaan sebelum sensor tersebut dapat membaca nilai EC dengan stabil. Selain itu, pemakaian sensor secara terus menerus juga mengakibatkan bacaan sensor semakin lama menjadi tidak stabil karena pada dasarnya sensor ini diciptakan untuk keperluan lab yang kebersihan elektrodanya harus selalu terjaga agar umur sensor tersebut menjadi lebih lama.

4. Kesimpulan

1. Penelitian ini berhasil merealisasikan rancangan sistem kontrol berbasis logika *fuzzy* yang dibuktikan dengan proses pengujian yang cukup baik
2. Metode *fuzzy logic controller* dapat diaplikasikan untuk mempertahankan nilai EC selama proses pengujian. Terbukti dengan diperolehnya data pada pengujian pertama yakni proses menurunkan nilai EC dan level diperoleh *rise time* (EC) = 760 detik (12,60 menit), *rise time* (level) = 720 detik (12 menit), *settling time* (EC) = 997,5 detik (16,25 menit), *settling time* (level) = 945 detik (15,75 menit), *peak time* (EC) = 1050 detik (17,5 menit), % *Overshoot* (EC) = 1.0013, *error steady state* (EC) = 0,2 %, *error steady state* (level) = 0,3 %. Sedangkan pada saat sistem kontrol diberikan set pont EC dan level di atas level aktual pada tanki pencampuran memiliki respon *rise time* (EC) = 560 detik (9,33 menit), *rise time*

(level) = 600 detik (10 menit), *settling time* (EC) = 735 detik (12,25 menit), *settling time* (level) = 787,5 detik (13,21 menit), *error steady state* (EC) = 0,06 %, *error steady state* (level) = 0,307 %.

Daftar Pustaka

- [1] Suhardiyanto, Herry. *Teknologi Hidroponik Untuk Budidaya Tanaman*. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- [2] Rosliani, Rini. Sumarni, Nani. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran Dengan Sistem Hidroponik*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Holtikultura Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- [3] Rauf Ibrahim, M. Naufal. 2015. *Desain Sistem Kontrol Otomatik Larutan Nutrisi Berbasis Electrical Conductivity Untuk Budidaya Hidroponik Menggunakan Logika Fuzzy*. Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.
- [4] Roberto Keith. 2003. *How to Hydroponics*. [Online]. Available: <http://www.howtohydroponics.com> [Diakses 3 Maret 2017]
- [5] Weerakkody WAP, Wakui K, Nukaya A. 2011. *Plant Nutrient Uptake In Recirculation Culture Of Tomato (Keith, 2011) Under Growth Stage Based Electrical Conductivity Adjustment*. *Journal of National Science of Srilanka*. 39(2):139-147
- [6] Suyanto. 2014. *Artificial Intelligence*. Bandung: Informatika.
- [7] *Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300 Datasheet*. [Online]. Available: https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Analog_EC_Meter_SKU:DFR0300 [Diakses 3 Maret 2017].
- [8] *Ping Ultrasonic Distance Sensor Datasheet*. [Online]. Available: [28015-PING-Sensor-Product-Guide-v2.0.pdf](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Ping_Ultrasonic_Distance_Sensor_Product_Guide_v2.0.pdf) [Diakses 2 April 2017].
- [9] *DC Water Pump 12V*. [Online]. Available: https://www.alibaba.com/product-detail/DC-3-12V-Water-Pumping-Electric_1572339156.html [Diakses 2 April 2017].
- [10] *Arduino Mega Datasheet*. [Online]. Available: www.robotshop.com/content/PDF/ArduinoMega2560Datasheet.pdf [Diakses 2 April 2017]
- [11] Syahrul. 2014. *Pemrograman Mikrokontroler AVR Bahasa Assembly dan C*. Bandung : Informatika