

# Peningkatan Akurasi Konsentrasi Pemberian Pupuk Pada Sistem Hidroponik Menggunakan *Programmable Logic Controller*

Ali Sadiyoko\*, Kevin Adi Perdana, Christian Fredy Naa

Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan  
Jl. Ciumbuleuit no 94, Bandung, Indonesia 40141

## Abstrak

Hidroponik adalah sebuah metode bercocok tanam dengan menggunakan air sebagai media untuk menyimpan nutrisi (pupuk/ zat hara) yang dibutuhkan oleh tanaman. Oleh sebab itu, konsentrasi pupuk terlarut di dalam air sangat menentukan bagi pertumbuhan tanaman. Metode pengukuran pupuk terlarut di sistem hidroponik biasa dilakukan dengan mengukur nilai Electrical Conductivity (EC) dan Total Dissolved Solids (TDS) larutan. Namun, karena proses pengukuran EC dan TDS yang tidak dilakukan terus menerus, maka hal ini dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi terganggu. Pada penelitian ini, dirancang sebuah sistem kontrol konsentrasi pupuk otomatis berdasar atas nilai EC yang dapat dimonitor terus menerus. Proses kontrol konsentrasi pupuk akan dilakukan secara otomatis dengan menggunakan Programmable Logic Controller (PLC), yang dilengkapi dengan sensor TDS dan beberapa pompa. Pengukuran nilai EC dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan sebuah sensor TDS. Pengujian sistem rancangan dilakukan selama 8 hari, dimana selama masa tersebut, rancangan sistem kontrol konsentrasi pupuk otomatis ini berhasil menjaga nilai EC di antara 0,844 mS/cm hingga 1,051 mS/cm. Nilai EC standar yang diperlukan oleh tanaman selada adalah 0,8 mS/cm ~ 1,2 mS/cm. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini lebih akurat dari sistem yang menjadi referensi, yang mampu menjaga nilai EC di nilai antara 0,8 mS/cm hingga 1,2 mS/cm.

**Kata kunci:** elektrokonduktivitas; hidroponik; NFT; pemupukan; PLC; TDS

## Abstract

[Title: *Improving the Concentration Accuracy of Fertilizer Application in Hydroponic System Using PLC*] Hydroponics is a farming method using water as a medium for storing nutrients (fertilizer/nutrients). Therefore, the concentration of dissolved fertilizers in the water is crucial for plant growth. The method of measuring dissolved fertilizers in hydroponic systems is usually done by measuring the value of the EC and Total Dissolved Solids of the solution. However, because the EC and TDS measurement processes are not carried out continuously, this can result in plant growth being disrupted. In this study, an automatic fertilizer concentration control system was designed based on EC values that can be monitored continuously. The fertilizer concentration control process will be carried out automatically using a PLC, which is equipped with a TDS sensor and several pumps. EC value measurements are carried out indirectly using a TDS sensor. Testing of the design system was carried out for 8 days, during which time the design of this system managed to maintain EC values between 0.844 mS/cm to 1.051 mS/cm. The standard EC value required by lettuce plants is 0.8 mS/cm ~ 1.2 mS/cm. This shows that this system is more accurate than the reference system, which is able to maintain EC values between 0.8 mS/cm to 1.2 mS/cm.

**Keywords:** Electroconductivity (EC); hydroponic; fertilisation ; NFT ; PLC; TDS

## 1. Pendahuluan

Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan semakin terbatasnya area pertanian di area perkotaan,

kebutuhan dan harga pangan di wilayah perkotaan turut meningkat. Hal ini membuat pemerintah dan penduduk kota mulai berusaha memenuhi kebutuhan pangannya secara mandiri (Fauzy dkk., 2016; Manos & Xydis, 2019). Keterbatasan lahan di wilayah perkotaan membuat metode hidroponik menjadi salah satu metode bercocok tanam yang sesuai bagi masyarakat kota, atau yang lebih

---

\*) Penulis Korespondensi  
E-mail: alfa51@unpar.ac.id

dikenal dengan istilah *urban farming* (pertanian perkotaan). Metode hidroponik adalah metode bercocok tanam dengan menggunakan air dan tidak memerlukan lahan tanah yang luas.

Metode hidroponik ini sebenarnya sudah lama ada namun baru berkembang di Indonesia setelah pada era 80-an. Pada saat itu, Bob Sadino mendirikan pertanian hidroponik pertamanya (Susilawati, 2019). Kata “hidroponik” sendiri berasal dari bahasa Latin “*hydro*” yang berarti air dan “*ponos*” yang berarti kerja. W.F. Gericke dari University of California pada tahun 1937 pertama kali mengenalkan istilah “*hyroponics*” ini untuk menyebut teknik bertanam dengan menggunakan air (Gericke, 1937). Walaupun metode hidroponik ini tidak memerlukan tanah, metode ini masih perlu media lain untuk menahan/ menyangga tanaman agar dapat bertumbuh dengan baik. Beberapa jenis media yang sering digunakan antara lain: arang sekam, *cocopeat* (serbuk halus sabut kelapa), batang dan akar pakis, pasir, batu apung, kerikil, kapas, gabus/ *styrofoam* dan *rock wool*.

Selain berbagai jenis media tanam yang dapat digunakan, teknik menanam hidroponik ini juga memiliki beberapa sistem penanaman, seperti : sistem sumbu (*wick system*), sistem rakit apung (*water culture system*), sistem *Nutrient Film Technique (NFT system)*, sistem irigasi tetes (*drip system*), sistem pasang surut (*ebb and flow system*) serta sistem aeroponik (Susilawati, 2019). Dari beberapa teknik metode hidroponik ini, pada penelitian ini dipilih teknik NFT.

Teknik NFT diperkenalkan dan dikembangkan oleh A.J. Cooper, seorang peneliti di Glasshouse Crops Research Institute (GCRI), Inggris pada dekade 60 hingga 70-an (Saraswathy dkk., 2018; Megantoro & Ma'arif, 2020; Spensley dkk., 1978). Pada teknik NFT ini akar tanaman sedikit terendam sebagian dalam larutan (dimana terdapat larutan pupuk di dalamnya) yang bersirkulasi terus-menerus. Bagian akar hanya terendam pada ‘lapisan’ air yang sangat dangkal/ tipis (sekitar 3-5 mm). Dengan cara penempatan akar seperti ini, maka tanaman akan tetap dapat menyerap nutrisi dan zat hara yang dibutuhkan namun tidak menjadi busuk. Teknik NFT banyak diaplikasikan oleh para petani maupun penggemar hidroponik, terutama karena desainnya yang cukup sederhana. Teknik ini paling cocok diterapkan untuk membudidayakan tanaman sayur yang tumbuh cepat seperti selada daun (*Lactuca sativa*), selada Lolorosa (*L. sativa var. acephala*), selada Romaine (*L. sativa var. longifolia*), selada Butterhead (*Lactuca sativa var. capitata*), selada keriting (*L. sativa crispa*) dan lain-lain (Eridani dkk., 2017).

Agar tanaman dapat tumbuh secara optimal, maka tanaman harus diberi asupan nutrisi dan zat hara yang pas, sesuai dengan takaran yang dibutuhkan oleh tanaman tersebut pada setiap tahapan pertumbuhannya. Hingga

saat ini, pengukuran kadar nutrisi pada wadah hidroponik masih dilakukan secara manual dan pada waktu-waktu tertentu (Dyka, 2018). Proses pengukuran dan pemantauan secara manual ini dapat berakibat pada timbulnya kesalahan pengukuran (tidak sesuai dengan kondisi nyata) dan keterlambatan pemberian pupuk pada tanaman. Hal ini tentu menjadi pekerjaan yang cukup merepotkan bagi para *hobbyist/* pelaku *urban farming* yang memiliki pekerjaan lain selain bertani.

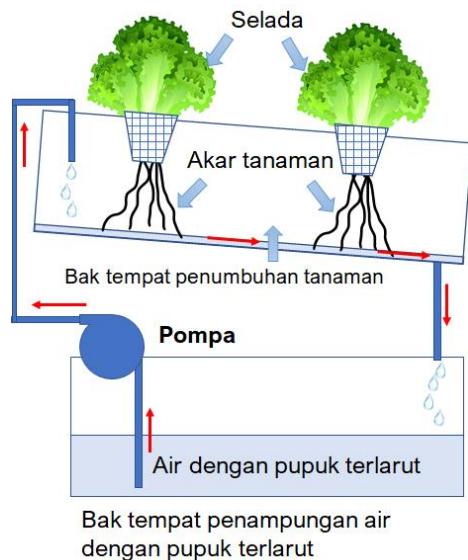
Dalam sebuah sistem hidroponik dengan metode NFT, hal penting yang perlu terus dimonitor adalah kondisi larutan yang digunakan. Larutan yang berisi nutrisi ini harus selalu mengalir dan memiliki konsentrasi nutrisi yang terkontrol. Ada beberapa parameter yang harus diperhatikan, antara lain : nilai *Electrical Conductivity (EC)*, nilai pH, nilai *Total Dissolved Solids (TDS)*, suhu air dan suhu udara serta intensitas cahaya (Alipio dkk., 2019; Amalfitano dkk., 2017; Gomez-Chabla, 2018). Pada penelitian ini, hanya 2 parameter saja akan dikontrol, yaitu parameter EC dan TDS. Hal ini dilakukan mengingat parameter EC merupakan parameter yang cukup penting dalam penumbuhan tanaman (Fuangthong & Pramokchon, 2018; Chen dkk., 2022).

Pengukuran konsentrasi pupuk pada larutan hidroponik dapat dilakukan dengan mengecek parameter EC dan TDS pada cairan tersebut, menggunakan *EC & TDS meter*. EC adalah kemampuan suatu zat dalam menghantarkan arus listrik (dinyatakan dengan satuan *mS/cm*), sedangkan TDS adalah ukuran kandungan semua zat anorganik dan organik yang terlarut dalam cairan baik dalam bentuk tersuspensi secara molekuler, terionisasi ataupun mikro-granular (dinyatakan dengan satuan *ppm*). Karena pada penelitian ini menggunakan tanaman selada (*L. sativa*), maka sistem kontrol konsentrasi pupuk yang dibuat harus mampu menjaga nilai EC pada rentang 0,8 hingga 1,2 *mS/cm*, sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Afandi (2020).

*Programmable Logic Controller (PLC)* digunakan sebagai pengendali utama sistem ini karena sistem ini akan ditempatkan di luar ruangan. PLC yang digunakan adalah PLC board JLING JL1N-14MR, yang merupakan versi *cloning* dari PLC Mitsubishi FX1N. PLC juga dipilih karena kemampuan *scalability*-nya, apabila sistem rancangan ini nanti akan dikembangkan dengan lebih banyak *input* maupun *output*.

## 2. Bahan dan Metode

Proses perancangan sistem kontrol nilai EC pada penelitian ini dimulai dengan melakukan telaah pustaka tentang sistem hidroponik terutama mengenai teknik NFT, pentingnya nilai EC dan TDS untuk pertumbuhan tanaman serta penggunaan PLC sebagai pengendali proses di industri pertanian. Langkah berikutnya adalah merancang dan membuat sebuah sistem hidroponik



Gambar 1. Ilustrasi sistem NFT

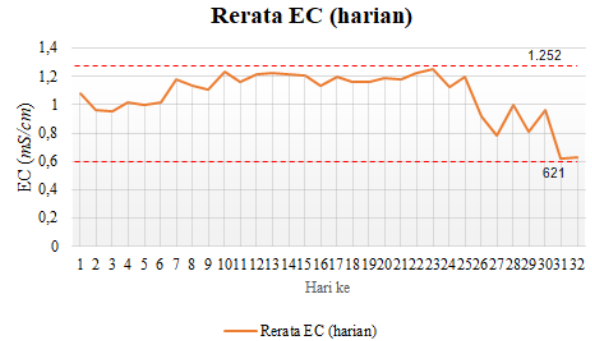
dengan teknik NFT sebagai platform uji coba. Proses perancangan sistem hidroponik pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Solidwork*.

Setelah sistem untuk uji coba selesai dibuat, maka langkah berikutnya adalah memasang beberapa pompa, sensor TDS, *power supply* dan PLC board pada sistem. Khusus untuk pemrograman PLC, digunakan perangkat lunak GX Works2 dari Mitsubishi untuk membuat *ladder diagram* yang akan diunggah ke PLC board JL1N. Setelah semua komponen sistem lengkap dan terhubung sesuai dengan rancangan awal, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada sistem, yang disertai dengan perekaman data yang diperlukan.

### 2.1 Sistem Hidroponik dengan Teknik NFT

Hidroponik adalah sebuah sistem bercocok tanam dengan memanfaatkan air sebagai media tanam pengganti tanah. Karena menggantikan peran tanah sebagai tempat penyimpanan unsur hara dan nutrisi, maka media air yang digunakan dalam sistem hidroponik harus memenuhi syarat-syarat kelengkapan unsur nutrisi dan zat hara seperti tanah. Larutan yang menjadi tempat tumbuh tanaman ini juga harus memiliki kepekatan yang tidak terlalu pekat agar tanaman dapat tumbuh optimal. Pada Gambar 1 diilustrasikan cara kerja sistem NFT.

Pada teknik NFT ini, air yang mengandung pupuk dan unsur hara lainnya dialirkan melalui rangkaian pipa dan pompa pada bak penumbuhan tanaman (Eprianda dkk., 2017). Sementara itu, proses pencampuran air dengan pupuk dilakukan di bak tempat penampungan air. Pada saat awal, pupuk dilarutkan di air dan diaduk hingga larutan stabil (tidak ada gumpalan pupuk). Larutan yang sudah stabil ini kemudian dipompa ke bak penumbuhan



Gambar 2. Hasil penelitian (Afandi, 2020)

tanaman dan diatur sedemikian rupa sehingga ketinggian air di bak penumbuhan tersebut sekitar 3 hingga 5 mm. Karena bak penumbuhan dirancang dengan sudut kemiringan tertentu (5%), maka air akan mengalir ke bak penampungan melalui pipa yang terpasang di sisi bak yang lebih rendah (bagian kanan pada Gambar 1).

Siklus ini akan berlangsung terus-menerus selama pompa diaktifkan. Untuk pupuknya sendiri, pada penelitian ini menggunakan pupuk ABMix yang sudah umum digunakan untuk bertanam dengan sistem hidroponik.

### 2.2 Electrical Conductivity dan Total Dissolved Solids

*Electrical Conductivity* (EC) adalah ukuran kemampuan/ potensi arus listrik yang akan dialirkan melalui air (Eprianda dkk., 2017). Hal ini dikenal juga sebagai konduktivitas molar (konduktivitas elektrolitik) dan diukur dalam satuan *Siemens* (S). Elektron dapat mengalir melalui air dari satu set elektroda ke elektroda lainnya bukan karena molekul air itu sendiri, tetapi karena ion-ion yang terlarut di dalam air. Ion-ion inilah yang mengangkut elektron. Ketika sebuah zat nutrisi dimasukkan ke dalam air, maka potensi konduktif molar untuk arus yang melalui air akan meningkat dan dengan demikian akan meningkat pula nilai EC.

Air murni atau air suling tidak memiliki konduktivitas listrik karena tidak mengandung mineral. Setelah mineral ditambahkan ke dalam air, garam (atau kandungan lain dalam pupuk) yang terlarut memungkinkan air menghantarkan listrik. Semakin tinggi konsentrasi garam, semakin tinggi konduktivitas listriknya. Dalam hubungannya dengan sistem hidroponik, besarnya angka EC dapat menunjukkan berapa banyak nutrisi yang ada di dalam air. Untuk sebagian besar tanaman, nilai EC yang diinginkan pada masa vegetatif adalah antara 1,2 - 1,6 mS/cm dan 1,6 - 2,4 mS/cm selama masa pembungaan, namun hal ini tetap bergantung pada jenis tanaman yang tumbuh. Untuk tanaman selada (*L sativa*), nilai EC yang diinginkan



Gambar 3. Sensor TDS yang digunakan

adalah antara 0,8 hingga 1,2  $mS/cm$  (Afandi, 2020), seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Dengan memonitor nilai EC secara rutin, maka petani/ pelaku *urban farming* dapat memperoleh gambaran yang lebih rinci tentang apa yang sebenarnya terjadi di dalam proses penyerapan pupuk/ nutrisi oleh tanaman. Nilai EC dapat berubah seiring waktu, inilah mengapa diperlukan proses pengukuran/ monitor secara teratur. Beberapa hal yang dapat terjadi berdasar perubahan nilai EC dari waktu ke waktu antara lain (Yolanda dkk., 2018): (1) Jika pengukuran EC tetap sama, ini menunjukkan bahwa tanaman menggunakan air sebanyak nutrisi yang dibutuhkan dan seimbang. Isi ulang tangki nutrisi dengan larutan dengan kekuatan yang sama untuk menjaga keseimbangan ini, tetapi periksa secara teratur untuk memastikan semuanya masih berfungsi sebagaimana mestinya; (2) Jika pengukuran EC turun, ini menandakan bahwa tanaman menggunakan lebih banyak nutrisi daripada air. Larutan nutrisi harus ditambahkan hingga kembali ke tingkat semula, dan bahkan mungkin digantikan dengan pemberian larutan nutrisi yang lebih kua; dan (3) Jika pengukuran EC naik, hal ini menandakan bahwa tanaman menggunakan lebih banyak air daripada nutrisi, dan tidak menggunakan yang seharusnya. Perlu menambahkan lebih banyak air untuk mengencerkan larutan. Ujung daun yang terbakar dan pertumbuhan yang melambat dapat menjadi tanda pemberian makanan yang berlebihan. Jika hal ini terjadi, hal ini dapat berarti larutan nutrisi yang diberikan terlalu kuat.

Nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) dalam dunia hidroponik adalah ukuran berapa banyak garam, nutrisi atau konsentrat lainnya yang ada di dalam air. TDS diukur dalam satuan *ppm* (*part per million*). Memantau nilai TDS dalam sistem hidroponik sangat penting untuk keberhasilan proses penumbuhan tanaman. Hal ini penting karena dapat memberikan informasi kapan saatnya memberi makan tanaman atau apakah tanaman

telah diberikan makan yang berlebihan. Pada penelitian ini, nilai standar TDS yang diinginkan mengikuti standar yang ditetapkan oleh Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP), yaitu pada rentang nilai 560-840 *ppm* (Wati & Sholihah, 2021).

Pada penelitian ini, pengukuran EC dilakukan secara tidak langsung, namun melalui pengukuran TDS. Hal ini dilakukan mengingat harga sensor EC yang mahal jika dibandingkan dengan harga sensor TDS. Pada saat penelitian ini dilakukan, harga sebuah sensor TDS adalah Rp. 110.000,- sedangkan sensor EC di harga Rp. 1.050.000,- dan harus diimpor. Karena tujuan akhir penelitian ini adalah sebuah produk yang nantinya dapat dijangkau/ dibeli secara luas oleh petani/ pelaku *urban farming*, maka harga komponen menjadi salah satu faktor penentu utama rancangan ini. Untuk menghubungkan nilai EC dengan nilai TDS, dapat digunakan Persamaan 1 (Rusydi, 2018).

$$EC \left[ \frac{mS}{cm} \right] = k TDS [ppm] \quad (1)$$

Untuk mendapatkan nilai TDS, pada penelitian ini digunakan sensor TDS Meter V1.0 beserta *probe*-nya, seperti diperlihatkan pada Gambar 3. Pada saat pengukuran, sensor TDS pada sistem rancangan juga dikalibrasi terlebih dahulu dengan membandingkan hasil pengukurannya pada air suling dengan alat ukur TDS dan EC digital. Hasil kalibrasi menghasilkan nilai  $k = 0,00143$ , sehingga Persamaan 1 dapat dilengkapi menjadi Persamaan 2.

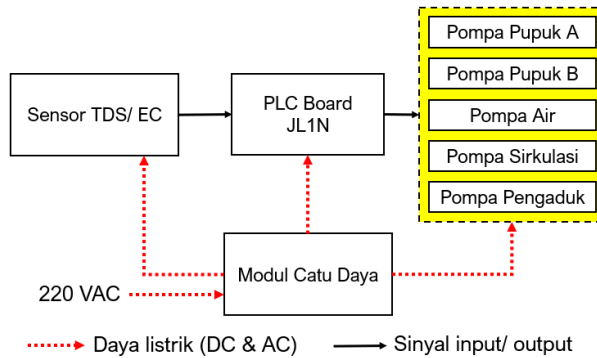
$$EC = 0,00143 TDS \quad (2)$$

Sensor TDS Meter V1.0 ini bekerja pada tegangan 3,3 ~ 5,5 V (3 ~ 6 mA) serta memiliki *output* pada rentang 0 ~ 2,3 V. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dari 0 hingga 1000 *ppm* dan memiliki nilai akurasi  $\pm 10\%$  F.S. (pada suhu 25°C).

### 2.3 Spesifikasi Sistem Rancangan

Skema rancangan sistem kontrol konsentrasi pupuk otomatis pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4. Pada Gambar 4 digambarkan bahwa konsentrasi nutrisi (pupuk) yang terlarut di larutan sistem hidroponik diukur oleh sensor TDS dan kemudian diteruskan ke PLC Board JL1N. Keluaran (*output*) dari sensor TDS berbentuk sinyal analog, sehingga harus dihubungkan dengan *terminal* masukan analog di PLC Board JL1N. Konversi nilai TDS ke nilai EC dilakukan di PLC Board yang kemudian dilanjutkan dengan proses mengaktifkan dan menonaktifkan pompa-pompa yang terhubung pada terminal keluaran PLC Board JL1N. PLC Board JL1N ini dipilih karena harganya yang cukup murah, ukurannya kecil (86 mm × 73 mm × 20 mm), memiliki 1 masukan analog, 1 keluaran analog, 12 masukan digital dan 8 keluaran digital. Ilustrasi tentang PLC Board JL1N dapat dilihat pada Gambar 5.

Pompa pupuk A, pompa pupuk B, dan pompa air bersih berfungsi sebagai pendorong air dari bak pupuk



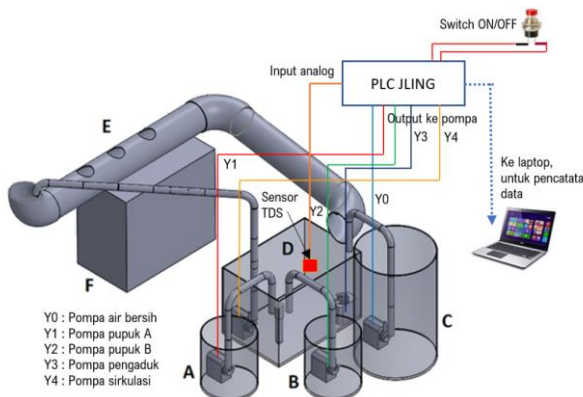
Gambar 4. Skema rancangan sistem kontrol EC

dan air bersih agar air tersebut berpindah ke bak pencampur. Setelah larutan pupuk A, pupuk B dan air berada di bak pencampur, pompa pengaduk diaktifkan untuk mulai melakukan proses pencampuran, hingga semua pupuk terlarut di dalam air. Setelah proses pencampuran selesai, pompa sirkulasi dapat diaktifkan sehingga larutan air dan pupuk yang sudah tercampur dengan baik dapat mengalir ke dalam bak penumbuhan tanaman hidroponik.

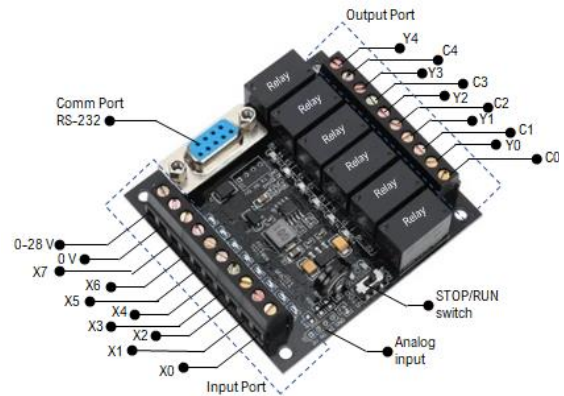
Ilustrasi rancangan akhir sistem hidroponik yang dilengkapi sistem kontrol konsentrasi pupuk otomatis pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 6. Pada Gambar 6, komponen dengan label **A**, **B** dan **C** secara beturut-turut adalah bak tempat menampung pupuk A, pupuk B dan air bersih. Bak pencampur ditandai dengan huruf **D** dan tempat penumbuhan tanaman ditandai dengan huruf **E**. Pada masing-masing komponen A, B dan C tersebut terdapat pompa untuk mengalirkan cairan di masing-masing bak ke bak pencampur (**D**). Di dalam D, selain terdapat pompa, juga terdapat sensor TDS. Komponen dengan label **F** adalah komponen *support* agar bak penumbuh terletak lebih tinggi dari bak pencampur.

### 2.4 Metode Kontrol

Metode kontrol yang digunakan pada rancangan ini adalah metode kontrol *on-off* sederhana dengan 2



Gambar 6. Rancangan sistem hidroponik



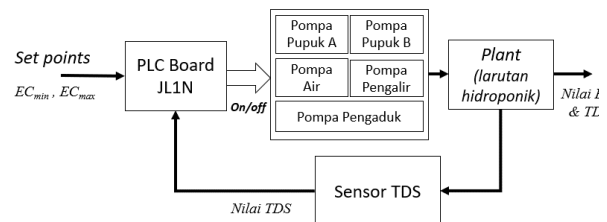
Gambar 5. PLC Board JLING JL1N-14MR

variabel *input* (nilai TDS minimum dan maksimum) dan 5 variabel kontrol (pompa). Untuk kepraktisan dan kemudahan pemrograman, maka metode kontrol ini kemudian diaplikasikan dengan menggunakan PLC. Berdasar Gambar 6, langkah berikutnya adalah menyusun sistem kontrol untuk sistem ini. Skema diagram blok dari sistem kontrol konsentrasi pupuk ini diilustrasikan pada Gambar 7.

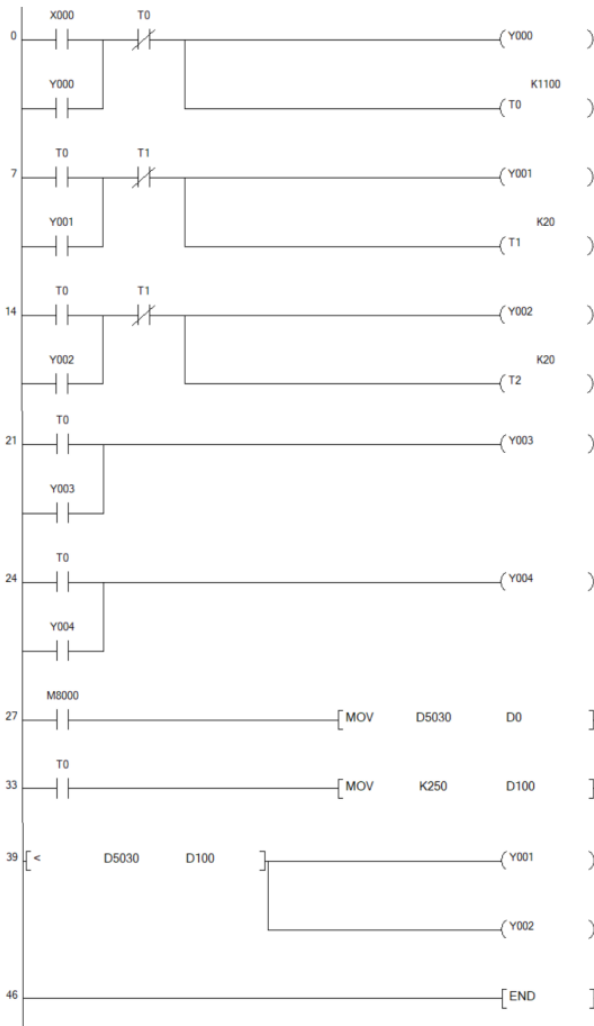
Dari Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa PLC menerima nilai EC (maksimum dan minimum) sebagai *set point* dari sistem hidroponik. PLC kemudian menyalakan salah satu pompa dan menerima nilai TDS dari sensor TDS. Di dalam PLC, nilai TDS dikonversi menjadi nilai EC, sehingga dapat dibandingkan dengan nilai *set point*. Nilai galat yang diperoleh dari perhitungan ini kemudian dijadikan panduan aksi bagi PLC untuk memberikan sinyal *on/off* ke masing-masing pompa. Pupuk yang masuk ke dalam *plant*, kemudian diaduk dan akan menghasilkan sebuah larutan dengan konsentrasi tertentu. Konsentrasi pupuk inilah yang kemudian diambil oleh sensor TDS untuk diumpanbalikkan ke PLC. Proses ini berulang lagi, hingga tercapai kondisi nilai EC di antara 0,8 hingga 1,2 *mS/cm*.

### 2.5 Cara Kerja Sistem

Cara kerja sistem kontrol konsentrasi pupuk ini diilustrasikan pada rancangan di Gambar 6. Sistem dirancang dengan prosedur kerja: (1) ketika sistem



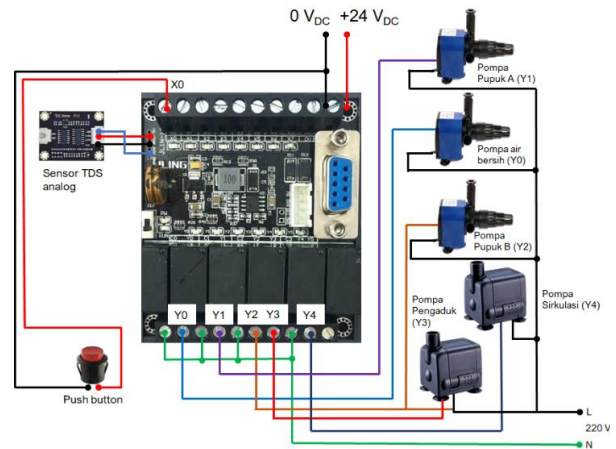
Gambar 7. Diagram blok sistem kontrol



**Gambar 8.** Diagram tangga untuk proses kontrol konsentrasi pupuk

diaktifkan, sensor TDS diaktifkan oleh PLC untuk mengukur nilai TDS pada larutan; (2) ketika tombol *push button* diaktifkan, pompa air bersih akan aktif selama 110 detik. Ketika diaktifkan, pompa air bersih ini akan mengisi bak pencampur dengan air bersih. Setelah itu, pompa pengaduk dan pompa sirkulasi akan aktif; (3) nilai TDS di larutan terus dimonitor sejak awal aktivasi. Jika nilai TDS pada air kurang dari 560 ppm (setara dengan nilai EC 0,799 mS/cm), maka pompa pupuk A dan B akan aktif hingga nilai TDS melebihi 560 ppm; (4) Jika nilai TDS sudah lebih dari 560 ppm pompa pupuk A dan pompa pupuk B akan mati.

Setelah garis besar cara kerja sistem didefinisikan, disiapkan program untuk diunggah ke PLC. Rincian program untuk proses kontrol konsentrasi pupuk dapat dicermati pada bagian selanjutnya.



**Gambar 9.** Rangkaian skematik

### 2.6 Ladder Diagram

Sebuah program dalam bentuk *ladder diagram* (diagram tangga) disusun agar PLC Board dapat bekerja dengan baik. Untuk itu, digunakan perangkat lunak GX Works2 dari Mitsubishi Electric. Diagram tangga untuk kontrol konsentrasi pupuk dapat dilihat pada Gambar 8.

Pada Gambar 8 ditunjukkan *Rung 0 – X000* yang melambungkan tombol *push button* yang akan mengaktifkan Y000 (Y0, pompa air bersih di Gambar 5) dengan Timer T0 K1100. Hal ini berarti pompa air bersih akan aktif (menyala) selama 110 detik. Setelah mencapai 110 detik, maka perintah akan berlanjut ke rung 7, 14, 21, 24, dan 33. *Rung 7 dan 14 – Timer T0* digunakan untuk mengaktifkan pompa pupuk A (Y001) dan pompa pupuk B (Y002) selama 2 detik. Hal ini dilakukan dengan mengisi nilai variabel T1 dan T2 dengan K20 (setara dengan arti menyalakan T1 atau T2 selama 2 detik). Pada *rung 21 dan 24* ditunjukkan bahwa pengaduk (Y003) dan pompa sirkulasi (Y004) diaktifkan oleh Timer T0. Pompa sirkulasi ini akan selalu aktif selama catu daya ada. Pada *rung 27* ditunjukkan perintah untuk memindahkan hasil konversi pembacaan masukan analog (tersimpan di D5030) ke *memory D0*. Selanjutnya, nilai konstanta 250 dimasukkan ke *memory D100*, seperti yang diperlihatkan pada *Rung 33*. Nilai 250 ini setara dengan nilai TDS 560 ppm, yang diperoleh dari hasil pengukuran TDS proses pencampuran pupuk A dan pupuk B ke dalam 7 liter air bersih. Nilai 250 diperoleh dari pembacaan sensor TDS analog yang terhubung ke PLC, sementara angka 560 ppm adalah hasil pembacaan alat ukur TDS digital yang dijadikan sebagai alat ukur referensi. Pada *rung 39*, nilai bacaan sensor TDS analog (di lokasi *memory D5030*) dibandingkan dengan nilai referensi yang ada di lokasi *memory D100* (nilai konstanta 250). Ketika nilai TDS yang terbaca dari sensor nilainya lebih kecil dari 250, maka Y001 (pompa pupuk A) dan Y002 (pompa pupuk B) aktif.

**Tabel 1.** Hasil pemantauan nilai TDS dan EC

Data	Hari	TDS (ppm)	EC (mS/cm)
1	1	623	0,889
2	1	591	0,844
3	2	692	0,988
4	2	694	0,991
5	3	707	1,009
6	3	708	1,011
7	4	611	0,872
8	4	643	0,918
9	5	642	0,917
10	5	667	0,952
11	6	628	0,897
12	6	670	0,957
13	7	736	1,051
14	7	685	0,978
15	8	560	0,799
16	8	580	0,828

**2.7 Rangkaian Skematik**

Seluruh komponen sensor, pompa dan kontroler yang diperlukan pada rancangan sistem kontrol konsentrasi pupuk ini, perlu disusun dalam sebuah rangkaian skematik. Rangkaian skematik untuk sistem ini dapat dilihat pada Gambar 9.

Seperti terlihat pada Gambar 9, PLC Board JL1N dicatu oleh tegangan 24 V melalui pin 10 di bagian atas PLC tersebut. Tegangan +24 V dan 0 V dicatu dari sebuah *power supply* eksternal. Tegangan 0 V dari *power supply* dihubungkan pada pin 9 PLC Board. Pin 1 sampai pin 8 bagian atas adalah terminal masukan digital X0 hingga X7. Masukan X0 akan dihubungkan ke *push button* dan pin 9. Terdapat 5 terminal keluaran digital pada PLC JL1N ini dan semuanya tersambung pada pompa-pompa yang digunakan pada sistem ini.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Setelah *platform* eksperimen siap, maka langkah berikutnya adalah menjalankan sistem kontrol konsen-

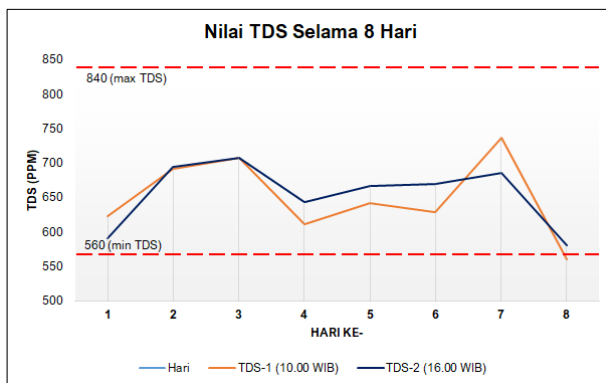
trasi pupuk ini selama 8 hari terus-menerus, serta diikuti dengan pengambilan *sample* pengukuran TDS menggunakan TDS meter digital setiap pukul 10.00 WIB dan 16.00 WIB.

Sebelum mengambil sampel, sensor TDS yang terpasang pada PLC dikalibrasi terlebih dahulu dengan TDS meter digital, hingga didapatkan pembacaan nilai yang sama di antara keduanya. Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa PLC sudah mengambil nilai TDS yang benar dari sensor TDS. Pada Tabel 1 disajikan hasil pemantauan nilai TDS dan EC yang diperoleh selama 8 hari. Nilai TDS yang diperoleh dari pengukuran dengan menggunakan TDS meter digital (kolom 3), kemudian dikonversi menjadi nilai EC (kolom 4) dengan menggunakan persamaan (2), yaitu dengan mengalikan dengan faktor 0,00143.

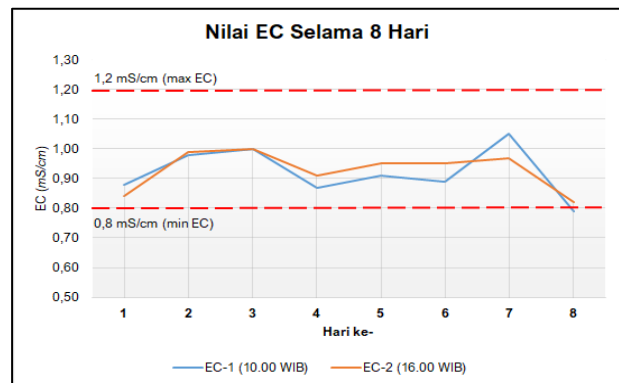
Dari hasil pengamatan yang diperoleh, dapat dilihat bahwa nilai EC dan TDS terjaga dari nilai yang ditentukan, yaitu di antara 0,8 hingga 1,2 mS/cm (Afandi, 2020) dan di antara 560 - 840 ppm (Wati & Sholihah, 2021). Berdasar Tabel 1, dapat dibuat grafik dinamika nilai TDS dan EC, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.

Pada Gambar 10, di awal percobaan, terlihat bahwa nilai TDS di pagi hari (TDS-1, jam 10.00) lebih tinggi dari nilai di sore hari. Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi penyerapan nutrisi oleh akar tanaman. Di hari kedua dan ketiga, terlihat bahwa ada kemungkinan tumbuhan tidak menyerap nutrisi dari larutan. Hal ini terlihat dari grafik TDS-1 (pagi) dan TDS-2 (sore) yang saling berhimpit. Di hari ke-4 hingga ke-7, grafik TDS-2 (sore) lebih tinggi dari grafik TDS-1 (pagi). Hal ini menunjukkan bahwa tanaman melakukan penyerapan nutrisi di malam hari.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa selama proses uji coba berlangsung, sistem kontrol berhasil menjaga nilai TDS tetap terjaga di antara nilai 560 hingga 840 ppm. Sementara itu, Gambar 11 menunjukkan bahwa sistem berhasil menjaga nilai EC di antara 0,8 hingga 1,2 mS/cm.



**Gambar 10.** Dinamika nilai TDS selama 8 hari percobaan



**Gambar 11.** Dinamika nilai EC selama 8 hari percobaan

Karena nilai EC merupakan fungsi linier dari TDS (Rusydi, 2018), maka pola grafik EC juga akan serupa dengan grafik TDS.

Berdasar hasil ini, maka pembuatan sistem kontrol konsentrasi pupuk untuk sistem hidroponik dapat dikatakan *berhasil*. Dengan membandingkan dengan nilai EC pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa sistem yang dirancang ini, tingkat akurasi pengendalian konsentrasi pupuk berhasil ditingkatkan dari 0,4 menjadi 0,207. Jangkauan nilai EC pada penelitian rujukan (Afandi, 2020), pada nilai 0,6 - 1,2 *mS/cm* dapat dipersempit (lebih akurat) dengan sistem ini dengan jangkauan nilai EC 0,844 hingga 1,051 *mS/cm*.

#### 4. Kesimpulan

Berdasar pembahasan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa rancangan sistem kontrol konsentrasi pupuk untuk platform media tanam hidroponik berbasis PLC ini berhasil dibuat, sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem berhasil menjaga nilai EC pada rentang 0,8 *mS/cm* hingga 1,051 *mS/cm*. Hal ini berarti bahwa sistem yang dirancang dapat lebih akurat dari referensi yang digunakan. Penggunaan metode Trancheon untuk pengukuran tidak langsung variabel EC dapat membantu mengurangi biaya pembelian sensor EC, mengingat harga sensor TDS hanya Rp. 110.000,- sedangkan sensor EC berharga Rp. 1.050.000,- serta masih perlu diimpor.

#### Ucapan Terima Kasih

Bersama ini tim penulis mengucapkan terimakasih kepada tim Laboratorium Sistem Kontrol dan Robotika Jurusan Teknik Elektro (konsentrasi Mekatronika), Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bantuan dan fasilitas eksperimen sehingga terlaksananya penelitian ini.

#### Daftar Pustaka

- Afandi, M. (2020). Sistem Kontrol Otomatis dan Monitoring EC Berbasis IoT untuk Pemberian Pupuk pada Tanaman Selada. *Tugas Akhir*. Universitas Jember.
- Alipio, M. I., Cruz, A. E. M. D., Doria, J. D. A., & Fruto, R. M. S. (2019). On the Design of Nutrient Film Technique Hydroponics Farm for Smart Agriculture. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 12(3), 315-324.
- Amalfitano, C. A., Del Vacchio, L. D. V., Somma, S., Cuciniello, A. C., & Caruso, G. (2017). Effects of Cultural Cycle and Nutrient Solution Electrical Conductivity on Plant Growth, Yield and Fruit Quality of 'Friariello' Pepper Grown in Hydroponics. *Horticultural Science*, 44(2), 91-98.
- Chen, C. H., Jeng, S. Y., & Lin, C. J. (2022). Fuzzy Logic Controller for Automating Electrical Conductivity and pH in Hydroponic Cultivation. *Applied Sciences*, 12(1), 405.
- Dyka, T. M. P. (2018). Pengendalian pH dan EC pada Larutan Hidroponik Tomat Ceri. Tugas Akhir. Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya.
- Eprianda, D., Suryani, A., & Prasmatiwi, F. E. (2017). Efisiensi Produksi dan Analisis Risiko Budidaya Selada Keriting Hijau dan Selada Romaine Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) di PT XYZ, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, 5(3), 242-249.
- Eridani, D., Wardhani, O., & Widiyanto, E. D. (2017). Designing and Implementing the Arduino-based Nutrition Feeding Automation System of a Prototype Scaled Nutrient Film Technique (NFT) Hydroponics Using Total Dissolved Solids (TDS) Sensor. In *2017 4th International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering* (pp. 170-175). IEEE.
- Fauzi, A. R., Ichniarsyah, A. N., & Agustin, H. (2016). Pertanian Perkotaan: Urgensi, Peranan, dan Praktik Terbaik. *Jurnal Agroteknologi*, 10(1), 49-62.
- Fuangthong, M., & Pramokchon, P. (2018). Automatic Control of Electrical Conductivity and pH Using Fuzzy Logic for Hydroponics System. In *2018 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*. 65-70.
- Gericke, W. F. (1937). Hydroponics - Crop production in liquid culture media. *Science*, 85(2198), 177-178.
- Gomez-Chabla R. Real-Aviles K. Calle K. Moran C. Gavilanez F. Arcos-Jacome D. A Monitoring System for Lettuce Cultivation in an NFT Hydroponic System: a Case Study. *Advances in Intelligent Systems and Computing V901 (2019)*: 49-58.
- Manos, D. P., & Xydis, G. (2019). Hydroponics: Are We Moving Towards that Direction Only Because of The Environment? A Discussion on Forecasting and A Systems Review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(13), 12662-12672.
- Megantoro, P., & Ma'arif, A. (2020). Nutrient Film Technique for Automatic Hydroponic System Based on Arduino. In *2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics*. 84-86. IEEE.
- Rusydi, A.F. (2018). Correlation Between Conductivity and Total Dissolved Solid in Various Type of Water: A Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 118, 012-019.
- Saraswathi, D., Manibharathy, P., Gokulnath, R., Sureshkumar, E., & Karthikeyan, K. (2018). Automation of Hydroponics Green House



- Farming Using IoT. In *2018 IEEE International Conference on System, Computation, Automation and Networking* (pp. 1-4). IEEE.
- Spensley, K., Winsor, G. W., & Cooper, A. J. (1978). Nutrient Film Technique - Crop Culture In Flowing Nutrient Solution. *Outlook on Agriculture*, 9(6), 299-305.
- Susilawati, S. (2019). *Dasar-dasar Bertanam Secara Hidroponik* (p. 187). Palembang : UNSRI Press.
- Wati, D. R., & Sholihah, W. (2021). Pengontrol pH dan Nutrisi Tanaman Selada pada Hidroponik Sistem NFT Berbasis Arduino. *Jurnal Multinetics*, 7(1), 12-21.
- Yolanda, D., Arief, L., Sundara, T. A., Deza, M., & Oktavia, D. (2018, October). Control of Electrical Conductivity for NFT Hydroponic Systems Using Fuzzy Logic and Android Environment. In *2018 International Conference on Information Technology Systems and Innovation* (pp. 508-514). IEEE.