

OTOMATISASI SISTEM CATU DAYA DAN KONTROL NUTRISI PADA METODE TANAM HIDROPONIK NFT

Surya Alimsyah, Parwito
surya_alimsyah@yahoo.com.sg, Parwitoistn09@gmail.com
Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Nasional
Jl. Moh. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta Selatan

ABSTRACT: *Power Supply Automation and Nutrient Control provide high reliability in the operation of the NFT Hydroponic Planting Method. The automatic supply of nutrients to plants is maintained so that they are always sufficient and always at the appropriate levels. The work of the electrical system that operates the automation process gets power from 3 alternative energy sources uninterruptedly. The power supply from a choice of solar panels, PLN grid, and backup batteries is fed to the system on a priority basis based on operating cost savings. The system also automatically recharges the battery safely, by using a charging method that adjusts to the working temperature of the battery and the real time voltage of the battery. The Arduino Nano microcontroller is used as the main controller, with the TDS Sensor as a detector of nutrient levels from the hydroponic solution liquid and the HC-SR04 Ultrasonic Sensor as a detector of the adequacy of the solution volume, and the LM-35 as the Temperature Sensor. The system is also equipped with a Control Panel that provides 5 LED Indicators to display the status of the Battery Voltage "less"/"enough"/"full", the status of the ongoing supply of water additions and the status of the supply of concentrated Nutrients. as well as providing a 20x4 character LCD screen to display real time values of Solar Panel Voltage, DC Power Supply Voltage, Battery Voltage and Temperature, Battery Charging Current, Solution Surface Height, and Solution Nutrient Levels. The prototype tool with a capacity of 40 liters of solution is able to support the supply of nutrients to 8 gully stems covering 240 planting holes. While the backup battery is of the 40Ah lead acid type which is limited to being able to run the system for 5 hours continuously. The performance of the entire automation process has been 100% successful with excellent accuracy.*

Keywords: *Power Supply Automation, Nutrition Control, NFT Hydroponics, Lead acid battery, TDS sensor, Arduino Nano.*

ABSTRAK: Otomatisasi Catu Daya dan Kontrol Nutrisi memberikan keandalan yang tinggi dalam pengoperasian Metode Tanam Hidroponik NFT. Suplai otomatis nutrisi kepada tanaman dijaga agar selalu tercukupi dan selalu dalam kadar yang sesuai. Kerja sistem kelistrikan yang mengoperasikan proses otomatisasinya mendapat catu daya dari 3 alternatif sumber energi secara tidak terputus. Catu daya dari pilihan sumber energi Panel Surya, Jaringan PLN, dan Baterai cadangan, diumpankan kepada sistem secara berprioritas berazaskan penghematan biaya operasi. Sistem juga otomatis mengisi ulang Baterai secara aman, yaitu memakai metode pengisian yang menyesuaikan dengan temperatur kerja Baterai serta dengan tegangan *real time* Baterai. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan sebagai pengontrol utama, dengan Sensor TDS sebagai pendeteksi kadar nutrisi dari cairan larutan hidroponik dan Sensor Ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi kecukupan volume larutan, serta LM-35 sebagai Sensor Temperaturnya. Sistem juga dilengkapi dengan Panel Kontrol yang menyediakan 5 LED Indikator guna menampilkan status Tegangan Baterai "kurang"/"cukup"/"penuh", status sedang berlangsungnya suplai penambahan Air dan status suplai penambahan Nutrisi pekat. serta menyediakan layar LCD 20x4 *character* guna menampilkan nilai *real time* dari Tegangan Panel Surya, Tegangan Power Supply DC, Tegangan dan Temperatur Baterai, Arus Pengisian Baterai, Ketinggian Permukaan Larutan, serta Kadar Nutrisi Larutan. Prototipe alat berkapasitas 40 liter larutan mampu mendukung pasokan nutrisi kepada 8 batang *gully* yang mencakup 240 lubang tanam. Sedangkan Baterai cadangannya adalah dari jenis asam timbal 40Ah yang dibatasi untuk mampu menjalankan sistem selama 5 jam secara terus menerus. Kinerja dari keseluruhan proses otomatisasi telah berhasil 100% dengan akurasi yang sangat baik.

Kata kunci: Otomatisasi Catu Daya, Kontrol Nutrisi, Hidroponik NFT, Baterai asam timbal, Sensor TDS, Arduino Nano.

1. PENDAHULUAN

Hidroponik NFT (*Nutrient Film Technique*) merupakan metode penanaman modern tumbuhan jenis hortikultura musiman yang banyak diminati baik oleh kalangan dunia usaha (agribisnis) maupun penggemar/penghobi bercocok tanam karena tidak memerlukan lahan tanah luas maupun subur, sehingga dapat diterapkan pada daerah perkotaan ataupun daerah gersang. Hal tersebut dikarenakan metode tanam ini tidak menggunakan tanah sebagai media

tanam sehingga dapat diaplikasikan di pekarangan rumah, atap rumah, bahkan di dalam ruangan. Pada skala industri biasanya dilakukan di dalam rumah kaca (*green house*).

Metode tanam hidroponik NFT adalah menumbuhkan tanaman di dalam pot berlubang tanpa tanah yang diletakkan di sepanjang talang (*gully*) selama masa pertumbuhan tanaman. Pada dasar talang dialirkan larutan tipis pupuk cair dengan kadar nutrisi tertentu, yang disesuaikan dengan jenis tanaman,

dimana alirannya menggunakan sistem sirkulasi tertutup yang digerakkan oleh pompa listrik. Akar tanaman akan menyerap nutrisi berikut oksigen di sekitarnya dengan sangat efisien sehingga pertumbuhan tanamannya lebih cepat, sehat dan lebih bersih. Penanaman kembali pasca panen juga lebih mudah, cukup dengan hanya menukar tanaman siap panen dengan bibit yang baru tanpa harus melakukan pembedengan ulang (menyiapkan lahan tanam untuk tanaman baru).

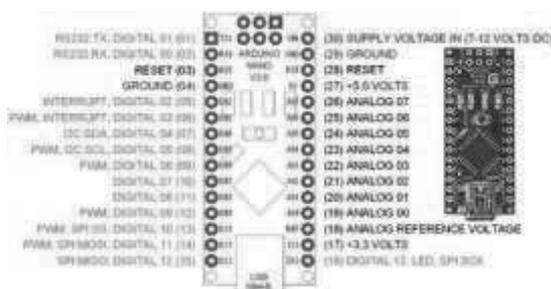
Selain cahaya matahari, temperatur dan kelembaban, faktor penentu terpenting pada metoda tanam ini adalah terjamannya pasokan larutan nutrisi secara berkelanjutan sesuai kadar yang dibutuhkan. Hal tersebut menuntut sirkulasi aliran larutan nutrisi tidak boleh terganggu, semisal yang disebabkan oleh terganggunya pasokan listrik yang menjamin terjadinya sirkulasi berkelanjutan. Demikian pula dengan jaminan ketersediaan larutan nutrisi sesuai kadar yang dibutuhkan, juga harus selalu terjaga.

Makalah ini membahas rancang-bangun Otomatisasi Sistem Catu Daya dan Kontrol Nutrisi pada Metode Tanam Hidroponik NFT yang mampu (a) menjamin ketersediaan energi listrik untuk menjalankan sistem secara berprioritas dari tiga pilihan sumber Sel Surya, PLN, dan Baterai, sekaligus melakukan pengisian ulang Baterai secara aman (b) menjamin kecukupan volume larutan nutrisi yang kadar larutannya terjaga sesuai dengan kebutuhan tanaman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino Nano dirangkai dengan basis mikrokontroler ATmega328 yang memiliki *flash memory* sebesar 32 KB dengan 2 KB digunakan untuk *bootloader*, 2 KB memory pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM. Arduino Nano adalah salah satu model produk mikrokontroler yang berukuran mini 18mm x 45mm seperti pada Gambar-1. Kompak dan mendukung penggunaan breadboard/PCB.



Gambar 1: Diagram Pin Arduino Nano

Power supply Arduino Nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 7-12 volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin Vin, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber

daya akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi.

Komunikasi dengan komputer menggunakan port USB Mini-B. Memiliki I/O digital berjumlah 14 kanal (D00– D13), dapat difungsikan sebagai output PWM 6 kanal (D03, D04, D06, D09, D10, D11) dan I/O analog 8 kanal. Masing-masing dari 14 kanal digital pada Arduino Nano dapat digunakan sebagai input atau output, dengan menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Dilengkapi pula dengan fasilitas komunikasi dengan modul I2C pada Pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL).

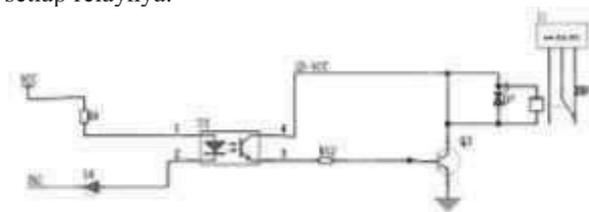
Semua pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal sebesar 20-50 kΩ.

2.2 Modul Driver Relay 4 kanal

Relay merupakan saklar yang dioperasikan menggunakan tenaga elektro-mekanik untuk mengendalikan perangkat yang memiliki tegangan dan daya yang lebih besar dari sumber pengendalinya, selain itu digunakan untuk menambah jumlah kontak saklar yang diperlukan dalam menjalankan perangkat lebih dari satu pada waktu yang bersamaan.

Relay terdiri dari 2 bagian utama, Elektromagnet (*coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar), untuk mengkondisikan tegangan penggerak keluaran dari Mikrokontroler (5Vdc) dengan arus maksimal 40 mA.

Tersedia modul relay yang terintegrasi dengan rangkaian driver relay seperti pada Gambar-2, menggunakan sebuah transistor dan optocoupler sehingga arus yang dibutuhkan untuk menggerakkan relay cukup dengan arus masukan 15–20 mA untuk setiap relaynya.



Gambar 2: Rangkaian Driver Relay

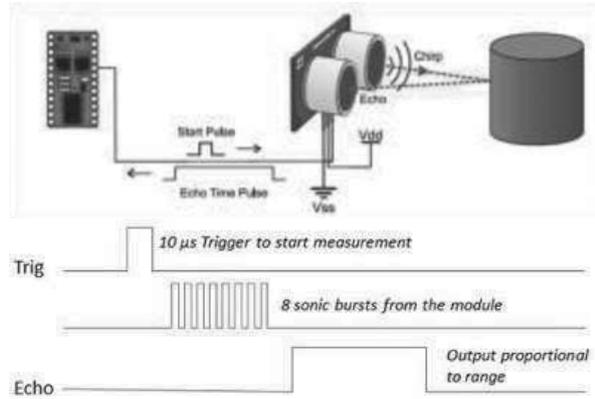
2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04

Merupakan modul sensor pendeteksi jarak, baik untuk benda padat maupun cair, dengan kemampuan pendeteksian sejauh 2 cm hingga 4 meter dengan deviasi 0,75 % dari jangkah maksimumnya atau sekitar 3 cm.

Modul ini terdiri dari rangkaian pemancar dan penerima gelombang ultrasonic 40 kHz menggunakan speaker jenis piezoelektrik. Sensor ini difasilitasi dengan 4 pin terminal, pin Vcc, Gnd, Trigger dan Echo.

Ketika modul dihubungkan dengan catu daya 5 Vdc pada kaki Vcc dan Gnd, kemudian pin Trigger dihubungkan dengan Digital Out untuk memberikan

sinyal tegangan 5 Vdc selama 10 μs, speaker pemancar akan mengeluarkan sinyal gelombang suara 40 kHz sebanyak 8 pulsa. Sinyal yang dipancarkan jika terhalang oleh suatu benda, akan memantul balik ke speaker penerima (Echo), seperti yang terlihat pada Gambar-3.



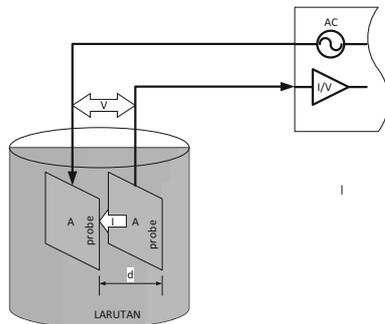
Gambar 3: Visualisasi Prinsip Kerja Sensor HC-SR04

$$S = C \cdot t / 2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Durasi gelombang yang merambat sejak mulai dipancarkan hingga pantulannya diterima kembali, dijadikan dasar perhitungan untuk menentukan jarak suatu benda menggunakan rumus (1), dimana *S* adalah jarak bidang pantul dalam meter, *C* adalah kecepatan gelombang suara = 340 m/s, dan *t* merupakan waktu rambat gelombang dari transmitter ke receiver.

2.4 Prinsip Pengukuran TDS/EC

Alat ukur untuk mengetahui kadar larutan nutrisi disebut TDS (*Total Dissolve Solution*) meter, terkadang disebut juga EC (*Electrolite Conductivity*) meter. Dalam Gambar-4 ditunjukkan bagan pengukuran konduktivitas suatu cairan dengan mengalirkan arus bolak balik (*I*) berfrekuensi tinggi pada sepasang elektroda atau probe yang dicelupkan ke dalam larutan dan mengukur besarnya tegangan *V* yang terbaca diantara kedua elektroda.



Gambar 4: Diagram Prinsip Kerja TDS/EC Meter

Menggunakan persamaan (2) dapat diketahui konduktansi dari larutan (*G*), dimana konduktivitas *κ* (dalam satuan S/cm) yang ditampilkan pada meter adalah kemampuan suatu larutan untuk mengalirkan arus. Sedangkan *K* adalah sel konstan per-cm.

$$\kappa = G \cdot K \quad \dots\dots\dots (2)$$

Konduktansi *G* yang ditentukan oleh persamaan (3) didefinisikan sebagai kebalikan dari hambatan listrik *R* dari cairan antara dua elektroda dengan satuan Siemen (*S*).

$$G = 1/R (S) = I/V \quad \dots\dots\dots (3)$$

Sel konstan *K* adalah rasio jarak *d* (dalam cm) antara elektroda yang luas penampangnya *A* (dalam cm²), dihitung dengan persamaan (4)

$$K = d / A \quad \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 5: Diagram Blok TDS/EC Meter

Pada Gambar-5 ditunjukkan diagram blok dari TDS meter, dimana arus bolak-balik yang dialirkan ke elektroda dibangkitkan dari rangkaian oscillator yang mendapat sumber tegangan +/- 12 Vdc, ketika elektroda terhubung oleh cairan (elektrolit) akan menghasilkan nilai tegangan bolak-balik kemudian diamplifikasi menjadi tegangan sesuai rentang pengukuran 0–4 Vac setara dengan 0–2000 ppm. Tegangan tersebut diubah menjadi tegangan DC melalui converter AC ke DC dan dikondisikan menjadi rentang tegangan 0–5 Vdc sebagai masukan ke Mikrokontroler.

2.5 Pengisian Ulang Baterai

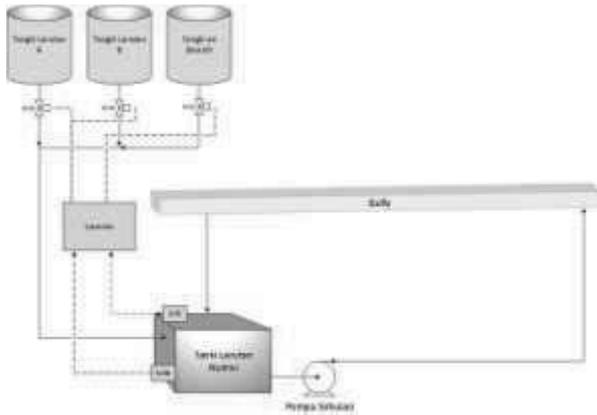
Kapasitas baterai *Q* dalam ampere-hour (Ah) ditentukan oleh besarnya arus (dalam ampere) yang mampu dialirkan dalam satu jam (*hour*) dapat dihitung dengan persamaan (5), dimana *P* adalah total daya yang digunakan (dalam watt) selama durasi penggunaan *t* (dalam jam), pada tegangan *E* (dalam volt), serta DOD (*Deep of Discharge*) adalah besarnya pembuangan muatan (dalam %)

$$Q (Ah) = \frac{P (W) \times t (h)}{E (V) \times DOD (\%)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Semakin besar DOD, akan berpengaruh pada masa hidup (*life cycle*) baterai. Untuk baterai asam timbal, DOD yang diijinkan adalah 30-80 %. Pembuangan muatan baterai ketika digunakan sebagai sumber tegangan juga akan menyebabkan penurunan tegangan kerja baterai.

Untuk menjaga tegangannya diperlukan pengisian ulang baterai yang dapat dilakukan dengan cara menghubungkan power supply kepada baterai, yang tegangan dan arusnya dapat diatur sesuai dengan sistem tegangan dan jenis baterai. Kebutuhan sistem pengisian ulang baterai perlu diperhitungkan sesuai dengan kapasitas baterainya. Cara menentukan kebutuhan minimum arus sistem pengisian baterai dapat dilakukan menggunakan persamaan (6).

$$Qch (A) = \frac{Q (Ah) \times Rf + I(A)}{tch (h)} \quad \dots\dots\dots (6)$$



Gambar 10: Diagram Blok Sistem Hidroponik NFT

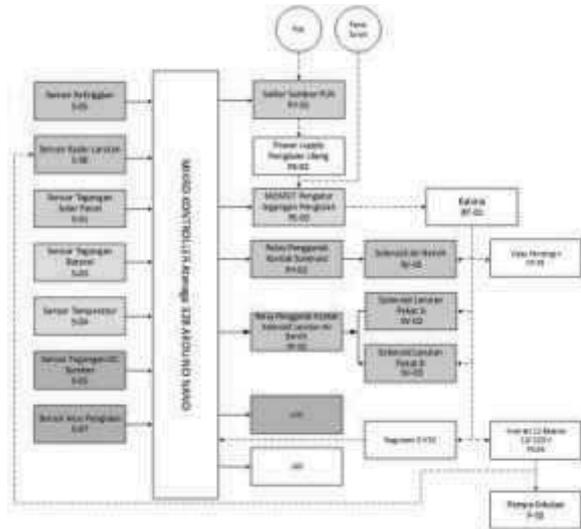
Sensor jarak S-05 dan sensor TDS S-06 yang ditempatkan pada tangki larutan akan mendeteksi volume dan kadar nutrisi di dalam tangki. Apabila volumenya sudah berkurang hingga batas minimal yang ditentukan, maka katup solenoid SV-01 akan membuka guna mengalirkan pasokan air bersih hingga mencapai batas maksimum yang ditentukan. Andai kadar nutrisinya sudah mencapai batas minimal yang ditentukan, maka katup solenoid SV-02 dan SV-03 yang akan membuka untuk mengalirkan pasokan nutrisi pekat A dan B.

Sebagai prototipe, digunakan tangki berkapasitas 40 liter dengan batas ketinggian larutan ditentukan minimal 10cm dan maximal 20cm, guna mendukung pasokan kepada 8 batang *gully* yang menyediakan keseluruhan 240 lubang tanam. Sedangkan kadar larutan nutrisi ditentukan dalam batasan antara 1200-1250 ppm yang cocok untuk beberapa jenis tanaman semisal kangkung, pokcoy, dan sawi. Sedangkan sumber energi listrik cadangan yang digunakan adalah Baterai asam timbal 40Ah yang dibatasi untuk mampu menjalankan sistem selama 5 jam secara terus menerus.

Pengoperasian sistem hidroponik seperti yang dijelaskan di atas, dirancang untuk bekerja secara otomatis dengan dukungan Sistem Kelistrikan Gambar-11. Mikrokontroler Arduino Nano digunakan sebagai pengendali utama keseluruhan otomasi sistem. Selain menjalankan otomasi sistem hidroponik tersebut, Mikrokontroler juga melakukan otomasi pemilihan salah satu dari 3 alternatif sumber listrik untuk dipakai sistem, berazaskan penghematan biaya operasi. Otomatisasi juga dikendalikan oleh Mikrokontroler untuk pengisian ulang Baterai dengan mementingkan pertimbangan masa pakai (*life cycle*) Baterai.

Sistem akan mengutamakan penggunaan sumber dari Panel Surya selama energinya mencukupi. Apabila tidak cukup, maka sumbernya dialihkan memakai jaringan PLN. Namun apabila kondisi kedua sumber diatas sedang tidak menghasilkan energi secara memadai, barulah digunakan Baterai sebagai sumber cadangan. Konsep penggunaan sumber listrik tersebut dirangkum ke

dalam Tabel-1, adalah merupakan konsep yang mengutamakan optimalisasi penghematan biaya operasi.



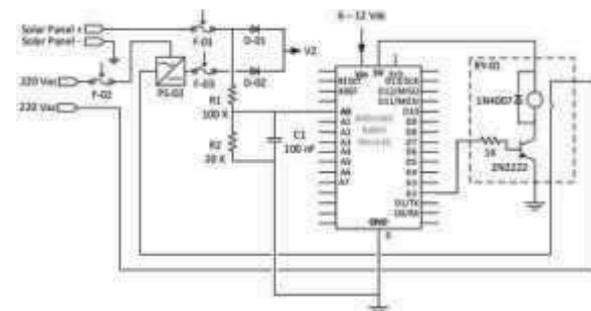
Gambar 11: Diagram Blok Sistem Kelistrikan

Tabel 1: Pengaturan Otomasi Penggunaan Sumber Listrik

Kondisi Tegangan	Otomasi Penggunaan
Panel Surya : "memadai"	Panel Surya memasok beban dan mengisi Baterai
Panel Surya : "tidak memadai" PLN : "normal"	PLN memasok beban dan mengisi Baterai
Panel Surya & PLN "tidak memadai"	Baterai memasok beban

Sedangkan otomasi pengisian ulang Baterai dilakukan secara terkontrol 'aman' guna mengoptimalkan masa pakai (*life cycle*) Baterai, yaitu dengan cara memperhatikan arus dan tegangan pengisian (*charging*) berdasarkan kondisi tegangan dan suhu kerja Baterai.

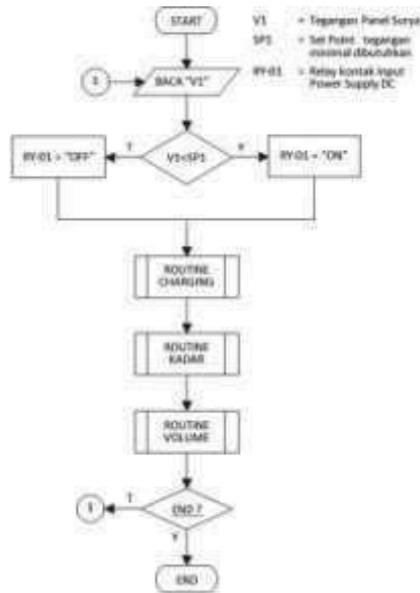
3.2 Otomasi Kendali Pengalihan Sumber Listrik



Gambar 12: Rangkaian Kontrol Pengalihan Sumber Listrik

Otomasi kontrol atas 3 pilihan sumber listrik untuk digunakan oleh sistem secara bersesuaian dengan rancangan pada Tabel-1, dilaksanakan oleh rangkaian Gambar-12 yang melibatkan 2-blok berwarna *jingga* S-01 dan RY-01 pada Gambar-11, dibawah kendali blok Mikrokontroler. Program

pengendaliannya berdasarkan algoritma diagram alir di dalam Gambar-13.



Gambar 13: Diagram Alir Kontrol Pengalihan Sumber Listrik di dalam Program Utama

Output Panel Surya dihubungkan paralel dengan output Power Supply DC 15V, PS-02, yang bersumber dari jaringan PLN. Tegangan V2 pada titik paralel tersebut menjadi titik suplai atau titik pasokan bagi beban sistem dan sekaligus menjadi sumber untuk pengisian ulang (*charging*) kepada sumber ke-3 berupa Baterai.

Besarnya tegangan *real-time* output Panel Surya, V1, dibaca oleh Mikrokontroler sebagai data "V1" pada pin input analog A0 melalui sensor pembagi tegangan R1-R2. Apabila nilainya "tidak memadai" ($V1 < SP1$) maka output digital pin D2 akan mengaktifkan Relay RY-01 sehingga PS-02 bekerja mendapat input PLN. Akibatnya V2 bernilai 15Vdc yang berasal dari output Power Supply DC 15V. Saat ini jaringan **PLN terpilih** sebagai sumber listrik bagi sistem.

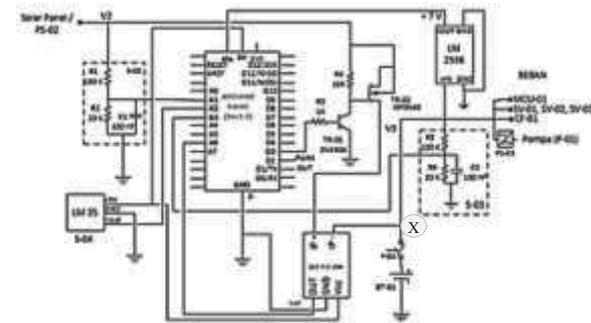
Acuan nilai SP1 sebesar 13,6V merupakan nilai minimal untuk dapat mengisi Baterai. Nilai SP1 akan diubah oleh program pada Paragraf 3.3, mengikuti perubahan temperatur kerja Baterai.

Apabila tegangan *real-time* output Panel Surya besarnya "memadai" ($V1 \geq SP1$) maka output pin D2 akan me-nonaktif-kan Relay RY-01 sehingga PS-02 tidak bekerja; terputus inputnya dari PLN. Akibatnya V2 menjadi sebesar nilai V1 yang berasal dari output Panel Surya. Sekarang **Panel Surya terpilih** sebagai sumber listrik.

Karena titik paralel bertegangan V2 tersebut untuk suplai kepada beban sistem merupakan titik yang sama dengan suplai pengisian (*charging*) Baterai, maka pasokan listrik kepada keduanya akan berlangsung secara bersamaan, tergantung kondisi *real-time* nilai V3 dari tegangan Baterai. Apabila nilai V3 kurang dari V2 (dimana nilai V2 tergantung

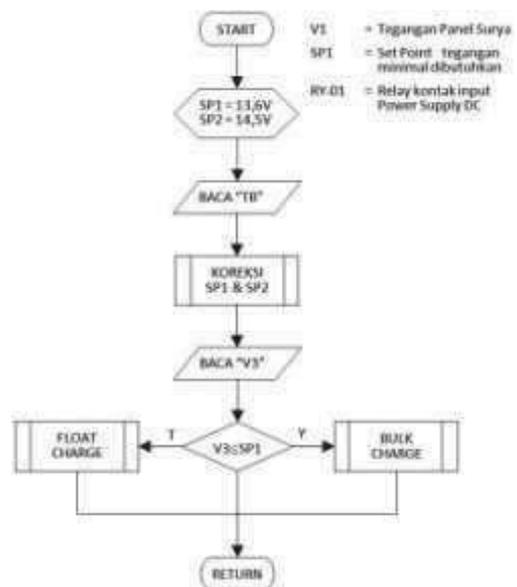
sumbernya dari Panel Surya ataupun dari *DC Power Supply*), maka pasokan 'bersamaan' tersebut sedang terjadi. Namun apabila nilai $V3 >$ nilai V2, maka yang terjadi sesungguhnya adalah bahwa sumber ke-3 berupa **Baterai** cadangan inilah yang sekarang sedang **mensuplai listrik** kepada beban sistem. Hal yang terakhir ini terjadi pada kondisi dimana kedua-dua sumber (baik Panel Surya maupun PLN) sedang menghasilkan tegangan yang "tidak memadai".

3.3 Otomasi Kendali Pengisian Baterai



Gambar 14: Rangkaian Kontrol Pengisian Baterai

Otomasi kontrol pengisian ulang (*charging*) untuk Baterai (BT-01) dilakukan oleh rangkaian Gambar-14 yang melibatkan 3-blok berwarna *kuning-gading* pada Gambar-11 yaitu S-03, S-04 dan PS-03 dibawah kendali blok Mikrokontroler, dengan menggunakan program Kendali Pengisian Baterai berdasarkan diagram alir Gambar-15.

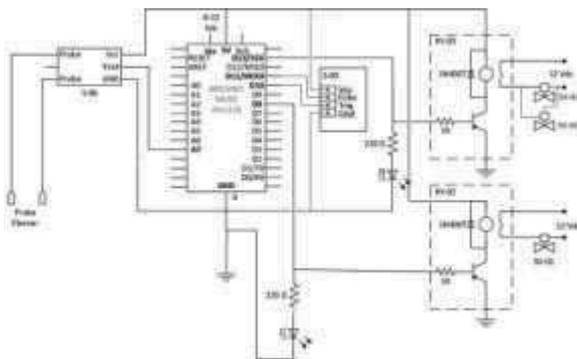


Gambar 15: Diagram Alir Kontrol Pengisian Baterai

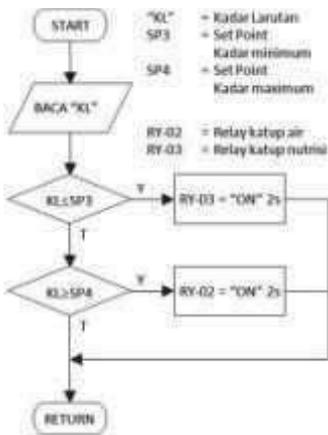
Proses pengisian Baterai dilakukan memakai 2-metode *Bulk Charge* dan *Float Charge*. Algoritma kontrol pengisian Baterai menerapkan 2-tingkatan kontrol, yaitu pada tingkat penentuan *Parameter* dan pada tingkat *Proses* pengendalian. Dalam penentuan *Parameter* dicakup ada 3-parameter dalam 2-kategori yaitu parameter SP1 dan SP2 untuk kategori *target*

5. Dalam rancangan ini S-06 dibentuk menggunakan 2 buah Elektroda atau Probe yang terpisah serta terkoneksi kepada modul TDS Gambar-16. Kedua elektroda tersebut terbuat dari sepasang logam berbahan seng berbalut nikel yang ditempatkan di dalam tangki larutan siap sirkulasi, di bawah permukaan minimum larutan, sejajar dengan saluran masuk pompa sirkulasi guna mendapatkan pembacaan yang mewakili seluruh larutan nutrisi.

Elemen Probe dari S-06 dihubungkan kepada input v- dari penguat U1B bersama-sama dengan output rangkaian oscillator U1A yang terhubung kepada input v+ U1B. Oscillator U1A sebagai generator gelombang sinus 20 Vpp dengan frekwensi 15 kHz terlebih dahulu tegangannya diturunkan menjadi 0,2 Vac sebelum diumpankan kepada masukan U1B. Hasil dari pembacaan konduktivitas larutan pada Probe dikuatkan melalui rangkaian U1B. Selanjutnya hasil penguatan tersebut dikonversikan menjadi sinyal analog 0-5 Vdc untuk kemudian diumpankan sebagai masukan data ke pin Analog A7 Mikrokontroler sebagaimana terlihat pada Rangkaian Kontrol Volume dan Kadar Larutan, Gambar-17. Masukan data ini tidak lain adalah yang mewakili data Kadar Larutan "KL" pada Diagram Alir Otomasi Kadar Larutan di Gambar-18.



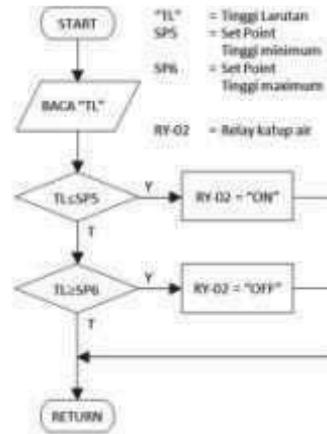
Gambar 17: Rangkaian Kontrol Volume dan Kadar Larutan



Gambar-18: Diagram Alir Otomasi Kadar Larutan

Ketika S-06 membaca nilai kadar larutan mencapai batas tertinggi, SP4, sebesar 1250 ppm, maka Mikrokontroler akan mengaktifkan Relay RY-

02 selama 2 detik sehingga katup air Solenoid SV-01 membuka, dan air bersih akan menurunkan kadar larutan. Sebaliknya ketika terbaca nilai kadar larutan mencapai batas terendah, SP3, sebesar 1200 ppm, maka Relay RY-03 yang aktif selama 2 detik menyebabkan katup Solenoid SV-02 dan SV-03 membuka dan mengalirkan larutan nutrisi pekat-A dan nutrisi pekat-B. Kedua proses ini disertai dengan aktifnya indikator LED LD1 dan LD2.



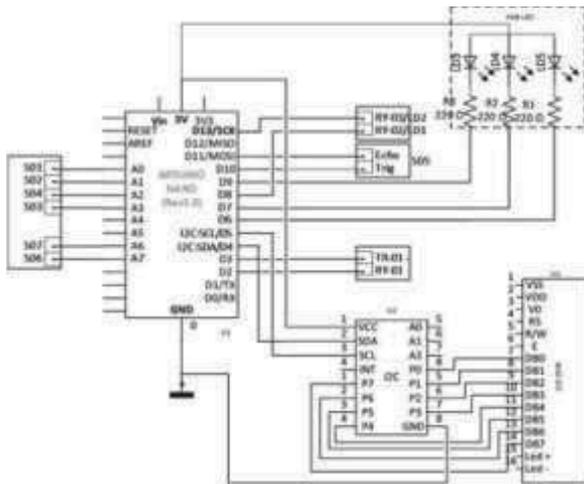
Gambar 19: Diagram Alir Otomasi Volume Larutan

Rangkaian Kontrol Gambar-17 juga dilengkapi dan terhubung dengan Sensor S-05 menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 guna mengontrol kecukupan volume larutan berdasarkan Diagram Alir Otomasi Volume Larutan, Gambar-19. Sensor S-05 bekerja mengukur jarak ketinggian permukaan larutan "TL". Ketika permukaan cairan turun mencapai batas terendah, SP5, setinggi 10 cm maka Relay RY-02 aktif membuka katup Solenoid SV-01 sehingga mengalirkan air bersih dan akan menutup kembali ketika terukur nilai "TL" mencapai batas tertinggi SP6 sebesar 20 cm.

3.5 Rangkaian Monitor Pendukung

Untuk pemantauan kinerja sistem melalui sebuah Panel Kontrol, sistem dilengkapi dengan layar LCD 20x4 character guna menampilkan nilai dari variabel-variabel Tegangan Panel Surya, Tegangan Power Supply DC, Tegangan Baterai, Arus Pengisian Baterai, Temperatur Baterai, Ketinggian Permukaan Larutan, serta Kadar Nutrisi Larutan. Selain itu Panel Kontrol juga dilengkapi 5 buah Indikator LED guna menampilkan status Tegangan Baterai "kurang" / "cukup" / "penuh" serta status sedang berlangsungnya suplai penambahan Air dan status suplai penambahan Nutrisi.

Rangkaian Monitor Pendukung ini ditunjukkan oleh Gambar-20, melibatkan blok-blok pada Gambar-11 berupa S02, S07, LCD (yang berwarna pink), LED dan Mikrokontroler (yang berwarna putih), S05, S06 (yang berwarna biru), S01 (yang berwarna jingga), serta S03, S04 (yang berwarna kuning-gading).



Gambar 20: Rangkaian Monitor Sistem

Blok-blok tersebut diatas sebagian besar telah disajikan pada Gambar-12 sampai Gambar-19 dan dijelaskan di dalam Paragraf-3.2 sampai Paragraf-3.4 karena kesesuaian perannya masing-masing. Di dalam Gambar-20, blok-blok tersebut hanya ditunjukkan sebagai titik-titik koneksinya saja kepada Mikrokontroler, agar kelengkapan sensor yang dipantau serta aktuator yang mengeksekusi proses pemantauan dapat dilihat menyeluruh.

Penyajian ke layar LCD (U3) untuk data-data variabel yang dipantau, dikendalikan oleh Mikrokontroler (U1) secara serial melalui Antar Muka I2C (U2) menggunakan pin-pin SDA (*Serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*). Sedangkan indikasi kondisi Tegangan Baterai dibedakan dalam 3 kategori status “kurang”/“cukup”/“penuh” ditampilkan oleh LED LD3/LD4/LD5 dibawah kendali pin-pin D9/D7/D6. Dua buah indikasi lainnya yaitu status sedang berlangsungnya suplai Air dan suplai Nutrisi, dikendalikan oleh pin D8 dan D13 untuk ditampilkan oleh LED LD1 dan LD2. Keduanya tidak terlihat secara lengkap pada Gambar-20 namun sudah disajikan oleh Gambar-17 dan dibahas dalam Paragraf 3.4.

4. HASIL DAN BAHASAN

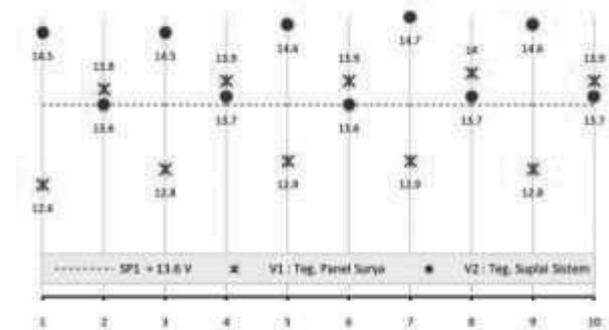
Prototipe Sistem ini telah dibuat dengan batasan kapasitas sebagaimana dijelaskan dalam Paragraf 3.1. Kinerja sistem telah pula teruji seperti dijelaskan berikut ini.

4.1 Kinerja Otomasi Pengalihan Tegangan

Pengujian dilakukan dengan tegangan masukan dari Panel Surya dimodelkan oleh Power Supply yang tegangannya dapat diatur.

Gambar-21 menunjukkan kinerja otomasi pengalihan sumber tegangan terjadi secara konsisten, yaitu selama tegangan Panel Surya lebih kecil dari 13,6V sebagai nilai batas minimal SP1, maka tegangan Suplai Sistem V2 mendekati 15V yang dihasilkan oleh Power Supply DC 15V yang bersumber dari jaringan PLN. Sebaliknya ketika

tegangan Panel Surya lebih besar dari 13,6V, maka tegangan Suplai Sistem V2 sedikit lebih kecil dari tegangan Panel Surya tersebut. Hal ini menjelaskan suplai sistem berasal dari tegangan Panel Surya. Dengan demikian fungsi otomasi pengalihan sumber tegangan telah berhasil sepenuhnya.

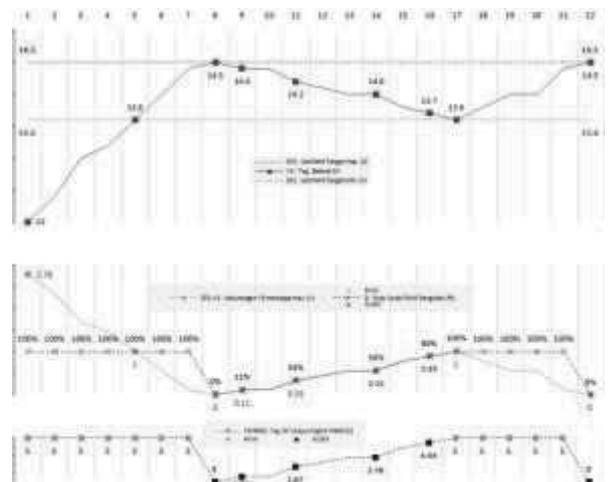


Gambar 21: Kinerja Otomasi Pengalihan Sumber Tegangan

Pengujian juga dilakukan kepada sistem lengkap seutuhnya pada malam hari dengan sambungan dari PLN diputus. Teruji bahwa selama 5 jam berturut-turut sistem dapat beroperasi normal dibawah suplai daya dari Baterai, bahkan masih menyisakan tegangan Baterai lebih dari 12,5V di akhir waktu.

4.2 Kinerja Sistem Pengisian Ulang Baterai

Pengujian dilakukan dengan menstimulasi perubahan tegangan Power Supply DC yang digunakan sebagai model dari tegangan Baterai.



Gambar 22: Kinerja Otomasi Moda Pengisian Baterai

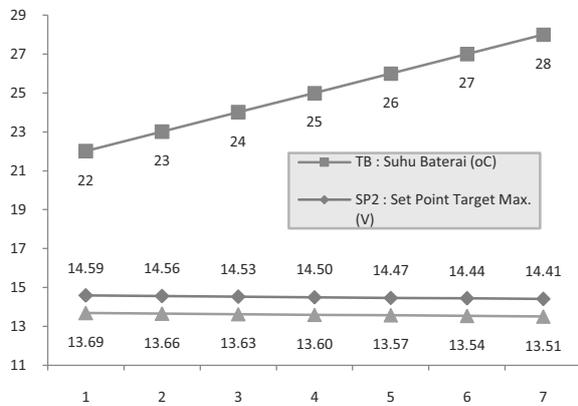
Gambar-22 menunjukkan kinerja otomasi moda pengisian Baterai relatif terhadap perubahan yang terjadi pada tegangan Baterai. Pada pengujian ini temperatur kerja Baterai dipertahankan konstan.

Pengisian Baterai menggunakan moda *Bulk Charge* teruji dimulai ketika tegangan Baterai (V3) bernilai lebih kecil atau sama dengan *Set-Point* batas minimum SP1. Pengisian *Bulk Charge* tetap bertahan dengan *Duty Cycle* PWM pengisian, D, konstan sebesar 100% selama tegangan Baterai belum

mencapai nilai *Set-Point* batas maksimum SP2. Hal tersebut dikonfirmasi juga oleh tegangan output PWM selama itu, terukur bernilai DC konstan sebesar 5V.

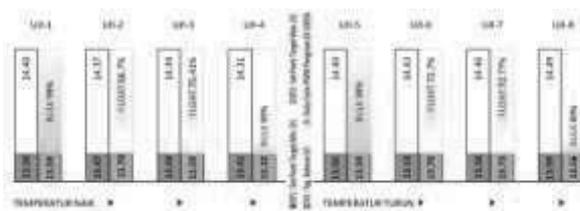
Ketika tegangan Baterai sudah mencapai batas maksimum, maka pengisian berubah otomatis menjadi *Float-Charge*, yaitu dengan nilai *Duty Cycle* PWM pengisian, D, berubah proporsional mengikuti perubahan tegangan Baterai itu sendiri. Diawali dengan D bernilai 0% yang konsisten dengan tegangan DC output PWM sebesar 0V, secara bertahap D membesar kembali kearah 100% seiring dengan Vdc-PWM membesar kembali kearah 5V, dengan perubahan proporsional yang mengikuti selisih tegangan Baterai terhadap batas maksimum SP2.

Dengan demikian telah teruji sepenuhnya bahwa otomasi proses pengisian Baterai menggunakan dua macam mode pengisian (*Bulk-Charge* dan *Float-Charge*) berfungsi dengan baik.



Gambar 23: Kinerja Kontrol Parameter Target Tegangan Pengisian SP1 & SP2 Mengikuti Perubahan Temperatur Baterai

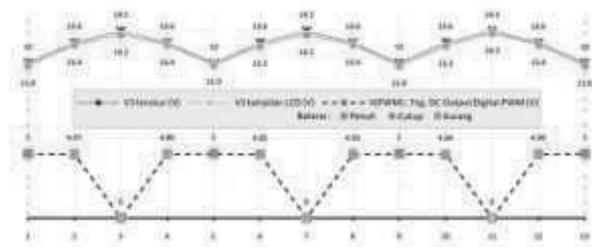
Ketika dilakukan pengujian lain, yaitu dengan menstimulasi Sensor Temperatur sebagai simulasi atas perubahan temperatur kerja Baterai, menggunakan fasilitas serial monitor yang ada pada program IDE 1.6.5 ARDUINO, maka komunikasi serial mikrokontroler dengan komputer dapat menghasilkan data yang diubah menjadi grafik Gambar-23. Pada Gambar-23 terlihat jelas bahwa kedua nilai *Set-Point* batas minimum dan batas maksimum (SP1 dan SP2) sebagai parameter target tegangan pengisian, telah berhasil sepenuhnya dikontrol mengikuti perubahan temperatur Baterai.



Gambar 24: Kinerja Otomasi Pengisian Baterai Mengikuti Perubahan Tegangan Baterai dan Perubahan Temperatur Baterai

Sedangkan kinerja Otomasi Pengisian Baterai dibawah pengaruh kedua-duanya, baik oleh perubahan Tegangan Baterai maupun oleh perubahan Temperatur Baterai, juga sepenuhnya berhasil yang ditunjukkan Gambar-24.

Gambar-25 menunjukkan kecenderungan nilai terukur tegangan Baterai (V3) sedikit lebih besar dari nilai yang ditampilkan di layar LCD Panel Kontrol Monitor, yaitu dengan selisih rata-rata sebesar 0,2 volt. Selisih yang relatif sangat kecil ini praktis tidak mengganggu kinerja batas-batas otomatisasi. Hal ini dikonfirmasi oleh nilai DC tegangan terukur pada output digital PWM yang mengindikasikan kesesuaian *duty cycle* tegangan pengisian Baterai dalam mode pengisian *float charge*. LED LD5, LD4, dan LD3 sebagai indikator “penuh”, “cukup”, dan “kurang” dari kondisi tegangan Baterai juga telah teruji berfungsi dengan baik.

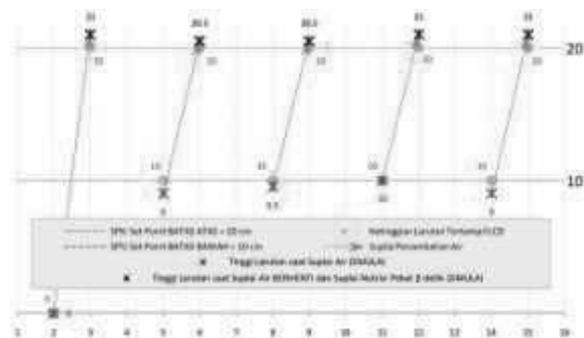


Gambar 25: Tegangan Baterai Terukur dan Tertampil bersesuaian dengan LED Indikator dan Tegangan PWM Pengisian

4.3 Kinerja Otomasi Ketinggian Cairan

Dalam pengujian Kontrol Otomatis Ketinggian Cairan, stimulasi untuk perubahan ketinggian permukaan cairan larutan dilakukan dengan memberi gangguan secara manual.

Hasil pengujian ditunjukkan oleh grafik Gambar-26 yang memperlihatkan simpangan sangat kecil yang tidak terlalu berarti, yang sangat mungkin hanya dikarenakan kesalahan parallax dalam pembacaan manual meteran saja. Disamping itu, perbedaan antara nilai terukur dengan nilai yang tertampil di layar LCD juga sangat kecil, tidak sampai mengganggu batas-batas otomatisasi.



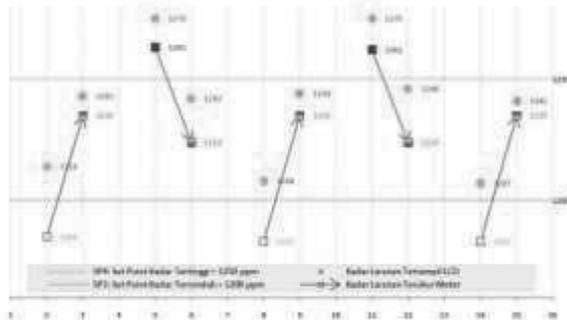
Gambar 26: Kinerja Otomasi Kontrol Ketinggian Cairan

Yang terpenting dari grafik ini adalah bahwa kinerja fungsi Otomasi Kontrol Ketinggian Cairan telah berhasil sepenuhnya. Disamping itu dalam

pengujian ini juga telah teruji sepenuhnya, namun tidak terlihat di dalam Gambar-26, bahwa setiap kali pengisian otomatis air terjadi yang dimulai dari batas bawah SP5 dan berakhir pada batas atas SP6, selalu berhasil pula secara otomatis disusul oleh pengisian nutrisi pekat selama 2-detik sesuai dengan yang dirancang.

4.4 Kinerja Otomasi Kadar Cairan

Dalam pengujian Otomasi Kadar Cairan, stimulasi untuk perubahan kadar larutan juga dilakukan dengan memberi gangguan secara manual.



Gambar 27: Kinerja Otomasi Kontrol Kadar Larutan

Dalam Gambar-27 ditunjukkan hasil pengujian yang juga menjelaskan keberhasilan fungsi kontrol otomatis tersebut. Setiap kali kadar nutrisi mengecil melampaui 1200 ppm batas bawah SP3, Nutrisi pekat A dan B tersuplai menyebabkan kadar larutan naik. Lalu suplai otomatis berhenti ketika kadarnya mencapai 1235 ppm. Sebaliknya ketika kadar nutrisi membesar melampaui 1250 ppm batas atas SP4, maka air yang tersuplai menyebabkan kadar larutan turun. Suplai air kemudian otomatis berhenti ketika kadarnya sudah turun ke nilai 1224 ppm. Itu berarti kontrol proses mengentalkan maupun mengencerkan kadar nutrisi dari larutan telah berhasil mengembalikan kadarnya ke rentang nilai yang diinginkan antara SP3 dan SP4.

Sedangkan perbedaan nilai kadar antara yang terukur dengan yang tertampil di layar LCD Panel Kontrol Monitor selalu menunjukkan kecenderungan nilai terukur lebih rendah dari nilai tertampil dengan rata-rata deviasi sangat kecil yaitu antara 1% sampai 2%.

5. SIMPULAN

Rancangan dan analisis telah dilakukan serta protipe telah diwujudkan dan diuji coba dengan hasil yang memuaskan sebagaimana kesimpulan berikut ini.

1. Otomatisasi catu daya dapat bekerja sempurna dengan prioritas oleh sumber Panel Surya, kalau tegangannya minimal 13,6 V. Apabila kurang, sumber catu daya beralih ke jaringan PLN. Dan apabila Panel Surya maupun PLN kedua-dua tegangannya tidak memadai, secara otomatis catu daya

disuplai oleh sumber Baterai asam timbal 40Ah yang mampu mensuplai selama 5 jam tanpa henti.

2. Pengisian Baterai bekerja secara otomatis menyesuaikan target tegangan pengisian berdasarkan kondisi Temperatur Baterai, serta otomatis menyesuaikan moda pengisian (“bulk” atau “float”) berdasarkan kondisi Tegangan Baterai.
3. Kontrol kecukupan volume larutan nutrisi di dalam tangki berhasil dilakukan secara otomatis dengan menjaga batas atas dan batas bawah ketinggian permukaan cairan. Keakuratannya sangat baik, dengan deviasi kurang dari 5%.
4. Kontrol kesesuaian kadar nutrisi dari larutan di dalam tangki berhasil dipertahankan secara otomatis dengan menjaga batas kadar maksimum dan batas kadar minimum.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sapto Wibowo dan Arum Asriyanti S, Jurnal Penelitian Pertanian Terapan Vol. 13 (3): 159-167 ISSN 1410-5020
- [2] http://batteryuniversity.com/learn/article/all_about_chargers
- [3] Nutrient Management in Recirculating Hydroponic Culture ,Bruce Bugbee Crop Physiology Laboratory Utah State University Logan, UT 84322-4820 USA
- [4] <http://partners.coleparmer.com/techinfo/techinfo.asp?htmlfile=Conductivity.htm>
- [5] EC/TDS/PPM Meter On Limited Budget <http://www.octiva.net/projects/ppm/>
- [6] **DwiHarjoko**, Study of Medium and Flowrate on the Growth and Yield of Sawi (Brassicajuncea L.) by NFT
- [7] ISA-S5.1 — Instrumentation Symbols and Identification-ISA 67 Alexander Drive P.O. Box 12277 Research Triangle Park, North Carolina 27709
- [8] EC/TDS/PPM Meter On Limited Budget <http://www.octiva.net/projects/ppm/>
- [9] <http://partners.coleparmer.com/techinfo/techinfo.asp?htmlfile=Conductivity.htm>
- [10] <https://www.arduino.cc/>

PETUNJUK DAN SYARAT NASKAH TULISAN PADA JURNAL ILMIAH ELEKTRO "SINUSOIDA"

- Naskah tulisan berupa hasil penelitian dan kajian IPTEK, bidang Teknik Elektro
- Naskah tulisan terdiri dari Judul, Nama Penulis, Instansi, Abstrak/Intisari, Pendahuluan, Teori, Eksperimen / Perancangan / perhitungan, Diskusi / Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih, dan Daftar Pustaka
- Naskah / Tulisan diketik dengan Microsoft Word dengan ukuran A4, margin atas / bawah / kiri / kanan 1 inch, 2 kolom (kecuali judul, instansi, abstrak/intisari 1 kolom). Jenis type font Times New Roman dengan ukuran untuk Judul 12, Penulis dan Instansi 11, isi 10, spasi 1. Jumlah halaman 8 sampai dengan 12 halaman.
- Bila naskah/tulisan diketik dalam bahasa Indonesia, maka Abstract harus dalam bahasa Inggris dan sebaliknya
- Abstrak/Intisari tidak boleh lebih dari 200 kata
- Nomor dan keterangan singkat untuk foto, diletakkan di bawahnya, sedangkan untuk tabel, di atasnya
- Penulisan kepustakaan dalam Daftar Pustaka, dimulai dari Nama Pengarang, Judul Karangan, Nama Majalah / Buku Volume Penerbitan, halaman, tempat dan tahun penerbitan.
- Naskah di kirim ke redaksi Jurnal Ilmiah Teknik Elektro "Sinusoida", FTI-ISTN, Jl Moch. Kahfi II Jagakarsa, Jakarta 12640. E-mail: sinusoida@istn.ac.id
- Redaksi berhak menolak naskah yang kurang memenuhi syarat.