

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

Surya Alimsyah<sup>#1</sup>, Parwito<sup>#2</sup>

[surya\\_alimsyah@yahoo.com.sg](mailto:surya_alimsyah@yahoo.com.sg)<sup>1</sup>, [Parwitoism09@gmail.com](mailto:Parwitoism09@gmail.com)<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, FTI-Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta

Jalan Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12630

**ABSTRACT-** Automatic power supply and nutrient control is designed to improve the reliability of Hydroponic NFT, it has capability to backup power when the main supply is not available, main supply source coming from Solar Panel and PLN grid, both is used to supply battery charger and load redundantly. Power Source priority is served by Solar Panel to get free energy to cost down operating cost. When it output insufficient to supply the system, source from PLN grid will take over. It is equipped with automatic battery charging system to maintain the nominal battery voltage (13.6V), charging rate control using temperature battery change in order battery has excellent performance. Beside power management it also has capability to control Nutrient, the amount and concentration in the tank should be maintained correctly, to maintain the level served by level control using contactless ultrasonic distance Sensor and the concentration served by TDS sensor which are connected to Microcontroller to read the height of nutrient surface and nutrient concentration in the tank then send digital output to drive fresh water and nutrient concentrate solenoid valves to compensate system level and concentration required in the tank. In addition LCD and LED are installed to monitor the operating data parameter and the function such as battery voltage, nutrient level, nutrient concentration, switches status, and battery temperature. When it applied in the system could perform as expected, no disturbance occurred during growing period until the crops ready for harvest.

**Keyword:** Hydroponic NFT, Battery, Solar Panel, TDS Sensor, Ultrasonic Distance Sensor, Microcontroller.

**ABSTRAK –** Otomasasi Catu Daya dan Kontrol Nutrisi Hydroponic NFT dirancang untuk meningkatkan keandalan hidroponik NFT, memiliki kemampuan untuk memberikan energi cadangan ketika terjadi gangguan pada pasokan utama, sumber pasokan utama didapat dari panel surya dan jaringan PLN, keduanya digunakan untuk memasok tegangan pengisian ulang baterai dan beban saling bergantian. Diprioritas pada Panel surya guna mendapatkan energi tidak berbayar dengan tujuan menekan biaya operasi. Ketika tegangan tidak mencukupi untuk memasok sistem, sumber dari jaringan PLN akan mengambil alih. Dilengkapi dengan sistem pengisian baterai otomatis yang memiliki kemampuan mengendalikan tegangan baterai pada tegangan kerjanya di 13.6 V dan pengendalian laju arus pengisian terkompensasi oleh perubahan suhu baterai sehingga baterai memiliki performa yang tinggi. Selain itu, alat ini memiliki kemampuan untuk mengendalikan jumlah dan kadar Nutrisi di dalam tangki yang terjaga dengan benar, untuk mempertahankan volumenya dikendalikan oleh kontrol ketinggian cairan menggunakan sensor jarak Ultra Sonic dan konsentrasinya dikendalikan oleh sensor TDS yang terhubung ke Microcontroller untuk membaca ketinggian permukaan nutrisi dan konsentrasi unsur hara di dalam tangki, kemudian mengirimkan output digital untuk menggerakkan solenoid valve air tawar dan larutan nutrisi pekat untuk mengimbangi ketinggian cairan dan kadar yang dibutuhkan di dalam tangki. Dilengkapi LCD dan LED untuk memantau parameter data operasi dan fungsinya seperti: tegangan baterai, ketinggian cairan, kadar nutrisi, status switch, dan suhu baterai. Ketika diaplikasikan di lapangan alat ini dapat bekerja dengan baik sesuai dengan harapan, tidak mengalami gangguan operasi selama masa pertumbuhan dan tanamannya tumbuh sangat baik hingga siap dipanen.

**Kata kunci:** Hydroponic NFT, Baterai, Panel Surya, Sensor TDS, Sensor Jarak Ultrasonik, Mikrokontroler.

## 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 pembedangan ulang (menyiapkan lahan tanam untuk tanaman baru).

Selain cahaya matahari, temperatur dan kelembaban, faktor penentu terpenting pada metoda tanam ini adalah terjaminnya 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

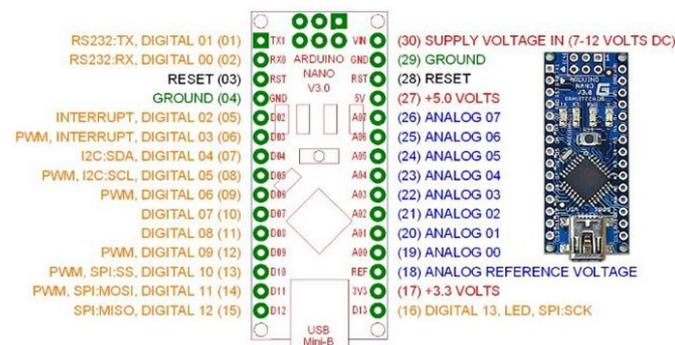
### 2.1 Mikrokontroler Arduino Nano

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.

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.



Gambar 1: Diagram Pin Arduino Nano

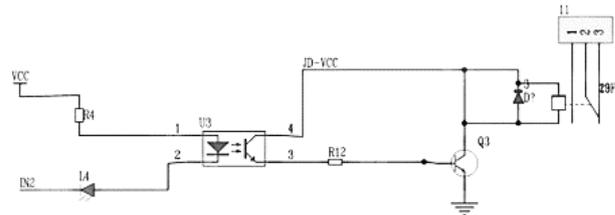
### 2.2 Modul Driver Relay 4 kanal

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.



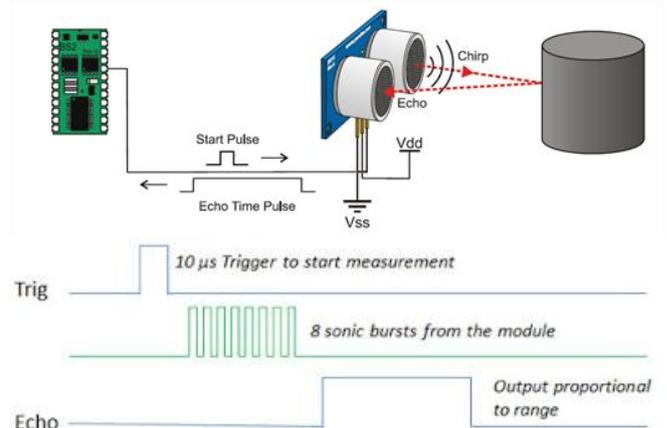
Gambar 2: Rangkaian Driver Relay

### 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

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

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 elektoda atau probe yang dicelupkan ke dalam larutan dan mengukur besarnya tegangan *V* yang terbaca diantara kedua elektoda.

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

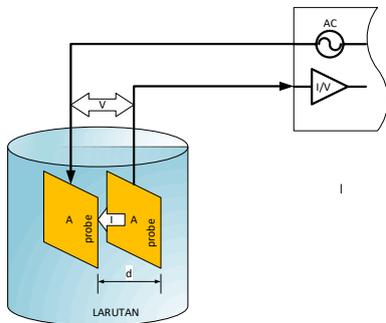
$$\kappa = G \cdot K \dots\dots\dots (2)$$

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

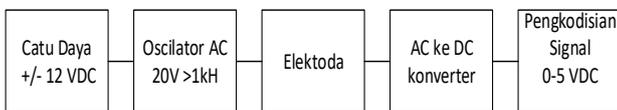
$$G = 1/R (S) = I/V \dots\dots\dots (3)$$

Sel konstan *K* adalah rasio jarak *d* (dalam cm) antara elektoda yang luas penampangnya *A* (dalam cm<sup>2</sup>), dihitung dengan persamaan (4)

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



Gambar 4: Diagram Prinsip Kerja TDS/EC Meter



Gambar 5: Diagram Blok TDS/EC Meter

Pada Gambar-5 ditunjukkan diagram blok dari TDS meter, dimana arus bolak-balik yang dialirkan ke elektoda dibangkitkan dari rangkaian oscillator yang mendapat sumber tegangan +/- 12 Vdc, ketika elektoda terhubung oleh cairan (elektrolit) akan menghasilkan nilai tegangan bolak-balik kemudian diampifikasi 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 %)

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

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).

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

Kapasitas Charger *Qch* (dalam ampere) berbanding lurus dengan kapasitas baterai *Q* (dalam Ah), faktor pengisian ulang *Rf* = 1–1,15 dan arus beban *I* (dalam A), serta berbanding terbalik dengan waktu pengisian *tch* (dalam jam).

Untuk melakukan pengisian ulang baterai, dikenal ada beberapa metode pengisian disesuaikan dengan keperluannya. Terhadap baterai yang digunakan sebagai sistem cadangan dimana baterai dan beban selalu terhubung, maka metode yang paling tepat adalah metode pengaturan tegangan dua tingkat. Tingkat yang pertama adalah *Bulk Charge* (pengisian dengan arus maksimum) dimana baterai akan menerima tegangan dan arus maksimum yang dapat diserap oleh baterai. Metode ini dibatasi hingga tegangan baterai mencapai kondisi penuh pada 14,5 volt pengisian dihentikan. Tingkat yang kedua adalah *floating* (mengambang) dimana tegangan baterai dipertahankan pada tegangan nominalnya di 13,6 Volt.

**2.6 Sensor Temperature LM-35**

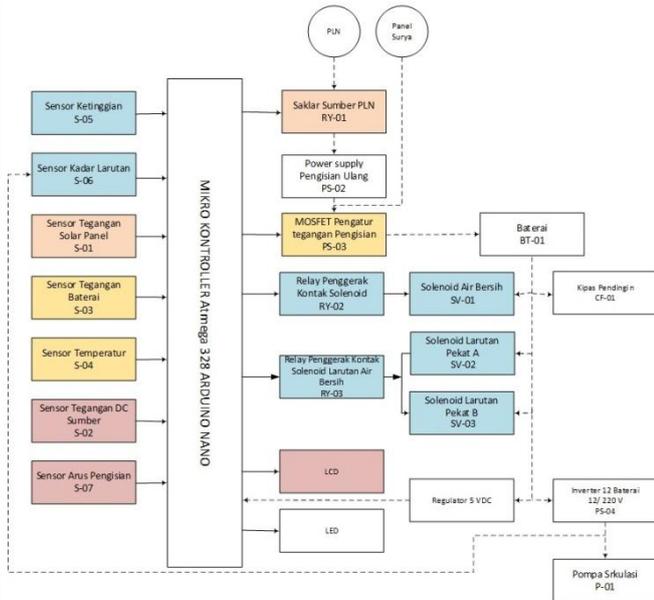
Sensor suhu LM35 pada Gambar-6 adalah merupakan piranti elektronika untuk mengubah besaran fisis yang berupa suhu menjadi besaran listrik (tegangan), dibuat dari bahan SiO2 dengan type TO 92. Sensor ini memiliki karakteristik setiap kenaikan 1°C menghasilkan tegangan keluaran sebesar 10mV dengan batas maksimum keluaran 1,5V atau setara 150°C.

Sensor LM35 telah dikalibrasi secara internal dalam satuan <sup>0</sup>celcius dengan sensitivitas 10mV/<sup>0</sup>C dan sensor ini dapat beroperasi pada suhu -55<sup>0</sup>C hingga +150<sup>0</sup>C dengan tegangan catu 4V hingga 30V. Sensor ini hanya



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. Otomasi juga dikendalikan oleh Mikrokontroler untuk pengisian ulang Baterai dengan mementingkan pertimbangan masa pakai (*life cycle*) Baterai.



Gambar 11: Diagram Blok Sistem Kelistrikan

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.

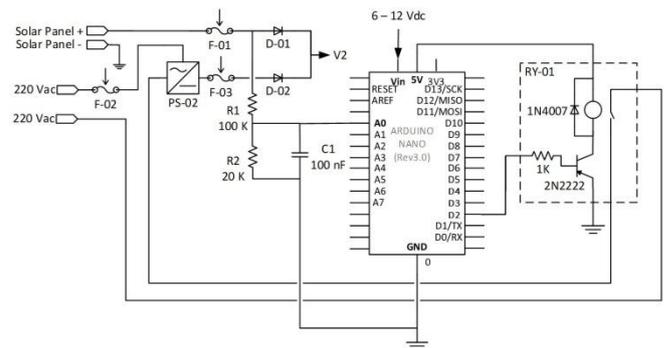
Tabel 1: Pengaturan Otomasi Penggunaan Sumber Listrik

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

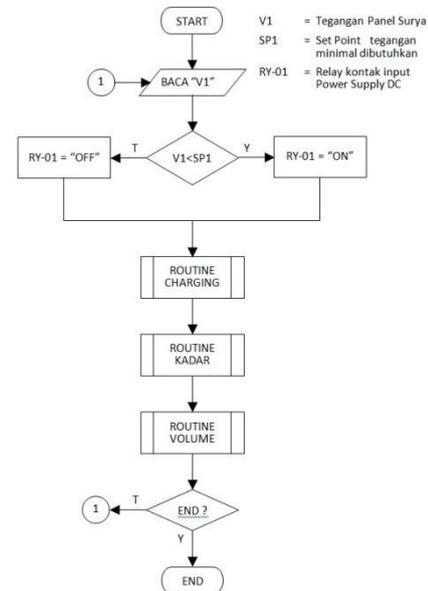
tegangan pengisian (*charging*) berdasarkan kondisi tegangan dan suhu kerja Baterai.

### 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 parallel 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

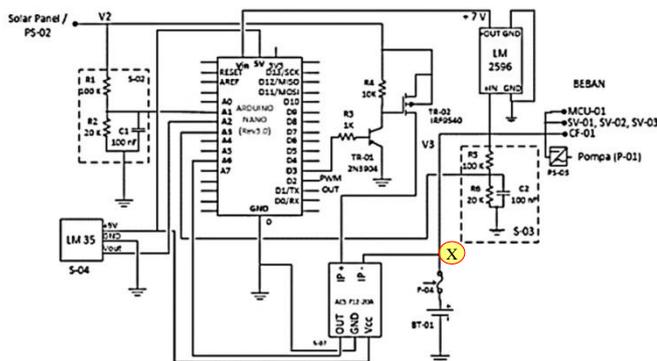
mendapat input PLN. Akibatnya V2 bernilai 15Vdc yang berasal dari output Power Supply DC 15V. Saat ini jaringan **PLN terpilih** sebagai sumber listrik bagi sistem.

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 menonaktifkan 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  $V3 > V2$ , 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”.

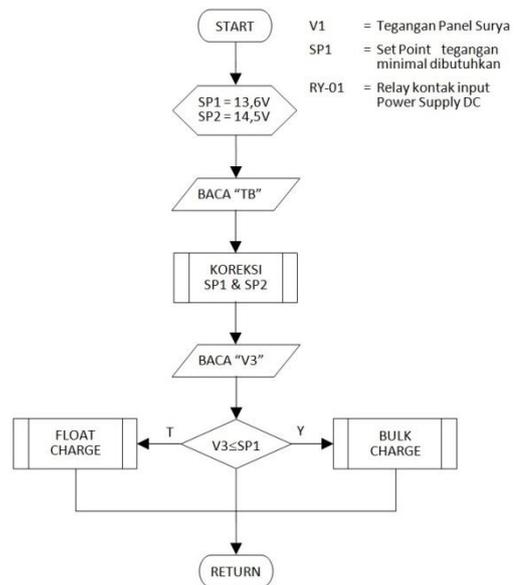
### 3.3 Otomasi Kendali Pengisian Baterai



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.

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* pengisian, serta parameter D untuk kategori *proses* pengisian.



Gambar 15: Diagram Alir Kontrol Pengisian Baterai

Dalam pengisian Baterai, *ditargetkan* agar tercapai tegangan Baterai, **V3**, berada dalam rentang antara nilai minimum, **SP1**, dengan nilai maksimum, **SP2**, yang keduanya akan berubah-ubah mengikuti perubahan temperatur kerja **TB** dari Baterai. Sedangkan *proses* pengisiannya dilakukan menggunakan arus yang besarnya menyesuaikan dengan nilai nyata tegangan Baterai setiap saatnya.

Jadi untuk *target* pengisian, parameternya adalah nilai setelan (*setpoint*) batas minimum dan batas maksimum (SP1 dan SP2), dengan variable kontrolnya adalah Temperatur Baterai, TB. Suhu TB, diukur oleh sensor SR-04 dan hasilnya diumpangkan ke input analog pin A2 sebagai data “TB” untuk diproses oleh program. SP1 dan SP2 disetel pada nilai awal 13,6V dan 14,5V yang berlaku pada suhu ruangan 25°C. Karena nilai keduanya akan berkurang/bertambah 30mV untuk setiap kenaikan/penurunan suhu 1°C diatas/dibawah 25°C, maka program akan selalu mengoreksinya memakai formula sederhana rumus (7) dan (8).

$$SP1 = 14,35 - 0,03TB \dots\dots\dots (7)$$

$$SP2 = 15,25 - 0,03TB \dots\dots\dots (8)$$

Sedangkan untuk *proses* pengisian, parameternya adalah nilai setelan *Duty Cycle (D)* dari output PWM Mikrokontroler yang mengendalikan “ON”/”OFF” nya aliran arus pengisian. Lamanya durasi “ON” arus pengisian ditentukan mengikuti selisih (kekurangan) variable tegangan Baterai, V3, dari target maksimum SP2. Semakin mengecil selisihnya, maka durasi “ON” juga ditentukan semakin mengecil, mengikuti nilai *D* yang dihitung berdasarkan *kekurangan V3 dari SP2, (SP2-V3), dibagi rentang setelan (SP2-SP1)*, yang dinyatakan dalam persentasi (%), atau sederhananya memakai rumus (9).

$$D = \frac{SP2 - V3}{0,9} 100\% \dots\dots\dots (9)$$

Besarnya nilai V3 diukur oleh sensor S-03 (berupa rangkaian pembagi tegangan R5-R6) yang hasilnya diumpangkan kepada input analog pin A3 sebagai data “V3”. Data ini diproses oleh program guna menentukan nilai D

tersebut untuk output PWM pin D3 Mikrokontroler yang mengontrol “ON”/”OFF” nya TR-01 sebagai driver bagi Transistor TR-02 (berupa P-MOSFET IRF 9540). Aktifitas TR-02 sebagai saklar elektronik inilah yang mengatur durasi arus pengisian dengan nilai *duty cycle* tersebut.

Kontrol *proses* pengisian dilakukan menggunakan 2 macam metode: *Bulk Charge* dan *Floating Charge*. Metode ini dipakai karena alasan yang telah dijelaskan di dalam Paragraf 2.5, dimana **Baterai** diperankan sebagai sumber listrik cadangan yang **selalu terhubung dengan beban**.

Kalau tegangan Baterai V3 sudah mengecil hingga mencapai batas target minimal nilai SP1 (atau bahkan kurang), maka pengisian Baterai memakai metode *Bulk Charge*, yaitu menggunakan arus maksimum 100% hingga Baterai penuh mencapai batas target maksimum ( $V3 = SP2$ ). Namun ketika Baterai *discharging* dan V3 mengecil turun dari nilai SP2 dan belum mencapai batas minimum SP1, maka besarnya tegangan Baterai ini dijaga agar tetap berada dalam rentang antara nilai SP1 dengan SP2, yaitu dengan menerapkan metode pengisian *Floating Charge*. Memakai metode ini, arus pengisian berubah-ubah secara proporsional dengan durasi antara 100% hingga 0% sesuai *duty cycle*, D, dari output PWM pin D3 Mikrokontroler, yang secara terus menerus diperbarui mengikuti perubahan nilai V3 itu sendiri.

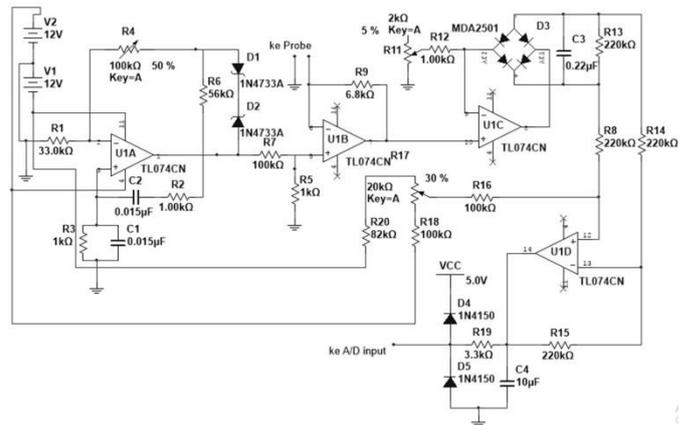
Sebagai catatan tambahan, PS-03 (*Power Supply 03*) pada blok berwarna *kuning-gading* di dalam Gambar-11 yang dilabelkan untuk TR-02, dimaksudkan bahwa TR-02 lah yang mengatur suplai daya bertegangan V2 yang sumbernya dari Panel Surya atau dari PLN melalui PS-02. Nilai V2 sendiri diukur oleh Sensor S-02 (berupa Pembagi Tegangan R1-R2) dan diumpankan ke pin analog A1 Mikrokontroler sebagai data “V2”, akan digunakan oleh Rangkaian Monitor (Paragraf 3.5) untuk ditampilkan pada Panel Kontrol.

Catatan tambahan lainnya adalah, arus *charging* yang melalui TR-02, sebelum sampai di titik (x) (terlihat pada Gambar-14), terlebih dahulu melalui elemen S-07 yang merupakan blok berwarna *pink* pada Gambar-11. S-07 ini adalah Sensor Arus ACS712 20A sebagai bagian dari Rangkaian Monitor Pendukung pada paragraf 5.5. Selain itu, pada Gambar-14 juga terdapat Regulator DC-DC Stepdown LM2596, yang fungsinya adalah untuk meregulasi suplai daya kepada Mikrokontroler.

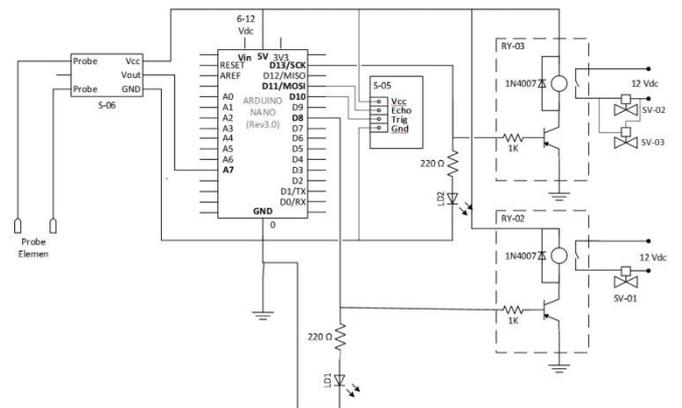
### 3.4 Otomasi Kendali Volume dan Kadar Larutan

Otomasi ini melibatkan blok-blok yang berwarna *biru* pada Gambar-11 dibawah kendali Mikrokontroler.

Blok Sensor Kadar Larutan S-06 adalah rangkaian untuk membaca kadar garam dalam larutan yang hakekatnya merupakan TDS/EC Meter Gambar-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.



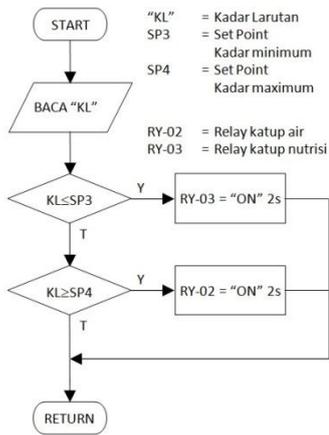
Gambar16: Rangkaian Modul TDS/EC Meter S-06



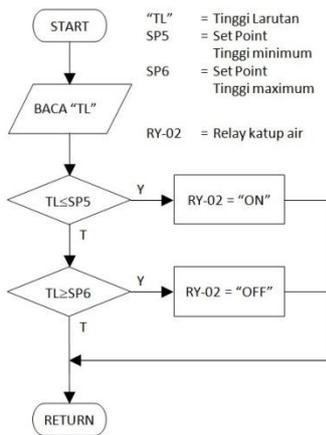
Gambar 17: Rangkaian Kontrol Volume dan Kadar Larutan

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.

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-18: Diagram Alir Otomasi Kadar Larutan



Gambar 19: Diagram Alir Otomasi Volume Larutan

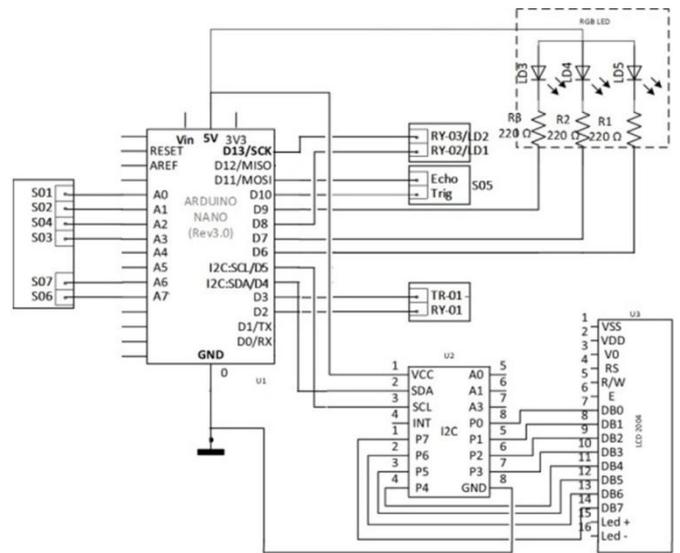
Rangkaian Kontrol Gambar-17 juga dilengkapi dan terhubung dengan Sensor S-05 menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 guna mengontrol kecukupan volume larutan berdasarkan Diagram Alir Otomasi Volume Larutan, Gambar-19. Sensor S-05 bekerja mengukur jarak ketinggian permukaan larutan “TL”. Ketika permukaan 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 suplai penambahan Air dan 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 berwarna *biru*), S01 (yang berwarna berwarna *jingga*), serta S03, S04 (yang berwarna 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

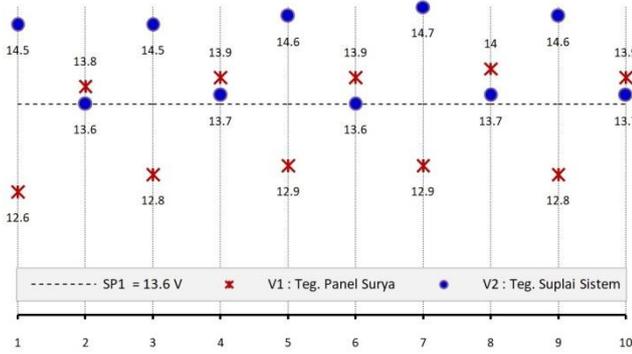
Prototipe Sistem ini telah dibuat dengan batasan kapasitas sebagaimana dijelaskan dalam Paragraf 3.1, serta telah pula diuji coba seperti dijelaskan berikut ini.

### 4.1 Pengujian Otomasi Pengalihan Tegangan

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

Gambar-21 menunjukkan kinerja otomasi terjadi secara konsisten, yaitu selama tegangan Panel Surya lebih kecil dari

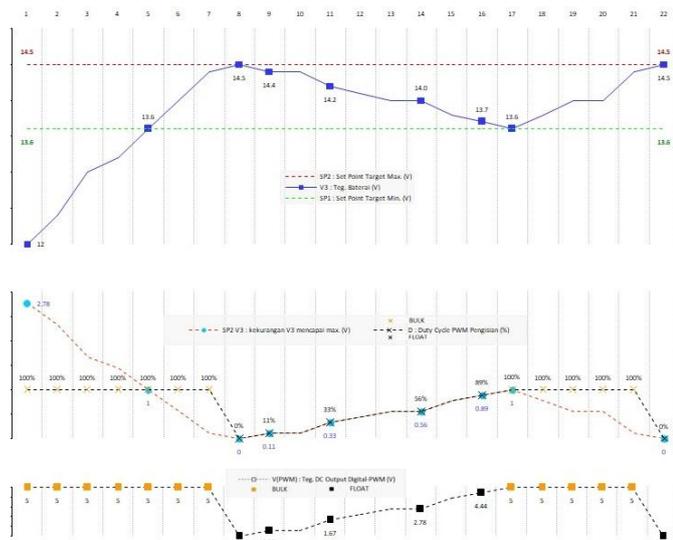
13,6V sebagai nilai batas minimal SP1, maka tegangan Suplai Sistem V2 mendekati 15V yang dihasilkan oleh Power Supply DC 15V yang bersumber dari jaringan PLN. Sebaliknya ketika tegangan Panel Surya lebih besar dari 13,6V, maka tegangan Suplai Sistem V2 sedikit lebih kecil dari tegangan Panel Surya tersebut. 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

#### 4.2 Pengujian 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 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

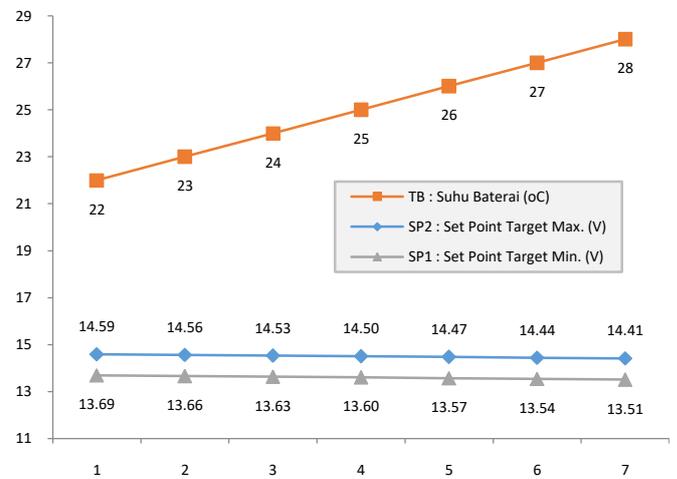
dikonfirmasi juga oleh tegangan output PWM selama itu, terukur bernilai DC konstan sebesar 5V.

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  $V_{dc}$ -PWM membesar kembali kearah 5V, dengan perubahan proporsional yang mengikuti selisih tegangan Baterai terhadap batas maksimum SP2.

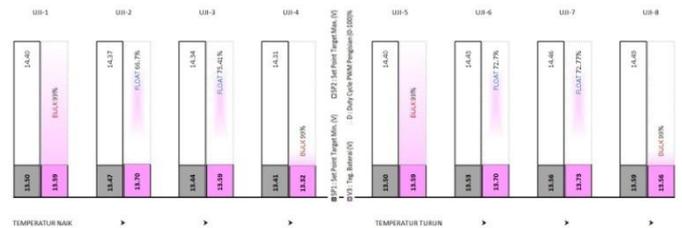
Dengan demikian telah teruji sepenuhnya bahwa otomasi proses pengisian Baterai menggunakan dua macam mode pengisian (*Bulk-Charge* dan *Float-Charge*) berfungsi dengan baik.

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 telah berhasil sepenuhnya dikontrol mengikuti perubahan temperatur.

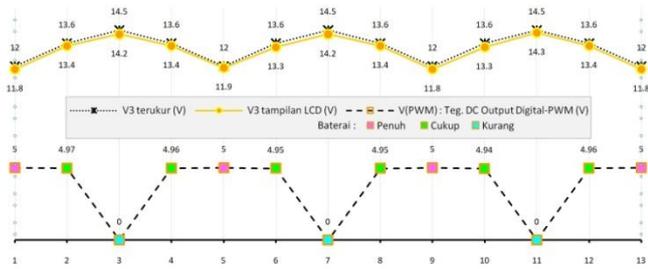
Sedangkan Pengujian Otomasi Pengisian Baterai dibawah pengaruh kedua-duanya, baik oleh perubahan Tegangan Baterai, maupun perubahan Temperatur Baterai juga sepenuhnya berhasil ditunjukkan dalam Gambar-24.



Gambar 23: Kinerja Otomasi Kontrol Perubahan Temperatur Baterai



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



Gambar 25: Perbandingan Tegangan Terukur dengan Tegangan Tertampil pada LCD Monitor dan LED Indikator

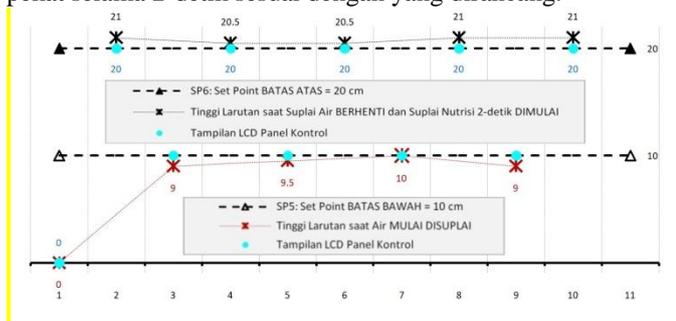
Gambar-25 menunjukkan selisih rata-rata antara tegangan terukur dengan nilai yang ditampilkan di layar LCD pada Panel Kontrol Monitor adalah antara 0,3–0,7 Volt dengan kecenderungan nilai terukur lebih besar dari yang tertampil, namun selisih tersebut relatif sangat kecil sehingga praktis tidak mengganggu kinerja batas-batas otomatisasi.

### 4.3 Pengujian Otomasi Ketinggian Cairan

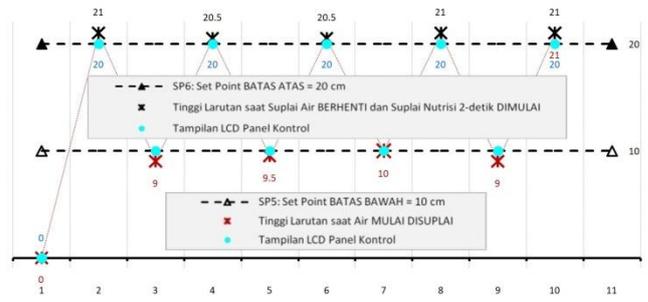
Dalam pengujian Otomasi Ketinggian Cairan, stimulasi untuk perubahan ketinggian permukaan cairan larutan dilakukan dengan memberi gangguan secara manual.

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.

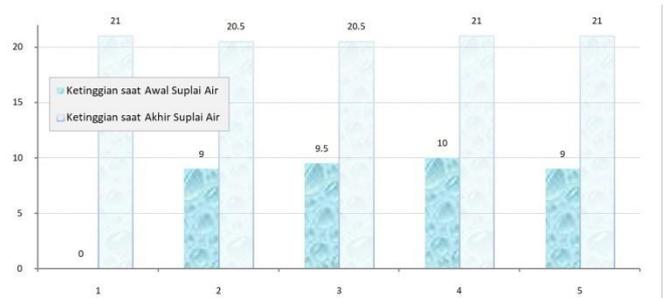
Yang terpenting dari grafik ini adalah bahwa kinerja fungsi Otomasi Kontrol Ketinggian Cairan telah berhasil sepenuhnya. Disamping itu dalam pengujian ini juga telah teruji sepenuhnya, namun tidak terlihat di dalam Gambar-26, bahwa setiap kali pengisian otomatis air terjadi yang dimulai dari batas bawah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



Gambar 26:

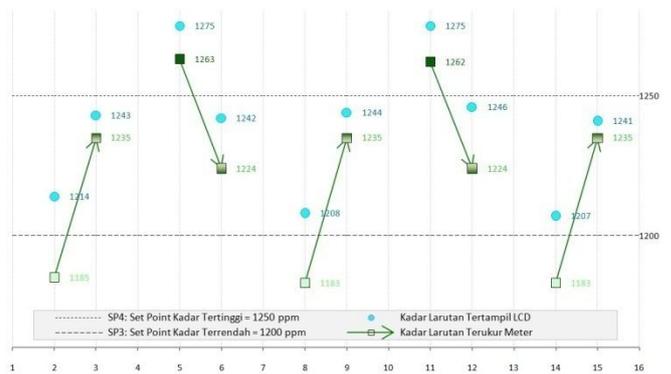


Γαμβαρ 276: Κινερφα ...???

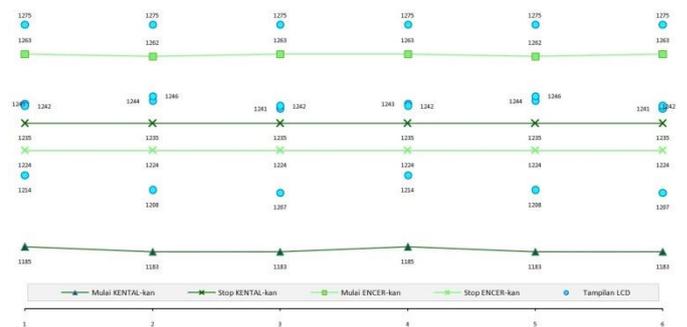


Γαμβαρ 28:

### 4.4 Πενγυφιαν Οτομασι Καδαρ Χαιραν



Γαμβαρ 29:



Γαμβαρ 30:

Πενγυφιαν διλாகυκαν δεγαν μεμβυατ γανγγυαν παδα χαιραν δεγαν μενυρυγκαν δαν μεναικκκαν καδαρ χαιραν δι δαλαμ τανγκι λαρυταν.

Δαλαμ ταβελ 3 διτυνφουκκαν δατα κατυπ αιρ βερσιη Σς-01 τιδακ μεμβυκα δαν μενγαλιρκαν αιρ βερσιη κετικα καδαρ λαρυταν δι βαωαη 1200 ππι ναμυν κετικα κ αδαρνηνα ναικ παδα 1250 ππι κατυπ μεμβυκα δαν μενγαλιρκαν αιρ βερσιη, Κατυπ λαρυταν πεκατ Σς-02 & Σς-03 μεμβυκα δαν μενγαλιρκαν λαρυταν πεκατ κετικα κ αδαρνηνα διβαωαη 1200 ππι δαν μενυτυπ κετικα μενχαπ αι 1225 ππι. Πεμβαχααν παδα αλατ υκυρ ρεφερενσι δαν πεμβαχααν παδα ΛΧΔ αδα περβεδααν ναμυν μασιη μ ασυκ δαλαμ βατασ τολερανσι.

## 5. SIMPULAN

Dari hasil pengamatan dan pengujian ketika perangkat ini diaplikasikan dilapangan dapat disimpulkan bahwa:

- A. Otomatisasi catu daya dapat beroperasi sebagai mana mestinya, ketika tidak ada sumber tegangan dari solar panel, jaringan PLN dapat mengambil alih dan ketika keduanya tidak dapat mensuplai tegangan baterai mampu beroperasi selama lima jam dengan tegangan yang tersisa masih diatas tegangan ambang bawah lebih dari 12.5 V.
- B. Sistem pengisian baterai beroperasi sesuai dengan rancangan ketika tegangan baterai mencapai tegangan maksimumnya diatas 14,5 pengisian ulang baterai tidak mengeluarkan arus dan ketika tegangannya berada diantara 13,6 V – 14,5 V tegangan diatur sesuai selisih tegangannya semakin mendekati ke 14,5 V arus yang masuk semakin kecil namun ketika tegangan turun dibawah 13,6 V arus yang masuk lebih besar. Nilai setting tegangan berubah mengikuti temperatur ruangan ketika temperatur ruangan tinggi seting tegangan pengisian turun 0,03 V untuk setiap kenaikan 1°C berlaku juga untuk sebaliknya.
- C. Kontrol ketinggian larutan dalam tangki dapat bekerja dengan baik sesuai dengan rancangan, ketepatan pembacaan sensor ultra sonic cukup baik. Katup air bersih dapat membuka dan mengalirkan cairan ketika permukaannya jatuh di nilai terendah dan dapat menutup serta menghentikan aliran air bersih ketika mencapai permukaan tertingginya. Keakuratan pembacaan sensor sangat baik, faktor kesalahan bacanya kurang dari 5 % dari rentang baca maksimum. Meski ditempatkan pada ruang yang cukup sempit dan digunakan untuk mengukur zat cair dapat membaca dengan benar.
- D. Otomasi kadar larutan dapat bekerja dengan baik, katup larutan pekat SV-02 dan SV-03 dapat membuka dan mengalirkan cairan ketika kadarnya menyentuh nilai

kadar terendah dan dapat menutup ketika nilainya tercapai, begitu juga ketika kadarnya terlalu tinggi SV-01 dapat membuka dan mengalirkan air bersih untuk mengencerkan larutan nutrisi dan ketika kadarnya naik sesuai settingnya katup menutup kembali dan aliran terhenti, TDS / EC sensor dapat bekerja dengan baik.

- E. Intervensi operator untuk memonitor dan menjaga sistim penanam hidroponik NFT dapat diminimalisir, operator dibutuhkan hanya untuk mengisi kembali larutan pekat komponen A & B dan memeriksa larutan elektrolit pada baterai.
- F. Biaya operasi untuk mengoperasikan hidroponik NFT dengan mengaplikasikan alat ini dapat ditekan, diantaranya untuk biaya listrik sekitar rata-rata 30% dengan asumsi cuaca cerah dan biaya operator untuk memonitor kadar larutan dari intervensi setiap hari menjadi cukup seminggu sekali saja.

## 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](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/>