

SISTEM AIR MINUM OTOMATIS PORTABLE BERBASIS SOLAR CELL

Towijaya¹ Ghoni Musyahaar, Luthfi hakim, sukmo sudiono
Teknik Elektronika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Muhammadiyah Pekajangan Pekalongan
Jl. Raya Pahlawan No. Gejlig – Kajen Kab. Pekalongan
Telp.: (0285) 385313, www.fastikom.umpp.ac.id

Abstrak

Pembuatan alat ini bertujuan untuk memberika solusi permasalahan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat yang sedang terdampak bencana alam. Karena pada saat bencana keberadaan air minum sangat terbatas dan berdasarkan pokok permasalahan tersebut penulis membuat alat pensuplai air minum otomatis portable berbasis solar cell. Alat ini berfungsi untuk mengoptimalkan pendistribusian air minum agar efisien system energi listrik yang digunakan pada alat ini menggunakan tegangan 12 volt dc dari aki sebagai penyimpanan daya . Pemanfaatan energi listrik tenaga matahari yang dirancang dengan menambahkan beberapa komponen pendukung seperti timer, solenoid valve, limith swith, relay dan pompa air dibuat menjadi sistem kran air otomatis. Sistem ini bekerja dengan dikontrol oleh timer, limit swith dan solenoid valve yang dapat mengatur jadwal buka keran air secara otomatis dan membatasi volume air yang mengalir pada kran. Metode yang dilakukan pada aplikasi ini dengan memanfaatkan system solar cell atau tenaga matahari yang keberadaanya tidak terbatas, kemudian system ini dikendalikan oleh limit swith dan relay untuk mengatur pompa air agar dapat bekerja sesuai yang diharapkan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa, solar cell 50 wp dapat mengisi aki 32 ah dengan waktu 9 jam 2 menit dan juga dengan aki tersebut dapat mengoperasikan beban secara terus menerus dengan daya 37 watt selama 8 jam 36 detik dan hasil perancangan ini didapat bahwa kran air akan terbuka pada saat diberik instruksi membuka secara otomatis, kemudian akan tertutup apabila waktu operasi timer telah habis (36 detik) dan air telah mencapai batas volume yang telah ditentukan yaitu satu liter

Kata Kunci : *Solar Cell, PUIL 2000, solenoid valve*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan dasar bagi makhluk hidup termasuk manusia. Kebutuhan akan air tersebut dapat diperoleh dari berbagai macam sumber, antara lain: menampung air hujan, air permukaan, ataupun air tanah. Perkiraan kuantitas dan distribusi air di bumi diberikan dapat dikatakan sebesar 97 persen dari air di bumi ada di laut dan sisanya sebesar 1,7 persen ada di kutub-kutub bumi berupa es, 1,7 persen berupa air bawah tanah dan hanya 0,1 persen berada sebagai air permukaan dan atmosfer[1].

Industrialisasi dalam penyediaan air minum tumbuh untuk dapat memenuhi kebutuhan air bagi masyarakat. Selain itu, didukung pula dengan adanya beberapa sumber air pegunungan di beberapa daerah. Air minum dalam kemasan (AMDK) menjadi alternatif lain sebagai salah satu sumber air minum, tetapi AMDK hanya dikonsumsi masyarakat tingkat ekonomi menengah keatas dikarenakan harga yang relatif mahal.

Hal tersebut menjadikan air sebagai benda ekonomi yang mahal sehingga masyarakat mencari cara lain untuk memperoleh air yang layak untuk dikonsumsi, yaitu air minum dari depot air minum isi ulang dengan harga yang lebih murah [2].

Air itu sangat penting buat manusia tapi terkadang manusia itu menggunakan dengan berlebihan dan tidak menyadarinya bahwa air itu sebagai sumber kehidupan buat semua makhluk hidup. Apabila di musim kemarau atau terjadi bencana alam, air itu susah untuk didapatkan dan apabila ada jumlahnya terbatas dan hanya untuk kebutuhan pokok, pada saat pendistribusian air di lingkungan yang terkena bencana biasanya dilakukan tidak efisien seperti air tumpah ke tanah padahal seharusnya air itu dimanfaatkan sepenuhnya untuk kebutuhan masyarakat yang membutuhkan di lingkungan bencana tersebut, sebaiknya pensuplaian air minum dapat dilakukan dengan cara menggunakan tabung air besar yang nantinya diberi alat modern untuk mengatur keluarnya air minum tersebut agar tidak jatuh ke tanah

atau terbuang sia sia. Pembuatan alat ini berfungsi untuk mengisi air minum ke dalam botol secara otomatis, tetapi botol yang digunakan ini berukuran khusus agar masyarakat yang mengambil air minum tidak sembarangan menggunakan botol tempat air minum

Berdasarkan latar belakang dan pemikiran diatas maka muncul sebuah cara untuk merancang ALAT PENISUPAI AIR MINUM OTOMATIS PORTABEL UNTUK BENCANA BERBASIS SOLAR CELL dalam penerapannya alat ini berfungsi secara otomatis mengisi air minum ke dalam botol khusus menggunakan *limit switch* serta dengan system rangkaian kontrol pengendali dan *solar cell* sebagai sumber kelistrikan alat ini..

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka dapat di rumuskan masalah sebagai berikut :

- Bagaimana sistem kerja air minum secara otomatis untuk bencana menggunakan kran induksi untuk membuka dan tutup berbasis *solar cell*?
- Bagaimana cara merancang dan membuat alat pensuplai air minum *otomatis* menggunakan *solenoid valve* ?
- Bagaimana cara kerja dari alat pensuplai air minum *otomatis portabel* untuk bencana berbasis tenaga matahari *solar cell*?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dibuat batasan masalah agar penyusunan laporan Penelitian tidak melewati dari lingkup pembahasan sebagai berikut sebagai berikut :

- Menggunakan modul pembangkit listrik tenaga surya (*solar cell*)
- Buka tutup kran air menggunakan solenoid valve.
- Menggunakan *limit switch* sebagai otomatis pengerak kran induksi.

1.4 Tujuan

Sesuai dengan masalah yang telah diuraikan di atas atau sesuai dengan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan dari penelitian ini adalah :

- Dapat merancang system bangun alat pensuplai air minum *otomatis portable* untuk bencana berbasis *solar cell*.
- Dapat membuat alat pensuplai air minum *otomatis* menggunakan kran induksi .
- Dapat mengerti dan memahami cara kerja *solar cell* yang sangat bermanfaat untuk kehidupan sehari hari dan tidak terbatas oleh sumber daya alam.

1.5 Manfaat

- Bagi Penulis

Sebagai sarana untuk mengembangkan ilmu pengetahuan penulis yang di dapat di bangku kuliah yang di *implementasikan* ke dalam lingkungan masyarakat.

- Bagi mahasiswa

Sebagai sarana pembelajaran bagi mahasiswa untuk memahami tentang system kendali kran induksi dan juga solar cell.

- Bagi Teknik Elektronika

Sebagai sumber penelitian yang bias dijadikan sebagai referensi Penelitian untuk mahasiswa selanjutnya

- Bagi Masyarakat

Sangat terbantu sekali dengan alat ini dikarenakan bisa memanfaatkan air dan sinar matahari semaksimal mungkin

1.6 Metode Pengumpulan Data

Dalam laporan penyusunan penelitian ini penulis menggunakan beberapa metode antara lain.

- Metode Observasi dan studi literatur

Pada metode ini penulis mengambil dan mengumpulkan data yang dapat digunakan sebagai rujukan dari buku referensi, media cetak dan teknologi informasi.

- Metode konsultasi

Pada metode ini penulis melakukan konsultasi dan bimbingan dengan dosen pembimbing dan dosen-dosen lain yang kopetensi dengan materi yang diteliti.

- Metode riset

Pada metode ini penulis mengambil dan mengumpulkandata dengan melakukan pengujian terhadap objek yang diteliti sehingga dapat dilakukan pengembangan.

1.7 Sistematika penulisan

Sistematika penulisan dalam penyusunan laporan Penelitian yang penulis buat, terdiri dari beberapa bab yang didalamnya mencakup hal-hal sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang Latar Belakang Masalah, Rumusan Masalah, Batasan Masalah, Tujuan, Manfaat, Metode Penulisan, dan Sistematika Penulisan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab tinjauan pustaka dan landasan teori menguraikan tinjauan pustaka terdahulu dan definisi dari teori-teopri yang mendasari pembahasan secara detail.

BAB III PERANCANGAN

Bab ini membahas tentang rancangan dari sistem yang akan di buat, yang terdiri dari komponen-komponen dan juga mekanisme alat.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini membahas tentang hasil dari rancanganyang telah di buat dan juga pengujianterhadap cara kerjadari hasil rancangan tersebut.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari penulis

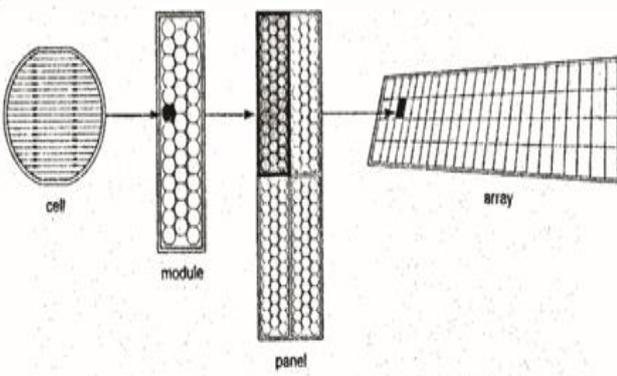
2. LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip Kerja Teknologi Tenaga Listrik Solar Cell (PV Cell)

Cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor, merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektronproton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron *hole*. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton ini. Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan makin besar seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya yang diserap bumi ada sekitar 120.000 terra Watt. Jenis logam yang digunakan juga akan menentukan kinerja daripada sel surya [3].

2.2 Solar Cell (Photovoltaic Cell)

Photovoltaic adalah alat yang dapat mengkonversi cahaya matahari secara langsung untuk diubah menjadi listrik. Kata *photovoltaic* biasa disingkat dengan PV. Bahan semikonduktor seperti *silicon*, *gallium arsenide*, dan *cadmium telluride* atau *copper indium deselenide* biasanya digunakan sebagai bahan bakunya. *Solar cell crystalline* biasanya digunakan secara luas untuk pembuatan *solar cell* [3].



Gambar 2.1 Diagram Hubungan Sel Surya, Modul, Panel & Array[3]

Jenis kristal solar cell (PV cell) yang banyak dipasaran adalah tipe :

- Monocrystalline solar panels* : menggunakan silicon murni yang dihasilkan dengan proses *crystal-growth* yang cukup rumit dengan ketebalan sekitar 0.2 – 0.4 mm. Efisiensinya cukup tinggi berkisar 13 – 19 %.
- Polycrystalline solar panels* : kadangkadang disebut dengan *multi-crystalline*, panel surya dibuat dari *Polycrystalline cells* yang lebih murah dan

efisiensinya masih dibawah *mono-crystalline*, berkisar 11 – 15 %.

- Amorphous solar panels* : jenis ini tidak merupakan kristal yang real, tetapi berupa lapisan tipis silikon yang dideposit diatas base material seperti metal atau gelas yang bentuk permukaannya bebas. Efisiensinya lebih kecil, yaitu sekitar 5 – 8 %.

Jenis solar (PV) cell yang lebih lengkap tercantum pada Tabel 1, dimana tercantum juga luas area cell yang diperlukan untuk menghasilkan daya sebesar 1 kWp.

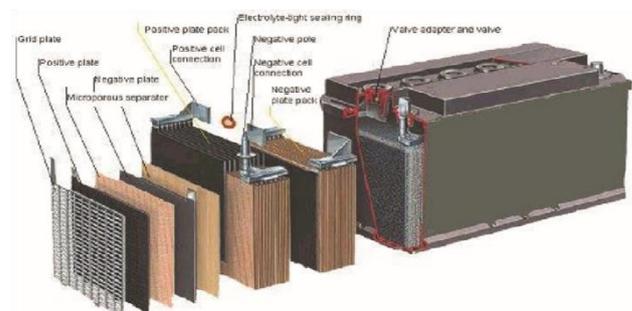
Tabel 2.1 Jenis solar pv

CELL MATERIAL	MODULE EFFICIENCY	SURFACE AREA NEED FOR 1 kWp
Monocrystalline silicon	13–19%	5–8 m ²
Polycrystalline silicon	11–15%	7–9 m ²
Micromorphous tandem cell (a-Si/μc-Si)	8–10%	10–12 m ²
Thin film copper-indium/gallium-sulfur/diselenide (CI/GS/Se)	10–12%	8–10 m ²
Thin-film cadmium telluride (CdTe)	9–11%	9–11 m ²
Amorphous silicon (a-Si)	5–8%	13–20 m ²

Sebuah Sel Surya dalam menghasilkan energi listrik (energi sinar matahari menjadi photon) tidak tergantung pada besaran luas bidang Silikon, dan secara konstan akan menghasilkan energi berkisar ± 0.5 volt - max 600 mV pada 2 amp[3], dengan kekuatan radiasi solar matahari 1000 W/m² = "1 Sun" akan menghasilkan arus listrik (I) sekitar 30 mA/cm² per sel surya³. Pada grafik I-V Curve dibawah yang menggambarkan keadaan sebuah Sel Surya beroperasi secara normal. Sel Surya akan menghasilkan energi maximum jika nilai Vm dan Im juga maximum. Sedangkan Isc adalah arus listrik maximum pada nilai volt = nol; Isc berbanding langsung dengan tersedianya sinar matahari. Voc adalah volt maximum pada nilai arus nol; Voc naik secara logaritma dengan peningkatan sinar matahari, karakter ini yang memungkinkan Sel Surya untuk mengisi accu.

2.3 . Baterai / Aki

Baterai atau aki adalah penyimpan energi listrik pada saat matahari tidak ada. Secara garis besar, baterai dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksinya. Berdasarkan aplikasi maka baterai dibedakan untuk automotif, *marine* dan *deep cycle*. Sedangkan secara konstruksi maka baterai dibedakan menjadi tipe basah, gel dan AGM (Absorbed Glass Mat). Baterai jenis AGM biasanya juga dikenal dgn VRLA (Valve Regulated Lead Acid). Baterai yang cocok digunakan untuk PV adalah baterai deep cycle lead acid yang mampu menampung kapasitas 100 Ah, 12 V, dengan efisiensi sekitar 80%. Waktu pengisian baterai/aki selama 12 jam - 16 jam [3].



Gambar 2.2 Baterai / Aki sebagai penyimpan energi listrik [3].

2.4 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian - karena baterai sudah 'penuh') dan kelebihan tegangan dari panel surya / solar cell. Kelebihan tegangan dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt. Jadi tanpa *solar charge controller*, baterai akan rusak oleh *over-charging* dan ketidakstabilan tegangan.

Beberapa fungsi detail dari *solar charge controller* adalah sebagai berikut [3].

- Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari *overcharging*, dan *over-voltage* agar aki / baterai tidak rusak.
- Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak penuh
- Monitoring* temperatur baterai.

Untuk membeli *solar charge controller* yang harus diperhatikan adalah:

- Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC.
- Kemampuan (dalam arus searah) dari *controller*. Misalnya 5 Ampere, dsb.
- Full charge* dan *low voltage cut*.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 *input* (2 terminal) yang terhubung dengan *output* panel surya/*solar cell*, 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan baterai/aki dan 1 *output* (2 terminal) yang terhubung dengan beban (*load*). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada '*diode protection*' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya/*solar cell* ke baterai, bukan sebaliknya.



Gambar 2.3 Solar charge controller [3]

Ada dua jenis teknologi yang umum digunakan oleh *solar charge controller*: [3]

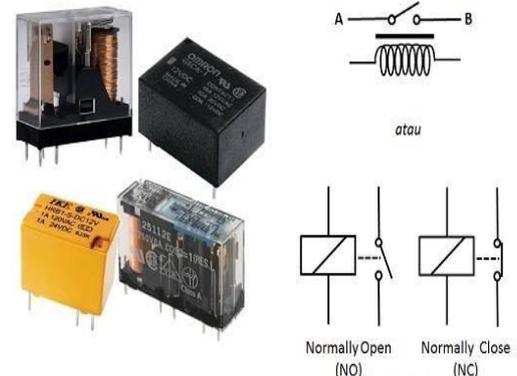
- PWM (*Pulse Wide Modulation*), seperti namanya menggunakan 'lebar' *pulse* dari *on* dan *off* elektrik, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*.
- MPPT (*Maximum Power Point Tracker*), yang lebih efisien konversi DC to DC (*Direct Current*). MPPT dapat mengambil maksimum daya dari PV. MPPT *charge controller* dapat menyimpan kelebihan daya yang tidak digunakan oleh beban ke dalam baterai, dan apabila daya yang dibutuhkan beban lebih besar dari daya yang dihasilkan oleh PV, maka daya dapat diambil dari baterai. .

2.6. Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). *Relay* menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi [4].

Gambar bentuk Relay

Simbol Relay



Gambar 2.6 Bentuk Relay dan Simbol [4]

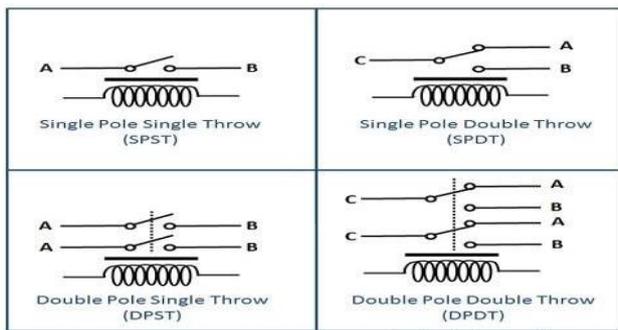
Relay pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu :

- Electromagnet (Coil)*
- Armature*
- Switch Contact Point* (Saklar)
- Spring*

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *CLOSE* (tertutup).
- Normally Open (NO)* yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *OPEN* (terbuka) [7].

c.



Gambar 2.8 Jenis Relay Berdasarkan Pole dan Throw [4]

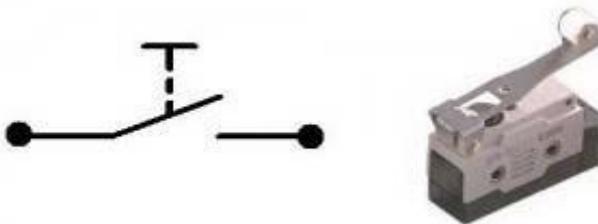
Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

- Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
- Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
- Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.

Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (Short).

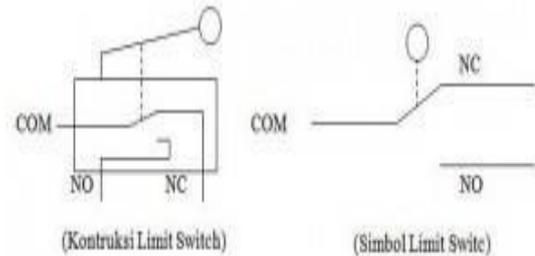
2.7. Limit Switch

Limit switch adalah suatu alat yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada suatu rangkaian, berdasarkan struktur mekanik dari limit switch itu sendiri. Limit switch memiliki tiga buah terminal, yaitu: *central* terminal, *normally close* (NC) terminal, dan *normally open* (NO) terminal. Sesuai dengan namanya, *limit switch* digunakan untuk membatasi kerja dari suatu alat yang sedang beroperasi. Terminal NC, NO, dan *central* dapat digunakan untuk memutuskan aliran listrik pada suatu rangkaian atau sebaliknya *Limit switch* merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja *limit switch* sama seperti saklar *Push ON* yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat katup tidak ditekan. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanis pada sensor tersebut. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak [4].



Gambar 2.9 Simbol dan Bentuk *Limit Switch* [4]

Prinsip kerja limit switch diaktifkan dengan penekanan pada tombolnya pada batas/daerah yang telah ditentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian dari rangkaian tersebut. Limit switch memiliki 2 kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan kontak NC (*Normally Close*) dimana salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan. Konstruksi dan simbol limit switch dapat dilihat seperti gambar di bawah.



Gambar 2.10 Konstruksi *Limit Switch* [4]

Limit switch umumnya digunakan untuk :

- Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek atau benda lain.
- Sebagai sensor posisi atau kondisi suatu objek

2.8 TDR (Time Delay Relay)

Time delay relay (TDR) sering disebut juga relay timer atau relay penunda batas waktu, alat ini banyak digunakan dalam instalasi motor terutama industri, instalasi yang membutuhkan pengaturan waktu secara otomatis. Peralatan kontrol ini dapat dikombinasikan dengan peralatan kontrol lain, contohnya dengan (Magnetic Contactor), Thermal Over Load Relay, [5]

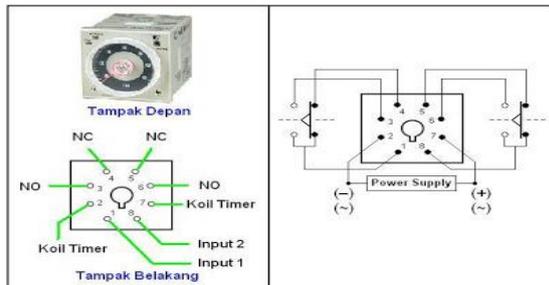


Gambar 2.11 *Timer delay relay* [5]

Fungsi dari peralatan kontrol ini adalah sebagai pengatur waktu bagi peralatan yang dikendalikannya. Timer ini dimaksudkan untuk mengatur waktu hidup atau mati dari kontaktor atau untuk merubah sistem kendali motor listrik dari hubung bintang ke hubung segitiga menggunakan *delay* dengan waktu tertentu.

Timer dapat dibedakan dari cara kerjanya yaitu timer yang bekerja menggunakan induksi motor dan menggunakan rangkaian elektronik. Timer yang bekerja dengan prinsip induksi motor akan bekerja bila motor mendapat tegangan AC sehingga memutar gigi mekanis dan menarik serta menutup kontak secara mekanis dalam jangka waktu tertentu. Sedangkan relay yang menggunakan prinsip elektronik, terdiri dari rangkaian R dan C yang dihubungkan seri atau paralel. Bila tegangan sinyal telah mengisi penuh

kapasitor, maka relay akan terhubung. Lamanya waktu tunda diatur berdasarkan besarnya pengisian kapasitor. Bagian input timer biasanya dinyatakan sebagai kumparan (*Coil*) dan bagian outputnya sebagai kontak NO atau NC. Kumparan pada timer akan bekerja selama mendapat sumber arus. Apabila telah mencapai batas waktu yang diinginkan maka secara otomatis timer akan mengunci dan membuat kontak NO menjadi NC dan NC menjadi NO.



Gambar 2.12. Timer delay relay dan konstruksi[5]

Pada umumnya *timer* memiliki 8 buah kaki yang 2 diantaranya merupakan kaki *coil* sebagai contoh pada gambar di atas adalah TDR type H3BA dengan 8 kaki yaitu kaki 2 dan 7 adalah kaki *coil*, sedangkan kaki yang lain akan berpasangan NO dan NC, kaki 1 akan NC dengan kaki 4 dan NO dengan kaki 3. Sedangkan kaki 8 akan NC dengan kaki 5 dan NO dengan kaki 6. Kaki kaki tersebut akan berbeda tergantung dari jenis relay timernya.

2.8 Solenoid Valve

Solenoid valve merupakan sebuah katup yang digerakan oleh energi listrik yang mempunyai kumparan penggerak. Kumparan ini berfungsi untuk menggerakkan piston yang dialiri oleh arus AC ataupun DC sebagai daya penggerak. *Solenoid valve* memiliki 2 buah saluran yaitu saluran masuk (*inlet port*) dan saluran keluar (*outlet port*). Saluran masuk berfungsi sebagai lubang masukan untuk air, saluran keluar berfungsi sebagai terminal atau tempat keluarnya air. Gambar 5 merupakan bentuk dari *solenoid valve* yang banyak dijual. [6].



Gambar 2.13. *Solenoid Valve* [6]

2.10 Pompa Air

Pompa Air Pompa adalah mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari

dataran rendah ke dataran tinggi atau untuk mengalirkan cairan dari daerah bertekanan rendah ke daerah yang bertekanan tinggi dan juga sebagai penguat laju aliran pada suatu sistem jaringan perpipaan. Prinsip kerja pompa adalah dengan melakukan penekanan dan penghisapan terhadap fluida. Pada sisi hisap pompa (*suction*), elemen pompa akan menurunkan tekanan dalam ruang pompa sehingga akan terjadi perbedaan tekanan antara permukaan fluida yang dihisap dengan ruang pompa (7)



Gambar 2.14 pompa air 12 dc [7]

Untuk Pompa Air DC (Pompa DC), terbagi atas tiga kategori utama, yaitu:

- Pompa Celup (*Submersible*) : *Sun-Sub* dan *Sun-Buddy* *Sun-Sub* adalah *submersible pump* dengan total head dan debit yang lebih besar daripada *Sun-buddy*. Pompa *submersible* cocok digunakan apabila kedalaman muka air tanah (*water table*) lebih dari 6 meter.
- Pompa Permukaan (*Surface/Floating Pump*) : *Sun-Ray* dan CP *Sun-Ray* adalah *surface pump* jenis CP yang dilengkapi dengan alat tambahan sehingga dapat mengapung sendiri di atas permukaan air. Jenis ini cocok digunakan untuk kedalaman muka air tanah kurang dari 6 meter.
- Pompa Semi Celup : *Sun-Downer*, *Sun-Downer* adalah pompa yang motor dan drive headnya terletak di permukaan tanah, tetapi rotornya/pompanya terendam dalam sumber air, hal ini mengakibatkan diperlukannya *shaft* tambahan, sehingga sering juga disebut *lineshaft pu*

3. PERANCANGAN

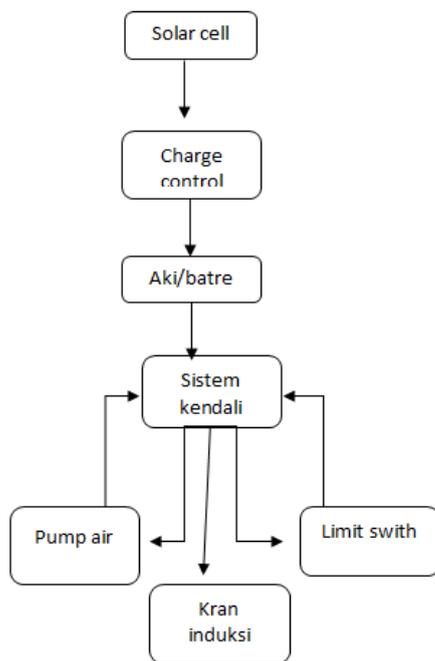
3.1 Perancangan sistem

Sistem ini dirancang untuk memanfaatkan energy baru terbarukan yaitu panas dari sinar matahari menjadi energy listrik dengan alat yang dinamakan solar cell, alat ini sebagai sumber energy listrik dengan keluaran 12-24 volt dc yang nantinya akan masuk ke dalam control charger sebagai pengatur pengisian batre/aki kemudioan disimpan kedalam sebuah baterai/aki tersebut dengan tegangan 12 volt dc sistem tersebut dinamakan sistem solar cell.

Sistem kendali pada alat ini menggunakan relay dan timer, relay berfungsi untuk mengendalikan air dari (derigen utama) yang berada dibagian dalam kerangka alat dengan kapasitas 20 liter air ke (derigen penampungan) yang berada dibagian atas kerangka alat ini tepatnya dibawah panel solar cell dengan kapasitas derigrn 5 liter. Relay ini dikendalikan oleh dua limit switch sebagai pengontrol air pada derigen penampung agar selalu terisi secara otomatis apabila sistem alat ini berfungsi untuk menyuplai air ke masyarakat. Kedua

limit switch tersebut disambung secara seri limit switch yang pertama berguna untuk menghidupkan motor pompa air serta mengisi air ke derigen pnmampung dan limit switch yang kedua berguna untuk mematikan motor pompa air apabila air sudah terisi hamopir penuh. Pada sistem kendali ini timer berfungsi untuk membuka solenoid valve dan mengatur waktu keluaranya air agar jumlahnya sesuai dengan yang diharapkan, timer ini dikendalikan secara otomatis oleh limit switch.

Secara garis besar sistem yang berjalan pada alat pensuplai air minum otomatis portable ini dapat digambarkan dalam diagram blok seperti dibawah ini.



Gambar3. 1. Diagram blok sistem

3.2 Analisa kebutuhan

Pada perancangan Alat pensuplai air minum otomatis portable untuk bencana berbasis solar cell ini terdiri dari beberapa komponen dan alat yang dibutuhkan dalam perancangan sistem ini diantaranya :

3.2.1. Komponen yang digunakan

- solar cell 50 wp
- control power supplay 20 ah
- aki /batre 30 ah
- Timer 12 v dc
- Limith swith
- Pompa air 12 v dc / 22 w
- Kran induksi 12 v dc
- Lampu penerangan 12 v dc
- perangkat perangkat tambahan

3.2.2. Alat yang digunakan

- Tang potong
2. Tes pen
3. Multitester
4. Obeng +-
5. Gergaji

6. pisau
7. Las listrik
8. Gerinda
9. Gunting
10. Meteran
11. kunci pas 15

3.2.3. kebutuhan biaya

No	Nama bahan / komponen	Harga
1	Panel surya / solar cell 50 wp	Rp 550.000
2	Aki / baterai 32 Ah	Rp 350.000
3	Solar charge control 20 A	Rp 100.000
4	Timer 12 v dc	Rp 70.000
5	Solenoid valve 12 v dc	Rp 55.000
6	Relay 12 v dc	Rp 32.000
7	Derigen air 2 tabung	Rp 30.000
8	Lampu led 3 watt 12 v dc = 2pcs	Rp 30.000
9	Besi hollo 1,5x1,5 = 2 batang	Rp 70.000
10	Roda kerangka 4 pcs	Rp 40.000
11	Limith swith	Rp 45.000
12	Papan / Triplex	Rp 60.000
13	Terminal sambung 2 batang	Rp 30.000
14	Pencepit power aki 2 pcs	Rp 15.000
15	Tempat fuse + fuse 10 a = 2 pcs	Rp 15.000
16	Kabel NYAF 30 M	Rp 45.000
17	Kabel ties 1 pack	Rp 40.000
18	Kran air ukuran ½	Rp 15.000
19	Pipa untuk kran air+sambungan+lem	Rp 20.000
20	Pompa air 12 v dc 22 watt	Rp 100.000
21	Biaya pembuatan kerangka	Rp 100.000
22	Total	Rp 1.812.000

3.3. Perancangan Perangkat

3.3.1 sollar cell

Solar cell adalah sebuah alat yang berfungsi untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik, dalam pembuatan alat ini penulis menggunakan solar cell kapasitas power 50 watt dengan maksimal tegangan 17.3 volt. Sollar cell ini akan diletakan diatas kerangka alat dengan posisi miring dikarnakan apabila terkena air hujan maka air tidak menggenangi alat dan langsung habis mengalir kemiringan penempatan alat ini sekitar 20 derajat



Gambar 3.1. Panel surya 50 wp

3.3.2 Charge control

Charge control adalah alat yang berfungsi untuk mengatur arus dari panel surya ke aki serta sebaliknya dan juga alat ini sebagai pengaman aki untuk mengendalikan panas saat pengisian arus serta alat ini terdapat diada protection untuk melindungi agar arus dari aki tidak masuk ke panel surya dalam pembuatan alat ini penulis menggunakan charge control solar cell dengan kapasitas 20a.



Gambar3.2. Control charge
b.

3.3.3. aki / baterai

Komponen ini berfungsi untuk menyimpan energi listrik yang didapat dari solar cell pada saat siang hari atau terkena sinar matahari yang nantinya energy ini akan digunakan untuk mengoperasikan komponen. Aki ini menggunakan tegangan 12 dc, aki yang digunakan penulis dengan kapasitas 32 ah.



Gambar3.3.Aki / baterai
c.

3.3.4.timer delay relay

Timer yang digunakan pada perancangan alat ini adalah omron 12 dc pada alat ini menggunakan 1 komponen timer sebagai pengendali/pengunci agar motor pump air bekerja, alat ini diletakan pada papan komponen.



Gambar 3.4 Timer 12 dc

3.3.5. Limith swith

Limith swith adalah suatu alat yang berfungsi untuk memutuskan dan menghubungkan arus listrik pada suatu rangkaian, Limit switch memiliki tiga buah terminal, yaitu: central terminal, normally close (NC) terminal, dan normally open (NO) terminal. Sesuai dengan namanya, limit switch digunakan untuk membatasi kerja dari suatu alat yang sedang beroperasi. Terminal NC, NO, dan central dapat digunakan untuk memutuskan aliran listrik pada suatu rangkaian atau sebaliknya.



Gambar 3.5 Bentuk Limit Switch

3.3.6. pompa air

Pompa adalah alat mekanis yang ditempatkan dalam sebuah saluran pipa pemindah energi dari sumber luar ke aliran air tersebut, demikian sebuah pompa diklasifikasi sebagai sebuah mesin yang mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolis yang kemudian akan mengalirkan air.



Gambar 3.6 pompa air 12 dc

3.3.7 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi.



Gambar 3.7 Relay 12 dc

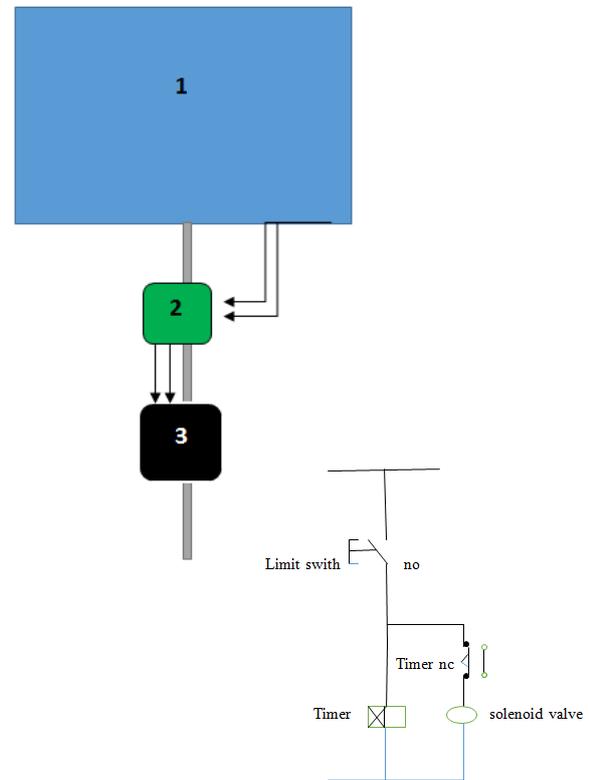
3.3.8. Selenoid valve

Solenoid Valve adalah katup yang digerakan oleh energi listrik, mempunyai kumparan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menggerakkan katup magnet yang dapat digerakan oleh arus AC maupun DC. Disini penulis menggunakan solenoid valve yang menggunakan tegangan 12 v dc



Gambar3.8 Selenoid valve

3.3.8 Perancangan sistem solar cell



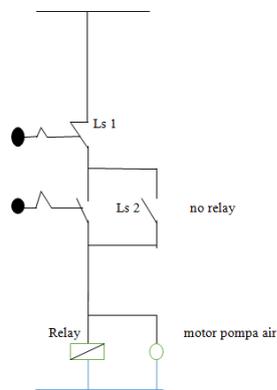
Gambar 3.9 Sistem solar cell

Keterangan Gambar 3.9

- 1. solar cell 50 wp
- 2. control charge 12-24 v dc
- 3. aki/batre

3.3.9 Perancangan sistem kendali motor pompa air

Sebelum membuat alat pensuplai air minum otomatis portable untuk bencana berbasis solar cell kita harus membuat sistem kendali terlebih dahulu agar nantinya saat diaplikasikan sesuai dengan apa yang diharapkan.



Gambar 3. 10 Rangkaian kendali motor pompa air

komponen yang terdapat pada gambar rangkaian kendali diatas ialah:

- motor pompa air
- limith swith 2 pcs
- Relay
- pelampung 2 pcs

Cara kerja Rangkaian kendali pompa air diatas sebagai berikut

- pelampung 1 berfungsi untuk memutus sumber rangkaian kendali, apabila air pada derigen atas sudah penuh maka pelampung 1 akan bekerja menekan limit swith 1 dan mengubah dari kontak nc menjadi no.
- pelampung 2 berfungsi untuk menyalakan motor pompa air, apabila air pada derigen atas sudah hampir habis maka otomatis pelampung 2 akan bekerja dan menrubah kontak pada limit swith dari no menjadi nc
- relay berfungsi sebagai pengunci apabila pelampung 2 bekerja dan limit swith 2 sudah on maka relay akan mengunci dan motor pompa air akan bekerja sampai air pada tabung atas hamper penuh sehingga pelampung 1 akan bekerja mematikan sumber yang masuk ke relay kemudian relay akan off begitu juga dengan motor pompa air off.
- motor pompa air berfungsi untuk memindah air dari tabung bawah ke tabung atas.

3.3.9 Rangkaian kendali solenoid valve

Gambar 3. 11 rangkaian kendali solenoid valve

Komponen yang terdapat pada gambar 3.11 adalah

- 1.Limith Swith
- Timer
- Solenoid Valve

Cara kerja rangkaian kendali solenoid valve

- limit swith berfungsi sebagai saklar on / off apabila limit swith mendapat tekanan dari gelas air maka kontak no berubah menjadi nc begitu juga sebaliknya apabila gelas air diambil maka limit swith akan kembali ke kontak no dan rangkaian kendali ini akan berhenti atau tidak bekerja.

- timer berfungsi untuk mengatur waktu kerjanya solenoid valve / keluaranya air agar sesuai keinginan, jadi cara kerja timer ini apabila mendapat tegangan dari limit swith maka otomatis timer akan mulai bekerja menghitung waktu yang telah diseting, apabila waktu tersebut telah habis maka otomatis timer akan off.
- Solenoid valve berfungsi untuk keluarnya air dan diteruskan ke kran air cara kerja solenoid valve mengikuti setingan waktu timer, solenoid valve ini sangat akurat untuk mengatur keluaran air

3.4. Perancangan alat

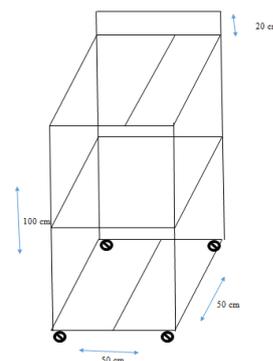
Dalam pembuatan alat pensuplai air minum otomatis saya kelompokkan ke dalam beberapa tahap sebagai berikut

- Pembuatan rangka alat pensuplai air minum
Menjelaskan tentang cara pembuatan rangka alat pensuplai air minum
- Pembuatan alat pensuplai air minum
Menjelaskan tentang cara pembuatan alat pensuplai air minum otomatis portabel untuk bencana berbasis solar cell.

3.4.1 Pembuatan rangka alat pensuplai air minum

Dalam pembuatan rangka alat pensuplai air minum ini menggunakan bahan dari besi hollo 1,5x1,5 cm, alat kerja pengelasan yang menggunakan trafo las listrik 120 A untuk pengelasan . Gerindra listrik untuk memotong besi serta menghaluskan bekas pengelasan agar halus dan rapid an alat cat berguna untuk mengecat rangka besi yang sudah selesai dilas supaya bertahan lama, tidak mudah berkarat dan Nampak rapi

Sebelum perakitan rangka alat pensuplai air minum otomatis portable berbasis solar cell penulis sudah merancang terlebih dahulu gambar kerja untuk memastikan ukuran rangka yang akan dibuat.



Gambar 3. 12 Rangka Alat

Gambar 3.12 Rangka Alat nantinya akan diaplikasikan menggunakan besi hollo ukuran 1,5 X 1,5 cm dan roda rangka alat nantinya akan berfungsi untuk memudahkan pemindahan alat tersebut. Ketika gambar kerja sudah jelas dan pasti kita tinggal masuk dalam proses selanjutnya yaitu perakitan rangka, pertama besi dipotong sesuai ukuran gambar setelah itu dirakit dengan cara pengelasan.

3.4.2. Pembuatan alat pensuplai air minum

Pembuatan alat dilakukan dengan cara bertahap



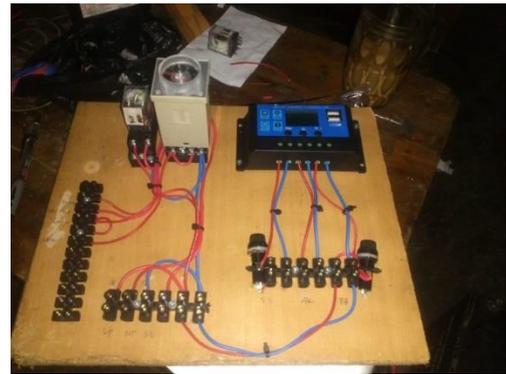
Gambar 3.13 Pembuatan kerangka alat



Gambar 3.14 Solenoid Kran



Gambar 3.15 Limit switch sebagai pengontrol air



Gambar 3.16 Papan Rangkaian kendali dan control charge



Gambar 3.17 kerangka alat dan komponen



Gambar 3.18 Alat pensuplai air minum nampak depan



Gambar 3.19 Gambar alat Nampak belakang

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian komponen sistem

Pengujian bagian atau komponen sistem bertujuan untuk memperoleh data dari tiap komponen yang diuji, sehingga penulis dapat mengetahui kualitas dari komponen yang diuji tersebut. Dalam proses pengujian komponen ini penulis menggunakan alat ukur multimeter analog karena yang diuji hanyalah tegangan dan terminal kontak komponen.

Komponen atau bagian sistem yang diuji antara lain:

4.1.1 Pengujian sistem solar cell

Pada sistem solar cell ini terdapat tiga komponen diantaranya adalah solar cell, charge control dan aki/baterai dan pada pengujian ini penulis hanya menguji tegangan saat sistem solar cell ini difungsikan untuk mengecaskan aki/baterai. Pengukuran tegangan solar cell dan juga tegangan aki saat digunakan

untuk mengecaskan aki menggunakan charge control.



Gambar 4.1 Pengukuran tegangan

4.1.1.1 Hasil pengukuran tegangan panel surya pada siang hari

Tabel 4.1 pengukuran tegangan panel surya siang hari

No	Jam	tegangan
1	07.00	12.4
2	08.00	12.9
3	09.00	15.1
4	10.00	15.7
5	11.00	16.5
6	12.00	14.2
7	13.00	13.8
8	14.00	14.6
9	15.00	13.4
10	16.00	12.7

Kesimpulan : hasil pengujian dan pengukuran tegangan panel surya berubah-ubah karena berdasarkan dari cuaca dan panas intensitas matahari.

4.1.1.2 Pengujian dan pengukuran tegangan panel surya pada malam hari

Kontak Relay	Relay Off	Relay On	keterangan
13 ke 14	1	1	Normal
9 ke 5 (NO)	0	1	Normal
12 ke 8 (NO)	0	1	Normal
9 ke 1 (NC)	1	0	Normal
12 ke 4 (NC)	1	0	Normal

Tabel 4.2 Pengukuran tegangan panel surya malam hari

No	Jam	Tegangan (v)
1	19.00	0
2	21.00	0
3	23.00	0
4	01.00	0
5	03.00	0
6	05.00	0

Kesimpulan dari **Tabel 4.2** hasil pengujian dan pengukuran panel surya tidak menghasilkan tegangan dikarenakan tidak ada cahaya matahari.

4.1.1.3 Hasil Pengujian dan pengukuran tegangan panel surya yang terhubung ke aki pada siang hari tanpa beban

Tabel 4.3 pengukuran tegangan panel surya + aki siang hari

No	Jam	tegangan
1	07.00	12.1
2	08.00	12.4
3	09.00	13.6
4	10.00	14.1
5	11.00	14.4
6	12.00	13.2
7	13.00	12.8

8	14.00	13.6
9	15.00	12.7
10	16.00	12.5

Kesimpulan **Tabel 4.3** tegangan pada aki berubah- ubah karena pengaruh dari tegangan panel surya.

4.1.1.4 Hasil Pengujian dan pengukuran tegangan panel surya yang terhubung ke aki pada malam hari tanpa beban

Tabel 4.4 pengukuran tegangan panel surya = aki malam hari

No	Jam	Tegangan (v)
1	19.00	12
2	21.00	12
3	23.00	12
4	01.00	12
5	03.00	12
6	05.00	12

Kesimpulan **Tabel 4.4** tegangan pada aki stabil 12 volt dc karena tidak ada tegangan yang dihasilkan dari panel surya, kapasitas aki besar 32 ah dan juga tidak ada beban yang terpasang.

4.1.2 Pengujian komponen relay

Pengukuran kontak relay saat dalam kondisi on dan off ini sangat diperlukan karna untuk mengetahui kualitas alat.

Tabel 4.5 pengukuran kontak relay

Dari **Tabel 4.5** dengan keterangan (0) berarti kondisi relay tidak terhubung dan keterangan (1) relay terhubung atau terkoneksi sehingga dapat diketahui bahwa kondisi relay dalam keadaan baik dan layak untuk digunakan dalam aplikasi alat pensuplai air minum otomatis portabel untuk bencana berbasis solar cell.

4.1.3 pengujian komponen limit switch

Pengujian terminal / kotak kontak limit switch

Tabel 4.6 Pengukuran kontak limit swith

Dari **Tabel 4.6** dengan keterangan (0) berarti kondisi limit swith tidak terhubung dan keterangan (1) limit swith terhubung atau terkoneksi sehingga dapat diketahui bahwa komdisi limit switch dalam keadaan baik dan dapat digunakan dalam aplikasi ini.

4.1.4 Pengujian dan pengukuran arus dc dengan diberi beban

Untuk mengukur arus dc menggunakan rumus

$$I = \frac{V}{P}$$

Dimana

V = tegangan
P = beban

I = arus

Tabel 4.7 daya arus dan tegangan beban

Beban (p)	Arus (I)	Tegangan (v dc)
Lampu 1 (3 watt)	0.25	12
Lampu 2 (3 watt)	0.25	12
Pompa air (22 watt)	1.8	12
Solenoid valve (9 watt)	0.75	12
Total daya (37 watt)	3.0	12

4.2 Penghitungan waktu pemakaian aki pada malam hari

Diketahui daya total 37 watt dengan tegangan 12 v dc maka dapat dicari lama pemakaian dengan rumus sebagai berikut

$$\text{Waktun daya / td} = \frac{\text{Daya aki / p}}{\text{Daya beban / pt}}$$

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ volt} \times 32 \text{ ah}$$

$$P = 384 \text{ watt}$$

Keterangan

Td = waktu daya P = Daya aki
V = tegangan Pt = daya beban
I = arus aki

$$\text{Td} = \frac{384}{37} = 10.3$$

Jadi lama pemakaian aki / accumulator yang terisi penuh untuk pemakaian beban pada malam hari dengan jumlah daya 37 watt dengan kapasitas baterai 12 volt x 32 ah adalah 10 jam 3 menit.

Kesimpulan:

Lama ketahanan aki ditentukan oleh besarnya Kapasitas Ampere aki dan berapa watt beban.

Kontak Switch	Limit Switch Tidak Ditekan	Limit keterangan Ditekan
Com ke NO	0	1 Normal
Com ke NC	1	0 Normal

4.3 Penghitungan waktu pengosongan aki

Penghitungan waktu pengosongan aki 12 v 32 ah dengan total beban 37 watt

$$I = \frac{\text{Beban}}{12 \text{ v}} = \frac{37 \text{ watt}}{12 \text{ v}} = 3,08 \text{ ampere}$$

$$\text{Waktu pengosongan} = \frac{32 \text{ ah}}{3,08 \text{ ampere}} = 10 \text{ jam } 3 \text{ menit}$$

10 jam 3 menit – diefisiensi (20%) = 8 jam 36 detik
 Jadi pengosongan aki 12 v 32 ah dengan beban 37 watt
 dibutuhkan waktu 8 jam 36 detik.

4.4 Penghitungan waktu pengisian aki

Penghitungan waktu pengisian aki 12 v 32 ah dengan solar
 cell 50 wp adalah :

Aki 12 v 32 ah dirubah menjadi daya

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ volt} \times 32 \text{ ah}$$

$$P = 384 \text{ watt}$$

daya yang dihasilkan solar cell (50 wp) dengan aki 12 v 32
 ah.

Solar cell yang digunakan 50 wp artinya : 50 wp = watt peak
 (pada saat matahari terik) peak 1 hari diasumsikan 5
 jam. sehingga $50 \times 5 \text{ jam} = 250 \text{ watt}$

50 wp solar cell tiap jam dapat mengisi daya 50 watt

$$384 + \text{diefisiensi (20\%)} = 460.8 \text{ watt}$$

$$460.8 / 50 = 9 \text{ jam } 2 \text{ menit}$$

Jadi pengisian aki 12 volt 32 ah dengan solar cell 50 wp
 adalah 9 jam 2 menit

Sedangkan perbandingan perhitungan daya antara solar cell
 50 wp dengan aki 12 volt 32 ah adalah

Daya yang dihasilkan solar cell 50 wp = 225 watt hour
 sedangkan

Daya yang dihasilkan aki 12 volt 32 ah = 384 watt hour

$$384 - 250 = 134 \text{ watt}$$

4.5 Pengujian waktu pengisian air pada solenoid valve

pengisian air pada alat ini ditentukan dengan jumlah 1 liter
 dengan sistem otomatis menggunakan timer untuk mengatur
 waktu membuka solenoid valve,

Tabel 4.9 waktu pengisian air dengan solenoid valve

No	Waktu timer (detik)	Jumlah air (liter)
1	9	$\frac{1}{4}$
2	18	$\frac{1}{2}$
3	27	$\frac{3}{4}$
4	36	1

5 KESIMPULAN

- Dari pelaksanaan penelitian yang telah dilakukan penulis dapat merancang alat penyalur air minum otomatis portable untuk bencana berbasis solar cell yang berfungsi dengan baik
- Besar daya yang dihasilkan panel surya tergantung pada intensitas radiasi matahari yang mengenai permukaan panel surya. Panel surya yang digunakan sebagai sumber energi alternatif dengan kapasitas 50 Wp , 1 buah charge control berkapasitas 20 a dan 1 buah aki dengan kapasitas 32 a
- Menggunakan limit swith sebagai saklar dengan kombinasi timer sebagai pengatur waktu dan solenoid valve sebagai buka tutup kran air sangat efektif untuk mengatur keluaran air
- Penggunaan panel surya sangat efektif pada jam 10.00 – 14.00
- Panel surya tidak akan menghasilkan tegangan pada jam 18.00 – 06.00 karena tidak ada sinar matahari

- Dengan menggunakan sistem solar cell atau pembangkit listrik tenaga surya dapat menjadi alternative dalam mendapatkan listrik

DAFTAR PUSTAKA

- Indarto, 2010, Hidrologi, Bumi Aksara jembe.
- Bambang, A.G; Fatimawali.; Kojong,.S. 2014, Analisis Cemar Bakteri Coliform dan Identifikasi Escherichia Coli Pada Air Isi Ulang Dari Depot Di Kota Manado, Pharmachon Jurnal Ilmiah Farmasi 3.
- Sigit Sukmajati; Mohammad Hafidz, 2015, Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta.
- Muhammad Saleh, 2017, Rancang Bangun Sistem Keamanan Rumah Menggunakan Relay.
- Muh. Haekal Seto Nugroho, 2014, Makalah timer/TDR (*Time Delay Relay*).
- Siti Sulbiyah Kurniasih; Dedi Triyanto; Yulrio Brianorman, 2016, Rancang bangun Alat Pengisi Air Otomatis Berbasis Mikrokontroler.
- Sutono, 2016, Monitoring Distribusi Air Bersih.