

SISTEM PENGATUR SUHU RUANGAN SHELTER PADA BTS TIPE INDOOR BERBASIS SUPERVISORY MODULE 45 (SM45)

Denni Eka Saputra¹, Hendro Priyatman², F. Trias Pontia²

¹Alumni Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura

²Dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjung Pura

Email : denieka.hariff@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini merancang sebuah alat untuk mengatur suhu ruangan *shelter* pada *BTS* tipe *indoor* berbasis *Supervisory Module 45 (SM45)*. Tujuan dari penelitian ini untuk mengendalikan suhu ruangan *shelter* akibat dari tidak digunakannya lagi pendingin ruangan (*air conditioner*).

SM45 digunakan sebagai pengendali utama dari sistem dikarenakan *supervisory module* ini sudah terdapat pada setiap ruangan *shelter* *BTS* tipe *indoor*, sehingga tidak diperlukan biaya tambahan lagi dalam merancang sistem pengatur suhu yang akan dibuat. Pada SM45 tersedia fitur untuk mendeteksi setiap kenaikan maupun penurunan suhu ruangan dan dapat langsung di *mapping* ke alarm menggunakan *software DCTools*.

Hasil pengujian yang dilakukan adalah suhu berada pada kisaran 25 °C – 35 °C dengan *exhaust fan* sebagai media pendingin ruangan. Apabila suhu naik melebihi 35°C, suhu ruangan *shelter* akan diturunkan dengan mengaktifkan dua unit *air conditioner* ke suhu kamar, yaitu 25 °C.

Kata kunci : *Kendali, Suhu, Supervisory Module 45*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kini, krisis global tengah menjadi problematika setiap negara di dunia. Bukan hanya krisis pada sisi ekonomi saja, tetapi krisis energi juga sedikit banyak membuat beberapa negara termasuk Indonesia menjadi goyah. Untuk dapat bertahan dari terpaan krisis global, kebijakan pengetatan anggaran di segala sektor adalah hal yang mesti dilakukan.

Ditambah lagi persaingan usaha pada bidang jasa telekomunikasi yang sangat ketat, menuntut pelayanan yang selalu prima kepada pelanggan. Para penyedia jasa telekomunikasi diharapkan meminimalisasi adanya gangguan pelayanan, jika tidak ingin pelanggan berpindah ke kompetitor lain. Berbanding lurus juga dengan biaya pengeluaran yang terus ditekan demi dapat bertahan pada roda kompetisi pasar. Jika hal ini dapat dilaksanakan dengan baik, tentunya akan berimbang positif pada neraca rugi-laba perusahaan.

Pada kenyataannya, kedua tuntutan diatas sangat sulit untuk dilaksanakan. Pelayanan yang prima juga harus didukung oleh dana operasional yang prima. Terjadi

benturan di lapangan, antara kebijakan perusahaan untuk menekan pengeluaran dengan tugas pekerjaan. Sebagai contoh pengetatan anggaran yang dilakukan adalah kebijakan untuk menurunkan biaya tagihan listrik pada *Base Transceiver Station* (selanjutnya disebut *BTS*) tipe *indoor*. Pada *BTS* tipe *indoor*, perangkat elektronik yang besar konsumsi dayanya adalah *Air Conditioner* (selanjutnya disebut *AC*) dan diganti dengan *exhaust fan*. Akibatnya suhu ruangan meningkat yang semula berkisar di 16° C - 25° C menjadi 28° C - 40° C, bahkan juga pernah ditemukan pada salah satu *BTS* suhunya mencapai 60° C.

Efek dari suhu ruangan yang tinggi dapat membuat perangkat elektronik bekerja tidak stabil dan membuat usia perangkat elektronik tersebut menjadi pendek. Didalam *shelter* terdapat baterai sebagai *backup* daya apabila terjadi pemadaman listrik. Mengacu pada *datasheet* baterai VRLA (*Life Expectancy and Temperature : 41-7329*) *elevated operating temperature is one of the most frequent causes of not attaining the design life of a VRLA Battery*. Baterai sangat rentan akan suhu panas yang dapat mengakibatkan semakin

pendek masa kerjanya. Apabila perangkat bekerja tidak stabil ataupun rusak tentu berakibat terganggunya pelayanan ke pelanggan dan berujung pada memburuknya citra perusahaan itu sendiri.

Masalah lain yang ditimbulkan dengan tingginya suhu ruangan adalah saat petugas masuk kedalam ruangan *shelter* tersebut untuk melakukan aktifitas berupa *troubleshooting* atau pun *maintenance*. Dengan suhu 40° C atau lebih, dapat mengganggu ketelitian dan konsentrasi kerja. Di satu sisi pekerjaan di target harus segera selesai, namun terdapat kendala dilapangan yang sulit untuk diatasi apabila suhu masih tetap tinggi.

Pada akhirnya diperlukan sebuah sistem kendali untuk dapat mengatur suhu ruangan *shelter* baik secara otomatis maupun manual. Kendali ini diharapkan agar dapat menjaga suhu tetap stabil sehingga membuat perangkat bekerja normal dan memudahkan bagi petugas yang bekerja didalam *shelter* tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Pokok permasalahan yang muncul dalam penulisan tugas akhir ini adalah bagaimana mengatur AC bekerja secara bergantian dengan *exhaust fan* sehingga dapat berkolaborasi menghasilkan pengaturan suhu yang diinginkan.

1.3. Batasan Masalah

Ruang lingkup permasalahan dibatasi untuk hal sebagai berikut :

- Rentang suhu yang akan dikontrol didalam *shelter* pada BTS tipe *indoor* adalah antara 25° C - 35° C.
- Pengukuran konsumsi daya yang terjadi setelah alat digunakan.
- Perhitungan pengaruh suhu terhadap usia baterai setelah alat digunakan.
- Perhitungan kebutuhan AC berdasarkan dimensi ruangan *shelter*.

1.4. Tujuan Penelitian

Membuat suatu alat yang dapat mengendalikan suhu ruangan di dalam *shelter*, sehingga pemakaian daya listrik lebih tepat guna dengan tidak mengganggu fungsi

perangkat yang ada maupun petugas untuk bekerja di dalam ruangan *shelter*.

2. TEORI DASAR

2.1. Komponen Sistem Kendali

Dalam kehidupan sehari-hari, kita terus bertemu dengan suatu perangkat atau peralatan yang kerjanya terkontrol secara otomatis baik terkontrol sebagian maupun seluruhnya. Seperti saat mengendarai mobil, saat menggunakan mesin cuci, menggunakan handphone dan banyak lagi yang lainnya. Singkatnya sistem yang digunakan untuk membuat suatu perangkat menjadi terkontrol sesuai dengan keinginan manusia ini biasanya disebut sebagai sistem kendali. Sistem kendali tidak hanya sistem kendali buatan manusia, tetapi juga banyak sekali sistem kendali yang terjadi secara natural mulai dari elemen terkecil tubuh manusia hingga kompleksitas alam semesta.

Sistem adalah susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga membentuk atau bertindak sebagai seluruh unit dalam satu kesatuan. Sedangkan kata kendali biasanya diartikan sebagai mengatur, mengarahkan atau perintah. Dari kedua makna kata sistem dan kendali tersebut, sistem kendali adalah suatu susunan komponen fisik yang terhubung atau terkait sedemikian rupa sehingga dapat memerintah, mengarahkan dan mengatur diri sendiri atau sistem lain (<https://serbatelekomunikasi.wordpress.com>).

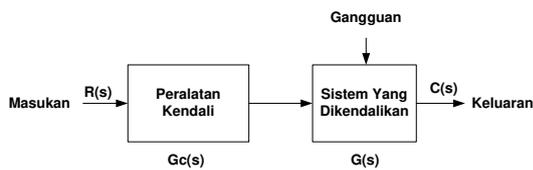
Masukan (*input*) adalah rangsangan yang diterapkan ke sebuah sistem kendali dari sumber energi luar, agar menghasilkan tanggapan tertentu dari sistem kendali tersebut. Keluaran (*output*) adalah tanggapan sebenarnya yang diperoleh dari sebuah sistem kendali. Tanggapan ini bisa sama dengan tanggapan yang ada pada masukan atau bisa juga tidak sama dengan yang ada pada masukan.

Sistem kendali dikelompokkan menjadi dua, yaitu sistem kendali lingkaran terbuka (*open loop*) dan sistem kendali lingkaran tertutup (*close loop*).

Sistem Kendali Lingkaran Terbuka

Sistem kendali lingkaran terbuka atau *open loop* adalah suatu sistem yang keluarannya

tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kendali. Artinya, keluaran sistem kendali terbuka tidak digunakan sebagai umpan balik dalam masukan.



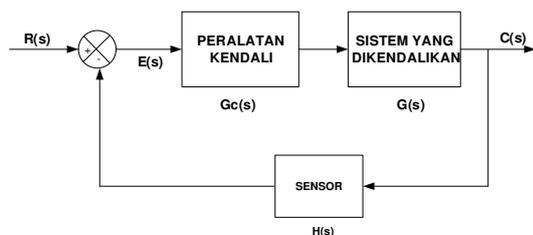
Gambar 1. Diagram Blok Sistem Kendali Lingkaran Terbuka

Pada Gambar 1, dapat diketahui persamaan untuk sistem kendali lingkaran terbuka :

$$C(s) = R(s) \cdot G_c(s) \cdot G(s) \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = G_c(s) \cdot G(s) \dots\dots\dots (2)$$

Dalam suatu sistem kendali lingkaran terbuka, keluaran tidak dibandingkan dengan masukan. Jadi, untuk setiap masukan berhubungan dengan operasi tertentu, sebagai akibat ketetapan dari sistem tergantung kalibrasi. Dengan adanya gangguan, sistem kendali lingkaran terbuka tidak dapat melaksanakan tugas sesuai yang diharapkan. Sistem kendali lingkaran terbuka



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Kendali Lingkaran Tertutup

dapat digunakan hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak terdapat gangguan internal maupun eksternal.

Sistem Kendali Lingkaran Tertutup

Sistem kendali lingkaran tertutup atau *close loop* adalah sistem kendali yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi kendali. Sinyal kesalahan penggerak,

yang merupakan selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik yang dapat berupa sinyal keluaran atau suatu fungsi sinyal keluaran atau turunannya, diumpangkan ke pengendali untuk memperkecil kesalahan dan membuat agar keluaran sistem mendekati harga yang diinginkan. Dengan kata lain, istilah lingkaran tertutup berarti menggunakan aksi umpan balik untuk memperkecil kesalahan sistem.

Pada Gambar 2, dapat diketahui persamaan yang digunakan dalam sistem kendali lingkaran tertutup :

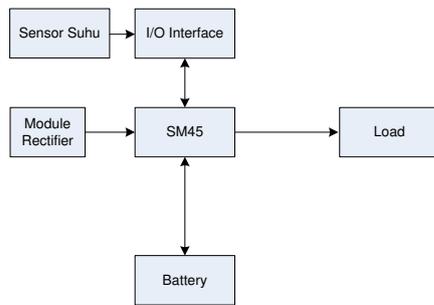
$$C(s) (1+H(s).G_c(s).G(s)) = R(s).G_c(s).G(s) \dots\dots(3)$$

Gambar 2 menunjukkan hubungan masukan dan keluaran dari sistem kendali lingkaran tertutup. Jika dalam hal ini manusia bekerja sebagai operator, maka manusia ini akan menjaga sistem agar tetap pada keadaan yang diinginkan. Ketika terjadi perubahan pada sistem, maka operator tersebut akan melakukan langkah – langkah awal pengaturan sehingga sistem kembali bekerja pada keadaan yang diinginkan.

Sistem kendali lingkaran tertutup mempunyai kelebihan dibanding sistem kendali lingkaran terbuka yaitu pada penggunaan umpan-balik yang membuat respon sistem peka terhadap gangguan eksternal dan perubahan internal pada parameter sistem dan mudah untuk mendapatkan pengontrolan *plant* dengan teliti. Meskipun sistem lingkaran terbuka mempunyai kelebihan yaitu kestabilan yang tak dimiliki pada sistem lingkaran tertutup, kombinasi keduanya dapat memberikan performansi yang sempurna pada sistem.

2.2. Rectifier

Rectifier adalah sebuah perangkat yang mengubah arus bolak balik menjadi arus searah. Seluruh perangkat utama pada BTS menggunakan sumber arus searah, jadi bisa dikatakan *rectifier* adalah jantung dari seluruh perangkat BTS. Oleh karena itu, *rectifier* dilengkapi dengan baterai yang berguna sebagai *back up* disaat sumber arus bolak balik dari PLN atau generator set padam.



Gambar 3. Blok Diagram Dasar Hariff Rectifier System

Rectifier Hariff terdiri atas beberapa bagian, yaitu :

- a. Modul *Rectifier*, berfungsi sebagai pengubah arus bolak balik menjadi arus searah. Tipe modul yang digunakan adalah APR48 dengan kapasitas daya keluaran sebesar 1500 Watt. Tegangan kerja pada tegangan 185 – 275 Volt dan arus keluaran sebesar 31 Ampere pada tegangan 48 Volt per modul nya.
- b. *Supervisory Module 45 (SM45)*, adalah otak dari *rectifier* yang berfungsi mengatur tegangan kerja, pembagian arus ke baterai dan ke beban, perubahan alarm dan lain sebagainya. SM45 ini lah yang mampu mengoptimalkan kerja dari *rectifier* Hariff. Untuk mengatur parameter pada SM45 harus menggunakan *software* DCTools dan ada juga beberapa parameter yang bisa kita ubah menggunakan *keypad* pada *display* (<http://dcpower.eaton.com/Supervisory-Modules/SM45.asp>).
- c. *I/O Interface*, suatu perangkat yang berfungsi sebagai penghubung antara masukan maupun keluaran sensor agar dapat berkomunikasi dengan SM45. Selain itu pada *I/O interface* juga terdapat 5 unit relay yang bisa digunakan sebagai sakelar untuk mengaktifkan alarm yang sudah terintegrasi dengan perubahan kondisi yang di rasa oleh sensor.
- d. Sensor Suhu, berfungsi untuk mengubah stimulasi suhu yang terukur menjadi resistansi listrik. Sensor suhu yang digunakan adalah jenis *thermal resistor* (Thermistor). *Thermistor* adalah suatu jenis *resistor* yang sensitif terhadap perubahan suhu. Prinsipnya adalah memberikan perubahan resistansi yang berbanding terbalik dengan perubahan suhu.
- e. Baterai, berfungsi sebagai pengganti sumber arus searah apabila modul *rectifier*

tidak bekerja akibat sumber arus bolak balik padam. Baterai sangat sensitif terhadap perubahan suhu, semakin tinggi suhu lingkungan yang dirasakan baterai menyebabkan semakin pendeknya umur baterai tersebut.

2.3. Sistem Lama

Untuk sistem lama, pendingin ruangan menggunakan AC. Didalam *shelter* terdapat 2 buah AC yang bekerja secara bergantian. Biasanya untuk suhu normal diatur pada 18° C - 28° C. Apabila suhu bertambah panas (diatas 28° C), maka kedua AC tersebut akan bekerja secara bersamaan untuk segera menurunkan suhu ruangan. Saat suhu ruangan *shelter* sudah kembali normal, maka akan kembali 1 unit AC saja yang bekerja. Semua kontrol AC berada didalam ACPDB. Kontrol tersebut berisi timer, dua unit kontaktor dan sensor suhu.

2.4. Sistem Sekarang

Seiring dengan adanya kebijakan efisiensi penggunaan daya listrik, maka diubahlah sistem pendinginan ruangan *shelter* tersebut. Saat ini, fungsi AC di hilangkan dan digantikan oleh 2 unit atau lebih *exhaust fan* yang berukuran besar. *Exhaust fan* diharapkan mampu mengatur sirkulasi udara di dalam ruangan *shelter* dengan mengeluarkan udara panas yang dihasilkan oleh perangkat. Namun pada kenyataannya, pada siang hari sering terjadi *over temperature* pada *shelter* akibat panas yang dikeluarkan perangkat tidak sebanding dengan kemampuan *exhaust fan* membuang panas. Akibatnya suhu ruangan menjadi naik dan kadang mencapai 50°C. Apabila suhu sudah menjadi panas seperti ini, perangkat bekerja tidak stabil dan sering *down*. Sedangkan untuk para petugas, menjadi sulit untuk beraktifitas didalam *shelter* diakibatkan suhu yang panas.

2.5. Sistem Yang Akan Dirancang

Dari pengalaman tersebut, maka dirasa perlu adanya suatu sistem kendali yang dapat mengatur kembali kerja AC tanpa mengabaikan kebijakan dalam efisiensi penggunaan daya listrik. Pada perancangan rangkaian pengendali suhu ini terdapat dua

kondisi status AC dan *exhaust fan*, yaitu posisi auto dan posisi manual :

Posisi Auto

Adalah keadaan normal dimana suhu ruangan berada pada suhu ideal antara 25° C - 35° C. Pada suhu ideal ini, pendingin ruangan yang bekerja adalah *exhaust fan*. Apabila suhu naik diatas 35° C, sensor suhu akan memberikan informasi ke SM45 tentang perubahan suhu tersebut. Secara bersamaan alarm *high temperature* akan aktif dan SM45 akan memerintahkan relay 4 pada *I/O interface* berubah status dari NO ke NC. Diperlukan perangkat keras tambahan lagi untuk memanfaatkan kondisi ini agar dapat memerintahkan 2 unit AC bekerja sekaligus. 2 unit AC bekerja sekaligus diharapkan untuk dapat segera mendinginkan ruangan sampai di titik minimum yaitu 25° C. Saat suhu sudah mencapai titik minimum, maka sensor suhu akan merasakan *low temperature* dan memberikan informasi ke SM45 untuk memerintahkan relay 5 pada *I/O interface* berubah dari NC ke NO. Dengan terbukanya rangkaian, otomatis kedua AC tersebut akan mati dan selanjutnya *exhaust fan* yang bekerja. Kejadian ini berlangsung secara terus menerus dan semua perintah aktif atau tidaknya AC secara otomatis diatur oleh SM45 dengan masukan sensor suhu yang dimiliki oleh *rectifier* Hariff.

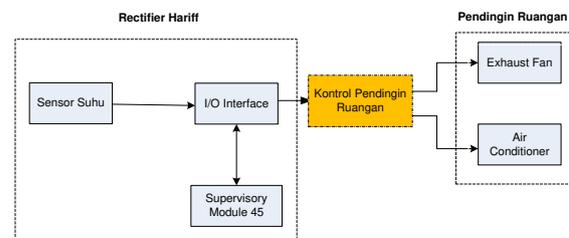
Posisi Manual

Selain itu juga disediakan sebuah tombol manual untuk menghidupkan secara langsung ke dua AC tanpa harus menunggu perintah dari SM45. Hal ini berguna apabila terdapat petugas yang bekerja didalam ruangan *shelter* dan merasakan suhu yang dirasa masih panas. Petugas dapat dengan mudah mendinginkan ruangan dengan menekan tombol manual dan dengan sendirinya ke dua AC akan bekerja untuk mendinginkan ruangan *shelter*.

3. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok dari sistem pendingin ruangan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 4. diketahui bahwa untuk blok *rectifier* Hariff dan blok pendingin ruangan (blok warna biru) sudah tersedia di dalam ruangan *shelter* BTS tipe *indoor*. Diperlukan perangkat keras tambahan (kontrol yang akan dirancang, warna oranye) untuk dapat menghubungkan antar kedua blok tersebut agar pendingin ruangan dapat bekerja sesuai dengan perintah dari SM45.

3.2 Perancangan Kontrol Pendingin Ruangan

Kontrol pendingin ruangan terdiri atas rangkaian kontrol untuk posisi auto (rangkaiannya kontrol *exhaust fan* dan rangkaian kontrol AC) dan rangkaian kontrol untuk posisi manual. Kontrol pendingin ruangan terdiri dari beberapa relay dan kontaktor sebagai sakelar untuk mengaktifkan atau menonaktifkan blok pendingin ruangan. Kontrol pendingin ruangan ini sangat dibutuhkan, karena relay *I/O interface* tidak dapat digunakan untuk melewati tegangan diatas 12 VDC. Dengan kata lain kontrol pendingin ruangan ini adalah rangkaian bantu yang mengontrol daya dari AC dan *exhaust fan*.

Rangkaian Kontrol Exhaust Fan

Rangkaian kontrol *exhaust fan* terdiri dari dua buah relay, yaitu relay utama dan relay bantu. Relay utama berfungsi sebagai sakelar untuk mengaktifkan *exhaust fan* dan relay bantu bertugas sebagai pengunci agar kontrol tetap aktif.

Kontrol ini bekerja diawali oleh saklar *push button* PB2 yang apabila ditekan akan langsung mengaktifkan relay bantu R1. Dengan demikian anak kontak r1 berubah dari NO ke NC. Anak kontak r1 yang pertama berfungsi sebagai pengunci rangkaian agar tetap aktif dan anak kontak r1 yang kedua berfungsi mengaktifkan relay R2. Kontak k1 dan r3 fungsinya adalah untuk menonaktifkan *exhaust fan* disaat AC menyala.

Fungsi dari *push button* PB1 adalah untuk menonaktifkan rangkaian *exhaust fan* ini. Kondisi dimana *exhaust fan* bekerja, dianggap sebagai kondisi normal. Tidak diperlukan AC bekerja, dikarenakan suhu berkisar diantara 25° C sampai 35° C.

Rangkaian Kontrol AC

Rangkaian kontrol AC menggunakan 1 buah relay sebagai pengontrol untuk mengaktifkan 2 buah kontaktor AC sekaligus. Rangkaian ini bekerja disaat sensor suhu merasakan suhu panas 35° C dan alarm *high temperature* aktif yang akan membuat s1 berubah menjadi NC. Dengan demikian relay R3 akan bekerja dan anak kontak r3 pertama akan mengunci agar rangkaian tetap bekerja. Anak kontak r3 yang kedua akan memberikan suplay tegangan listrik kepada kontaktor K1 dan K2. Kejadian ini berlangsung terus hingga sensor suhu merasakan suhu sudah pada ambang batas dingin 25° C, dengan demikian s2 memutuskan suplay tegangan listrik relay R3. Rangkaian kontrol *exhaust fan* dan AC bekerja secara otomatis.

Rangkaian Kontrol Posisi Manual

Rangkaian pendingin ruangan ini juga dilengkapi dengan tombol manual untuk mengaktifkan 2 AC langsung tanpa harus menunggu ruangan *shelter* panas. Hal ini dirasa penting, untuk kenyamanan petugas saat bekerja jika dirasa suhu aktual masih terasa panas. Pada saat *push button* PB 4 ditekan, relay R4 akan bekerja dan anak kontak r4 akan mengunci rangkaian agar tetap aktif. Anak kontak r4 lainnya juga akan memberikan tegangan ke kontaktor K1 dan K2 untuk memerintah AC bekerja.

Hubungan Antara PC dan SM45

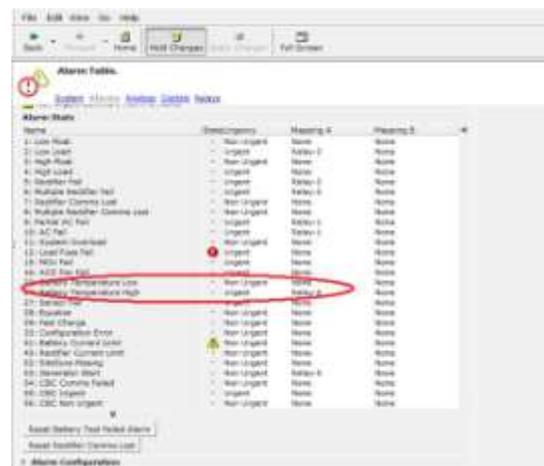
Untuk dapat mengatur parameter didalam SM45, diperlukan bantuan PC dan *software* DCTools. Setelah DCTools di *install* di dalam PC, jalankan *software* tersebut dan akan muncul menu DCTools *Connection List*. Kemudian pilih jenis koneksi yang digunakan, jika menggunakan *USB to Serial* dapat dilihat di *Device Manager*, COM berapa yang tersedia untuk digunakan. Misalnya yang tersedia adalah COM 1, maka pasanglah USB tersebut pada terminal USB COM 1 dan alamat pada

DCTools *Connection List* juga harus menggunakan alamat COM 1.

Mengaktifkan Alarm *Battery Temperature High* dan *Battery Temperature Low*

Berikut adalah langkah-langkah untuk mengubah parameter alarm *Battery Temperature High* dan *Battery Temperature Low* pada DCTools :

1. Masuk ke menu Alarm.
2. Ubah alarm *Battery Temperature low* untuk mapping A nya ke relay 5. Hal ini dimaksudkan agar setiap alarm ini muncul, SM45 langsung memerintahkan relay 5 berubah status dari NC ke NO atau sebaliknya.
3. Ubah alarm *Battery Temperature High* untuk mapping A nya ke relay 4. Hal ini dimaksudkan agar setiap alarm ini muncul, SM45 langsung memerintahkan relay 4 berubah status dari NO ke NC atau sebaliknya.
4. Setelah selesai, tekan tombol *APPLY CHANGE* untuk menyimpan perubahan parameter yang sudah dilakukan.



Gambar 5. Tampilan Menu Alarm DCTools

5. Berikutnya masih di menu *Alarms*, tekan tanda “(+) *Alarm Configuration*” pada bagian kiri bawah.
6. Ubah alarm *Battery Temperature High Threshold*, dari 40° C diturunkan menjadi 35° C (ambang batas suhu panas). Hal ini dimaksudkan agar saat suhu ruangan mencapai 35° C, maka alarm *Battery Temperature High* akan muncul.

- Untuk alarm *Battery Temperature Low Threshold* settingan awalnya adalah 10° C, diubah menjadi 25° C (ambang batas suhu dingin). Hal ini dimaksudkan agar saat suhu ruangan mencapai 25° C, maka alarm *Battery Temperature low* akan muncul.
- Setelah itu tekan perintah *APPLY CHANGE* pada bagian atas menu DCTools, SM45 akan menyimpan perubahan yang sudah dilakukan.



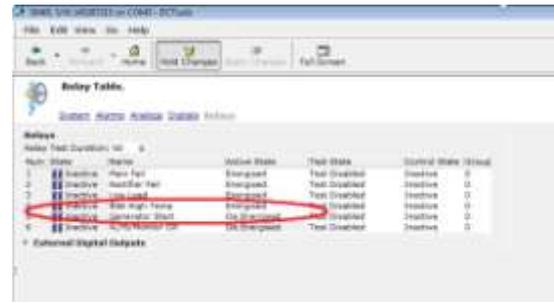
Gambar 6. Tampilan Menu Alarm Configuration DCTools

Mengubah Status Relay

Selanjutnya adalah mengubah status relay 4 dan relay 5 pada *I/O interface* diatur pada kondisi awal NO atau NC. Dikarenakan saat suhu naik (diatas 35° C), relay 4 akan langsung memberi isyarat untuk memerintah mengaktifkan AC, Relay 4 harus di atur pada posisi NO. Sedangkan saat suhu sudah pada kondisi dingin (mencapai 25° C), relay 5 yang akan memutus kerjanya AC, maka relay 5 diatur pada posisi NC.

Berikut adalah langkah-langkah untuk mengatur kondisi awal relay tersebut :

- Masuk ke menu *Relays*.
- Ubah relay no 4 menjadi sebagai berikut :
Name : *Battery Temperature High Active State* : *Energised (NO)*
- Ubah relay no 5 menjadi sebagai berikut :
Name : *Battery Temperature Low Active State* : *De Energised (NC)*
- Setelah itu jangan lupa untuk menekan perintah *Apply Changes* pada bagian atas menu DCTools, SM45 akan menyimpan perubahan yang sudah dilakukan.



Gambar 7. Tampilan Menu Relays DCTools

4. PENGAMBILAN DATA DAN ANALISIS SISTEM

4.1. Suhu Ruangan Sebelum Alat Digunakan

Berikut ini data yang didapat dari *Data Log SM45* mengenai suhu ruangan sebelum alat digunakan.

Time	Date Time	AC Voltage	Bus Voltage	Load Current	Bus/Line Current	Battery Current	Battery Temp	Auxiliary Temp
100669	18-12-17 21:15	244.75,31		21	21	0	24	31
100670	18-12-17 21:15	217.56,32		20	21	0	24	31
100671	18-12-17 21:15	239.05,31		20	20	0	24	31
100672	18-12-17 21:15	230.04,32		14	14	0	23	31
100673	18-12-17 21:15	234.55,31		20	20	0	23	31
100674	18-12-17 21:15	232.55,29		20	20	0	24	31
100675	18-12-17 21:15	205.40,31		20	21	0	24	31
100676	18-12-17 21:15	207.55,31		21	21	0	24	31
100677	18-12-17 21:15	208.75,31		19	20	0	24	31
100678	18-12-17 21:15	211.04,31		20	21	0	23	31
100679	18-12-17 21:15	211.55,31		21	21	0	24	31
100680	18-12-17 21:15	214.55,31		20	21	0	24	31
100681	18-12-17 21:15	219.55,31		20	21	0	24	31

Gambar 8. Data Log Suhu Ruangan Saat Didinginkan Oleh AC

Dari *Data Log* Gambar 8, suhu ruangan masih didinginkan oleh AC. Hal ini menyebabkan suhu ruangan didalam ruangan *shelter* menjadi stabil dikisaran 24° C - 29° C. Dari sisi kinerja perangkat sangat baik, dimana tidak ada kejadian suhu ruangan yang berlebih. Namun dikarenakan 2 unit AC bekerja terus menerus, menyebabkan konsumsi daya listrik menjadi besar. Hal inilah yang menjadi perhatian manajemen perusahaan untuk dapat memangkas pengeluaran tagihan listrik, dengan menonaktifkan kerja dari AC tersebut.

Time	Date Time	AC Voltage	Bus Voltage	Load Current	Bus/Line Current	Battery Current	Battery Temp	Auxiliary Temp
100682	18-12-17 21:15	212.56,28		20	21	0	23	31
100683	18-12-17 21:15	212.56,28		20	21	0	23	31
100684	18-12-17 21:15	212.56,28		20	21	0	23	31
100685	18-12-17 21:15	212.56,28		20	21	0	23	31
100686	18-12-17 21:15	214.55,29		20	21	0	23	31
100687	18-12-17 21:15	214.55,29		20	21	0	23	31
100688	18-12-17 21:15	214.55,29		21	21	0	23	31
100689	18-12-17 21:15	217.56,28		19	20	0	23	31
100690	18-12-17 21:15	219.56,28		19	20	0	23	31
100691	18-12-17 21:15	221.55,28		19	19	0	24	31
100692	18-12-17 21:15	221.55,28		19	19	0	24	31
100693	18-12-17 21:15	222.56,28		20	20	0	24	31
100694	18-12-17 21:15	227.56,28		21	21	0	24	31

Gambar 9. Data Log Suhu Ruangan Saat Didinginkan Oleh Exhaust Fan

Dari Gambar 9, dapat dilihat pada saat suhu diluar ruangan *shelter* (*auxilliary temp*) naik, maka akan menyebabkan suhu didalam ruangan *shelter* juga naik. Hal ini dikarenakan pendingin ruangan yang digunakan hanya *exhaust fan* dan setiap kenaikan suhu diluar ruangan juga mempengaruhi terhadap suhu di dalam *shelter*. Kenaikan suhu terjadi pada siang hari antara pukul 10.00 pagi sampai pukul 16.00 sore. Kenaikan suhu dapat mencapai 41° C didalam ruangan *shelter* dan 44° C diluar ruangan *shelter*.

4.2.Suhu Ruangan Setelah Alat Digunakan

Time	Bateri Temp	AC Voltage	Bus Voltage	Load Current	Ac/Fan Current	Battery Current	Battery Temp	Auxiliary Temp
120841	12-03-03-24.6	212.55.23	18	19	0	0	27	33
120845	12-03-03-24.5	212.55.23	18	19	0	0	27	33
120849	12-03-03-24.6	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120853	12-03-03-24.6	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120857	12-03-03-24.5	212.55.19	19	20	0	0	27	33
120861	12-03-03-24.6	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120865	12-03-03-24.5	212.55.23	20	21	0	0	27	33
120869	12-03-03-24.6	212.55.23	20	21	0	0	27	33
120873	12-03-03-24.6	212.55.23	20	21	0	0	27	33
120877	12-03-03-24.5	212.55.20	20	21	0	0	27	33
120881	12-03-03-24.5	212.55.19	20	21	0	0	27	33
120885	12-03-03-24.6	212.55.20	20	21	0	0	27	33
120889	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120893	12-03-03-24.6	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120897	12-03-03-24.6	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120901	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120905	12-03-03-24.5	212.55.19	19	20	0	0	27	33
120909	12-03-03-24.6	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120913	12-03-03-24.5	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120917	12-03-03-24.5	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120921	12-03-03-24.5	212.55.23	19	20	0	0	27	33
120925	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120929	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120933	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120937	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120941	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120945	12-03-03-24.5	212.55.19	19	20	0	0	27	33
120949	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120953	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120957	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120961	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120965	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120969	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33
120973	12-03-03-24.5	212.55.20	19	20	0	0	27	33

Gambar 10. Data Log Suhu Ruangan Setelah Menggunakan Rangkaian Kontrol Yang Dibuat

Saat suhu ruangan pada kondisi normal antara 25° C - 35° C, suhu ruangan di kontrol oleh *exhaust fan*. Pada kondisi ini, AC tidak perlu bekerja karena suhu dianggap masih normal. Dengan demikian, selama AC tidak bekerja tentunya dapat menghemat konsumsi daya listrik. Pada saat suhu naik diatas 35° C, maka suhu akan langsung diturunkan menjadi 25° C oleh dua unit AC. Dari data yang didapat, kejadian ini selalu terjadi pada siang hari dimana saat suhu diluar ruangan naik. Jadi AC bekerja saat dibutuhkan saja, pada kasus ini hanya bekerja pada siang hari saja antara pukul 10.00 siang sampai pukul 16.00 sore.

Dari keadaan diatas, dapat disimpulkan bahwa pada saat rangkaian pengatur suhu ruangan ini digunakan, suhu ruangan didalam *shelter* lebih stabil yaitu antara 25° C - 35° C. Suhu ruangan tidak akan pernah melebihi 35° C dimana suhu tersebut sangat baik dalam menunjang kestabilan perangkat bekerja

maupun membantu petugas yang datang untuk bekerja didalam *shelter*.

4.3. Pengamatan Pada kWh Meter

Tabel 1. Konsumsi Daya Sebelum dan Sesudah Alat Digunakan

SEBELUM (kWh)		SESUDAH (kWh)	
Hari Pertama	Hari Kedua	Hari Ketiga	Hari Keempat
604571	604741	605002	605267
Selisih	170	261	265

Dari hasil pengamatan kWh Meter selama 4 hari, ada kenaikan konsumsi daya listrik setelah alat digunakan dibanding biasanya. Sebelum alat digunakan, konsumsi daya listrik berkisar antara 170 kWh per hari.

Setelah alat digunakan, konsumsi daya rata-rata per hari berkisar antara:

$$\frac{(261+265)}{2} = 263 \text{ kWh / hari}$$

Atau dengan kata lain terjadi kenaikan konsumsi daya sebesar 263 kWh – 170 kWh = 93 kWh per hari setelah alat digunakan dibanding sebelumnya.

Adapun dalam persentase, naik sebesar :

$$\frac{93}{170} \times 100\% = 54,706\%$$

4.4. Perhitungan Perkiraan Usia Baterai Sebelum dan Sesudah Alat Digunakan.

Baterai yang digunakan adalah baterai tipe VRLA (Valve-Regulated Lead Acid) 12 Volt – 100Ah dan bergaransi selama 3 tahun. Dengan perhitungan ini, diharapkan dapat diketahui apakah garansi selama 3 tahun tersebut dapat tercapai atau tidak dan untuk mengetahui perkiraan usia baterai dapat digunakan, dengan memperhatikan suhu sebagai variabel utama yang mempengaruhinya.

Suhu Shelter Sebelum Alat Digunakan

Diketahui :

Suhu rata - rata (diambil dari data log SM45) :

$$\frac{(39 + 41 + 39 + 32 + 31 + 30 + 30 + 29 + 29 + 28 + 38 + 39 + 40)}{13}$$

$$= 34,231^{\circ} \text{ C}$$

$$\frac{(28+27+27+28+32+36+31+29+25+28+29+29+28+28+28+33+35+32+30+25+29+29)}{24}$$

atau dikonversi ke Fahrenheit menjadi,

$$= 34,231^{\circ} \text{ C} \times 1,8 + 32 = 93,6158^{\circ} \text{ F}$$

Suhu Shelter Setelah Alat Digunakan

Diketahui :

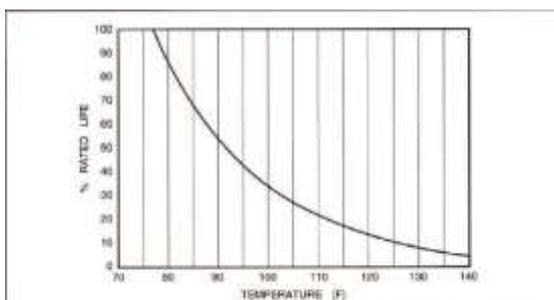
Suhu rata - rata (diambil dari data log SM45) :

$$= 29,333^{\circ} \text{ C}$$

Atau dikonversi ke Fahrenheit menjadi,

$$= 29,333^{\circ} \text{ C} \times 1,8 + 32 = 84,7994^{\circ} \text{ F}$$

Didapat hasil perhitungan suhu rata – rata *shelter* pada saat alat belum digunakan sebesar $32,538^{\circ} \text{ C}$ atau $93,6158^{\circ} \text{ F}$ dan setelah alat digunakan sebesar $29,333^{\circ} \text{ C}$ atau $84,7994^{\circ} \text{ F}$. Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap usia baterai, digunakan grafik *life cycle* yang didapat dari *data sheet* baterai yang digunakan.



Gambar 11. Grafik *Life Cycle* Baterai VRLA Terhadap Suhu

Baterai VRLA di disain untuk dapat digunakan selama ± 10 tahun. Dari grafik diatas dapat dilihat, suhu ideal untuk penggunaan batterai VRLA adalah pada suhu 77° F atau 25° C , maka usia baterai akan 100% sesuai dari disain awal yaitu 10 tahun. Setiap kenaikan suhu, akan membuat usia baterai menurun. Apabila suhu mencapai 100° F atau

37° C , akan membuat usia baterai menurun hanya sekitar 35% dari usia normal (10 tahun) atau sekitar 3,5 tahun saja.

Secara perhitungan rata-rata, suhu ruangan sebelum alat digunakan berada pada $32,538^{\circ} \text{ C}$ atau $93,6158^{\circ} \text{ F}$. Jika dilihat pada grafik diatas, perkiraan usia baterai pada suhu tersebut akan bertahan pada 45% dari 10 tahun, yaitu 4,5 tahun saja.

Sedangkan setelah suhu di atur oleh rangkaian kontrol yang dibuat, suhu rata-rata ruangan berada pada $29,333^{\circ} \text{ C}$ atau $84,7994^{\circ} \text{ F}$. Jika dilihat dari grafik diatas, perkiraan usia baterai berada pada 68% dari 10 tahun, atau sekitar 6,8 tahun.

Begitu jauh perbedaan usia baterai yang akan terjadi, jika kedua kondisi ini terjadi. Seharusnya sangat tidak disarankan untuk diabaikan setiap kenaikan suhu pada ruangan *shelter*. Karena usia bacteria menjadi lebih pendek, tentunya ada biaya yang harus dikeluarkan untuk penggantian baterai baru dan tentunya jika tidak segera diatasi tentu akan mengganggu pelayanan kepada pelanggan.

4.5. Perhitungan Kebutuhan Pendingin Ruang Berdasarkan Luas Ruang

Ruangan *shelter* yang dikontrol berukuran panjang 5 meter, panjang 4 meter dan tinggi 3 meter. Menghadap ke barat dan ruangan berbentuk tunggal alias tidak berhimpit dengan ruangan lain. Maka kebutuhan pendingin ruangnya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$L = 5 \text{ meter} = 16,4 \text{ feet}$$

$$W = 4 \text{ meter} = 13,12 \text{ feet}$$

$$H = 3 \text{ meter} = 9,84 \text{ feet}$$

$$I = 18$$

$$E = 20$$

$$= (16,4 \times 13,12 \times 9,84 \times 18 \times 20) / 60$$
$$= 12.703,52 \text{ BTU/hr}$$

Setelah itu, lihat Tabel 2 untuk menentukan kebutuhan pendingin ruangan;

Tabel 2. Kebutuhan Pendingin Ruangan Berdasarkan PK.

BTU/h	PK
5.000	½
7.000	¾
9.000	1
12.000	1½
18.000	2

Dari tabel diatas, untuk nilai 12.703,52 BTU/h menggunakan AC minimal 1½ PK. Namun disarankan untuk menggunakan AC 2 PK, hal ini untuk menjaga apabila ada penurunan kerja dari AC tersebut dan adanya penambahan perangkat didalam *shelter* sehingga membuat beban kerja AC semakin berat.

Pada ruangan *shelter* yang dikontrol ini diketahui menggunakan dua unit AC 1½ PK merek Daikin Model R250DV1. Sehingga terdapat kelebihan kapasitas AC yang digunakan. Jika menggunakan 2 unit AC, sebaiknya menggunakan AC dengan kapasitas 1 PK.

Jadi dapat disimpulkan dari hasil perhitungan luas ruangan, diperlukan adanya penggantian kapasitas AC dari 1½ PK menjadi 1 PK sebanyak dua unit. Hal ini dimaksudkan agar konsumsi daya listrik dapat lebih efisien lagi. Untuk jenis AC yang digunakan, memang lebih cocok menggunakan AC jenis *wall mounted* dikarenakan kebutuhan pendingin ruangan yang masih relatif kecil.

5. KESIMPULAN

Dari data dan analisis yang didapat, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Suhu ruangan *shelter* yang di atur setelah alat digunakan, sesuai dengan keinginan yaitu antara 25 °C – 35 °C.
2. Kenaikan suhu tertinggi terjadi pada siang hari antara pukul 10.00 pagi sampai pukul 16.00 sore (± 6 jam).
3. Akibat dari pengoperasian dua unit AC, terdapat kenaikan konsumsi daya listrik sebesar 93 kWh perhari atau naik 54,706%

4. Jika ruangan *shelter* tetap di kontrol oleh *exhaust fan*, maka suhu ruangan *shelter* akan berada pada kisaran 32,538° C, diperkirakan usia baterai hanya bertahan selama 4,5 tahun.
5. Jika ruangan *shelter* dikontrol menggunakan alat yang dibuat, maka suhu ruangan *shelter* berkisar pada 29,333° C, diperkirakan usia baterai dapat mencapai 6,8 tahun.
6. Perhitungan kebutuhan kapasitas AC untuk ruangan tunggal dengan P = 5 meter, L = 4 meter, H = 3 meter dan menghadap ke barat memerlukan kapasitas sebesar 12.703,52 BTU/hr atau AC berkapasitas minimal 1½ PK.
7. Jika memungkinkan, diperlukan penurunan kapasitas AC yang digunakan dari 1½ PK. Menjadi 1 PK sebanyak 2 unit. Hal ini dimaksudkan untuk lebih mengefektifkan lagi pendinginan yang terjadi dan lebih mengefesien kan konsumsi daya listrik yang terpakai.

DAFTAR PUSTAKA

- Konsep Sistem Kendali, Sistem Kendali Terbuka & Tertutup dan Contoh Aplikasinya, <https://serbatelekomunikasi.wordpress.com/2015/02/12/8/>, (diakses tanggal 20 Februari 2016).
- Fungsi Alih dan Diagram Blok, <https://sahbanauwg.files.wordpress.com/2012/01/falih-dan-dblok.ppt>, (diakses tanggal 10 November 2015).
- Adit Kurniawan, 2011, "*Sistem Komunikasi Seluler*", Institut Teknologi Bandung.
- Eaton SM45 Supervisory Modules, <http://dcpower.eaton.com/Supervisory-Modules/SM45.asp>, (diakses tanggal 25 Februari 2012)
- Pengertian Relay Dan Fungsinya, <http://teknikelektronika.com/pengertian-relay-fungsi-relay/>, (diakses tanggal 25 Februari 2012)
- Global System for Mobile Communication (GSM), <http://www.iec.org> , (diakses tanggal 06 Februari 2012).
- Cara Kerja AC dan Bagiannya, <http://www.serviceac.net/cara-kerja-ac-dan-bagiannya.php>, (diakses tanggal 24 Februari 2012)

- Exhaust Fan – Mempercepat Sirkulasi Udara dirumah, <http://dinoyudha.wordpress.com/2009/05/28/exhaust-fan-mempercepat-sirkulasi-udara-di-rumah>, (diakses tanggal 25 Februari 2012)
- Daikin Cassete 2,5 PK, <http://aclengkap.com/shop/daikin-ft60fvm-r60bv1/>, (diakses tanggal 27 Maret 2013)
- Tips Mengetahui Kebutuhan PK AC dan Daya Pendingin (BTU/hr), <http://serviceac.net/pk-ac-dan-daya-pendingin-btu.php>, (diakses tanggal 27 Maret 2013)
- Daikin Air Conditioner, <http://daikin-indonesia.blogspot.co.id>, (diakses tanggal 05 Oktober 2015)
- Life Expectancy and Temperature, http://www.cdtechno.com/pdf/ref/41_7329_0512.pdf, (diakses tanggal 05 Oktober 2015)