

SISTEM OTOMATISASI POMPA AIR WATER COOLING TOWER MENGUNAKAN MIKROKONTROLER ARM STM32F4 di PT. INDOSPRING Tbk

Muhammad Teguh Wirawan

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik

hendra.umg@gmail.com

Jl. Sumatra No 101, Gresik 61121, Jawa Timur, Indonesia

ABSTRAK

Sistem Otomatisasi Pompa Air Water Cooling Tower Menggunakan Mikrokontroler Arm Stm32f4 Di Pt.Indospring Tbk. Sebagai pusat pengontrol alat dan pemroses data. Alat ini dapat mengontrol otomatisasi motor pompa sentrifugal menggunakan sensor arus acs 712, sedangkan untuk hasil sensornya sendiri ditampilkan pada LCD (Liquid Cristal Display). Sistem kerjanya adalah jika sensor arus mendeteksi ampere berlebih pada pompa utama, maka secara otomatis pompa utama akan mati dan digantikan pompa cadangan yang telah disiapkan. Water cooling tower ini juga di lengkapi sensor suhu LM35 yang berfungsi untuk menghidupkan fan blower apabila suhu air lebih dari 40°C. Untuk memudahkan petugas perawatan mengetahui level air kolam cooling tower maka ditambahkan sensor water level kontrol.

Berdasarkan pengujian dan pengamatan alat menggunakan tabel indikator keberhasilan telah menunjukkan bahwa Sistem Otomatisasi Pompa Air Water Cooling Tower Menggunakan Mikrokontroler Arm Stm32f4 Di PT. Indospring Tbk berjalan dengan baik.

Keyword: Sensor, motor, pompa, sirkulasi, arus

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air pendingin dan menara pendingin merupakan komponen sistem peralatan yang sangat penting dan dibutuhkan dalam setiap industri. Mengingat sering terjadi melubernya air *coling tower* di area produksi PT. Indospring, Tbk karena terjadi kerusakan pada motor pompa sentrifugal ataupun terjadi pemadaman listrik yang tidak diketahui oleh operator maintenance. Jika area produksi tergenang air, maka proses produksi akan dihentikan dikarenakan membahayakan mesin dan karyawan pabrik serta sangat merugikan perusahaan.

Agar masalah yang terjadi di PT. Indospring, Tbk tidak terulang lagi, maka dari pembahasan ini akan dibuat sistem

otomatisasi yang dapat mengontrol motor pompa sentrifugal secara otomatis dengan motor pompa sentrifugal cadangan yang telah disiapkan bila terjadi kerusakan. Otomatisasi pompa sendiri menggunakan sensor arus, sensor arus ini juga digunakan untuk monitoring motor pompa sentrifugal. Ditambahkan juga sensor level air dan sensor suhu agar air pada kolam air *cooling tower* serta suhu air pada *cooling tower* dapat dikontrol agar proses produksi diperusahaan dapat berjalan lancar.

Dari pembahasan diatas agar masalah yang terjadi di PT. Indospring, Tbk tidak terulang lagi, maka akan dibuat "Sistem otomatisasi *water cooling tower* menggunakan mikrokontroler ARM STM32F4 di

PT.Indospring Tbk”, sehingga proses

Fitur	Spesifikasi
Ukuran	97mm x 67mm
Kecepatan	168MHz (maksimal)
Flash	1024 Kb
RAM internal	192 Kb
Timer lainnya	2 x WDG, RTC, 24-bit down counter
12 bit ADC	16
12 ADC	2
I/O	82
SPI	3

produksi di PT. Indospring, Tbk dapat berjalan lancar.



Gambar 1. STM32F4 Discovery

1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, maka rumusan masalah yang dapat dibuat adalah bagaimana merancang dan membuat sistem otomatisasi water cooling tower menggunakan mikrokontroler ARM STM32F4.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang dapat diambil dari pembuatan alat ini adalah membuat sistem otomatisasi *water cooling tower* menggunakan mikrokontroler ARM STM32F4 di PT. Indospring, Tbk.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. ARM STM32F4

Discovery adalah salah satu jenis dari prosesor ARM 32 bit dengan tipe RISC yang sudah dilengkapi ST-LINK/V2 melalui koneksi USB. Bentuk board STM32F4 *Discovery* seperti Gambar 1. Di bawah ini.

2.1.2 Fitur ARM STM32F4 Discovery

Tabel 1. Fitur ARM STM32F4 *Discovery*

SAI	-
PS	2
PC	3
USART+UART	4+2
USB OTG	2
CAN 2.0B	2
SDIO	1
Ethernet MAC10/100	Ya
Tegangan kerja	1.8 – 3.6 V
Arus terendah	2.5 Ua
Arus kerja	238 uA

2.1.3. CooCox CoIDE

CooCox adalah bahasa pemrograman yang tidak berbayar (*freeware*), yang digunakan untuk melakukan pemrograman mikrokontroler ARM Cortex M0, M3, dan M4 (Gambar 2.15.). CooCox IDE ini menggunakan bahasa C yang merupakan bahasa yang umum digunakan dalam pemrograman. Selain itu CooCox IDE menawarkan fitur-fitur menarik sebagai sebuah IDE, seperti adanya komponen (*library*), *code completion* dan lain-lain [11].

2.1.4 Bahasa Pemrograman STM 32F4 Berbasis Bahasa C

Seperti yang telah dijelaskan di atas program STM 32F4 sendiri menggunakan bahasa C. Walaupun banyak sekali terdapat bahasa pemrograman tingkat tinggi (*high level language*) seperti pascal, basic, cobol, dan lainnya. Walaupun demikian, sebagian besar dari para programmer profesional masih tetap memilih bahasa C sebagai bahasa yang lebih unggul, berikut alasan-alasannya:

1. Bahasa C merupakan bahasayang powerful dan fleksibel yang telah terbukti dapat menyelesaikan program-program besar seperti pembuatan sistem operasi, pengelola gambar (seperti pembuatan *game*) dan juga pembuatan kompilator bahasa pemrograman baru.
2. Bahasa C merupakan Bahasa yang portabel sehingga dapat dijalankan di beberapa sistem operasi yang berbeda. Sebagai contoh program yang kita tulis dalam sistem operasi windows dapat kita kompilasi didalam sistem operasi linux dengan sedikit ataupun tanpa perubahan sama sekali.
3. Bahasa C merupakan bahasa yang sangat populer dan banyak digunakan oleh programmer berpengalaman sehingga kemungkinan besar *library* pemrograman telah banyak disediakan oleh pihak luar/lain dan dapat diperoleh dengan mudah.
4. Bahasa C merupakan bahasa yang bersifat modular, yaitu tersusun atas rutin-rutin tertentu yang dinamakan dengan fungsi (*function*) dan fungsi-fungsi tersebut dapat digunakan kembali untuk pembuatan program-program lainnya tanpa harus menulis ulang implementasinya.
5. Bahasa C merupakan bahasa tingkat menengah (*middle level language*) sehingga mudah untuk melakukan interface (pembuatan

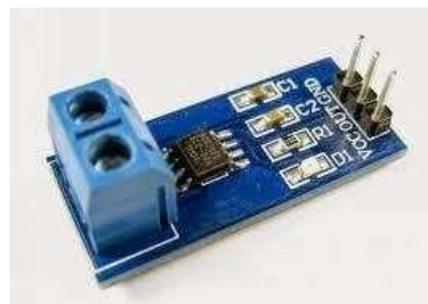
program antar muka) ke perangkat keras.

6. Struktur penulisan program dalam bahasa C harus memiliki fungsi utama, yang bernama main (). Fungsi inilah yang akan dipanggil pertama kali pada saat proses eksekusi program. Artinya apabila kita mempunyai fungsi lain selain fungsi utama, maka fungsi lain tersebut baru akan dipanggil pada saat digunakan.

2.2 Sensor arus ACS 712

ACS 712 adalah Hall effect current sensor. Hall effect callegro 712 merupakan sensor yang presisi sebagai sensor arus AC atau DC dalam pembacaan arus didalam dunia industri, otomotif, komersil, dan sistem komunikasi. Pada umumnya aplikasi sensor ini biasanya digunakan untuk mengontrol motor deteksi beban listrik, switched- mode power supplies dan proteksi beban lebih [1].

Bentuk fisik dari sensor arus ACS 712 dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Sensor arus ACS 712

2.2.1 Fitur ACS 712

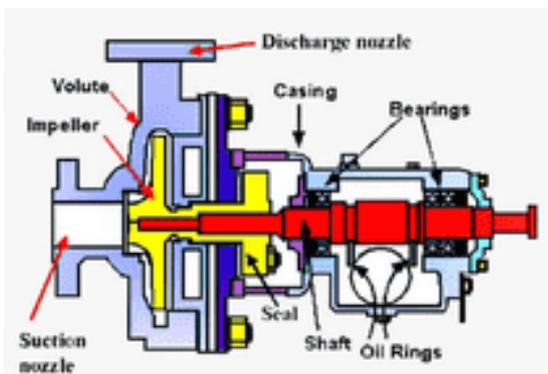
Fitur yang dimiliki ACS 712 sebagai berikut:

1. Rise time output = 5 μ s.
2. Bandwith sampai dengan 80 KHz.
3. Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja TA=25 °C.
4. Tahanan konduktor internal 1.2 M Ω .

5. Tegangan isolasi minimum 2.1 kV RMS antara pin 1-4 dan pin 5-8.
6. Sensitivitas output 185 mV/A.
7. Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 5A.
8. Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.
9. Tegangan kerja 5V DC.
 Rumus tegangan pada pin out = $2,5 \pm (0,85 \times I)$ Volt, dimana I = arus yang terdeteksi dalam satuan Ampere.

menjadi energi tekanan) dengan menggunakan impeller yang berputar di dalam *casing*. *Casing* tersebut dihubungkan dengan saluran hisap (*suction*) dan saluran tekan (*discharge*), untuk menjaga agar di dalam *casing* selalu terisi dengan cairan sehingga saluran hisap harus dilengkapi dengan katup kaki (*foot valve*) [5].

2.3 Pompa Air Sentrifugal

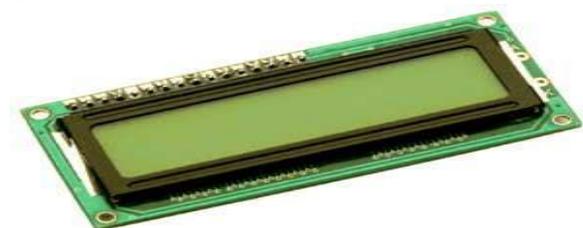
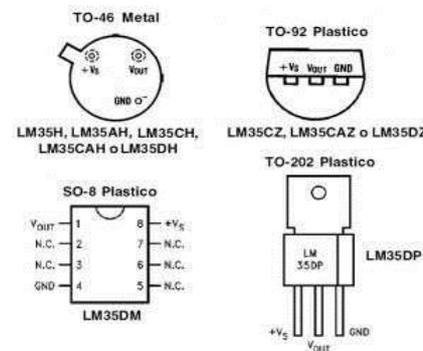


Gambar 3. Pompa Air Sentrifugal

Pompa Sentrifugal atau *centrifugal pumps* adalah pompa yang mempunyai elemen utama yakni berupa motor penggerak dengan impeller yang berputar dengan kecepatan tinggi seperti pada Gambar 3. Prinsip kerjanya yakni mengubah energi mekanis alat penggerak menjadi energi kinetis fluida (kecepatan) kemudian fluida di arahkan ke saluran buang dengan memakai tekanan (energi kinetis sebagian fluida diubah

2.4 Liquid Crystal Display

LCD adalah suatu jenis tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama dengan menggunakan sistem dot matrik pada pengoperasiannya [5]. LCD sudah digunakan diberbagai bidang misalnya dalam alat elektronik seperti televisi, kalkulator, multimeter digital, jam digital ataupun layar komputer. Keunggulan LCD adalah mikrokontroler yang ingin menampilkan suatu pesan tidak terbebani oleh masalah tampilan karena didalam LCD telah terdapat *controller* yang akan menampilkan karakter yang diinginkan. LCD dapat dengan mudah dihubungkan dengan mikrokontroler AVR At mega 32. Pada tugas akhir ini LCD yang digunakan adalah LCD 2x16, lebar *display* 2 baris 16 kolom. Bentuk LCD 2x16 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Liquid Crystal Display

2.5 Sensor Suhu IC LM35

Sensor suhu IC LM 35 merupakan chip IC produksi Natioanal Semiconductor yang

berfungsi untuk mengetahui temperature suatu objek atau ruangan dalam bentuk besaran elektrik, atau dapat juga di definisikan sebagai komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah perubahan temperature yang diterima dalam perubahan besaran elektrik. Sensor suhu IC LM35 dapat mengubah perubahan temperature menjadi perubahan tegangan pada bagian out putnya. Sensor suhu IC LM35 membutuhkan sumber tegangan DC +5 volt dan konsumsi arus DC sebesar 60 μ A dalam beroperasi. Bentuk fisik sensor suhu LM 35 merupakan chip IC dengan kemasan yang bervariasi, pada umumnya kemasan sensor suhu LM35 adalah kemasan TO-92 seperti terlihat pada gambar dibawah.

Gambar 5. Sensor LM 35

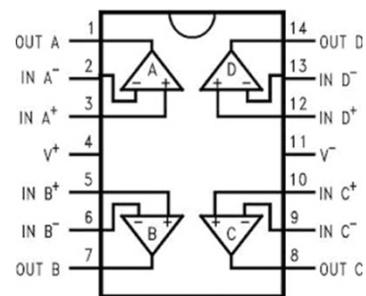
Dari Gambar 5. dapat diketahui bahwa sensor suhu IC LM35 pada dasarnya memiliki 3 pin yang berfungsi sebagai sumber *supply* tegangan DC +5 volt, sebagai pin *output* hasil penginderaan dalam bentuk perubahan tegangan DC pada *Vout* dan pin untuk Ground [7].

Karakteristik Sensor suhu IC LM35 adalah:

- Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/ $^{\circ}$ C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
- Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 $^{\circ}$ C pada suhu 25 $^{\circ}$ C seperti terlihat pada gambar 2.2.
- Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 $^{\circ}$ C sampai +150 $^{\circ}$ C.
- Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μ A.

- Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 $^{\circ}$ C pada udara diam.
- Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- Memiliki ketidak linieran hanya sekitar $\pm 1/4$ $^{\circ}$ C.

2.6 Water Level Control

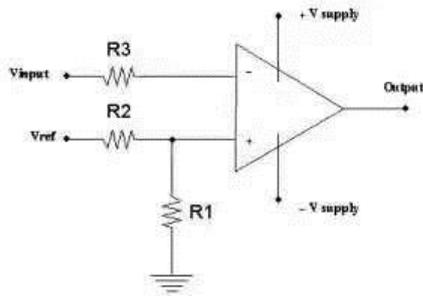


Gambar 6. Datasheet IC Komparator LM324

Prinsip kerja rangkaian kerja rangkaian komparator menggunakan IC LM324 yang di dalamnya berisi rangkaian Op Amp, seperti pada Gambar 6, rangkaian ini digunakan untuk membandingkan input sensor. Untuk mengatur tegangan pada pembanding, disambungkan Variabel Resistor (VR) diantara kedua Op Amp IC LM324.

Untuk *datasheet* LM324 adalah sebagai berikut: IC LM324 merupakan IC operational Amplifier, IC ini mempunyai 4 buah op-amp yang berfungsi sebagai komparator. IC ini mempunyai tegangan kerja antara +5V sampai +15V untuk +VCC. Adapun definisi dari masing-masing pin IC LM324. Dalam gambar di atas Pin 1,7,8,14 adalah sinyal output Pin 3,5,10,12 disebut pin Non- inverting input karena semua sinyal input yang berada di pin ini akan mempunyai output yang sama dengan input (tidak berkebalikan). Pin 2, 6, 9, 13 disebut *inverting input* karena semua sinyal input yang berada di pin ini tidak sama dengan output (berkebalikan). Pin 4 (+Vcc) pin ini dapat beroperasi antara +5v sampai +15v, pin

11(-Vcc) pin ini dapat beroperasi pada tegangan antar -5v sampai -15v



Gambar 7. Rangkaian *Circuit Sensor Water Level Control*

Sensor dibuat menggunakan batangan Logam anti-karat logam as atau stal berdiameter 2-3 mm dapat diperoleh di toko-toko logam. Panjang masing-masing batangan sensor disesuaikan dengan kedalaman tandon.

Rangkaian *circuit sensor water* menggunakan arus yang sangat kecil sehingga meminimalisasi proses elektrolisis sehingga sensor tidak cepat berkerak. Untuk perawatan, batangan sensor dibersihkan dengan cara dicuci untuk menghilangkan gejala-gejala pengerasan. atau dapat juga dengan menggunakan amplas super halus.

Rangkaian di atas dapat diaplikasikan pada sistem atau sebagai pendukung sistem sebagai berikut:

- Kontrol level air tandon pada rumah tangga
- Kontrol level air tandon boiler
- Kontrol level kolam air minum pada rumah walet
- Kontrol level kolam air pada humidifier penetas telur
- Alarm peringatan tandon kosong atau tandon penuh
- Dan lain-lain

III. METODE PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Metode penelitian dimulai dengan studi literatur, yaitu mencari informasi melalui buku-buku, internet, jurnal, dan data

sheet yang berhubungan dengan elemen-elemen yang dipakai dalam penelitian ini, adapun literatur-literatur yang dipelajari antara lain sebagai berikut:

1. Mikrokontroler STM32F407 Discovery
2. Motor listrik
3. Pompa air sentrifugal
4. Sensor suhu IC LM35
5. Sensor arus ACS712
6. Liquid Crystal Display (LCD)
7. *Sensor Water Level*
8. Pemrogram CoCoX CoIDE

3.2. Perancangan *Hardware* dan Pembuatan *Software* Alat

Sistem otomatisasi pompa air *water cooling tower* menggunakan mikrokontroler ARM STM32F4 di PT. Indospring, Tbk, secara garis besar terdiri dari perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras terdiri dari rangkaian mikrokontroler STM32F407 *discovery*, sensor arus ACS 712 sebagai pembacaan arus pada motor pompa sentrifugal, sensor suhu IC LM35, LCD, *water level control*, dan motor DC. Sedangkan perangkat lunak adalah program yang ditulis dan di-*download* pada chip STM32F407 menggunakan program CoCoX CoIDE dengan media utama komputer.

Sistem otomatisasi pompa air *water cooling tower* menggunakan mikrokontroler ARM STM32F4 dirancang dengan konstruksi secara garis besar terdiri dari dua perangkat utama:

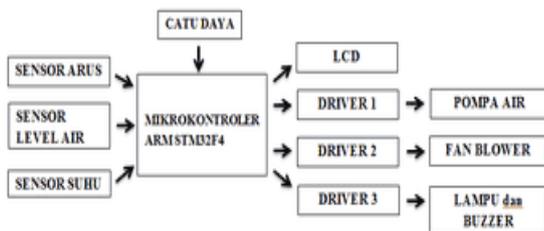
1. Perangkat elektronik / lunak (*software*), yaitu alir diagram program yang dibuat untuk menjalankan sistem mekanik.
2. Perangkat keras (*hardware*), yaitu berupa rangkaian sistem mekanik dan rangkaian pengendali.

3.2.1 Perancangan *Hardware*

Dalam perancangan dan pembuatan alat otomatisasi pompa air *cooling tower* ini menggunakan beberapa perangkat elektronik,

diantaranya: *power supply*, STM32F407, sensor arus, sensor suhu, *water level control*, LCD dan motor DC.

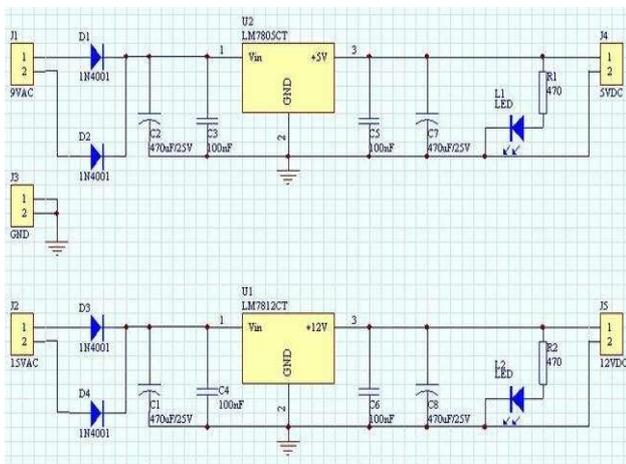
Gambaran secara umum cara kerja alat otomatisasi *water cooling tower* ini adalah otomatisasi kontrol pada motor pompa sentrifugal, jika motor pompa mengalami ampere berlebih maka motor pompa tersebut akan mati dan digantikan dengan motor pompa cadangan yang telah disiapkan secara otomatis. *Water cooling tower* juga diberi sensor level air dan sensor suhu air untuk mengontrol kerja tidaknya kipas pendingin. Gambar 8, menunjukkan diagram blok sistem secara umum atau keseluruhan dari otomatisasi *water cooling tower*:



Gambar 8. Diagram Blok Sistem Mikrokontroler

Berdasarkan Gambar 8, bagian-bagian yang dibutuhkan untuk membuat alat ini adalah sebagai berikut:

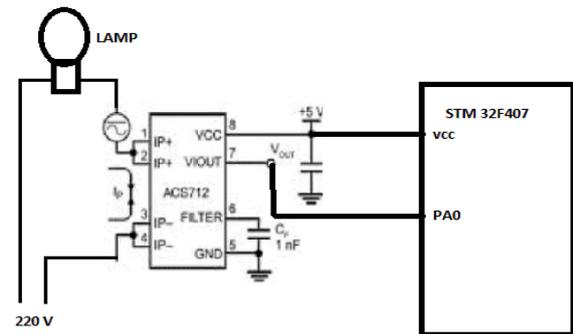
1. Catu daya 5-12 VDC digunakan sebagai sumber bagi mikrokontroler, sensor-sensor serta IC pendukung lainnya. Seperti yang dijelaskan pada Gambar 9, di bawah ini.



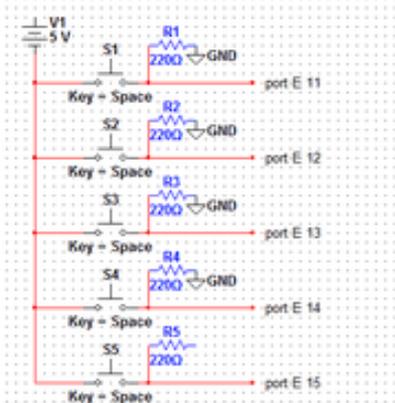
Gambar 9. Rangkaian Catu Daya

- Trafo 2 Amp CT-18V Universal dipilih karena dilihat dari beban yang dibutuhkan:

- Sebuah *board* ARM STM32F4
- 5 buah *relay* 5 vdc, 70x 5 = 350 mA
- 4 motor pompa 12 vdc, 20x4 = 800 mA
- 1 fan blower 12 vdc, 100 mA



- IC LM7805 digunakan untuk mensupply board ARM STM32F4, sensor, dan 5 buah *relay* 5 vdc.
 - IC LM 7812 digunakan untuk mensupply 4 motor pompa 12 vdc dan 1 fan blower 12 vdc.
2. 4 buah pompa air sentrifugal, sebuah *fan blower*, dan lain-lain.
 3. Rangkaian pengendali untuk mengatur semua proses kerja alat menggunakan *Mikrokontroler* STM32f4 *discovery* ditambah sebuah LCD 16X2, rangkaian *push button*, dan *driver relay output*. PB1=PC0, PB2=PC1, PB3=PC2, PB4=PC3, PB5=PC4.



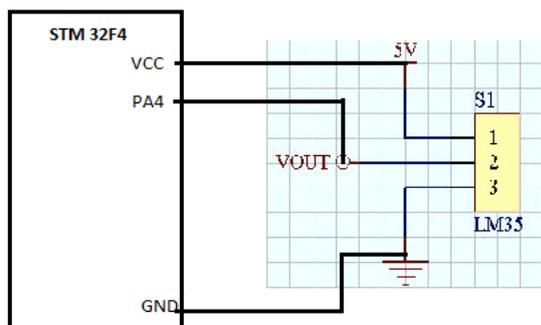
Gambar 10. Rangkaian Pengendali *Push Button*

Dari Gambar 10 di atas, setiap *line* yang langsung ke mikrokontroler dihubungkan keground melalui resistor 220 ohm agar saat phus button ditekan power mikro tidak konslet. Sehingga saat tidak ditekan mikrokontroler membaca nilai 0 dan saat ditekan mikrokontroler membaca nilai 1.

- Sensor arus ACS712 digunakan sebagai otomatis pompa air $V_{cc}=5v$, Gnd , $Out=PA0$. Sedangkan untuk cara pemakaian sensor dijelaskan pada Gambar 11

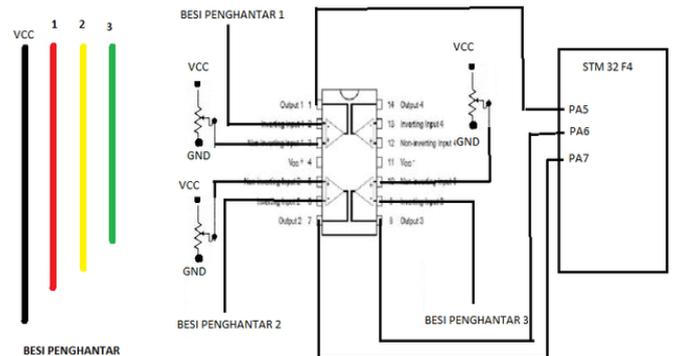
Gambar 11. Rangkaian Pemasangan Pin Sensor ACS712

- Sensor suhu IC LM35 digunakan untuk otomatisasi *fan blower* $V_{cc}=3v$, Gnd , $Out=PA3$. Cara pengaplikasian sensor dijelaskan Gambar 12.



Gambar 12. Rangkaian pemasangan sensor LM35

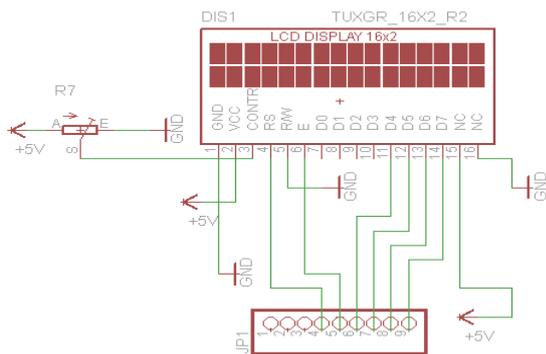
- Water Level Control* LM324 digunakan untuk level air. LM324 adalah sebuah ic op-amp com = vcc, output = PA5, PA6, PA7 dan untuk penjelasannya dijelaskan pada Gambar 13.



Gambar 13. Rangkaian Pemasangan Sensor *Water Level*

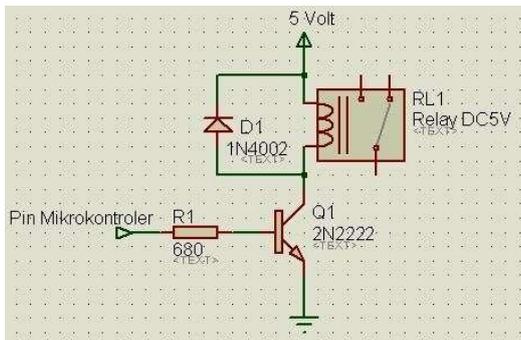
Pada dasarnya kumparator LM324 adalah membandingkan tegangan input dari sensor dan tegangan input dari variabel resistor yang kemudian di perbesar tegangannya berkali-lipat dan dikeluarkan melalui output. Maka digunakan variable resistor 20k ohm, sedangkan konduktornya menggunakan batang tembaga.

- Rangkaian *Liquid Crystal Display (LCD)* untuk monitoring arus motor. Sistematik rangkaian LCD 16X2 seperti pada Gambar 14 menggunakan *variable resistor* 20k ohm untuk pengaturan kontrasnya.



Gambar 14. Rangkaian LCD

8. Rangkaian output sistem adalah *display* LCD, relay, motor pompa, *fan blower* dan indikator tambahan lainnya. Rangkaian kontrol *relay* dijelaskan pada Gambar 15.



Gambar 15. Rangkaian Kontrol Relay 5v

Transistor yang digunakan 2n222 dikarenakan mampu menghantarkan arus sebesar 600 mA, untuk *relay* digunakan *relay* huike 5vdc karena mudah dicari di pasaran.

3.2.2 Pembuatan Software

Pada pembuatan alat sistem otomatisasi pompa air *water cooling tower*, kode program yang telah ditulis akan didownload ke prosesor STM32F4 *Discovery* menggunakan program CoIDE. CoIDE adalah sebuah program yang telah dikembangkan secara umum untuk memberikan akses kemudahan dalam pemrograman prosesor ARM. Program dibuat dan disesuaikan sehingga sistem berjalan dengan baik.

Secara umum *flowchart* utama program sistem otomatisasi pompa air water

cooling tower menggunakan mikrokontroler ARM STM32F407.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Minimum ARM STM32F407 Discovery

Pengujian *system* yang telah dilakukan ini merupakan pengujian terhadap perangkat keras serta perangkat lunak dari *system* secara keseluruhan yang telah selesai dibuat untuk mengetahui komponen-komponen dari sistem tersebut apakah sistem tersebut berjalan dengan baik. Pengujian *minimum system* bertujuan untuk mengetahui apakah *minimum system* dapat melakukan proses *connect* dan download program ke *microcontroller* dengan baik.

Peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk pengujian pin-pin digital antara lain:

1. PC
2. *Board* sistem minimum ARM STM32F4 *Discovery*
3. *Software* CoCox CoIDE
4. LED
5. Resistor 220 ohm

Langkah-langkah cara pengujian pin-pin digital board sistem minimum ARM STM32F4 *Discovery* yaitu:

1. Merangkai LED pada *board* sistem minimum ARM STM32F4 *Discovery*.
2. Memberikan program pada *board* sistem minimum ARM STM32F4 *Discovery*.

Dengan meng-*upload* program maka LED akan menyala selama satu detik dan kemudian padam selama satu detik demikian seterusnya. Maka pin-pin digital rangkaian board sistem minimum ARM STM32F4 dalam keadaan baik.

Setelah pengujian pin-pin digital selesai, selanjutnya dilakukan pengujian pada pin-pin analog pada *board* sistem minimum ARM STM32F4 *Discovery*. Peralatan-peralatan yang dibutuhkan antara lain:

1. PC.
2. *Board* sistem minimum ARM STM32F4 *Discovery*.

3. *Software* CoCoX CoIDE.
4. LED.
5. *Push button*.
6. Resistor 220 ohm dan 10k ohm.

Langkah-langkah cara pengujian pin-pin digital *board* sistem minimum ARM STM32F4 Discovery yaitu:

1. Merangkai LED dan *push button* pada board sistem minimum ARM STM32F4 Discovery.
2. Memberikan program pada *board* sistem minimum ARM STM32F4 Discovery.

Dengan meng-*upload* program ke board sistem minimum, maka LED akan menyala jika *push button* ditekan dan LED akan mati jika *push button* dilepas. Maka pin-pin analog rangkaian *board* sistem minimum ARM STM32F4 Discovery dalam keadaan baik.

4.2 . Pengujian Sensor Level Air

Pengujian sensor level air ini dilakukan dengan mencelubkan sensor ke permukaan air sesuai batas yang ditentukan secara berulang-ulang. Setelah melakukan pengujian sensor level air, hasil pengujian dicatat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Level Air

No.	Level Air Kolam (100m ³)	Pengujian nilai ADC				Output	Kesalahan (%)
		Acuan	1	2	3		
1	< 50 m ³	1000	10 10	10 05	10 12	10 00	Lampu Kuning on 2.70 %
2	50-70 m ³	1455	14 50	14 20	14 15	14 20	Lampu Hijau on 11.50 %
3	70-90 m ³	1500	15 00	14 80	15 00	14 90	Lampu Kuning on 3.00 %
4	< 90 m ³	1430	14 30	14 20	14 10	14 30	Lampu Merah on 3.00 %
Total Presentase Kessalahan							5.05 %

Dari data Tabel 4, pengujian dengan cara mencoba sensor level air secara berulang-ulang sebanyak 4x. Dari 4 data percobaan

diatas selisih adc sangat sedikit sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor level air bekerja dengan baik.

4.3 Pengujian Sensor Arus ACS 712 Terhadap Ampere Motor Pompa Air Sentrifugal

Hall Effect Sensor akan menghasilkan sebuah tegangan yang proporsional dengan kekuatan medan magnet yang diterima oleh sensor tersebut. Pendeteksian perubahan kekuatan medan magnet cukup mudah dan tidak memerlukan apapun selain sebuah induktor yang berfungsi sebagai sensornya. Kelemahan dari detektor dengan menggunakan induktor adalah kekuatan medan magnet yang statis (kekuatan medan magnet nya tidak berubah) tidak dapat dideteksi. Sensor ini terdiri dari sebuah lapisan silikon yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik. Berikut langkah – langkah untuk melakukan pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Hubungkan ARM STM32F4 Discovery dengan *port* USB (*Universal Serial Bus*) pada komputer. Dengan cara ini modul akan aktif, karena secara langsung mendapat *suplay* daya dari *port* USB (*Universal Serial Bus*).
2. Buka software CoCoX CoIDE dimulai dengan membuat lembar project baru, dengan cara menekan tombol *Project* kemudian *New Project*. Akan tampil window new project
3. Kemudian isi *project name* (nama projek) dan *project path* (tempat penyimpanan projek) sesuai dengan
4. sensor ACS712 pada pin VCC ke 5v,
5. Analog PA0.
6. Masukkan arus yang bersumber dari *adapter*, sedangkan pada ACS712 di masukan beban dari arus DC menggunakan beban motor DC (Motor pompa air sentrifugal).

7. Motor pompa sentrifugal berjalan dengan beban air, kemudian diamati pembacaan arus pada LCD. Ketika ampere melebihi 0,25 A maka motor pompa utama akan mati secara otomatis, kemudian digantikan dengan pompa cadangan agar sirkulasi *water cooling tower* dapat terjaga dan proses produksi dapat berjalan lancar.

Setelah dilakukan pengujian sensor ACS712 maka hasil yang didapatkan sesuai dengan Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil Sensor Arus ACS 712 pada Motor Pompa Air Sentrifuga

No	Motor Pompa Air Sentrifugal	Pengujian Kosong (Air)	Pengujian Beban (Air)	Pengujian Motor Over Load	Menggunakan Avoeter Sanwa	Kesalahan (%)
1.	P1	0.030A	0.21A	0.47A	0.39A	20.5 %
2.	P2	0.034A	0.27A	0.43A	0.40 A	7.5 %
3.	P3	0.035A	0.22 A	0.41 A	0.43A	4.6 %
4.	P4	0,032A	0.25A	0.45A	0.41A	9.7 %
Total Presetase Kesalahan						10.5 %

Keterangan :

P1= Pompa utama 1 P3= Pompa utama 2
 P2= Pompa cadangan 1 P4=Pompa cadangan 2

Dari data Tabel 3, pengujian sensor arus ACS712 dilakukan pada masing-masing pompa dan dengan beban yang sama, penunjukan sensor ACS712 relative tidak stabil. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor ini kurang akurat dikarenakan beban sensor yang sangat kecil.

4.4 Pengujian LCD 16x2

Pengujian LCD 16x2 menggunakan sistem minimum ARM STM32F4 Discovery sebagai alat untuk memerintahkan beberapa karakter. LCD ini nantinya akan

menampilkan arus, suhu dan level. Setelah LCD 16x2 dirangkai dengan sistem minimum ARM STM32F4 Discovery selanjutnya upload program menggunakan CoCoX CoIDE. Jika sukses maka LCD 16x2 siap untuk digunakan. hasil yang didapatkan sesuai dengan Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Rangkaian LCD

Masukan	Keluaran LCD
M. Teguh Wirawan	M. Teguh Wirawan
12.632.006	12.632.006
TEKNIK ELEKTRO	TEKNIK ELEKTRO
UNMUH GRESIK	UNMUH GRESIK

4.5 Pengujian Sensor Suhu LM35

Pengujian pada sensor suhu dilakukan dengan mengukur tegangan output dari sensor dan meletakkan sumber panas pada sensor suhu LM35 untuk mengetahui suhu yang akan ditampilkan pada LCD, Langkah-langkah pengujian:

1. Sensor suhu LM35 dirangkai sesuai rangkaian.
2. Sensor suhu LM35 dicelupkan ke air hangat.
3. Vcc sensor dihubungkan ke Vcc mikro, Gnd sensor dihubungkan ke Gnd mikro, V out sensor di masukkan ke pin adc mikro, hasil pembacaan sensor ditampilkan di LCD.
4. Tegangan keluaran sensor diamati sesuai perubahan suhu.
5. Tegangan output LM35 diukur pada suhu yang berbeda-beda seperti Tabel 5 di bawah ini.

Dari data Tabel 5 analisa presentase kesalahan bisa diperoleh dengan rumus di bawah ini:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{\text{nilai aktual} - \text{nilai acuan}}{\text{nilai acuan}} \right| \times 100\% \quad (1)$$

Contoh perhitungan persentase kesalahan:

$$\% \text{ Error} = \left| \frac{37^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}}{35^{\circ}\text{C}} \right| \times 100\%$$

Error=5,7%

Dari data Tabel 5, di atas pengujian diketahui tegangan keluaran sensor LM35 naik sebesar 0.5V setiap 5°C atau 0.1mV/°C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor ini masih bekerja dengan baik dan bekerja dengan baik.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tegangan Output LM35

Suhu Thermometer	Tegangan Output LM35	Percobaan Sensor Suhu LM35	Kesalahan (%)
30°C	321 mV	31°C	3.3 %
35°C	376 mV	37°C	5.7 %
40°C	433 mV	39°C	2.5 %
40°C	480 mV	44°C	2.2 %
50°C	534 mV	48°C	4 %
Total Presentase Kesalahan			3.54 %

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang alat sistem otomatisasi pompa air *water cooling tower* menggunakan *mikrokontroler* ARM STM32F4 di PT. Indospring Tbk, maka disimpulkan bahwa:

1. Alat secara umum telah mampu bekerja sesuai dengan perancangan
2. Pada saat pengujian alat sudah menunjukkan sesuai dengan nilai tertentu.
3. Sensor suhu menunjukkan persentase kesalahan pembacaan sensor sebesar 3,54% berarti sensor LM35 termasuk sensor yg akurat.
4. Sensor level air yang digunakan akurat dengan persentase kesalahan 5,05%.
5. Sensor arus ACS712 tergolong sensor yang kurang akurat dilihat dari hasil

pengujian sensor dengan persentase kesalahan alat 10,5%.

5.2 Saran

penulis memberikan saran yang sangat bermanfaat dan dapat membantu mengembangkan alat yang sudah ada untuk masa yang akan datang, yaitu:

1. Alat ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sistem otomatisasi buka tutup *ball valve* pipa output pompa sentrifugal agar *flow* air dapat dikontrol.
2. Menambahkan sistem kontrol PH air pada *cooling tower* agar kandungan air pada *cooling tower* dapat dikontrol sehingga tidak merusak komponen *cooling tower* atau mengurangi fungsi pendingin itu sendiri.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. R. Harfit, "Perawatan Berkala Sistem Pendingin Udara," Universitas Gunadarma, Depok, 2010.
- [2] Cindy Mutiara Septani, 2013, "Air Pendingin (Cooling Water)", Universitas Brawijaya, Jakarta.
- [3] Anggara Yudha Pratama, 2012, "Tugas Utilitas Sistem Air Pendingin (Cololing Water)", Universitas Diponegoro, Semarang.
- [4] Faustus Yulius, 2010, "Simulator Otomatisasi Chilled Water Pump Pada Sistem Pendingin Terpusat", Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- [5] Author Alkonusa, 2016, "Pengertian Pompa Sentrifugal dan Prinsip Kerjanya".
<http://www.alkonusa.com/news/pengetahuan-pompa-sentrifugal-dan-prinsip-kerjanya/>.
- [6] Dharent, 2016, "Bagian – bagian dari pompa air sentrifugal"
<https://sekedartulisanweb.wordpress.com/2016/05/11/bagian-bagian-dari-pompa-air-sentrifugal/>.

- [7] Chandra MDE, 2010, “Rangkaian Sensor Suhu LM35”
<https://telinks.wordpress.com/2010/04/09/rangkaian-sensor-suhu-lm35/> .
- [8] Rudy Hermawan, 2014, “Mengatasi sensor arus ACS712 tidak linier : resolved problem”,
<http://jawabplugin.blogspot.co.id/2014/08/mengatasi-sensor-arus-ac712-tidak.html>.
- [9] Bintangtio, “Pelajari tentang LCD 2X16 Character”,
<http://k1801.ilearning.me/2015/04/28/pelajari-tentang-lcd-2x16-character-3/#comments>.
- [10] Hari Santoso, 2015, “Cara Kerja Sensor Ultrasonik, Rangkaian, & Aplikasinya”,<http://www.elangsakti.com/2015/05/sensorultrasonik.html#comment-form>.