

PERANCANGAN PENGENDALI SUHU RUANGAN KELAS DI UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Muhammad Adam¹⁾, Masdania Zurairah²⁾

¹⁾Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
muhammadadam@umsu.ac.id

²⁾Fakultas Teknik, Universitas Al Azhar Medan
masdaniazurairahsiregar64@gmail.com

Abstrak

Pengendalian dan pemantauan suhu ruangan tidak efektif dilakukan secara manual pada bangunan yang terdiri dari banyak ruangan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang pengontrol dan monitor suhu ruangan melalui komputer menggunakan modul mikrokontroler Arduino Uno dan sensor suhu LM35DZ yang dipasang di setiap ruangan. Hasil data sensor disimpan dalam database lokal MYSQL. Pengendalian dan monitoring suhu ruangan dapat dilakukan melalui web browser dengan mengakses halaman interface PHP. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu ruangan dapat ditampilkan pada web browser. Kipas angin dapat menyala atau mati secara otomatis sesuai dengan kisaran suhu yang ditentukan.

Kata-Kata Kunci : Pengendali, Pemantau, Suhu, Ruang Kelas.

I. PENDAHULUAN

Suhu ruangan memiliki pengaruh yang besar terhadap manusia maupun benda di dalam ruangan tersebut. Bagi manusia, suhu ruangan yang tidak sesuai akan menyebabkan ketidaknyamanan bahkan dapat berdampak pada kesehatan. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, suhu ruangan yang sesuai berkisar antara 18 – 28 °C [1]. Suhu ruangan juga berpengaruh terhadap benda atau peralatan di dalam ruangan tersebut, seperti pada ruang server, tempat belajar mengajar atau kampus tempat kuliah dan lain-lain.

Pemantauan dan pengendalian suhu ruangan kelas perkuliahan hal yang sangat penting. Penelitian mengenai pemantauan dan pengendalian suhu ruangan telah dilakukan oleh D. Prihatmoko. Penelitian tersebut menghasilkan sebuah prototipe sistem kontrol suhu satu ruangan, dilengkapi dengan LCD sebagai penampil data suhu ruangan, tanpa fasilitas penyimpanan data suhu ruangan yang telah diukur. Oleh karena itu, pada penelitian ini dirancang alat untuk melakukan pengukuran dan pengendalian suhu delapan ruangan. Data hasil pengukuran disimpan pada database dan ditampilkan melalui komputer. Penetapan batas suhu ruangan juga dapat dilakukan melalui laptop.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah merancang suatu alat pemantau dan pengendali suhu untuk delapan ruangan melalui laptop. Manfaat dari penelitian ini adalah sistem yang dirancang dapat memberikan kemudahan dalam memantau dan mengendalikan suhu ruangan karena dapat dilakukan melalui laptop untuk delapan ruangan kelas perkuliahan sekaligus.

Sistem kendali adalah kumpulan dari komponen-komponen yang bekerja secara bersama-sama di bawah perintah dari kecerdasan beberapa mesin [3].

1. Sistem Kendali Lingkar Terbuka (Open Loop)
Sistem kendali lingkaran terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kendali. Artinya, keluaran sistem kendali tidak dapat digunakan sebagai umpan balik (*no feedback*) dalam masukan dan ketepatan hasil bergantung pada kalibrasi [3].

2. Sistem Kendali Lingkar Tertutup (Close Loop)
Sistem kendali lingkaran tertutup adalah sistem kendali yang keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengendalian dan juga merupakan sistem kendali berumpan balik (*feedback*) dari hasil keluaran menuju ke masukan setelah dikurangkan dengan nilai *set point*-nya [3].

Sensor

Sensor adalah sebuah perangkat yang menerima rangsangan dan memberikan respon dengan sinyal kelistrikan. Kegunaan dari sensor adalah untuk merespon beberapa masukan sifat fisis dan mengubahnya ke dalam sinyal listrik [4, 5].

Sensor Suhu

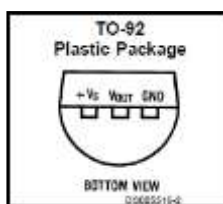
Suhu dapat didefinisikan sebagai derajat panas atau dingin yang spesifik sebagai acuan pada skala tertentu. Suhu juga dapat didefinisikan sebagai jumlah energi panas dalam suatu objek atau sistem. Energi panas secara langsung berhubungan dengan energi molekuler (getaran, gesekan, dan osilasi partikel dalam molekul), semakin tinggi energi panas, semakin besar energi molekulernya [5].

Sensor suhu mendeteksi perubahan parameter fisik seperti resistansi atau tegangan keluaran yang sesuai dengan perubahan suhu. Ada dua jenis dasar penginderaan suhu yaitu,

- a. Penginderaan suhu *contact* mengharuskan sensor berada dalam kontak fisik langsung dengan media atau objek yang dirasakan. Ini dapat digunakan untuk memantau suhu padatan, cairan, atau gas pada rentang suhu yang sangat luas [5].
- b. Pengukuran *non-contact* menafsirkan energi radiasi dari sumber panas dalam bentuk energi yang dipancarkan di bagian inframerah dari spektrum elektromagnetik. Metode ini dapat digunakan untuk memantau padatan dan cairan non reflektif namun tidak efektif dengan gas karena transparansi alaminya [5].

1. Sensor Suhu IC LM35

Sensor suhu IC LM35 merupakan chip IC produksi *National Semiconductor* yang berfungsi untuk mengetahui temperatur suatu objek atau ruangan dalam bentuk besaran elektrik, atau dapat juga didefinisikan sebagai komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah perubahan temperatur yang diterima dalam perubahan besaran elektrik. Sensor suhu IC LM35 dapat mengubah perubahan temperatur menjadi perubahan tegangan pada bagian outputnya. Sensor suhu IC LM35 membutuhkan sumber tegangan DC +5 volt dan konsumsi arus DC sebesar 60 μ A dalam beroperasi [6].



Gambar 1. IC LM35 [6]

Karakteristik sensor suhu IC LM35 adalah,

- a. Memiliki sensitivitas suhu, dengan faktor skala linier antara tegangan dan suhu 10 mVolt/ $^{\circ}$ C, sehingga dapat dikalibrasi langsung dalam celcius.
- b. Memiliki ketepatan atau akurasi kalibrasi yaitu 0,5 $^{\circ}$ C pada suhu 25 $^{\circ}$ C
- c. Memiliki jangkauan maksimal operasi suhu antara -55 $^{\circ}$ C sampai +150 $^{\circ}$ C. Bekerja pada tegangan 4 sampai 30 volt.
- d. Memiliki arus rendah yaitu kurang dari 60 μ A.
- e. Memiliki pemanasan sendiri yang rendah (*low-heating*) yaitu kurang dari 0,1 $^{\circ}$ C pada udara diam.
- f. Memiliki impedansi keluaran yang rendah yaitu 0,1 W untuk beban 1 mA.
- g. Memiliki ketidak-linieran hanya sekitar $\pm 1/4$ $^{\circ}$ C [6].

Sensor suhu IC LM35 memiliki keakuratan tinggi dan mudah dalam perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, sensor suhu LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian k

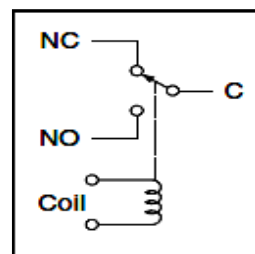
ontrol khusus serta tidak memerlukan pengaturan tambahan. Tegangan ideal yang keluar dari LM35 akan naik sebesar 10 mV setiap 1 $^{\circ}$ C [7].

$$10 \text{ mV}/1^{\circ}\text{C} = 0.01 \text{ V}/1^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}/\text{V} \dots \dots \dots (1)$$

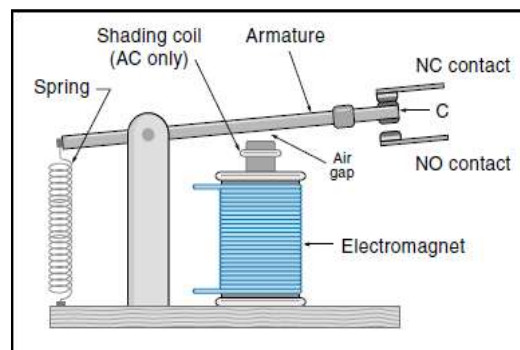
Relay

Relay adalah sebuah alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak *switch*, atau dengan kata lain, sebuah saklar bertenaga listrik [3]. Simbol skematik *relay* secara umum ditunjukkan pada Gambar 2. Diagram *relay* sederhana ditunjukkan pada Gambar 3, terdiri dari komponen-komponen yaitu,

- a. *Armature* merupakan tuas logam yang bisa naik turun. Tuas akan turun jika tertarik oleh magnet ferromagnetik (elektromagnetik) dan akan kembali naik jika sifat kemagnetan ferromagnetik sudah hilang.
- b. *Spring* (pegas) berfungsi sebagai penarik tuas. Ketika sifat kemagnetan ferromagnetik hilang, maka spring berfungsi untuk menarik tuas ke atas.
- c. *Shading Coil* berfungsi untuk pengaman arus AC dari listrik PLN yang tersambung dari C (*Contact*).
- d. *NC Contact (Normally Close Contact)* merupakan kontak yang secara *default* terhubung dengan kontak sumber (kontak inti, C) ketika posisi OFF.
- e. *NO Contact (Normally Open Contact)* merupakan kontak yang akan terhubung dengan kontak sumber (kontak inti, C) ketika posisi ON.
- f. *Electromagnet* merupakan kabel lilitan yang membelit logam ferromagnetik. Komponen ini berfungsi sebagai magnet buatan yang sifatnya sementara, yaitu menjadi logam magnet ketika lilitan dialiri arus listrik, dan menjadi logam biasa ketika arus listrik diputus [3].



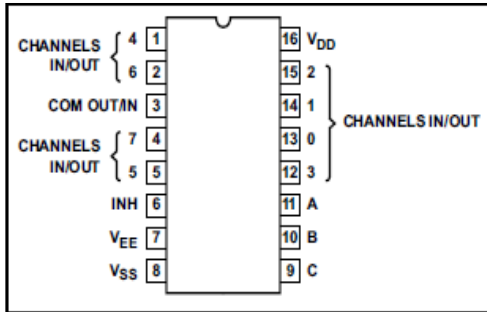
Gambar 2. Simbol Skematik Relay [3]



Gambar 3. Diagram Relay Sederhana [3]

Multiplexer

Multiplexing adalah teknik untuk meneruskan atau mengirimkan banyak sinyal melalui satu medium [8]. Multiplexer yang digunakan pada penelitian ini adalah IC CD4051. IC CD4051 terdiri dari 8 pin input. Konfigurasi pin IC CD4051 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Konfigurasi Pin IC CD4051 [9]

IC ini memiliki 3 *Select Pin* yaitu A, B, dan C. Ketiga pin ini akan dihubungkan ke mikrokontroler. Setiap pin merepresentasikan sebuah nilai (A=1, B=2, C=4) yang akan diproses IC CD4051 bila pin-pin tersebut diberi logika HIGH. Contoh,

- a. Jika A diberi logika LOW, sedangkan B dan C diberi logika HIGH, maka *channel* input 6 akan terpilih. (0+2+4 = 6)
- b. Jika A dan C diberi logika HIGH, sedangkan B diberi logika LOW, maka *channel* input 5 akan terpilih. (1+0+4 = 5)

Tabel kebenaran dari IC CD4051 diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Kebenaran IC CD4051

Input States			"On" Channels
C	B	A	
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7

A. Arduino Uno

Mikrokontroler adalah rangkaian terintegrasi yang mencakup semua bagian utama komputer pada umumnya yaitu prosesor, memori, periferal, beserta input dan output. Prosesor merupakan otak, bagian dimana semua keputusan diambil dan dapat diperhitungkan. Memori merupakan tempat dimana inti-inti program dan unsur-unsur dari pengguna berjalan [8].

Arduino Uno merupakan sebuah modul mikrokontroler yang menggunakan ATmega328.

Arduino Uno mencakup semua yang dibutuhkan mikrokontroler untuk dapat bekerja. Arduino Uno dapat dihubungkan ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau menyuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai sebagai sumber tegangannya. ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah *bootloader* sehingga meng-*upload* kode baru ke ATmega328 tidak memerlukan perangkat tambahan [10].



Gambar 5. Arduino Uno [11]

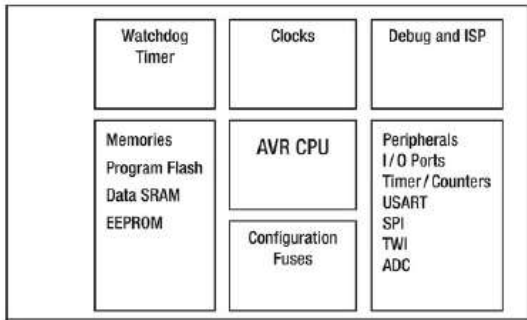
Spesifikasi dari Arduino Uno ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Arduino Uno

Microcontroller	ATmega328P
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25

Bagian-bagian Arduino Uno terdiri dari:

1. **Prosesor**
Pengendali dari Arduino Uno adalah Atmel AVR ATmega 328. Perangkat ini pada dasarnya adalah komputer pada sebuah chip, yang berisi *Central Processing Unit* (CPU), memori, *array*, *clock*, dan periferal dalam satu paket. Perhatikan Gambar 6.



Gambar 6. Blok Diagram Sederhana ATmega328 [12]

Chip ATmega328 dikembangkan dari prosesor Arduino yang asli, ATmega8. Chip ini berisi lebih banyak memori dan kemampuan periferil yang lebih banyak dari pendahulunya saat menggunakan lebih sedikit daya. Prosesor ATmega328 dapat beroperasi dari jangkauan tegangan sumber yang luas, dari 1,8V sampai 5,5V. Hal ini membuatnya sangat sesuai untuk aplikasi dengan daya baterai. Pada tegangan terendah, prosesor memiliki *clock rate* maksimal 4MHz. Dengan menaikkan suplai tegangan hingga mencapai 2,7V, *clock rate* dapat ditingkatkan menjadi 10 MHz. Untuk beroperasi pada *clock rate* maksimum 20MHz, chip membutuhkan setidaknya 4,5V. *Board I/O* Arduino menyediakan 5V untuk chip ATmega328, sehingga dapat bekerja dengan berbagai kecepatan, maksimum 20 MHz [12].

2. Serial Port

Serial port berguna untuk komunikasi. Dalam tahap pengembangan proyek Arduino, komunikasi yang dimaksud adalah antara Arduino dan PC, dimana dilakukan penulisan, kompilasi, dan pengunggahan *sketch* ke *board*. Dalam tahap aplikasi proyek, ketika Arduino menjalankan tugasnya, *serial port* dapat terus berkomunikasi dengan PC, jika itu merupakan bagian dari rencana atau mungkin berkomunikasi dengan perangkat serial lainnya. Penggunaan *serial port* ini bersifat opsional pada tahap aplikasi, dapat pula tanpa adanya komunikasi sama sekali. Pada kasus tersebut, pin penerima (RX) dan pengirim (TX) dapat digunakan sebagai jalur input/output (I/O) pada umumnya [12].

3. Power Supply

Rangkaian catu daya pada Arduino tidak benar-benar memberikan daya pada Arduino, melainkan hanya sebagai penghubung, pengatur, dan penyaring tegangan dari catu daya eksternal. Rangkaian ini memilih tegangan tertinggi yang tersedia dan menggunakan sumber tegangan tersebut untuk mensuplai rangkaian lain yang tersisa pada *board* [12].

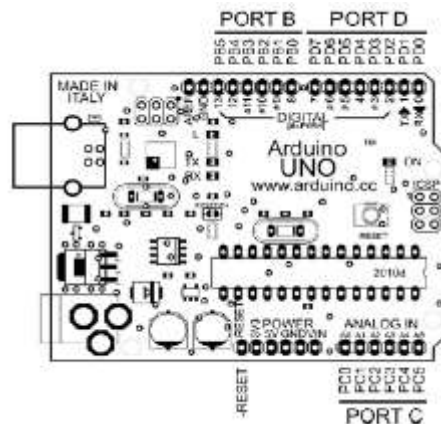
Ada beberapa cara untuk memberikan daya ke Arduino. Cara yang paling sederhana adalah menggunakan catu daya dengan kabel USB, yaitu melalui laptop. USB standar dapat mensuplai arus 500mA dan tegangan 5V. Bila Arduino tidak terhubung ke PC melalui kabel USB, tegangan 5V teregulasi dapat disuplai melalui pin konektor berlabel 5V dan GND [12].

Untuk tegangan suplai yang tidak teregulasi, tersedia *jack power* berbentuk bulat dan berukuran 2,1 mm dengan tegangan masukan 7V hingga 12V. Masukan dari *jack* ini langsung terhubung ke regulator 5V. Secara teoritis, tegangan input dapat melebihi 20V, tapi kemungkinan chip regulator akan mendapat panas berlebih dan dapat merusak PCB. Salah satu fitur yang sangat bagus dari Arduino adalah dapat menghubungkan banyak catu daya yang berbeda sekaligus. Arduino memiliki rangkaian yang dapat memilih tegangan terbesar yang tersedia untuk diteruskan ke regulator tegangan [12].

Arduino Uno juga memiliki regulator 3,3V yang terpasang. Arus yang dihasilkan oleh regulator 3,3V adalah 50mA [12].

4. Pin Konektor

Arduino menyediakan empat set konektor agar lebih mudah untuk dihubungkan ke rangkaian tambahan. Di tepi atas *board* berisi pin konektor digital, input referensi analog dan koneksi ground tambahan. Pin USART TX dan RX juga termasuk di antaranya. Di tepi bawah *board* terdapat konektor daya dan pin analog. Konektor daya menyediakan koneksi ke tegangan suplai utama (Vin, 5V, 3V3, dan GND) disertai dengan pin RESET mikrokontroler. Konektor analog menyediakan 6 pin analog yang dapat digunakan pula sebagai jalur I/O digital bila diperlukan [12].



Gambar 7. Pin Konektor Arduino Uno [12]

5. Pemrograman

Untuk mulai menulis program, dibutuhkan Arduino IDE. Arduino IDE adalah perangkat lunak yang ditulis dengan menggunakan bahasa Java dan dirancang khusus untuk melakukan pemrograman segala jenis *board* Arduino. Arduino IDE terdiri dari: *Editor Program*, *Compiler* dan *Uploader*. Ada beberapa menu pilihan pada IDE Arduino yang mempunyai fungsi yaitu,

- a. *Verify*, memeriksa kesalahan penulisan kode dan melakukan kompilasi kode.
- b. *Upload*, *upload* kode ke *board*/mikrokontroler.
- c. *Serial Monitor*, membuka *serial port monitor* untuk melihat *feedback*/umpan balik dari *board* [11].

Program Arduino menggunakan sebuah kode program khusus yang mirip dengan struktur bahasa C. Struktur setiap program Arduino (biasa disebut *sketch*) mempunyai dua buah fungsi yang harus ada yaitu `void setup() { }` dan `void loop() { }`. Pada fungsi yang disebutkan pertama, dilakukan inisialisasi pin-pin Arduino yang digunakan. Fungsi yang kedua berisi program inti yang akan dikerjakan secara berulang-ulang [11].

Beberapa fungsi yang umumnya digunakan dalam pemrograman Arduino adalah,

a. **pinMode (pin, mode)**

Digunakan untuk menetapkan mode dari suatu pin. Pin yang dapat digunakan adalah dari 0-19 (pin analog 0-5 adalah 14-19). Mode yang bisa digunakan adalah INPUT atau OUTPUT.

b. **digitalWrite(pin, value)**

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai OUTPUT, pin tersebut dapat dijadikan HIGH (ditarik menjadi 5 volt) atau LOW (diturunkan menjadi *ground*).

c. **digitalRead (pin)**

Ketika sebuah pin ditetapkan sebagai INPUT maka anda dapat menggunakan kode ini untuk mendapatkan nilai pin tersebut apakah HIGH (ditarik menjadi 5 volt) atau LOW (diturunkan menjadi *ground*).

d. **analogWrite (pin, value)**

Beberapa pin pada Arduino mendukung PWM (*pulse width modulation*) yaitu pin 3, 5, 6, 9, 10, 11. Ini dapat merubah pin hidup (*on*) atau mati (*off*) dengan sangat cepat sehingga membuatnya dapat berfungsi layaknya keluaran analog. *Value* (nilai) pada format kode tersebut adalah angka antara 0 (0% *duty cycle* ~ 0V) dan 255 (100% *duty cycle* ~ 5V).

e. **analogRead (pin)**

Ketika pin analog ditetapkan sebagai INPUT anda dapat membaca keluaran voltase-nya. Keluarannya berupa angka antara 0 (untuk 0 volt) dan 1024 (untuk 5 volt) [11].

Ethernet Shield

Ethernet Shield menambah kemampuan Arduino *board* agar terhubung ke jaringan komputer. *Ethernet shield* berbasis chip Ethernet Wiznet W5100. *Ethernet library* digunakan dalam menulis program agar Arduino *board* dapat terhubung ke jaringan dengan menggunakan Arduino *ethernet shield* [13].

Pada *ethernet shield* terdapat sebuah slot *micro-SD*, yang dapat digunakan untuk menyimpan file yang dapat diakses melalui jaringan. *Onboard micro-SD card reader* diakses dengan menggunakan *SD library* [13].

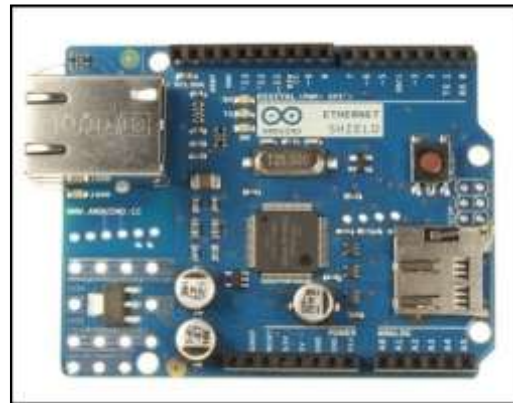
Arduino *board* berkomunikasi dengan W5100 dan *SD card* menggunakan bus SPI (*Serial Peripheral Interface*). Komunikasi ini diatur oleh *library* SPI.h dan Ethernet.h. Bus SPI menggunakan pin digital 11, 12 dan 13 pada Arduino Uno. Pin digital 10 digunakan untuk memilih W5100 dan pin digital 4 digunakan untuk memilih *SD card*. Pin-pin yang sudah disebutkan sebelumnya tidak dapat

digunakan untuk input/output umum ketika kita menggunakan *Ethernet Shield* [13].

Karena W5100 dan *SD card* berbagi bus SPI, hanya salah satu yang dapat aktif pada satu waktu. Jika kita menggunakan kedua perangkat dalam program kita, hal ini akan diatasi oleh *library* yang sesuai. Jika kita tidak menggunakan salah satu perangkat dalam program kita, kiranya kita perlu secara eksplisit men-*deselect*-nya. Untuk melakukan hal ini pada *SD card*, set pin 4 sebagai output dan menuliskan logika tinggi padanya, sedangkan untuk W5100 yang digunakan adalah pin 10 [13].

Ethernet Shield terdiri dari sejumlah LED yang berisi informasi yaitu,

1. PWR, mengindikasikan bahwa *board* dan *shield* telah menerima daya.
2. LINK, mengindikasikan keberadaan *link* jaringan dan berkedip ketika *shield* mengirim atau menerima data.
3. FULLD, mengindikasikan bahwa koneksi jaringan adalah *full duplex*.
4. 100M, mengindikasikan keberadaan koneksi jaringan 100 Mb/s.
5. RX, berkedip ketika *shield* menerima data.
6. TX, berkedip ketika *shield* mengirim data.
7. COLL, berkedip ketika bentrokan jaringan terjadi [13].



Gambar 8. Ethernet Shield W5100 [13]

Jaringan

Jaringan adalah sekumpulan perangkat-perangkat yang saling terhubung untuk berbagi data seperti komputer, *printer*, atau perangkat lainnya yang dapat mengirim dan menerima data [14].

1. Kabel Jaringan

Terdapat tiga macam kabel jaringan yang tersedia, yaitu *twisted pair*, *fiber optic*, dan kabel *coaxial*. Pada penelitian ini kabel yang digunakan adalah *twisted pair*. Kabel *twisted pair* terbagi menjadi dua jenis, yaitu *shielded twisted pair* dan *unshielded twisted pair*.

Shielded Twisted Pair atau STP adalah kabel pasangan berpilin yang memiliki perlindungan dari logam untuk melindungi kabel dari interferensi elektromagnetik luar. Terdapat pembungkus tambahan untuk tiap pasangan kabel. Kabel STP juga

digunakan untuk jaringan data, digunakan pada jaringan *Token-Ring* IBM. Pembungkusnya dapat memberikan proteksi yang lebih baik terhadap interferensi EMI. Pada kabel STP, di dalamnya terdapat satu lapisan pelindung kabel internal sehingga melindungi data yang ditransmisikan dari interferensi/gangguan. STP (*Shielded Twisted Pair*), selain dililitkan, juga punya proteksi terhadap induksi atau interferensi sinyal dari luar kabel berupa lapisan kertas aluminium foil, sebelum pembungkus luar [15].

Kabel UTP adalah jenis kabel yang terbuat dari bahan penghantar tembaga, memiliki isolasi dari plastik dan terbungkus oleh bahan isolasi yang mampu melindungi dari api dan kerusakan fisik. Kabel UTP terdiri dari empat pasang inti kabel yang saling berbelit yang masing-masing pasang memiliki kode warna berbeda. Kabel UTP tidak memiliki pelindung dari interferensi elektromagnetik, namun jenis kabel ini banyak digunakan karena harga yang relatif murah dan fungsinya yang memang sudah sesuai dengan standar yang diharapkan [15].

Kabel UTP terbagi ke dalam beberapa kategori yaitu,

1. *Category 1*. Tipe ini biasanya mendukung frekuensi di bawah 1 MHz, digunakan untuk jaringan telepon dan untuk penggunaan transmisi suara analog.
2. *Category 2*. Tipe ini mendukung frekuensi hingga 4 MHz.
3. *Category 3*. Tipe ini mendukung frekuensi sampai dengan 16 MHz.
4. *Category 4*. Tipe ini mendukung frekuensi sampai dengan 20 MHz.
5. *Category 5*. Tipe ini mendukung transmisi sampai dengan 100 MHz.
6. *Category 5e* ("Enhanced Cat 5"). Tipe ini adalah standar baru yang menggantikan standar *category 5*. Seperti *category 5*, *category 5e* ini mendukung frekuensi yang sama dengan *category 5*, namun memiliki performa yang lebih baik.
7. *Category 6*. Tipe ini mendukung frekuensi sampai dengan 200 MHz [15].

2. Alamat IP

Alamat IP adalah pengenalan numerik yang diberikan ke setiap mesin pada jaringan IP. Alamat IP menunjuk lokasi spesifik dari perangkat pada jaringan. Alamat IP terdiri dari informasi 32 bit yang dibagi ke dalam 4 bagian, setiap bagian terdiri dari 8 bit. Alamat IP dapat ditulis dalam bilangan desimal, biner maupun heksadesimal [16].

B.HTML (*HyperText Markup Language*)

HTML merupakan kependekan dari *HyperText Markup Language*. HTML adalah bahasa web yang diunduh dan ditampilkan ketika mengakses halaman web melalui *web browser* [17].

B. XAMPP

XAMPP merupakan perangkat lunak bebas, yang mendukung banyak sistem operasi. XAMPP

merupakan kompilasi dari beberapa program. XAMPP juga adalah *software web server apache* yang di dalamnya tertanam server MySQL dan didukung dengan bahasa pemrograman PHP untuk membuat *website* yang dinamis. Di dalam XAMPP, berkas-berkas yang akan dijalankan seperti : PHP, HTML dan *script* lain disimpan pada folder *htdocs*. Untuk mengelola basis data MySQL yang ada di komputer menggunakan *phpMyAdmin*.

1. PHP

PHP adalah bahasa *scripting* yang dirancang khusus untuk membantu pengembangan aplikasi web dinamis. Perangkat lunak PHP bekerja dengan *web server*, yang merupakan perangkat lunak yang mengirim halaman web ke dunia [17].

Ketika *browser* diarahkan ke berkas HTML dengan ekstensi *.html* atau *.htm*, *web server* akan menampilkan halaman web yang dideskripsikan tag HTML pada berkas. Ketika *browser* diarahkan ke berkas PHP, *web server* akan memindai berkas dalam mode HTML dan mengirimnya ke *browser* tanpa pemrosesan. Pemindaian akan diteruskan hingga menemukan tag pembuka PHP. Ketika tag pembuka PHP ditemukan, *web server* akan menyerahkan pemrosesan ke modul PHP. *Web server* kemudian mengasumsikan semua pernyataan adalah pernyataan PHP dan menggunakan modul PHP untuk mengeksekusi pernyataan PHP. Jika ada output dari PHP, *server* akan memberikan output ke *browser*. *Web server* berlanjut dalam mode PHP. Ketika tag penutup PHP ditemukan, *web server* akan kembali ke mode HTML dan melakukan pemindaian kembali [17].

Skrip PHP diawali dengan tag (*<?>*) dan diakhiri dengan tag (*?>*).PHP akan melakukan pemrosesan terhadap semua pernyataan di antara kedua tag tersebut. Setiap baris perintah / *statement* harus diakhiri dengan menggunakan tanda titik koma (;) [17].

2. MySQL

MySQL merupakan *database server* yang paling sering digunakan dalam pemrograman PHP. MySQL digunakan untuk menyimpan data di dalam *database* dan memanipulasi data-data yang diperlukan. Manipulasi data tersebut berupa menambah, mengubah, dan menghapus data yang berada dalam *database* [17].

SQL merupakan singkatan dari *Structured Query Language*. SQL atau juga sering disebut sebagai *query* merupakan suatu bahasa (*language*) yang digunakan untuk mengakses *database*. SQL sebagian besar menggunakan bahasa Inggris. Pernyataan-pernyataan yang umumnya digunakan pada SQL untuk membuat *database* antara lain: pernyataan untuk membuat *database* baru, menghapus *database*, membuat tabel, menghapus tabel, dan mengubah struktur *database*.

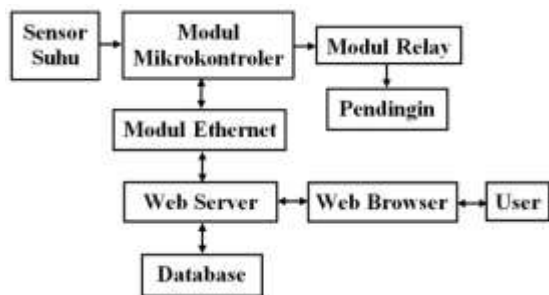
3. Hubungan PHP dan MySQL

PHP dan MySQL bekerja secara bersama-sama. PHP membuat koneksi dengan server MySQL dan mengirimkan pesan SQL melalui koneksi. Server MySQL menafsirkan pesan SQL, mengikuti instruksi dan mengirimkan pesan balasan yang menyatakan statusnya atau melaporkan kesalahan bila tidak dapat memahami instruksi yang diberikan [17].

III. METODE PENELITIAN

A. Konsep Rancangan

Langkah awal dalam perancangan alat adalah menentukan konsep dari rancangan alat yang akan dibuat. Gambar 9 adalah blok diagram yang menggambarkan konsep dasar dari alat yang akan dirancang.



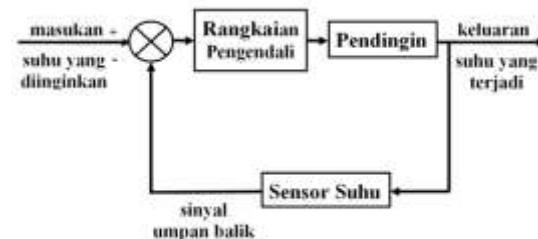
Gambar 9. Blok Diagram Konsep Rancangan

Alat yang akan dirancang terdiri dari dua proses kerja. Proses yang pertama adalah memantau suhu ruangan. Sensor suhu akan mendeteksi suhu ruangan dan mengirimkannya ke modul mikrokontroler dalam bentuk sinyal analog. Selanjutnya sinyal analog tersebut akan diproses di dalam mikrokontroler dan diubah ke dalam besaran suhu. Besaran suhu yang diperoleh dikirim ke komputer untuk disimpan di dalam *database* lokal.

Modul mikrokontroler terhubung ke komputer dengan menggunakan modul *ethernet* melalui kabel UTP cat5e bertipe *cross-over*. Komputer bertindak sebagai server yang menyimpan semua data-data berkaitan dengan suhu ruangan, sedangkan modul mikrokontroler bertindak sebagai klien. Untuk mengirimkan data suhu, modul mikrokontroler sebagai klien akan melakukan *http request* kepada komputer sebagai server untuk mengakses file PHP. File PHP ini berperan untuk terhubung ke *database* server dan mengirimkan data suhu. Data suhu dapat dilihat melalui *web browser* dengan mengakses halaman web yang telah dibuat khusus untuk menampilkan data suhu ruangan.

Proses yang kedua adalah mengendalikan suhu ruangan. Pengendalian suhu ruangan dilakukan dengan memberikan input berupa suhu ruangan standar melalui *web browser*. Selanjutnya, suhu ruangan yang terdeteksi akan dibandingkan dengan suhu ruangan standar. Jika suhu ruangan yang terdeteksi lebih tinggi dari suhu ruangan standar, maka status pendingin adalah menyala. Sebaliknya, jika suhu ruangan yang terdeteksi lebih rendah dari suhu ruangan standar, maka status pendingin adalah

mati. Hasil perbandingan suhu menghasilkan umpan balik untuk mengendalikan pendingin. Hal ini menunjukkan bahwa sistem kendali yang dirancang adalah sistem kendali lingkaran tertutup (*close loop*).



Gambar 10. Diagram Sistem Kendali Suhu Ruang

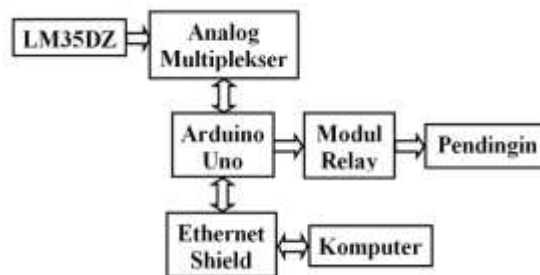
Status pendingin yang telah diperoleh akan tersimpan di *database* server. Untuk memperoleh status pendingin, modul mikrokontroler akan melakukan *http request* kepada server setiap kurun waktu tertentu. *Request* dilakukan untuk mengakses file PHP yang bertugas mengambil status pendingin dari *database*. Status pendingin akan diperoleh melalui respon yang diberikan oleh server. Kemudian modul mikrokontroler akan menyalakan dan mematikan *relay* sesuai dengan status yang diperoleh.

B. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Dalam penelitian ini, komponen dan modul-modul yang digunakan adalah,

1. Sensor suhu menggunakan IC LM35DZ
2. Analog multiplexer menggunakan IC CD4051
3. Modul Arduino Uno
4. Modul Ethernet Shield W5100
5. Modul *Relay* 8 channel

Modul-modul di atas dihubungkan sesuai dengan blok diagram pada Gambar 11.



Gambar 11. Blok Diagram Rangkaian Modul

C. Perhitungan Sensor Suhu LM35DZ

Mikrokontroler merupakan alat yang didalamnya memiliki memori terbatas. Sehingga mikrokontroler juga memiliki kemampuan mencacah yang terbatas juga. Input analog pada Arduino merupakan cacahan dari 0 hingga 1023. Artinya, 0 berarti 0 volt, dan 1023 berarti 5 volt karena tegangan referensi yang digunakan adalah 5 volt. Dengan demikian, Arduino memiliki kemampuan mencacah hingga 1023. Artinya, setiap cacahan akan memiliki nilai $5/1023$ V.

Tegangan ideal yang keluar dari LM35 mempunyai perbandingan 100 °C setara dengan 1 Volt. Jadi, nilai temperatur adalah

$$T = \frac{\text{nilai output}}{1023} \times 5V \times 100^\circ\text{C}/V$$

$$= \frac{\text{nilai output} \times 5 \times 100}{1023} \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= \text{nilai output} \times 0,489 \text{ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots(2)$$

D. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

1. Perancangan User Interface

Perancangan antarmuka menggunakan skrip PHP sehingga dapat diakses melalui web browser. Rancangan antarmuka ini berfungsi untuk menampilkan data suhu 8 (delapan) ruangan, beserta status kipas pada setiap ruangan dalam bentuk tabel. Selain itu, juga berfungsi untuk menginput suhu ruangan standar yang diinginkan pengguna dalam pengendalian suhu ruangan. Tampilan user interface pemantau dan pengendali suhu ruangan dapat dilihat pada Gambar 12.

DATA SUHU RUANGAN			
NAMA RUANGAN	SUHU RUANGAN (°C)	SUHU YANG DIINGINKAN (°C)	TOMBOL
1.1	22,75	30	<input type="button" value="ON"/>
1.2	22,07	30	<input type="button" value="ON"/>
1.3	23,10	30	<input type="button" value="ON"/>
1.4	20,70	30	<input type="button" value="ON"/>
2.1	21,29	30	<input type="button" value="ON"/>
2.2	22,02	30	<input type="button" value="ON"/>
2.3	22,46	30	<input type="button" value="ON"/>
2.4	22,27	30	<input type="button" value="ON"/>
<input type="text" value="ATUR SUHU YANG DIINGINKAN"/>			

Gambar 12 Rancangan User Interface

2. Perancangan Program Akses Database

Pada alat yang akan dirancang ini, Arduino harus dapat mengirim data suhu ke database server dan mengambil data status pendingin dari database server. Agar Arduino dapat terhubung ke database, maka perlu dibuat skrip PHP untuk mengakses database. Terdapat 2 skrip PHP yang dibuat untuk mengakses database diantaranya:

a. koneksi.php

Skrip ini berguna untuk memulai koneksi dengan database MySQL.

b. update.php

Skrip ini berguna untuk mengirim data suhu dari Arduino dan memperbaharui data suhu pada database. Skrip ini juga berguna untuk mengambil data status pendingin pada database.

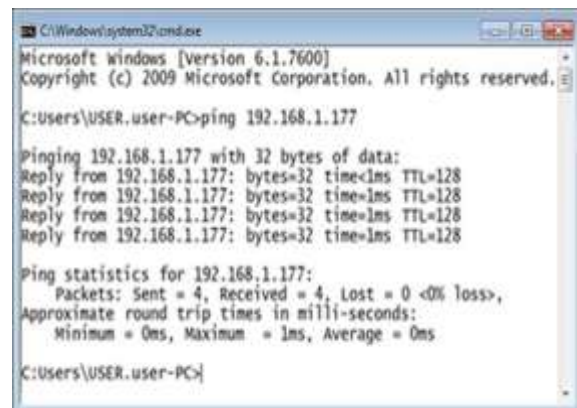
3. Perancangan Program Kendali

Program kendali yang akan dirancang adalah program Arduino untuk terhubung ke *web server* dan mengendalikan sensor suhu beserta modul *relay*. Dalam perancangannya, program kendali terbagi menjadi beberapa bagian yaitu, program koneksi *ethernet shield* ke server, program analog multiplexer, program sensor suhu, program untuk mengirim data suhu ke *database server*, program untuk mengambil data status pendingin dari *database server*, dan program kendali *relay*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Koneksi Ethernet Shield

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *Ethernet Shield* telah terhubung ke laptop. Pengujian dilakukan melalui *command prompt* dengan melakukan *ping* terhadap *ip address Ethernet Shield* yang sebelumnya telah dideklarasikan pada program Arduino yaitu 192.168.1.177. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.



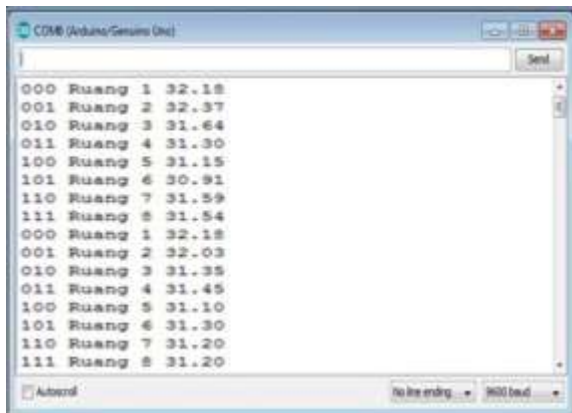
Gambar 13. Hasil Pengujian Ethernet Shield

Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Ethernet Shield* telah memberikan respon ke komputer. Hal ini menunjukkan bahwa *Ethernet Shield* telah dapat bekerja dengan baik.

B. Pengujian Analog Multiplexer

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah analog multiplexer dapat mengirimkan sinyal analog dari delapan sensor suhu ke satu pin analog Arduino secara bergantian. Pengujian dilakukan dengan memberikan bit-bit melalui Arduino Uno kepada analog multiplexer sesuai dengan Tabel 1. Analog multiplexer akan memilih satu dari delapan sinyal sesuai dengan bit-bit yang diterima, untuk diteruskan ke Arduino. Hasil pengujian multiplex

diteruskan ke Arduino. Hasil pengujian multiplexer ditampilkan pada *serial monitor* Arduino ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Hasil Pengujian Analog Multiplexer

Hasil pengujian di atas menunjukkan bahwa Arduino telah mengirimkan bit-bit ke analog multiplexer dan sinyal berhasil diteruskan ke Arduino. Selanjutnya Arduino melakukan pemrosesan sinyal yang diterima dan ditampilkan ke *serial monitor* dalam besaran suhu.

C. Pengujian LM35

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah LM35 dapat memberikan hasil pengukuran suhu yang sesuai. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran suhu setiap ruangan dengan termometer terkalibrasi dan membandingkan dengan hasil pengukuran sensor suhu. Berikut ini merupakan data hasil pengukuran dengan termometer dan sensor suhu LM35.

Tabel 3. Tabel Pengujian Sensor Suhu LM35

Nama Ruangan	Sensor Suhu (°C)	Thermometer (°C)
Ruang 1.1	31,06	30
Ruang 1.2	30,42	30
Ruang 1.3	30,81	30
Ruang 1.4	30,79	30
Ruang 2.1	30,92	30
Ruang 2.2	31,24	30
Ruang 2.3	30,54	30
Ruang 2.4	31,00	30

Hasil pengujian menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor suhu mendekati hasil pengukuran dengan termometer terkalibrasi. Hal ini menunjukkan sensor suhu telah bekerja dengan baik.

D. Hasil Pengujian

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan dengan memberikan panas ke setiap ruangan hingga suhu ruangan lebih tinggi dari suhu yang diinginkan. Selanjutnya, dilakukan pengamatan terhadap kondisi *relay* dan kipas. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian

Nama Ruangan	Suhu Ruangan	Suhu yang Diinginkan	Status Kipas
Ruang 1.1	31,27	35	Tidak Menyala
Ruang 1.2	44,12	33	Menyala
Ruang 1.3	39,66	37	Menyala
Ruang 1.4	30,70	36	Tidak Menyala
Ruang 2.1	32,08	35	Tidak Menyala
Ruang 2.2	47,53	33	Menyala
Ruang 2.3	53,68	33	Menyala
Ruang 2.4	31,85	37	Tidak Menyala

Dari hasil pengujian pada Tabel 4, kipas pada ruang 1.1, 1.4, 2.1, dan 2.4 tidak menyala karena suhu ruangan lebih rendah dari suhu yang diinginkan. Sedangkan, kipas pada ruang 1.2, 1.3, 2.2, 2.3 menyala karena suhu ruangan lebih tinggi dari suhu yang diinginkan. Hal ini menunjukkan alat telah bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan.

V. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa alat yang dirancang dapat melakukan pemantauan dan pengendalian suhu ruang kelas belajar di kampus Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara melalui laptop. Pendeteksi suhu ruangan dan *relay* untuk mengendalikan pendingin terhubung ke laptop pada jaringan lokal. Data hasil sensor dan status pendingin disimpan pada *database* di laptop setiap satu detik. Pemantauan dan pengendalian suhu ruangan dapat dilakukan melalui *web browser* dengan mengakses ruangan yang telah disain.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Jakarta: Kemenkes RI.

[2] D. Prihatmoko, "Perancangan dan Implementasi Pengontrol Suhu Ruangan Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," Jurnal SIMETRIS Volume 7 Nomor 1, ISSN: 2252-4983, pp. 117, 2016.

[3] C. T. Kilian, Modern Control Technology: Components and Systems, Delmar Thomson Learning, 2000.

[4] J. Fraden, Handbook of Modern Sensors Physics, Design and Applications, California: Springer, 2010.

- [5] J. Wilson, *Sensor Technology Handbook*, Oxford: Newnes, 2005
- [6] National Semiconductor, *LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*, 2000.
- [7] S. I. Langi, J. O. Wuwung, A. S. M. Lumenta, "Kipas Angin Otomatis dengan Menggunakan Sensor Suhu," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, ISSN: 2301-8402, pp. 45, 2014.
- [8] J. Bayle, *C Programming for Arduino*, Birmingham: Packt Publishing, 2013.
- [9] Texas Instrument, *CD405xB CMOS Single 8-Channel Analog Multiplexer/ Demultiplexer With Logic-Level Conversion*.
- [10] M. Ichwan, M. G. Husada, M. I. Ar Rasyid, "Pembangunan Prototipe Sistem Pengendalian Peralatan Listrik pada Platform Android," *Jurnal Informatika*, vol. 4, no. 1, pp. 16, 2013.
- [11] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, Sherwin R.U.A, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *E-Journal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 5, no. 3, pp. 15-16, 2016.
- [12] D. Wheat, *Arduino Internals*, New York: Apress, 2011
- [13] Arduino. *Arduino Ethernet Shield V1*. <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShieldV1>. 12 Juni 2017.
- [14] B. A. Forouzan, *Data Communications and Networking*, New York: McGraw-Hill, 2007.
- [15] D. Barnett, D. Groth, J. McBee, *Cabling: The Complete Guide to Network Wiring*, San Fransisco : Sybex, 2004.
- [16] T. Lammle, *CCNA : Cisco Certified Network Associate*, San Fransisco: Sybex, 2004.
- [17] S. Suehring, J. Valade, *PHP, MySQL, JavaScript & HTML5 All in One for Dummies*, New Jersey: Wiley, 2