

# Prototipe Sistem Berbasis Mikrokontroler untuk Pengkondisian Suhu pada Analogi Panel dengan Analogi Sistem *Air Conditioning*

Dwi Suhartono<sup>1</sup>, Arief Goeritno<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PT Orion Nusantara Paramita Industrial Estate Bogor, <sup>2</sup> Teknik Elektro Universitas Ibn Khaldun Bogor  
Email: dwi.orionnusantara@gmail.com, arief.goeritno@uika-bogor.ac.id

**Abstract**—Conditioning the temperature value on the panel analogy with the analogy of the air conditioning system is interpreted as an effort, so that the temperature value is maintained and all systems in the air conditioning are controlled according to the results of reading all temperature sensors and humidities. The purpose of this study is to obtain the results of integration of a number of electronic modules and programming based on Arduino IDE, and minimum system performance measurement in the form of verification and validation tests. The minimum system is integrated from the sensor circuit, the Arduino module, the pin integration module for a number of actuator drive relay control circuits, push button modules, LCD, power supply, and a number of supporting actuators for Peltier cooling system operation, mini pump, and fan. Programming is done in five stages, namely pin configuration, variable and constant declarations, main programs, retrieving and sending data, and output. The results of verification tests are in the form of handshaking in hardware or software. The results of the validation test on panel analogy are indicated by the minimum system capability for conditioning the temperature and relative humidity values of the room. The system is capable of conditioning temperature values at 35-70 °C and relative humidity values at 50-60%.

**Index Terms**— Minimum system based on microcontroller, module of Arduino MEGA2560 R3, room air conditioning, programmable logic controller.

**Abstrak**— Pengkondisian nilai suhu pada analogi panel dengan analogi sistem *air conditioning* dimaknai sebagai upaya, agar nilai suhu tetap terjaga dan semua sistem pada *air conditioning* terkontrol sesuai hasil pembacaan seluruh sensor suhu dan humiditas. Tujuan penelitian ini, yaitu memperoleh hasil integrasi dari sejumlah modul elektronika dan pemrograman berbasis Arduino IDE, dan pengukuran kinerja sistem minimum berupa uji verifikasi dan validasi. Sistem minimum terintegrasi dari rangkaian sensor, modul Arduino, modul pengintegrasian sejumlah *pin* untuk sejumlah rangkaian pengendali relai penggerak aktuator, modul *push button*, LCD, catu daya, dan sejumlah aktuator pendukung untuk pengoperasi sistem pendingin Peltier, *mini pump*, dan fan. Pemrograman dilakukan dengan lima tahapan, yaitu konfigurasi *pin*, deklarasi variabel dan konstanta, program utama, ambil

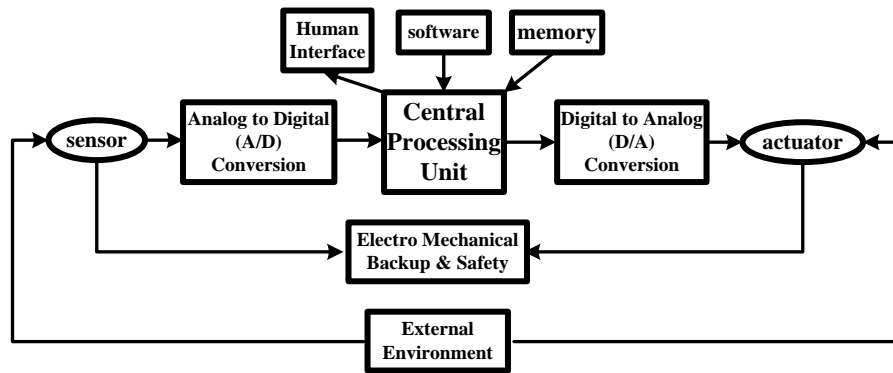
dan kirim data, dan keluaran. Hasil uji verifikasi berupa keberadaan proses rantai jabat-tangan (*handshaking*) secara perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Hasil uji validasi terhadap analogi panel ditunjukkan dengan kemampuan sistem minimum untuk pengkondisian nilai suhu dan kelembaban relatif ruangan. Sistem mampu untuk pengkondisian nilai suhu pada 35-70 °C dan nilai kelembaban relative pada 50-60%.

**Kata Kunci**— Sistem minimum berbasis mikrokontroler, modul Arduino MEGA2560 R3, pengkondisian udara ruangan, programmable logic controller.

## I. PENDAHULUAN

Hasil-hasil penelitian berkaitan dengan sistem minimum (*minimum system*) berbentuk modul terintegrasi dengan sejumlah rangkaian elektronika penting dan pokok yang meliputi sensor-sensor, mikrokontroler, aktuator-aktuator, *liquid crystal display* (LCD), dan perlu catu daya dari luar [1],[2]. Sistem minimum berbasis mikrokontroler produksi Atmel [3],[4] maupun modul mikrokontroler Arduino [5]-[9] dalam format sistem tertanam (*embedded system*) [10],[11], telah diwujudkan dalam bentuk prototipe untuk pengkondisian suhu (*temperature*) dan/atau kelembaban (humiditas, *humidity*) pada suatu ruangan [12]-[17]. Keberadaan modul terintegrasi berupa peranti elektronika dengan komputer murah, berukuran kecil, dan berkapabilitas besar melalui penyimpanan program di dalamnya [1],[2]. Perolehan kinerja prototipe berbasis mikrokontroler [12]-[17] dilakukan melalui uji verifikasi dan validasi. Uji verifikasi berupa pelaksanaan simulasi berbantuan aplikasi *Proteus* [18], sedangkan uji validasi berupa pemberian kondisi buatan pada sisi masukan (*input*) dan perolehan tanggapan sistem secara waktu nyata (*real time*) di sisi keluaran (*output*). Suatu sistem tertanam diklasifikasikan dalam kelas kecil, medium, dan canggih [11]. Diagram skematis tipikal sistem tertanam [11],[19], seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



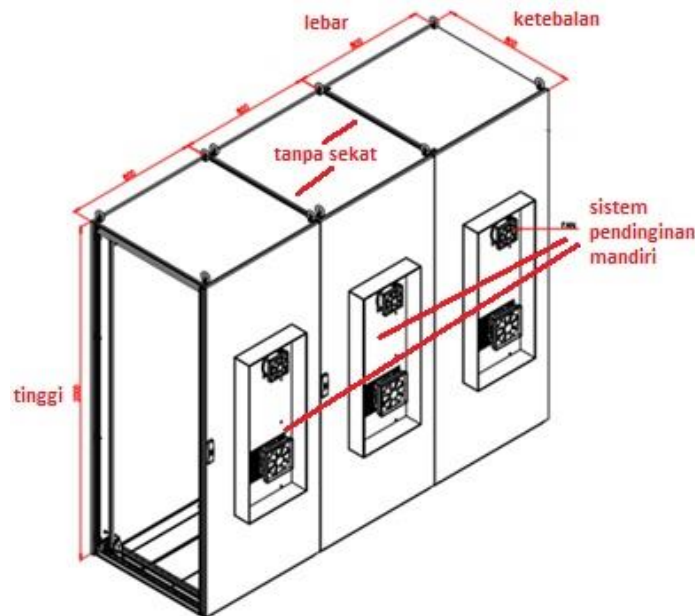


Gambar 1 Diagram skematis tipikal sistem tertanam

Perkembangan teknologi dibidang produksi seperti diketahui secara luas, telah berkembang cukup pesat, sehingga sampai saat ini banyak sekali tercipta mesin atau perangkat dengan jenis dan fungsi yang beraneka ragam. Keberadaan sekian banyak mesin atau perangkat yang tercipta tersebut, telah dihasilkan perlepasan kalor (*heat, Q*) secara signifikan yang terjadi di dalam panel, yaitu tenaga (energi) kinetik yang dipindahkan dari suatu benda bersuhu lebih tinggi ke benda yang lain bersuhu lebih rendah [20]. Untuk kepastian terhadap seluruh perangkat atau mesin yang beroperasi untuk pengaturan proses produksi tetap berfungsi sebagaimana mestinya, sehingga diperlukan peran sistem pendingin

panel. Keberadaan kalor yang berlebihan dan terperangkap di dalam panel mutlak dikeluarkan, karena kalor yang berlebihan berdampak kepada peningkatan kondisi panas dan terjadi kenaikan nilai suhu di dalam panel. Kondisi panas berdampak kepada pemercepatan penurunan kualitas perangkat elektronika. yang dipasang di dalam panel, disamping faktor-faktor lain, seperti udara dengan kandungan minyak, kelembaban berlebihan, dan debu [20]-[22].

Diagram skematis panel berfasilitas *programmable logic controller (PLC)*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



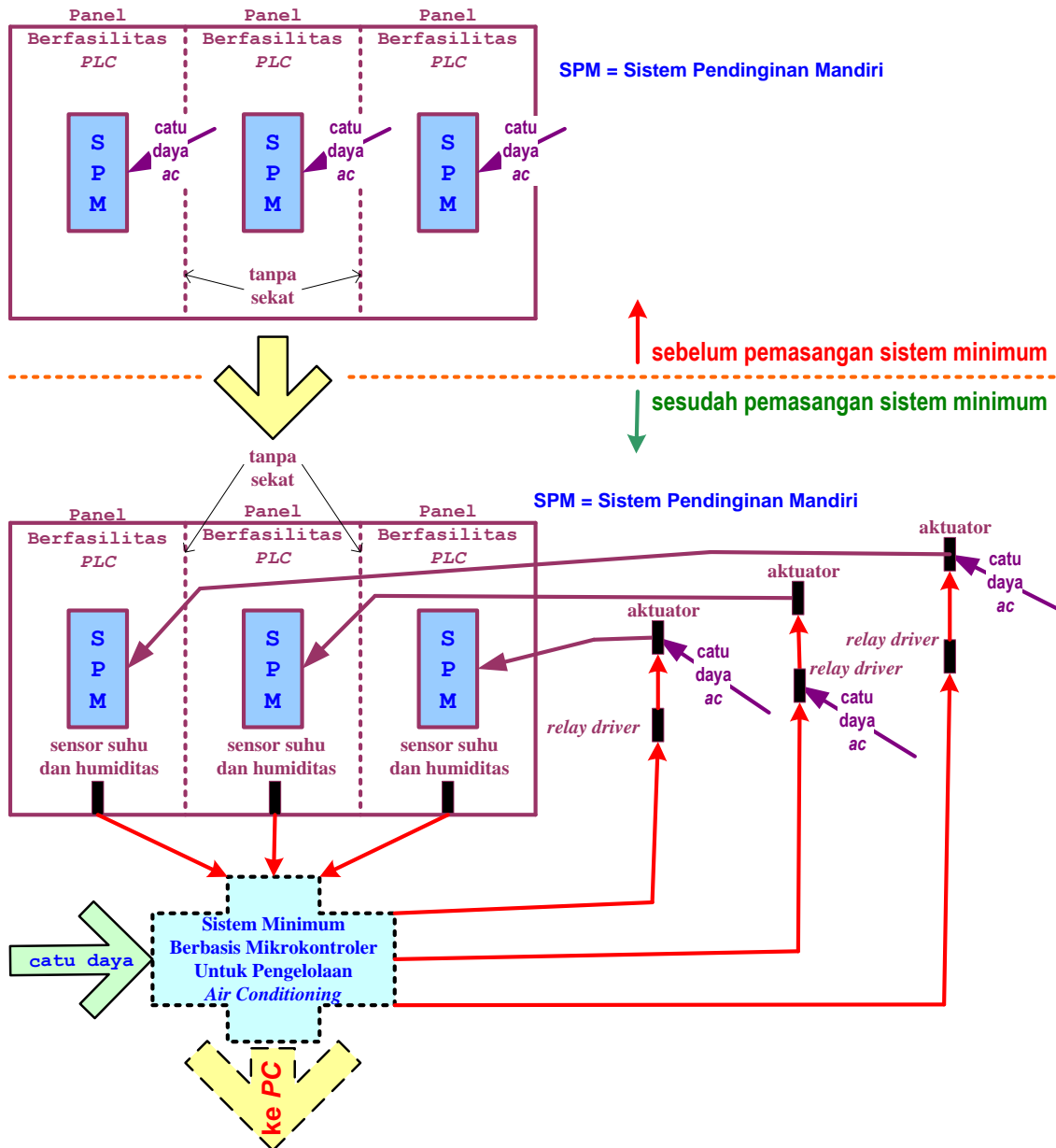
Gambar 2 Diagram skematis panel berfasilitas *programmable logic controller (PLC)*

Berdasarkan Gambar 2 ditunjukkan, bahwa keberadaan masing-masing panel telah dilengkapi dengan sistem pengkondisian udara yang terkontrol secara mandiri (*independent*), tidak saling terhubung, sehingga hanya berdasarkan pembacaan kondisi suhu panel dimana sistem terpasang. Untuk kondisi dimana tingkat panas salah panel lebih tinggi dibandingkan kondisi panel yang lain, maka panel tersebut beroperasi sendiri secara maksimal. Pembuatan sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 untuk pengelolaan pengkondisian sirkulasi udara (*air conditioning*) pada panel berfasilitas *PLC*, agar kondisi

suhu dan humiditas yang diinginkan di dalam panel tetap terjaga, dan sistem pengkondisian udara beroperasi secara terkoordinasi sesuai hasil pembacaan seluruh sensor suhu dan humiditas. Rangkaian sistem minimum merupakan sebuah peranti elektronika terintegrasi yang berfungsi sebagai pengendali sistem utama [14]-[17] dengan tujuan untuk pengelolaan sejumlah kalor yang berada di dalam panel.

Diagram blok sistem pengelolaan *air conditioning (AC)* pada panel berfasilitas *PLC* sebelum dan sesudah penambahan sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3, seperti ditunjukkan pada

Gambar 3.

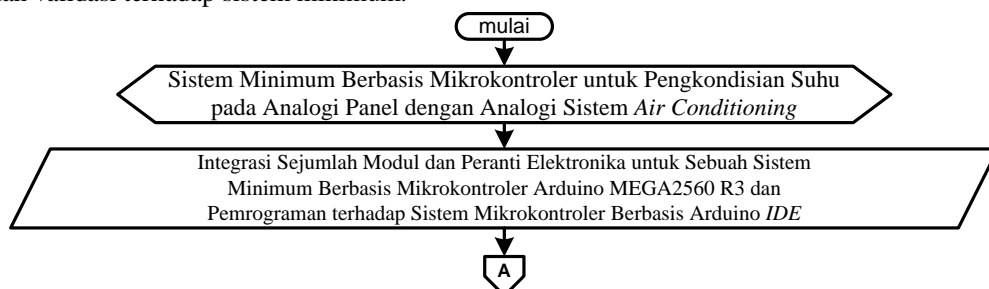


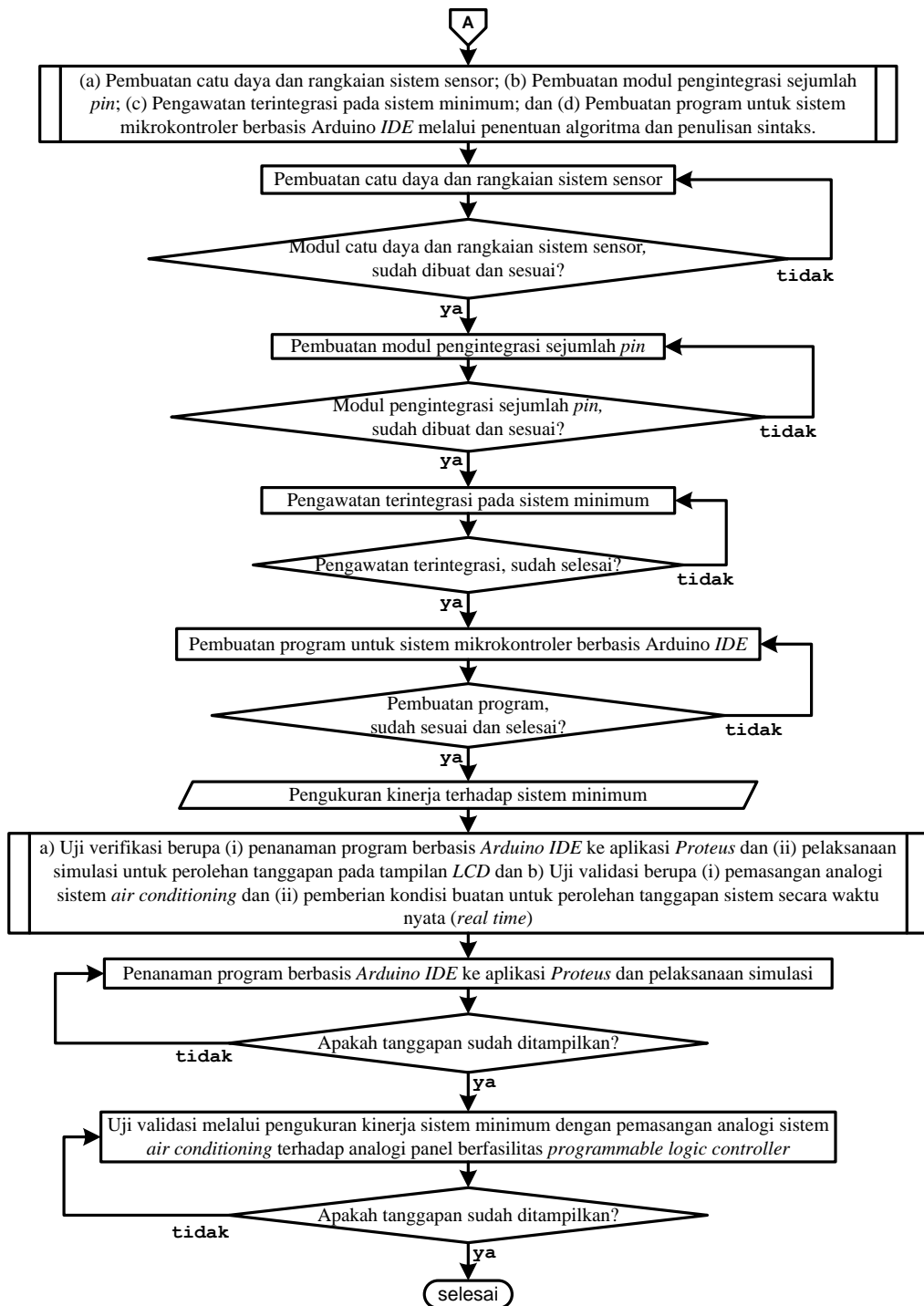
Gambar 3 Diagram blok sistem pengelolaan *air conditioning* (AC) pada panel berfasilitas PLC sebelum dan sesudah penambahan sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3

Berdasarkan Gambar 3 ditetapkan tujuan penelitian, yaitu a) integrasi sejumlah modul dan peranti elektronika untuk sebuah sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 [5]-[9] dan pemrograman terhadap sistem minimum berbasis Arduino *Integrated Development Environment (IDE)* [23],[24],[5]-[9] dan b) pengukuran kinerja berupa uji verifikasi dan validasi terhadap sistem minimum.

## II. METODE PENELITIAN

Metode penelitian dibuat dalam bentuk diagram alir untuk penjabaran terhadap sejumlah tahapan pelaksanaan penelitian. Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.





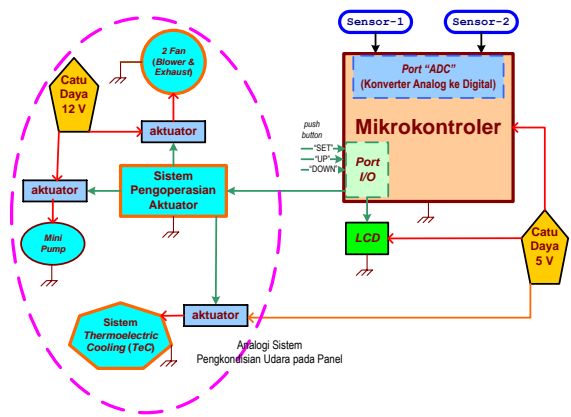
Gambar 4 Diagram alir metode penelitian

**A. Pengintegrasian Sejumlah Modul dan Peranti Elektronika untuk Sebuah Sistem Minimum dan Pemrograman terhadap Sistem Mikrokontroler berbasis Arduino IDE**

Langkah-langkah pengintegrasian terhadap sejumlah modul dan peranti elektronika, berupa (i) pembuatan modul catu daya (*power supply*) dan perakitan rangkaian sistem sensor, (ii) pembuatan *board* untuk modul pengintegrasi sejumlah *pin* sebagai penentuan masukan dan keluaran, dan (iii) pengawatan terintegrasi untuk keterbentukan suatu sistem minimum. Langkah-langkah untuk pemrograman mikrokontroler, meliputi (i) pembuatan algoritma dan (ii) penyusunan sintaks.

**B. Pengukuran Kinerja terhadap Sistem Minimum**

Pengukuran kinerja terhadap sistem minimum melalui uji verifikasi dan validasi. Uji verifikasi dilaksanakan melalui penanaman program berbasis *Arduino IDE* yang telah dibuat ke dalam aplikasi *Proteus* [18] dan pelaksanaan simulasi dengan pemberian pada jalur masukan untuk perolehan tanggapan pada tampilan. Uji validasi dilaksanakan melalui pemasangan analogi sistem *air conditioning* dan pemberian kondisi buatan secara fisis dan waktu nyata (*physical and real time phenomena*). Diagram skematis pelaksanaan uji validasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Diagram skematis pelaksanaan uji validasi

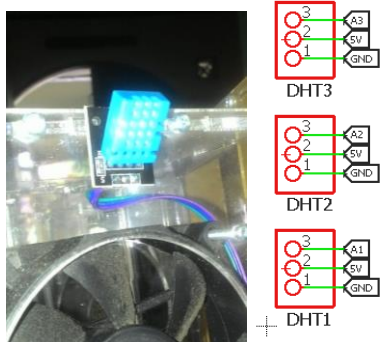
### III. HASIL DAN BAHASAN

#### A. Integrasi Sejumlah Modul dan Peranti Elektronika untuk Sebuah Sistem Minimum Berbasis Mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3

##### A.1 Modul catu daya dan rangkaian sistem sensor

Catu daya utama untuk sistem minimum dengan tipe *switching* bersistem tegangan 12 Vdc, besar arus maksimal sebesar 5 ampere, sedangkan catu daya 5 Vdc digunakan untuk pencatutan ke modul Arduino MEGA2560 R3 dan rangkaian sensor suhu yang dipasang pada modul. Hasil pengukuran terhadap catu daya sistem tegangan 12 Vdc diketahui, bahwa tegangan keluaran tanpa beban pada nilai rata-rata 12,6 Vdc, sedangkan tegangan keluaran dengan beban pada nilai rata-rata 12 volt dc, maka tegangan pada catu daya sistem tegangan 12 Vdc relatif tetap stabil. Hasil pengukuran terhadap catu daya sistem tegangan 5 Vdc diketahui, bahwa tegangan keluaran tanpa beban pada nilai rata-rata 4,94 volt, sedangkan tegangan keluaran dengan beban pada nilai rata-rata 4,93 volt, maka tegangan pada catu daya untuk mikrokontroler relatif tetap stabil.

Board rangkaian sensor suhu dan humiditas, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Penampang fisis dan diagram skematis rangkaian sensor suhu dan humiditas

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa rangkaian sensor dibuat dalam bentuk modul yang berjumlah 3 (tiga) buah untuk masing-masing panel. sebagai modul masukan (*input*) untuk mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3. Sensor suhu dan humiditas dipilih DHT11.

##### A.2 Board untuk modul pengintegrasian sejumlah pin

Board untuk modul pengintegrasian sejumlah pin dan

rangkainan elektronika pendukung, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



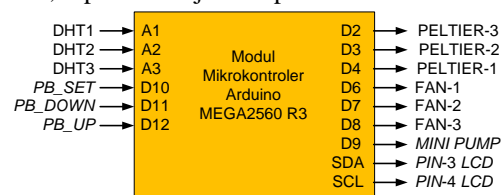
Gambar 7 Board untuk modul pengintegrasian sejumlah pin dan rangkaian elektronika pendukung

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa board terpabrikasi sebagai tempat untuk perletakan komponen-komponen elektronik yang meliputi resistor, *optocoupler*, modul relai, diode, dan lainnya. Sejumlah modul dan rangkaian elektronika pendukung dipasang sesuai gambar yang telah dibuat dan dicetak pada board. Penyolderan digunakan dalam pemasangan untuk pengawatan terintegrasi terhadap rangkaian regulator, rangkaian pasokan daya untuk sistem pendingin Peltier, dan komponen elektronik lainnya. Aplikasi EAGLE digunakan dalam pembuatan diagram skematis sebagai dasar pembuatan board untuk modul pengintegrasian sejumlah pin dan rangkaian elektronika pendukung.

##### A.3 Pengawatan terintegrasi untuk keterbentukan sistem minimum

Board keluarga mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 difungsikan untuk pengolahan data masukan dan keluaran pada modul terpabrikasi. Pin-pin masukan teraktifkan, adalah A1, A2, A3, D10, D11, dan D12, sedangkan pin-pin keluaran, meliputi D2, D3, D4, D6, D7, D8, dan D9. Pin-pin A1, A2, dan A3, dihubungkan ke keluaran rangkaian sensor suhu dan humiditas pada pin 3 yang terdapat di sensor DHT1, DHT2, dan DHT3. Pin-pin D10, D11, dan D12 dihubungkan ke tombol *push button* "SET", "DOWN", dan "UP". Sejumlah pin pada jalur keluaran D2, D3, dan D4 dihubungkan ke rangkaian pasokan daya sistem pendingin Peltier-1, Peltier-2, dan Peltier-3. Sistem pendingin Peltier digunakan saat dilakukan uji validasi sebagai bentuk pemberian analogi sistem *air conditioning*. Pin-pin D6, D7, dan D8 dihubungkan ke rangkaian Fan-1, Fan-2, dan Fan-3. Sekumpulan pin pada jalur keluaran lain, meliputi pin D9 dihubungkan ke rangkaian pompa (*mini pump*). Untuk rangkaian LCD, pin SDA dan SCL pada Arduino MEGA2560 R3 dihubungkan ke pin 3 dan pin 4 pada LCD.

Koneksi pin-pin pada modul mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 ke sejumlah jalur masukan dan keluaran, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

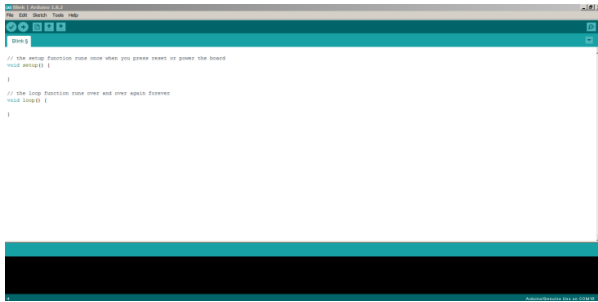


Gambar 8 Koneksi pin-pin modul mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 ke sejumlah jalur masukan dan keluaran

Rangkaian *push button* digunakan sebagai masukan (*input*) untuk mikrokontroler, sebagai pengatur nilai suhu secara manual. Tahapan awal dilakukan penekanan *push button* "SET".

A.4 Pemrograman terhadap sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3

Pemrograman terhadap sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 digunakan Arduino IDE yang merupakan aplikasi bawaan dari Arduino dengan penggunaan bahasa pemrograman C. Tampilan Arduino IDE, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.

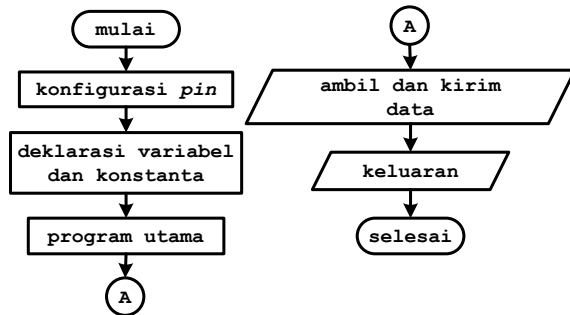


Gambar 9 Tampilan Arduino IDE

Pemrograman dilakukan dalam dua tahapan, yaitu tahapan penentuan algoritma dan penyusunan sintaks.

#1) Penentuan algoritma

Penentuan algoritma dengan tujuan untuk kemudahan dalam pelaksanaan pemrograman, proses pemrograman menjadi terarah, dan terstruktur dengan baik. Algoritma yang dibuat untuk pembuatan program terhadap sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 R3 berbentuk diagram alir. Algoritma berbentuk diagram alir untuk pemrograman, seperti di tunjukan pada Gambar 10.



Gambar 10 Algoritma berbentuk diagram alir untuk pemrograman

#2) Penyusunan sintaks

Tahapan-tahapan pada algoritma meliputi (i) konfigurasi *pin*, (ii) deklarasi variabel dan konstanta, (iii) program utama, (iv) ambil dan kirim data, dan (v) keluaran. Berdasarkan algoritma tersebut, maka disusun struktur sintaks untuk masing-masing tahapan.

\*1) Konfigurasi *pin*

Penulisan struktur sintaks tahapan konfigurasi *pin* pada pemrograman, yaitu:

```

/*
Dwi Suhartono
Arief Goeritno/NIDN: 04.300163.01/Lektor Kepala
*/
////////////////////////////////////
#define set digitalRead(A8)
#define up digitalRead(A6)
#define down digitalRead(A7)
  
```

```

#define ls1 digitalRead(A0)
#define ls2 digitalRead(A4)
#define ls3 digitalRead(A5)
#define pump 9
#define fan1 6
#define fan2 7
#define fan3 8
#define p1 4
#define p2 3
#define p3 2
#define f1 digitalRead(fan1)
#define f2 digitalRead(fan2)
#define f3 digitalRead(fan3)
  
```

Tahapan konfigurasi *pin* merupakan tahapan penentuan *pin-pin* yang digunakan sebagai masukan atau keluaran. *Pin-pin* digunakan sebagai parameter di dalam program yang berfungsi untuk penentuan keterhubungan *pin-pin* pada mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 yang terhubung dengan rangkaian sensor suhu dan humiditas, rangkaian pasokan daya ke sistem pendingin Peltier, rangkaian LCD, rangkaian pompa mini, dan rangkaian fan.

\*2) Deklarasi variabel dan konstanta

Penulisan sintaks deklarasi variabel dan konstanta pada pemrograman, yaitu:

```

/*
Dwi Suhartono
Arief Goeritno/NIDN: 04.300163.01/Lektor Kepala
*/
////////////////////////////////////
byte suhu1, suhu2, suhu3;
byte hum1, hum2, hum3;
int usuhu1, usuhu2, usuhu3;
int dsuhu1, dsuhu2, dsuhu3;
  
```

Deklarasi variabel dan konstanta dilakukan untuk pendeklarasian jenis data yang harus dikerjakan.

\*3) Program utama

Penulisan struktur sintaks tahapan program utama pada pemrograman, yaitu:

```

/*
Dwi Suhartono
Arief Goeritno/NIDN: 04.300163.01/Lektor Kepala
*/
////////////////////////////////////
void loop() {
  atur();
  lcd.print("Panel1 = ");
  lcd.print((int)suhu1); lcd.print((char)223);
  lcd.print("C "); lcd.print(hum1);
  lcd.print("%");
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Panel2 = ");
  lcd.print((int)suhu2); lcd.print((char)223);
  lcd.print("C "); lcd.print(hum2);
  lcd.print("%");
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Panel3 = ");
  lcd.print((int)suhu3); lcd.print((char)223);
  lcd.print("C "); lcd.print(hum3);
  lcd.print("%");
  if(!set){seting1();}
  Serial.print(set);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(up);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(down);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ls1);
  Serial.print(" ");
  Serial.print(ls2);
  Serial.print(" ");
  Serial.println(ls3);
}
  
```

Program utama merupakan sumber dari pengontrolan

program, karena semua perintah pada program diurutkan mulai dari tampilan awal, pengambilan data, penampilan data pada LCD dan reaksi berupa kelaran dari program yang dibuat.

\*4) Ambil dan kirim data

Penulisan struktur sintaks tahapan ambil dan kirim data pada pemrograman, yaitu:

```

/*
Dwi Suhartono
Arief Goeritno/NIDN: 04.300163.01/Lektor Kepala
*/
////////////////////////////////////
void seting1(){
  lcd.clear();
  while(!set){
    delay(200);
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Seting Panel 1");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Batas Atas = ");
    lcd.print(usuhul); lcd.print((char)223);
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("Batas Bawah = ");
    EEPROM.put(40, usuhul);
    while(!set){
      delay(200);
    }
    while(set){
      atur();
      lcd.setCursor(14, 2);
      lcd.print(dsuhul); lcd.print((char)223);
      lcd.blink();
      if(!up){dsuhul++; while(!up){}}
      if(!down){dsuhul--; while(!down){}}
    }
    EEPROM.put(10, dsuhul);
    seting2();
  }
}
void read_suhu(){
  dht1.read(&suhul, &hum1, NULL);
  dht2.read(&suhu2, &hum2, NULL);
  dht3.read(&suhu3, &hum3, NULL);
}

```

Pengambilan data dilakukan sampai diperoleh perubahan data dan setelahnya, maka data tersebut dikirim untuk selanjutnya ditampilkan pada LCD.

\*5) Keluaran

Penulisan struktur sintaks tahapan keluaran pada pemrograman, yaitu:

```

/*
Dwi Suhartono
Arief Goeritno/NIDN: 04.300163.01/Lektor Kepala
*/
////////////////////////////////////
void atur(){
  read_suhu();
  if((int)suhul >= usuhul and !ls1){
    digitalWrite(fan1, HIGH);
    digitalWrite(p1, HIGH);
  }
  else{
    digitalWrite(fan1, LOW);
    digitalWrite(p1, LOW);
  }
  if((int)suhu2 >= usuhu2 and !ls2){
    digitalWrite(fan2, HIGH);
    digitalWrite(p2, HIGH);
  }
  else{
    digitalWrite(fan2, LOW);
    digitalWrite(p2, LOW);
  }
  if((int)suhu3 >= usuhu3 and !ls3){
    digitalWrite(fan3, HIGH);
    digitalWrite(p3, HIGH);
  }
  if((int)suhul <= dsuhul){digitalWrite(fan1,
LOW);}
}

```

```

if((int)suhu2 <= dsuhu2){digitalWrite(fan2,
LOW);}
if((int)suhu3 <= dsuhu3){digitalWrite(fan3,
LOW);}
if(f1 and f2 and f3){digitalWrite(pump,
HIGH);}
else{digitalWrite(pump, LOW);}
}

```

Keluaran program merupakan reaksi yang diakibatkan oleh masukan data yang diberikan oleh rangkaian sensor yang dihubungkan dengan pin pada port masukan mikrokontroler. Kondisi keluaran program digunakan untuk penghubungan ke rangkaian pasokan daya sistem pendingin Peltier, rangkaian LCD, rangkaian pompa mini dan rangkaian fan.

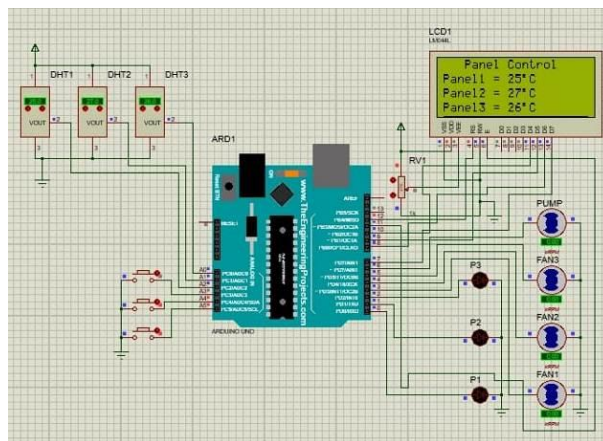
B. Kinerja Sistem Minimum

Kinerja sistem minimum diukur melalui uji verifikasi dan validasi.

B.1 Uji verifikasi

Kepastian terhadap rangkaian terpasang pada sistem minimum, maka dilakukan uji verifikasi terhadap beberapa rangkaian dan modul dalam bentuk penanaman program berbasis Arduino IDE ke aplikasi Proteus dan pemberian simulasi. Setiap rangkaian diberi masukan dan dilakukan pengamatan pada jalur keluaran. Langkah pertama dalam pengoperasian aplikasi Proteus, yaitu pengumpulan komponen-komponen yang tersedia sesuai dengan yang dibutuhkan, kemudian komponen-komponen tersebut dirangkai, selanjutnya program yang sudah dibuat dengan Arduino IDE di-compile menjadi bentuk heksa atau bahasa mesin dan di-download-kan ke aplikasi Proteus.

Tampilan pada uji verifikasi berbantuan aplikasi Proteus, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Tampilan pada uji verifikasi berbantuan aplikasi Proteus

Berdasarkan Gambar 11 ditunjukkan, bahwa hasil simulasi telah sesuai dengan tujuan uji verifikasi, yaitu keberadaan proses rantai jabat-tangan (*handshaking*) secara perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Penunjukan hasil oleh sensor DHT1 pertama terhadap kondisi suhu ruang di panel-1 tertampilkan di LCD, demikian juga hasil pembacaan sensor DHT11 kedua, dan DHT11 ketiga.

B.2 Uji validasi

Uji validasi dilaksanakan melalui pemasangan analogi sistem pengkondisian udara dan pemberian kondisi buatan secara fisis dan waktu nyata (*physical and real time phenomena*). Penampang depan bentuk



fisis analogi sistem pengkondisian udara untuk uji validasi, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Penampang depan bentuk fisis analogi sistem pengkondisian udara untuk uji validasi

Tahapan awal dilakukan penekanan "push button" "SET" untuk penentuan nilai suhu ditetapkan sebagai nilai acuan (*setpoint*). Pemilihan nilai dapat dilakukan melalui *push button* "UP" atau "DOWN" untuk nilai yang diinginkan. Setelah nilai acuan ditetapkan, selanjutnya dilakukan pemberian kondisi.

Pengukuran suhu dilakukan dengan pemberian sumber panas di sekitar sensor, sehingga kondisi perubahan tersebut terdeteksi sensor dan nilai suhu yang telah tercapai pada nilai lebih atau kurang dari acuan (dalam °C) dikirim sebagai bentuk informasi. Pengukuran kelembaban relatif disimulasikan dengan penggunaan *spray* (semburan udara dingin) dari sumber pendingin Peltier yang disemprotkan di sekitar sensor yang berakibat kepada keberadaan perubahan kelembaban. Hasil uji validasi mekanisme pengoperasian sistem pendingin, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

TABEL I  
Hasil uji validasi mekanisme pengoperasian sistem pendingin

Waktu Pengetesan (pukul)	Kondisi Ruang Panel (°C), T	Sistem AC-1	Sistem AC-2	Sistem AC-3	Pengontrol Utama	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
12:56	32	OFF	OFF	OFF	Penyetelan Manual pada Kontrol AC-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu
12:57	35	OFF	OFF	OFF	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu
13:00	46	ON	OFF	OFF	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
13:07	55	ON	ON	OFF	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu
13:09	43	ON	ON	ON	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu

13:11	39	ON	ON	OFF	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu
13:23	30	ON	OFF	OFF	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu
13:56	32	OFF	OFF	OFF	DHT11-1	DHT11-1; DHT11-2; DHT11-3 tampilkan nilai suhu

Berdasarkan Tabel 1 ditunjukkan, bahwa pengukuran saat uji validasi dilakukan dengan pemberian kondisi paksa. Untuk kenaikan suhu diberikan sumber panas ke dalam panel, agar dideteksi oleh sensor DHT11-1, sedangkan untuk penurunan suhu diberikan sumber dingin ke dalam panel, agar dideteksi oleh sensor DHT11-1. Keberadaan sistem telah mampu dalam pengontrolan nilai suhu pada nilai target yang telah ditetapkan, sedangkan nilai kelembaban relatif hanya ditampilkan. Nilai target telah mampu untuk pengoperasian peranti penggerak aktuator guna penjagaan kestabilan nilai suhu. Sistem minimum mampu dalam penjagaan nilai suhu pada rentang 35-70 °C dan kelembaban relatif pada 50-60%.

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan bahasan, maka ditarik kesimpulan sesuai tujuan penelitian. Keberadaan prototipe sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 dilakukan melalui pengintegrasian sejumlah modul dan peranti elektronika, pemrograman berbasis Arduino *IDE*, dan pengukuran kinerja sistem minimum berupa uji verifikasi dan validasi. Sistem minimum terintegrasi terdiri atas rangkaian sensor, modul Arduino, modul pengintegrasian sejumlah *pin* untuk sejumlah rangkaian pengendali relai penggerak aktuator, modul *push button*, *LCD*, catu daya, sejumlah aktuator pendukung untuk pengoperasian sistem pendingin Peltier, *mini pump*, dan fan. Penetapan tahapan pada pemrograman, meliputi konfigurasi *pin*, deklarasi variabel dan konstanta, program utama, ambil dan kirim data, dan keluaran. Hasil uji verifikasi berupa keberadaan proses rantai jabat-tangan (*handshaking*) secara perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Hasil uji validasi terhadap analogi panel ditunjukkan dengan kemampuan sistem minimum pada pengkondisian suhu dan kelembaban relatif ruangan. Sistem mampu untuk pengkondisian suhu pada nilai 35-70 °C dan kelembaban relatif pada nilai 50-60%.

#### REFERENSI

- [1] J. Axelson, *The Microcontroller Idea Book Circuits, Programs, & Applications Featuring the 8052-BASIC Microcontroller*. Madison, WI: Lakeview Research, 1997, pp. 1-10.
- [2] S.F. Barret and D.J. Pack, D.J., *Atmel AVR Microcontroller Primer: Programming and Interfacing*. San Rafael, CA: Morgan & Claypool, 2008, pp. 3-5.

- [3] Atmel. (2011). *8-bit AVR Microcontroller with 32KBytes In-System Programmable Flash*. ATMEL Corporation, San Jose, CA. [Online]. Available: <http://www.atmel.com/Images/doc2503.pdf>.
- [4] Atmel. (2016). *8-bit AVR Microcontroller ATmega32A Datasheet Complete*. ATMEL Corporation, San Jose, CA. [Online]. Available: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-8155-8-bit-Microcontroller-AVR-ATmega32A\\_Datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8155-8-bit-Microcontroller-AVR-ATmega32A_Datasheet.pdf).
- [5] B. Massimo. (2011, September). *Getting Started with Arduino*. (2nd Edition). [Online]. Available: [http://www.honfablab.org/wordpress/alexandria/technology/getting\\_started\\_with\\_arduino\\_2nd\\_edition%20%5BHonfablab%5D.pdf](http://www.honfablab.org/wordpress/alexandria/technology/getting_started_with_arduino_2nd_edition%20%5BHonfablab%5D.pdf).
- [6] W. Durfee. (2011, October). "Arduino Microcontroller Guide". Course Material. Minneapolis: University of Minnesota. [Online]. Available: <http://www.me.umn.edu/courses/me2011/arduino/arduinoGuide.pdf>.
- [7] M. Margolis. (2011, November). *Arduino Cookbook*. [Online]. Available: <https://juniorfall.files.wordpress.com/2011/11/arduino-cookbook.pdf>
- [8] S.F. Barrett. (2013, August). *Arduino Microcontroller: Processing for Everyone, Part I*. [Online]. Available: <http://www.bme.uconn.edu/sendes/Spring13/Team3/Barrett%20-%20Part%201.pdf>
- [9] B. Massimo and M. Shiloh. (2015, December). *Getting Started with Arduino*. (3rd Edition). [Online]. Available: [http://www.esc19.net/cms/lib011/TX01933775/Centricity/Domain/110/make\\_gettingstartedwitharduino\\_3rdedition.pdf](http://www.esc19.net/cms/lib011/TX01933775/Centricity/Domain/110/make_gettingstartedwitharduino_3rdedition.pdf)
- [10] M.A. Mazidi, S. Naimi, and S. Naimi, *The AVR Microcontroller and Embedded Systems: Using Assembly and C*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2011, pp. 40-43.
- [11] Texas Instrument, *Embedded System Design using TIVA*, pp. 12-54. [Online]. Available: <https://www.ti.com/seclit/ml/ssqu017/ssqu017.pdf>.
- [12] D.J. Nugroho, A. Goeritno, dan Muhidin, "Prototipe Sistem Akuisisi dan Kontrol Berbasis Mikrokontroler untuk Studi Eksperimental Pengontrolan Suhu dan Kelembaban Relatif pada Analogi Rak Komputer Server," di *Prosiding Seminar Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia 2014*, ITB, Bandung, 2 Juni 2014, (makalah ke-15) hlm. 1-7.
- [13] A. Goeritno, D.J. Nugroho, R. Yatim. (2014, Nov. 14). "Implementasi Sensor SHT11 Untuk Pengkondisian Suhu dan Kelembaban Relatif Berbantuan Mikrokontroler," di *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (Semnastek) 2014*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta. [Online]. 1(1), hlm. (TE-009)1-13. Tersedia di: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/233/208>.
- [14] Saefurrochman, A. Goeritno, R. Yatim, dan D.J. Nugroho (2015, Januari 24), "Implementasi Sensor Suhu LM35 Berbantuan Mikrokontroler pada Perancangan Sistem Pengkondisian Suhu Ruangan," di *Prosiding University Research Colloquium 2015*, Universitas Muhammadiyah Surakarta. [Online]. 1(1), hlm. 147-157. Tersedia di: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/5095/17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [15] S. Asyura, A. Goeritno, dan Ritzkal, "Implementasi Sensor LM35 Berbantuan Mikrokontroler untuk Pengkondisian Suhu Ruangan sebagai Upaya Penerapan Efisiensi Energi Listrik," di *Prosiding SNTI V-2016 Universitas Trisakti*, Jakarta, 18 Mei 2016, hlm. 366-372.
- [16] A.E.K. Pramuko, S. Asura, A. Goeritno, dan Ritzkal. (2017, Feb. 4). "Pengkondisian Suhu Ruangan Berbantuan Sensor LM35 dan Passive Infrared (PIR) Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3," di *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi di Industri (SENIATI) 2017*, ITN Malang. [Online]. 3(1), hlm. (A2)1-9. Tersedia di: <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/766>.
- [17] A. Goeritno, S. Asyura, Ritzkal, A.E.K. Pramuko, B.A. Prakoso. (2017, April 22). "Minimum System Berbasis Mikrokontroler Berbantuan Sensor Passive Infrared (PIR) dan Sensor Suhu LM35 Untuk Pengkondisian Suhu pada Analogi Ruangan," di *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu VIII*, Universitas Budi Luhur, Jakarta, hlm. (ICT)281-293.
- [18] Proteus2000, *Proteus 2000 Operations Manual*. Scott Valley, CA: E-MU Systems, Inc., 1998, pp. 131-164.
- [19] A. Goeritno, M.Y. Afandi. (2018, June). *Using The Minimum System Microcontroller-Based for an Additional Security System that Integrated into the Immobilizer System*. Paper has been submitted to Journal of MEV, Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronika, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bandung. <http://www.mevjournal.com/index.php/mev/author/submission/424>.
- [20] P. Lall, M. Pecht, E. Hakim. 1997. *Influence of Temperature on Microelectronics and System Reliability: A Physics of Failure Approach*. New York, NY: CRC Press, pp. 1-10.
- [21] C.J.M. Lasance. (2001, November 1). "Temperature and reliability in electronics systems – the missing link," in *Electronics Cooling Magazine*, Vol. 7, No. 4, pp. 10-12. [Online]. Available: <https://www.electronics-cooling.com/2001/11/temperature-and-reliability-in-electronics-systems-the-missing-link/#>
- [22] J.D. Parry, J. Rantala, and C.J.M. Lasance. 2002. "Enhanced electronic system reliability - challenges for temperature prediction," in *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, 25(4), Dec 2002, pp. 533-538.
- [23] B. Evans. (2011, July 7). *Beginning Arduino Programming: Writing Code for the Most Popular Microcontroller Board in the World*. [Online]. Available: <http://www.hfremote.us/files/Arduino.pdf>.
- [24] J. Purdum. (2012, September 10). *Beginning C for Arduino: Learn C Programming for the Arduino and Compatible Microcontrollers*. (1st ed.) [Online]. Available: <http://www.lakos.fs.uni-lj.si/images/Predmeti/MK/2014/Beginning%20C%20for%20Arduino.pdf>