

Sistem Minimum dengan *Battery Back-up* Berbasis Mikrokontroler Arduino Untuk Pengoperasian Inkubator

Informasi Artikel

Naskah Diterima: 6 Nopember 2020
Direvisi: 21 Desember 2020
Disetujui: 21 Desember 2020

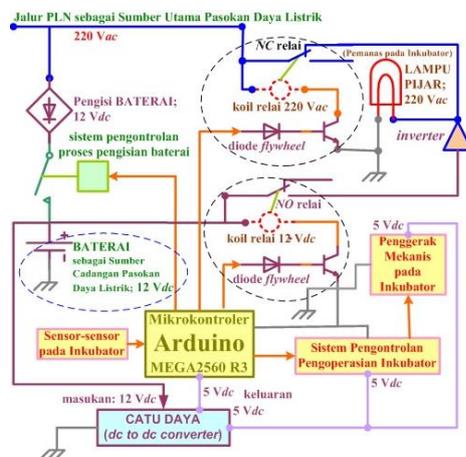
Hary Adnan Fazry¹, Arief Goeritno²

¹PT PLN (Persero), UPT Bogor

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor, Kota Bogor, Jawa Barat

***Korespondensi Penulis:**
 arief.goeritno@uika-bogor.ac.id

Graphical abstract



Abstract

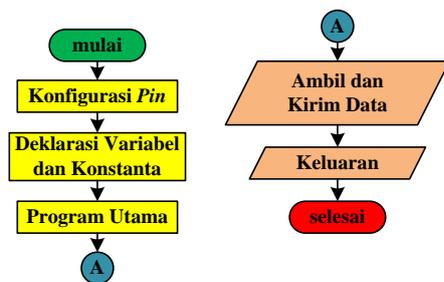
A minimum system with a back-up battery based-on the Arduino MEGA2560 R3 microcontroller for incubator operation has been created. The square box incubator has a maximum capacity of 35 chicken's eggs, detector based control system for the absence of mains supply voltage, DHT-11 temperature and relative humidity sensors, and the Arduino MEGA2560 R3 module. Programming based-on algorithms and preparation of syntax, while verification test done through simulation assisted by Proteus application. System performance for the process of moving the source of electric power supply from the PLN electricity line to the battery power line is controlled by a microcontroller based on input from the detection of the absence of supply source voltage. Minimum system performance, including the performance of the process of moving the main source of supply lines to the reserve line and controlling the operation of the incubator which includes controlling the relative temperature and humidity values and the period of movement of the egg rack.

Keywords: Detector for absence of voltage, microcontroller, module of Arduino MEGA2560 R3, operating the incubator, DHT-11 sensor, minimum system with battery back-up

Abstrak

Telah dibuat sebuah sistem minimum dengan *battery back-up* berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 untuk pengoperasian inkubator. Inkubator berbentuk kotak persegi dengan daya tampung maksimal 35 butir telur ayam, sistem pengontrol berbasis detektor untuk ketiadaan tegangan sumber pasokan listrik, sensor suhu dan kelembaban relatif DHT-11, dan modul Arduino MEGA2560 R3. Pemrograman didasarkan kepada algoritma dan penyusunan sintaks, sedangkan uji verifikasi dilakukan melalui simulasi berbantuan aplikasi Proteus. Kinerja sistem untuk proses pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke jalur listrik baterai dikendalikan oleh mikrokontroler berdasarkan masukan dari pendeteksian terhadap ketiadaan tegangan sumber pasokan. Kinerja sistem minimum untuk proses pengoperasian inkubator, meliputi penggerakan tempat telur, pengontrolan terhadap nilai suhu dan kelembaban relatif yang ditampilkan pada LCD, dan keberhasilan peneraman dan penetasan terhadap objek penelitian (telur ayam).

Kata-kata kunci: Detektor keberadaan tegangan, mikrokontroler, modul Arduino MEGA2560 R3, pengoperasian inkubator, sensor DHT-11, sistem minimum dengan *battery back-up*.



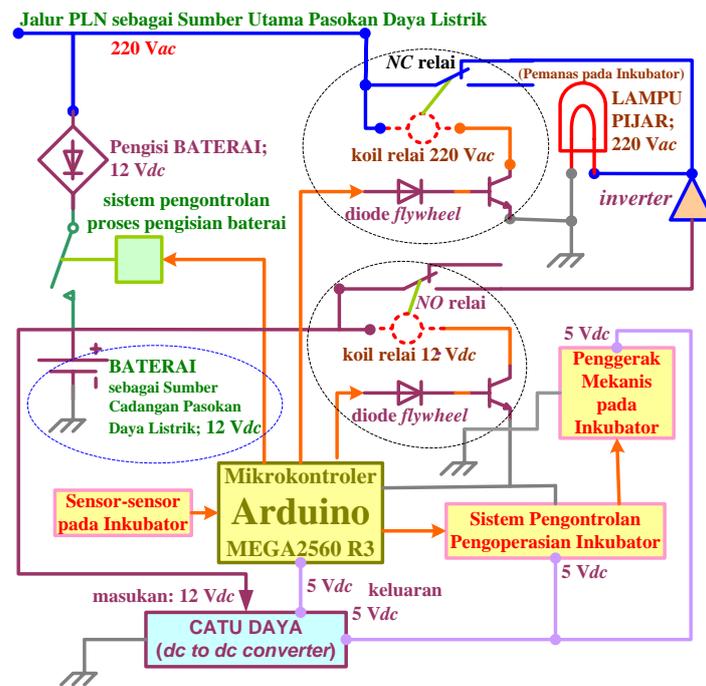
1. PENDAHULUAN

Sejumlah sistem berbentuk minimum maupun prototipe terpabrikasi [1] berbasis mikrokontroler Arduino [2-4] telah menjadi suatu keniscayaan sebagai sistem pengontrolan untuk berbagai keperluan [1,5-9] melalui pengoperasian aktuator. Pemanfaatan subsistem sensor dan transduser melalui pembuatan sebuah modul elektronika [10-13] dengan sejumlah rangkaian elektronika penting dan pokok untuk perolehan sistem pengontrolan terhadap sejumlah parameter fisis maupun kimiawi berbasis mikrokontroler keluaran pabrik Atmel [14-17], juga telah dipabrikasi. Keberadaan sistem pengontrolan dalam bentuk sistem minimum maupun prototipe sistem merupakan sebuah modul elektronika terintegrasi sebagai bentuk keterwujudan sistem tertanam (*embedded*) yang dilengkapi dengan *liquid crystal display* (LCD) dan perlu catu daya dari luar, agar dapat diprogram dengan salah satu dari sejumlah bahasa pemrograman [18]. Sejumlah sistem minimum berbasis sistem tertanam yang telah dibangun dengan pemanfaatan bahasa *Basic Compiler* (*BasCom*) pada sistem [3,7-13], atau pemanfaatan terhadap bahasa C atau C++ pada sistem, atau penggunaan bahasa Arduino *Integrated Development Environment* (*IDE*) tertanam pada sistem [4-6]. Klasifikasi dalam sistem tertanam, meliputi kelas kecil, medium, dan canggih [19]. Penggunaan secara khusus terhadap sistem minimum untuk pengkondisian suhu (*temperature*) dan/atau kelembaban (humiditas, *humidity*) pada suatu ruangan, juga telah dihasilkan dalam bentuk prototipe [1-13].

Ketersediaan pasokan daya listrik dari jaringan PLN dapat terhenti, karena sebab teknis maupun non-teknis yang tidak dapat diprediksi, sehingga timbul pemadaman aliran listrik ke konsumen. Keberadaan kendala tersebut, dapat sebagai penghambat bagi setiap pelaku industri besar maupun kecil. Contoh nyata dalam industri peternakan ayam dengan pemanfaatan daya listrik dari PLN untuk keperluan inkubator telur. Kontinuitas pasokan daya listrik pada inkubator telur, dapat diantisipasi dengan sumber listrik cadangan berbantuan baterai, agar proses penetasan telur berbantuan inkubator dapat tetap beroperasi [20]. Mekanisme pengaturan pengubahan pasokan dari PLN ke sumber listrik cadangan dapat dilakukan dengan bantuan sistem kendali otomatis.

Prinsip operasi mesin pengeraman dan penetasan telur secara otomatis bertujuan untuk penjagaan (i) nilai suhu ruang inkubator pada kondisi stabil di 37-39 °C, (ii) nilai kelembaban pada kisaran 50%-60% *Relative Humadity* (*RH*) untuk telur ayam, (iii) pengubahan posisi telur setiap beberapa jam sekali dengan penggunaan motor penggerak pada inkubator dengan pengoperasian secara otomatis berbantuan pewaktu (*timer*), (iv) sistem perhitungan usia telur dalam inkubator dengan penggunaan pencacah (*counter*), dan (v) sumber listrik cadangan berbantuan baterai untukantisipasi terhadap kondisi ketiadaan daya listrik dari PLN sebagai sumber listrik utama untuk inkubator [21]. Kinerja sistem otomatisasi pengoperasian inkubator dilakukan melalui pengkondisian terhadap nilai suhu dan kelembaban relatif, juga otomatisasi mekanisme pemutaran posisi telur pada rak. Pemanas pada inkubator berupa 2 buah lampu pijar 15 watt dan disarankan untuk diganti dengan 25 watt. Pengkondisian nilai suhu disetel pada nilai 37-39 °C. Pemutar telur otomatis bergerak dua arah, putaran pertama mengikuti arah putaran jarum jam sampai posisi telur berputar 180⁰, setelah berhenti selama tiga jam, maka akan bergerak lagi kearah berlawanan jarum jam dan telur diputar kembali 180⁰. Pengkondisian terhadap nilai kelembaban dibantu dengan keberadaan wadah berisi air yang dilengkapi dengan kertas dan penyangga, agar penunjukan nilai kelembaban pada nilai sebesar 50%-60% *RH* [21].

Berdasarkan latar belakang tersebut, diperlukan rumusan masalah berkaitan dengan pembuatan inkubator penetasan telur yang dioperasikan secara otomatis berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 dilengkapi dengan sumber listrik cadangan yang berasal dari baterai. Sumber listrik utama pada inkubator berasal dari jaringan listrik PLN. Saat kondisi normal, sumber listrik utama (jaringan listrik PLN) sebagai pemasok daya listrik untuk pengoperasian inkubator sekaligus sebagai *adaptor* pengisi baterai pada kondisi standby, sedangkan saat sumber listrik utama dalam kondisi *outage* (padam), maka kontak *NO* pada relai berubah menjadi *NC* dan secara otomatis baterai sebagai sumber listrik cadangan sebagai pemasok daya listrik ke inkubator melalui inverter sebagai pengubah *direct current* (*dc*) ke *alternating current* (*ac*). Diagram skematis otomatisasi untuk mekanisme pengontrolan dan pemindahan jalur pasokan daya listrik, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram skematis otomatisasi untuk mekanisme pengontrolan dan pemindahan jalur pasokan daya listrik

Berpedoman kepada Gambar 1, maka dibuat uraian tujuan penelitian, yaitu: (a) membuat bentuk fisik dan sistem pengontrol untuk inkubator berbasis modul Arduino MEGA2560 R3, (b) memrogram sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 dan melakukan uji verifikasi berbantuan aplikasi Proteus [22], dan (c) mengukur kinerja sistem minimum melalui uji validasi.

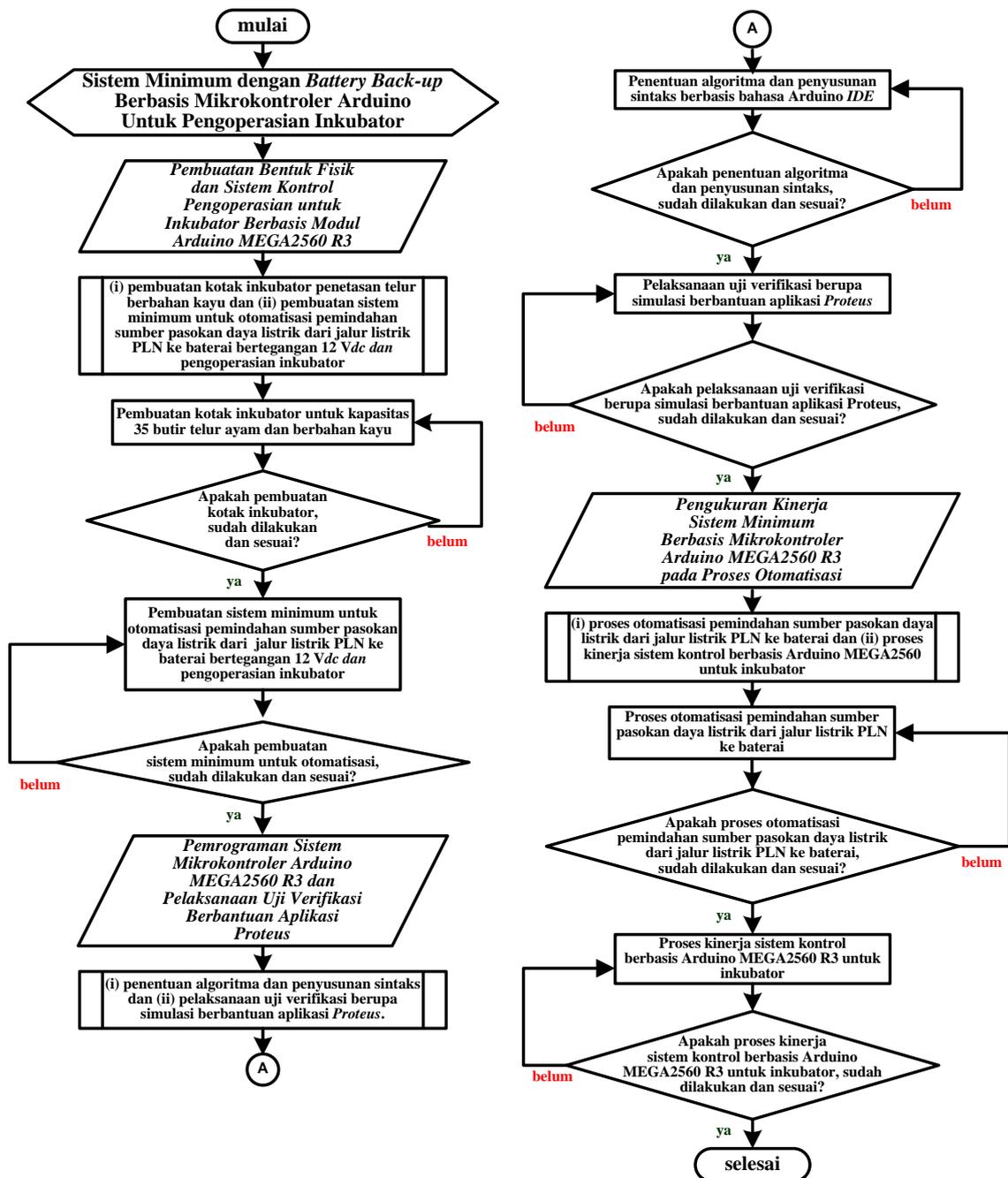
2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Berpedoman kepada rumusan masalah dan berorientasi ke tujuan penelitian, maka dibuat metode penelitian yang dijelaskan dengan tahapan penelitian, yaitu a) pembuatan bentuk fisik dan sistem pengontrol untuk inkubator berbasis modul Arduino MEGA2560 R3, b) pemrograman sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 dan pelaksanaan uji verifikasi berbantuan aplikasi Proteus, dan c) pengukuran kinerja sistem minimum melalui uji validasi. Tahapan dalam pembuatan bentuk fisis perangkat otomatisasi, berupa (i) pembuatan kotak inkubator penetasan telur berbahan kayu dan (ii) pembuatan sistem minimum untuk otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke baterai bertegangan 12 Vdc dan pengoperasian inkubator. Pelaksanaan pemrograman terhadap sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3, berupa (i) penentuan algoritma dan penyusunan sintaks dan (ii) pelaksanaan uji verifikasi berupa simulasi berbantuan aplikasi Proteus. Pengukuran kinerja sistem minimum dilakukan, melalui (i) proses otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke baterai dan (ii) proses kinerja sistem kontrol berbasis Arduino MEGA2560 untuk inkubator.

2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir metode penelitian, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir metode penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Minimum Berbasis Mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3

Sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3, meliputi (i) kotak inkubator pengeraman telur dan sistem minimum untuk otomatisasi pengoperasian inkubator dan pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke baterai bertegangan 12 Vdc.

3.1.1 Kotak inkubator pengeraman telur

Pembuatan kotak untuk inkubator pengeraman telur terbuat dari bahan kayu multiplek dengan ketebalan 9 mm. Bahan multiplek dipilih, karena dengan tekstur cukup rapat, tahan air, dan berdaya tahan cukup juga tinggi. Penampang depan kotak inkubator penetasan telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.

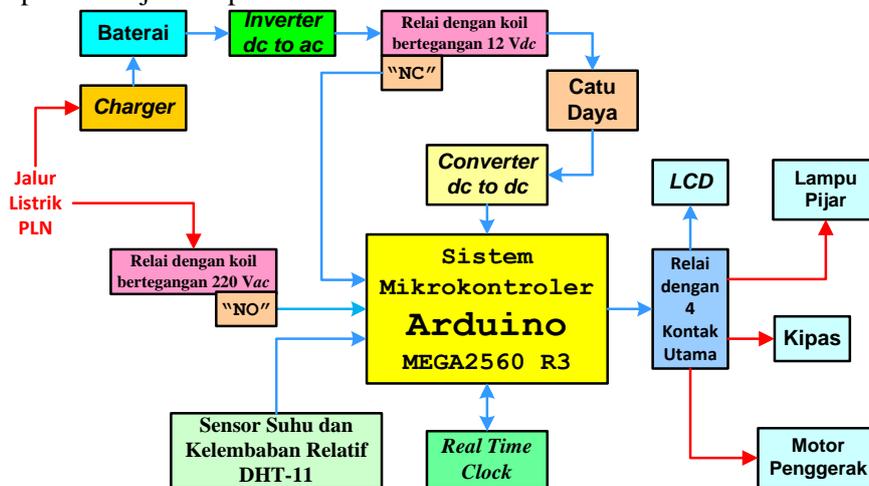


Gambar 3 Penampang depan kotak inkubator telur

Berdasarkan Gambar 3 ditunjukkan, bahwa bentuk kotak inkubator untuk telur berdimensi panjang 45 cm, lebar 40 cm, dan tinggi 50 cm dengan kapasitas daya tampung untuk 35 butir telur ayam.

3.1.2 Sistem minimum untuk otomatisasi pengoperasian inkubator dan pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke baterai bertegangan 12 Vdc

Sumber tegangan dari baterai sebesar 12 Vdc sebagai sumber listrik yang dikonversikan menjadi tegangan 220 Vac sebagai pemasok daya listrik untuk inkubator. Diagram skematis otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dan sistem pengontrolan pengoperasian inkubator penetas telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Diagram skematis sistem otomatisasi pengubahan sumber pasokan daya listrik dan sistem pengontrolan pengoperasian inkubator penetas telur

Berdasarkan Gambar 4 ditunjukkan, bahwa rangkaian pasokan sumber daya listrik yang digunakan dapat dilakukan melalui sumber listrik baterai 12 Vdc yang dikonversikan oleh inverter menjadi 220 Vac, sehingga mesin penetasan telur dapat digunakan secara terus menerus, tidak hanya bergantung kepada sumber pasokan dari jalur listrik PLN. Kontak utama “NO” pada relai dengan tegangan koil 220 Vac dihubungkan dengan *digital output* pada Arduino (*pin-13* dan *ground*) dengan penjelasan, bahwa ketika koil relai bertegangan kontak berubah menjadi “NC”. Saat koil tidak bertegangan kontak utama pada relai berubah menjadi “NO” (Arduino ‘membaca hilang tegangan’, seolah-olah sebagai pengganti fungsi sensor tegangan) sesaat itu juga dalam tundaan (*delay*) selama 2 detik. Pengaktifan oleh Arduino terhadap koil relai dengan sumber *dc* (“NO” menjadi “NC”) untuk pasokan daya listrik dengan jalur listrik baterai (*cadangan*).

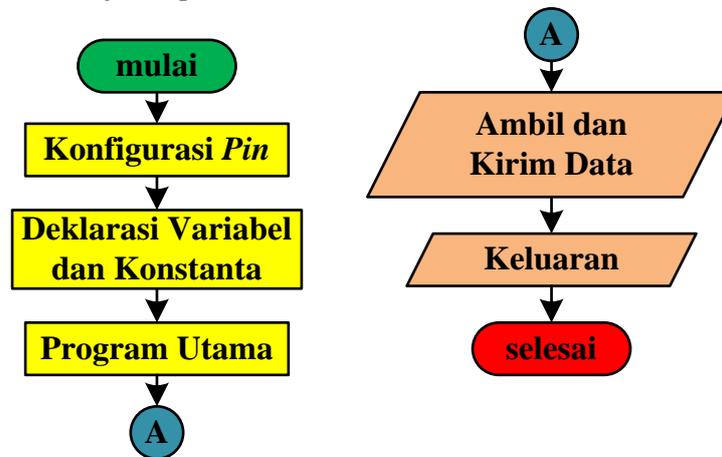
3.2 Pemrograman Sistem Mikrokontroler dan Pelaksanaan Uji Verifikasi Berbantuan Aplikasi Proteus

Mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 berperan sebagai perangkat utama sistem pengontrolan, sehingga perlu diberi program tertanam. Pemrograman terhadap sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 digunakan Arduino *IDE* yang merupakan aplikasi bawaan dari Arduino dengan penggunaan bahasa pemrograman C. Tampilan Arduino *IDE*. Pemrograman dilakukan dalam dua tahapan, yaitu tahapan penentuan algoritma dan penyusunan sintaks.

3.2.1 Penentuan algoritma dan penyusunan sintaks berbasis Arduino *IDE*

#1) Penentuan algoritma

Penentuan algoritma dengan tujuan untuk kemudahan dalam pelaksanaan pemrograman yang meliputi proses pemrograman menjadi terarah dengan struktur lebih baik. Algoritma berbentuk diagram alir (*flowchart*) dipilih untuk pembuatan program terhadap sistem minimum berbasis mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3. Algoritma untuk pemrograman mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Algoritma untuk pemrograman mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3

#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.

*1) Konfigurasi *pin*

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 motor penggerak telur, rangkaian *LCD*, rangkaian pengaturan suhu, penghitungan usia telur, dan rangkaian *fan*.

*2) Deklarasi variabel dan konstanta

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

*3) Program utama

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 keluaran dari program yang dibuat. Penulisan struktur sintaks tahapan program utama pada pemrograman, yaitu:

```

/*
Hary Adnan Fazry
Arief Goeritno/NIDN: 04.300163.01/Lektor Kepala
*/
////////////////////////////////////
void loop(){
  dht.read(&suhu, &hum, NULL);
  if(ac){i1; L1; N1;}
  else if(!ac){i1h; Lh; Nh;}
}
    
```

```

Time t = rtc.getTime();
if(kon){
  hor = t.hour;
  if(!pbh){
    lcd.clear();
    while(!pbh){
      lcd.setCursor(2, 0);
      lcd.print("Dimulai pada");
      lcd.setCursor(3, 1);
      lcd.print(day); lcd.print("/"); lcd.print(mont); lcd.print("/");
    }
  }
  lcd.print(yer);
  lcd.clear();
}

```

*4) Ambil dan kirim data

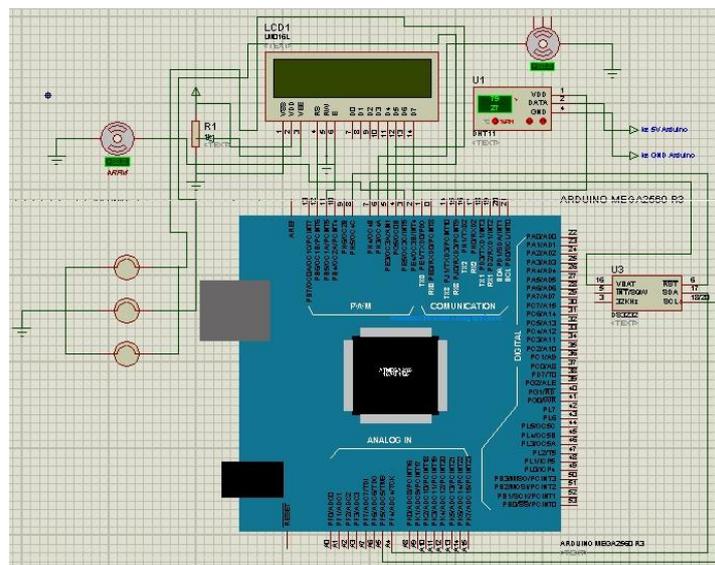
Pengambilan data dilakukan sampai diperoleh perubahan data dan setelahnya, maka data tersebut dikirim untuk selanjutnya ditampilkan pada *LCD*.

*5) Keluaran

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 sensor suhu dan humiditas, rangkaian motor penggerak telur, rangkaian *LCD*, rangkaian pengaturan suhu, penghitungan usia telur, dan rangkaian *fan*.

3.2.2 Uji verifikasi

Setelah penanaman program pada mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3, maka diperlukan proses uji verifikasi berupa simulasi berbantuan aplikasi *Proteus*. Tampilan uji verifikasi terhadap mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 berbantuan aplikasi *Proteus*, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan uji verifikasi terhadap mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 berbantuan aplikasi *Proteus*

Berdasarkan Gambar 6 ditunjukkan, bahwa keberadaan beban terpasang pada masing-masing kelompok terhubungkan ke Arduino, untuk proses sistem pengendalian otomatis pada inkubator penetas telur. Sensor DHT-11 pada rangkaian berfungsi pemberi *input* untuk nilai suhu dan kelembaban relatif kepada Arduino guna diproses dan ditampilkan ke *LCD*, sedangkan *RTC* pada rangkaian *output* digunakan sebagai pewaktu ke Arduino untuk penghitungan waktu usia telur pada inkubator dalam satuan hari.

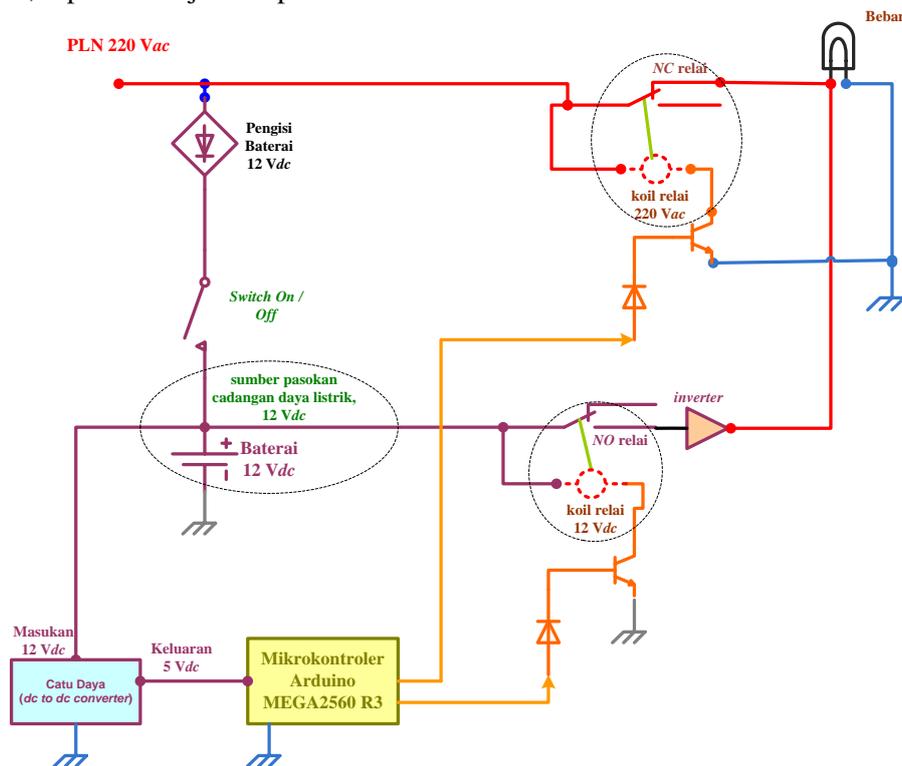
3.3 Kinerja Sistem Minimum Berbasis Mikrokontroler

Kinerja sistem dilakukan pengukuran terhadap sistem otomatisasi, melalui (i) proses otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke jalur listrik baterai dan

(ii) proses kinerja sistem kontrol berbasis Arduino MEGA2560 untuk proses pengeraman dan penetasan.

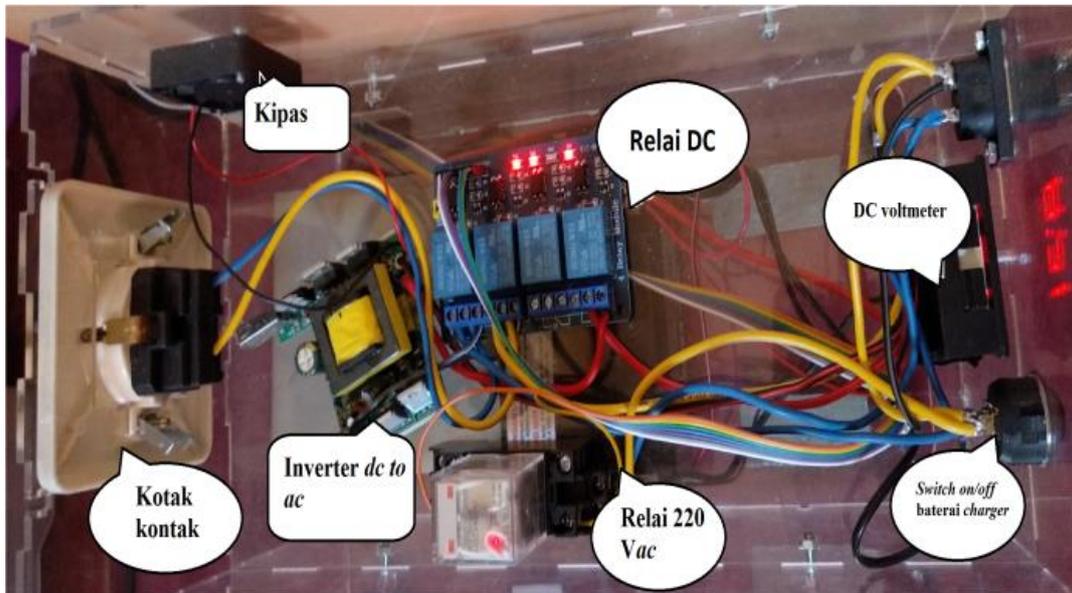
3.3.1 Proses otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke baterai

Proses pengubahan otomatis sumber daya listrik dikendalikan mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 dengan berdasarkan keadaan normal atau pada saat beban disuplai dari listrik PLN, maka baterai akan terisi melalui media charger, media charger tersebut terdiri dari rangkaian converter ac to dc yang bersifat merubah arus ac menjadi dc sehingga arus yang masuk ke dalam baterai adalah arus dc. Kemudian apabila terjadi kegagalan transfer daya dari PLN ke beban atau main failure otomatis baterai berhenti mengisi, pada saat itu baterai bersifat sebagai sumber daya cadangan sementara untuk suplai daya ke beban, namun sebelum tegangan dari baterai tersuplai ke beban, dilakukan konversi terlebih dahulu dengan rangkaian inverter. Aliran arus dc dari baterai diubah menjadi ac, kemudian dialirkan ke beban, agar beban tidak kehilangan pasokan daya listrik. Diagram skematis proses otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke jalur baterai, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram skematis proses otomatisasi pemindahan sumber pasokan daya listrik dari jalur listrik PLN ke jalur baterai

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan, bahwa kontak utama relai dengan koil bertegangan 12 Vdc terpakai, yaitu *Normally Open (NO)* untuk sumber listrik cadangan dan *Normally Close (NC)* dihubungkan pada jalur listrik PLN. Relai secara logika dikontrol mikrokontroler untuk proses pensaklaran sesuai kondisi yang ditulis pada program. Untuk kondisi tegangan jalur listrik PLN terjadi ketiadaan, maka secara otomatis mikrokontroler deteksi kehilangan tegangan tersebut dan pengaktifan kontak relai *NO* menjadi *NC*, sehingga sumber listrik berasal dari baterai suplai ke beban. Rangkaian terintegrasi pemindahan sumber pasokan daya listrik, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Rangkaian terintegrasi pemindahan sumber pasokan daya listrik

Pengoperasian inkubator penetasan telur dikontrol sepenuhnya oleh sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 sebagai perangkat utama, sehingga diperoleh kemudahan peternak unggas dalam peningkatan keberhasilan penetasan, pengurangan kegagalan dalam penetasan telur, dan efisiensi rentang waktu penetasan.

3.3.2 Kinerja sistem kontrol berbasis Arduino MEGA2560 untuk pengoperasian inkubator

Pengukuran kinerja dan perolehan hasil sistem kontrol berbasis Arduino MEGA 2560 R3 untuk inkubator penetasan telur terdiri atas beberapa subsistem kontrol, yaitu (i) sistem penggerak telur otomatis, (ii) perangkat sistem mikrokontroler dan *display* untuk penunjukan nilai suhu dan kelembaban relatif inkubator dan usia telur, (iii) pengatur nilai suhu dan kelembaban relatif pada inkubator penetasan telur, (iv) dan hasil pengeraman telur dengan inkubator.

#1) Sistem penggerak telur

Pemutaran telur penting dilakukan, agar setiap bagian telur dapat pasokan kalor secara merata. Pemutaran telur berfungsi pemerataan suhu permukaan telur dan pencegahan tertempelnya embrio pada kerabang telur yang ditetaskan. Pemutaran telur dilakukan dengan bantuan motor sebagai penggerak rak telur. Motor penggerak rak telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Motor penggerak rak telur

#2) Perangkat sistem mikrokontroler dan display untuk penunjukan nilai suhu dan kelembaban inkubator dan usia telur

Perangkat ukur suhu dan kelembaban relatif digunakan sensor DHT-11 dengan penampil berupa LCD, sedangkan RTC sebagai pewaktu untuk penghitungan setiap 1 x 24 jam, maka Arduino beri perintah nilai *counter*=1 untuk usia telur dengan *output*-nya juga diproses dan ditampilkan pada LCD. Hasil pengukuran ini kemudian ditampilkan pada LCD. Tampilan hasil penunjukan nilai suhu dan kelembaban dan usia telur pada LCD, seperti ditunjukkan pada Gambar 10.



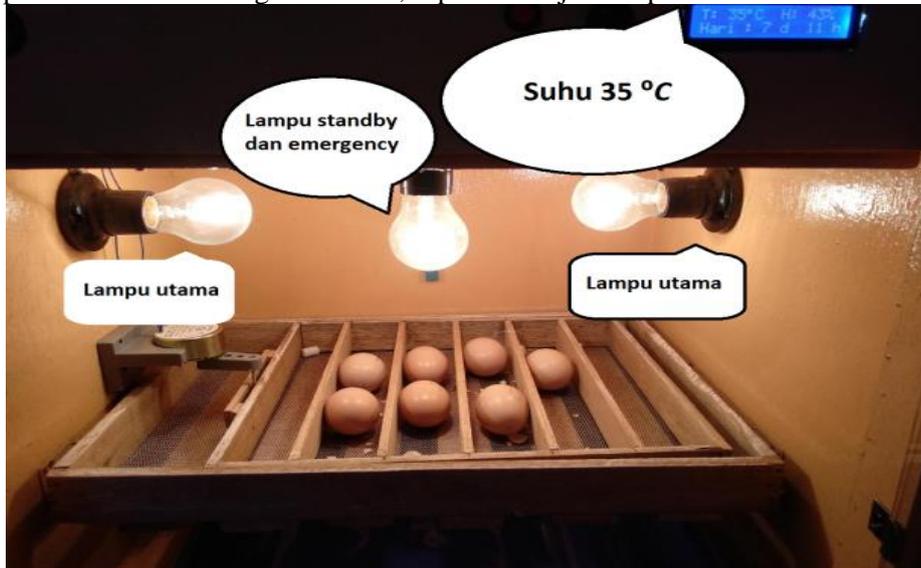
Gambar 10 Tampilan hasil penunjukan nilai suhu dan kelembaban dan usia telur pada LCD

#3) Pengaturan otomatisasi nilai suhu dan kelembaban pada inkubator

Tahapan otomatisasi pengatur suhu diantaranya, pengaturan nilai suhu pada inkubator telur, dan pengaturan nilai kelembaban pada inkubator telur.

#3.a) Pengontrolan nilai suhu pada inkubator penetasan telur

Pengontrolan nilai suhu di inkubator penetasan telur digunakan 3 buah lampu pijar, 2 buah lampu utama kiri dan kanan, 1 buah lampu di tengah sebagai lampu *emergency/standby*, 1 buah kipas pendingin, dan sebuah sensor DHT-11 sebagai pembaca nilai suhu dan kelembaban relatif pada inkubator penetasan telur. Sistem diprogram dengan batas nominal nilai suhu terendah 37 °C dan tertinggi sebesar 39 °C. Untuk kondisi dimana nilai suhu belum tercapai sebesar 37 °C, maka kesemua lama menyala di inkubator penetasan telur. Kondisi ketiga lampu menyala, ketika nilai suhu di inkubator penetasan telur kurang dari 37 °C, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11 Kondisi ketiga lampu menyala, ketika nilai suhu di inkubator penetasan telur kurang dari 37 °C

Berdasarkan Gambar 11 ditunjukkan, semua lampu di inkubator penetasan telur dalam keadaan menyala, ketika suhu kurang dari 37 °C. Saat penunjukan nilai suhu dicapai pada 37 °C, maka lampu *emergency/standby* padam. Lampu *emergency/standby* padam, ketika penunjukan nilai suhu pada 37 °C, seperti ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12 Lampu *emergency/standby* padam, ketika penunjukan nilai suhu pada 37 °C

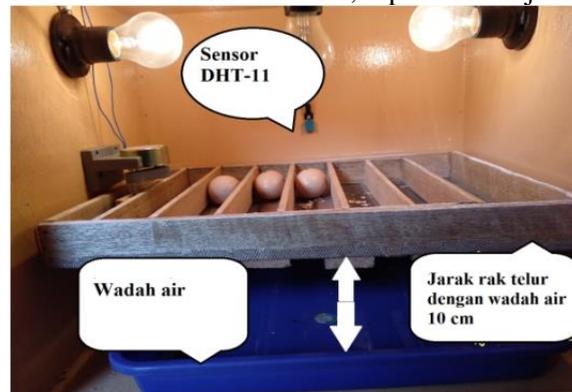
Berdasarkan Gambar 12 ditunjukkan, bahwa lampu *emergency/standby* padam, ketika suhu sudah tercapai 37 °C, sedangkan ketika nilai suhu pada inkubator lebih dari 39 °C, maka semua lampu didalam inkubator padam, dan kipas beroperasi untuk pemercepatan penurunan nilai suhu yang berlebih didalam inkubator. Semua lampu dalam kondisi padam dan kipas beroperasi, ketika suhu lebih dari 39 °C, seperti ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13 Semua lampu di inkubator penetasan telur dalam kondisi padam dan kipas beroperasi, ketika suhu lebih dari 39 °C

#3.b) Pengontrolan nilai kelembaban relatif pada inkubator penetasan telur

Pengaturan kelembaban pada alat ini berbantuan sensor DHT-11 sebagai pembaca nilai suhu dan kelembaban yang kemudian diproses oleh Arduino untuk ditampilkan ke *LCD*. Untuk nilai kelembaban telur ayam yaitu 50–60% *RH*. Proses pengaturan kelembaban pada inkubator menggunakan wadah yang berisikan air. Banyaknya jumlah telur didalam inkubator berpengaruh terhadap banyaknya air pada wadah. Semakin banyak telur yang ada didalam inkubator, maka semakin banyak juga air didalam wadah. Jarak tinggi rak telur dengan wadah yaitu 10 cm. Peletakan wadah air untuk pengaturan kelembaban inkubator telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14 Peletakan wadah air untuk pengaturan kelembaban relatif pada inkubator pengeraman telur

#4) Hasil pengeraman dan penetasan telur dengan inkubator

Pengeraman telur dengan inkubator memiliki banyak keunggulan, yaitu peningkatan tingkat keberhasilan penetasan, pengurangan tingkat kegagalan pada proses pengeraman, dan percepatan waktu penetasan telur. Percobaan pertama pada indukan ayam yang bertelur sebanyak 12 butir, diletakkan 3 butir telur ke dalam inkubator, dan 9 butir telur dierami induknya. Berdasarkan hasil pengeraman, 9 butir telur yang dierami induknya, 5 butir telur gagal menetas, dan 4 butir telur menetas di hari ke 22, sedangkan 3 butir telur yang diletakkan pada inkubator penetasan telur, ketiga telur tersebut menetas dengan baik, dalam waktu 20 hari dengan selisih dalam hitungan jam berbeda saat penetasan. Tampilan telur pertama saat terjadi penetasan pada inkubator pengeraman telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15 Tampilan telur pertama saat terjadi penetasan pada inkubator pengeraman telur

Berdasarkan Gambar 15 ditunjukkan, bahwa telur pertama di sebelah kanan terjadi penetasan pada pukul 09.00 WIB dengan usia penetasan 20 hari. Penetasan selanjutnya terjadi pada 10.30 WIB dengan usia saat penetasan 20 hari. Tampilan telur kedua saat terjadi penetasan pada inkubator penetasan telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Tampilan telur kedua saat terjadi penetasan pada inkubator penetasan telur

Berdasarkan Gambar 16 ditunjukkan, bahwa telur kedua terjadi penetasan pada pukul 10.30 WIB dengan posisi telur berada di sebelah kiri usia saat penetasan 20 hari. Untuk telur ketiga di posisi tengah, terjadi penetasan pada jam 11.00 WIB. Tampilan telur ketiga saat terjadi penetasan pada inkubator penetasan telur, seperti ditunjukkan pada Gambar 17.



Gambar 17 Tampilan telur ketiga saat terjadi penetasan pada inkubator penetasan telur

Berdasarkan Gambar 17 ditunjukkan, bahwa telur ketiga terjadi penetasan pada pukul 11.00 WIB, berada di posisi tengah, dengan usia saat penetasan 20 hari.

4. KESIMPULAN

Kotak inkubator terbuat dari bahan kayu dengan daya tampung maksimal 35 butir telur ayam yang dilengkapi dengan sistem pengontrol berbasis modul Arduino MEGA2560 R untuk pemindahan jalur pasokan daya listrik dari jalur utama ke jalur cadangan dan pengoperasian inkubator melalui deteksi nilai suhu, nilai kelembaban relatif, dan periode penggerakan wadah telur. Pemrograman terhadap sistem mikrokontroler Arduino MEGA2560 R3 dilakukan melalui tahapan penentuan algoritma dan penyusunan sintaks, dilanjutkan dengan pelaksanaan simulasi berbantuan aplikasi Proteus. Kinerja sistem minimum, meliputi kinerja proses pemindahan sumber pasokan jalur utama ke jalur cadangan dan pengontrolan terhadap pengoperasian inkubator yang meliputi pengendalian nilai suhu dan kelembaban relatif dan periode penggerakan wadah telur.

REFERENSI

- [1] D. Suhartono dan A. Goeritno, "Prototipe Sistem Berbasis Mikrokontroler untuk Pengkondisian Suhu pada Analogi Panel dengan Analogi Sistem Air Conditioning," di Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems), Vol. 13, No. 1, April 2019, hlm. 22-30. [Online]. Tersedia di: <https://jurnaleeccis.ub.ac.id/index.php/eccis/article/view/554/345>
- [2] Saefurrochman, A. Goeritno, R. Yatim, dan D.J. Nugroho. "Implementasi Sensor Suhu LM35 Berbantuan Mikrokontroler pada Perancangan Sistem Pengkondisian Suhu Ruang," di *Prosiding University Research Colloquium 2015* (the 1st URECOL), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 24 Januari 2015, hlm. 147-157. [Online]. Tersedia di: <https://publikasiilmiah.ums.ac.id/bitstream/handle/11617/5095/17.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [3] S. Asyura, A. Goeritno, dan Ritzkal. "Implementasi Sensor LM35 Berbantuan Mikrokontroler untuk Pengkondisian Suhu Ruang sebagai Upaya Penerapan Efisiensi Energi Listrik," di *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) V-2016*, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti, Jakarta, 18 Mei 2016, hlm. 366-372.
- [4] F. Hendrian, Ritzkal, dan A. Goeritno, "Penggunaan Protokol Internet untuk Sistem Pemantauan pada Analogi Instalasi Listrik Fase-3 Berbantuan Mikrokontroler Arduino UNO R3 Terkendali melalui Smartphone Berbasis Android," di *Prosiding Seminar Nasional (ke-2) Sains, Rekayasa, dan Teknologi UPH-2017* (SNSRT ke-2), Tangerang, 17-18 Mei 2017, hlm. (II)103-110.
- [5] Suhendri dan A. Goeritno. "Pemantauan Energi Listrik pada Satu kWh-meter Fase Tunggal untuk Empat Kelompok Beban Berbasis Metode Payload Data Handling," di *Jurnal Rekayasa Elekrika*, Vol. 14, No. 3, Desember 2018, hal. 189-197. [Online]. Tersedia di: http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/11952/14_3_7_189_197 atau <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v14i3.11952>
- [6] I. Styawibawa dan A. Goeritno. "Communication Interface Adapter Berbasis Mikrokontroler Arduino Terkendali Sinyal Dual Tone Multi Frequency," di *Jurnal ELKHA (Jurnal Teknik Elektro)*, Vol. 11, No. 1, April 2019, hlm. 19-26. [Online]. Tersedia di: <http://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/30374/75676581006>
- [7] 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.
- [8] R. Effendi, A. Goeritno, dan R. Yatim. "Prototipe Sistem Pendeteksian Awal Pencemaran Air Berbantuan Sensor Konduktivitas dan Suhu Berbasis Mikrokontroler," di *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi (Semnastek ke-2) 2015*, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, 17 November 2015, hlm. (TE-017) 1-6. [Online]. Tersedia di: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/430/396>.
- [9] Sopyandi, A. Goeritno, dan R. Yatim, "Prototipe Sistem Pengontrolan Berbasis Payload Data Handling Berbantu Mikrokontroler Untuk Instalasi Listrik Rumah Tinggal," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) V-2016*, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti, Jakarta, 18 Mei 2016, hlm. 331-337.

- [10] S.F. Ginting, A. Goeritno, dan R. Yatim. "Kinerja Sistem Pengontrolan Berbantuan Sensor Voice Recognition dan Mikrokontroler ATmega16 untuk Pengoperasian Aktuator," di *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) V-2016*, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti, Jakarta, 18 Mei 2016, hlm. 359-365.
- [11] B.A. Prakoso, A. Goeritno, dan B.A. Prakosa. 2016. "Prototipe Sistem Pengontrolan Berbasis Mikrokontroler ATmega32 untuk Analogi Smart Green House," di *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri (SNTI) V-2016*, Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti, Jakarta, 18 Mei 2016, hlm. 338-345.
- [12] M.T. Sholehati dan A. Goeritno. "Sistem Minimum Berbasis Mikrokontroler ATmega2560 sebagai Sistem Pengaman pada Analogi Lemari Penyimpanan Brankas," di *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 14, No. 3, Desember 2018, hal. 158-166. [Online]. Tersedia di: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/11649/pdf> atau <http://dx.doi.org/10.17529/jre.v14i3.11649>.
- [13] A. Goeritno dan M.Y. Afandi. "Modul Elektronika Berbasis Mikrokontroler sebagai Sistem Pengaman pada Mobil Terintegrasi dengan *Engine Immobilizer*," di *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 15, No. 2, Agustus 2019, hal. 75-84. [Online]. Tersedia di: http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/12872/15_2_1_75_84
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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>,
- [17] 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.
- [18] J. Axelson, *The Microcontroller Idea Book Circuits, Programs, & Applications Featuring the 8052-BASIC Microcontroller*. Madison, WI: Lakeview Research, 1997, pp. 1-10.
- [19] Texas Instrument, *Embedded System Design using TIVA*, pp. 12-54. [Online]. Available: <https://www.ti.com/seclit/ml/ssqu017/ssqu017.pdf>.
- [20] Y.F.L. Situmorang dan D.A. Jatmiko. (tanpa tahun). *Sistem Pemonitoring dan Auto Switch Power Supply Menggunakan Solar Cell Powerbank pada Server*. [Online]. Tersedia di: <https://elib.unikom.ac.id/files/disk1/770/jbptunikompp-gdl-yudhaferna-38476-11-20.uniko-a.pdf>
- [21] Ritzkal, A. Goeritno, K. Aldiansyah, A. Eko, A. H. Hendrawan. "Implementasi Sistem Kontrol Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno R3 Untuk Sistem Penetas Telur Ayam," di *Prosiding Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi di Industri (SENIATI) 2017*, ITN Malang, Malang, 4 Februari 2017, hlm. (A2)1-9. [Online]. Tersedia di <http://ejournal.itn.ac.id/index.php/seniati/article/view/894>.
- [22] Proteus2000, *Proteus 2000 Operations Manual*. Scott Valley, CA: E-MU Systems, Inc., 1998, pp. 131-164.