

Kaji Kinerja Alat Penukar Panas Berbasis Mikrokontroler Untuk Sistem Pengereng Produk Pertanian

Azwinur¹, Syukran², Adi Saputra Ismy³, Zulkifli⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe
Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

azwinur@pnl.ac.id

Abstrak—*Heat exchanger* atau alat penukar/pemindah panas adalah alat-alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan panasnya dengan fluida lain. Pada sebuah penukar panas, kemampuan mempertukarkan panas sangat ditentukan oleh jenis aliran fluida dan fluida yang melewati penukar panas. Penggunaan penukar panas dalam bidang pengeringan produk pertanian saat ini sudah menjadi kebutuhan untuk mengatasi permasalahan produktifitas pengeringan. Dengan perkembangan teknologi, adanya tuntutan inovasi untuk menciptakan sebuah sistem kontrol otomatis pada alat penukar panas berbasis mikrokontroler. Sistem ini akan digunakan sebagai pengontrol dalam proses pengeringan, yaitu mengontrol temperatur selalu stabil pada temperatur yang diizinkan pada proses pengeringan produk pertanian secara elektronik dan otomatis. Hal ini akan lebih mudah mengeringkan produk pertanian dengan mengontrol temperatur secara otomatis tetap stabil daripada menggunakan metode konvensional dijaga setiap waktu. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk merancang dan membuat sebuah alat mikrokontroler yang bisa mengatur temperatur alat penukar panas secara otomatis sesuai dengan temperatur yang diizinkan untuk pengeringan produk pertanian. Metode penelitian dilakukan dengan fabrikasi 1 unit alat penukar panas yang telah dilengkapi dengan sistem berbasis mikrokontroler berpenampil LCD untuk informasi nilai temperatur. Alat mikrokontroler ini bisa mengontrol temperatur didalam alat pengering sesuai dengan kebutuhan temperatur yang diinginkan dan temperature ini disesuaikan dengan temperature produk pertanian yang telah distandarkan. Alat mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega2560.

Kata kunci—Alat penukar panas, Sistem Pengereng, Mikrokontroler, Temperatur.

Abstract—*Heat exchangers* are devices that are used to change fluid temperatures or change fluid phases by exchanging heat with other fluids. In a heat exchanger, the ability to exchange heat is largely determined by the type of fluid flow and fluid that passes through the heat exchanger. The use of heat exchangers in the field of drying agricultural products is now a necessity to overcome the productivity problems of drying. With the development of technology, there are demands for innovation to create an automatic control system on a microcontroller-based heat exchanger. This system will be used as a controller in the drying process, i.e. controlling the temperature is always stable at the temperature permitted in the process of drying agricultural products electronically and automatically. It will be easier to dry agricultural products by controlling the temperature automatically remaining stable rather than using conventional methods guarded all the time. The purpose of this research is to design and make a microcontroller that can regulate the temperature of the heat exchanger automatically in accordance with the temperature permitted for drying agricultural products. The research method was carried out by fabricating 1 unit of heat exchanger which was equipped with an LCD display microcontroller-based system for temperature value information. This microcontroller can control the temperature in the dryer according to the desired temperature needs and this temperature is adjusted to the temperature of a standardized agricultural product. Microcontroller used is Arduino Mega2560.

Keywords—*Heat exchanger, Drying System, Microcontroller, Temperature.*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Alat penukar panas (*Heat exchanger*) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan panasnya dengan fluida lain. Kemampuan mempertukarkan panas sangat ditentukan oleh jenis aliran fluida dan fluida yang melewati penukar panas. Alat penukar panas dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja.

Berdasarkan arah aliran fluida, penukar panas dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis aliran, yaitu aliran searah (*parallel flow*), aliran berlawanan (*counter flow*) dan aliran silang. Pada penukar panas jenis aliran searah, fluida yang memanaskan dan fluida yang dipanaskan masuk pada sisi yang sama kemudian keluar pada sisi yang sama pula. Pada penukar panas aliran berlawanan, kedua fluida masuk dan keluar pada sisi yang berbeda, sedangkan pada penukar panas aliran silang, kedua fluida mengalir dengan saling bersilangan.

Saat ini penukar panas banyak dipakai dalam industri pengolahan minyak dan gas Selain itu penukar panas juga banyak dipakai dalam aplikasi industri pengeringan produk-

produk pertanian, perkebunan dan perikanan skala besar. Sedangkan dalam industri kecil dan menengah umumnya masih mengandalkan pengeringan dengan pengeringan matahari yang membutuhkan lahan yang besar dan waktu pengeringan yang lama sebagaimana ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Pengeringan yang mengandalkan sinar matahari langsung

Dalam proses pengeringan produk perkebunan seperti kakau, kopi, pinang, dan kedelai maka temperatur pengering harus dijaga agar berada pada jangkuan temperatur yang diizinkan untuk menjaga kualitas produk tidak rusak. Sebagai contoh pada pengeringan kakao, kopi dan pinang temperatur yang diizinkan berkisar masing-masing 60-70°C, 45-58°C dan 50-60°C [1]. Oleh karena itu maka pengaturan temperatur dalam pengeringan produk adalah hal yang sangat penting dilakukan agar produk pengeringan memenuhi standar kualitas yang ditentukan. Untuk mendapatkan temperatur atau panas yang akan digunakan sebagai pengering maka diperlukan sebuah alat

penukar panas, ada beberapa alat penukar panas yang telah dirancang sebagai media untuk menghasilkan panas dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti [2], [3].

Salah satu metode pengaturan temperatur yang dapat diterapkan pada aplikasi pengering adalah dengan berbasis mikrokontroler. Beberapa penelitian penerapan mikrokontroler pada pengering telah dilakukan antara lain: Syafriyudin (2009) yang melakukan kajian pemakaian mikrokontroler atmega 8535 pada oven pengering kerupuk [4]. Selanjutnya Heroe Poernomo (2013), melakukan penelitian pembuatan alat monitoring penukar panas untuk menganalisis unjuk kerja dan karakteristiknya [5].

Sebelumnya telah dilakukan penelitian oleh Azwinur (2018) tentang efektifitas penukar panas menggunakan baffle aliran searah dalam upaya optimasi sistem pengering, dimana hasil dari penelitian tersebut temperature yang dihasilkan pada alat penukar panas tipe Rectangular Sheel aliran searah sebesar 88°C [6]. Sedangkan temperature yang diizinkan untuk pengeringan produk pertanian berkisar 40-70 °C [1]. Namun pada penelitian tersebut pengaturan temperatur masih sepenuhnya dilakukan secara manual.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengaplikasikan mikrokontroler dalam pengaturan temperatur alat penukar panas secara otomatis agar memudahkan dalam pengoperasian peralatan sesuai dengan kebutuhan temperatur produk pertanian yang diizinkan. Hasil penelitian ini nantinya akan dapat bermamfaat bagi pengembangan peralatan penukar panas yang siap diaplikasikan sebagai pengering produk perkebunan sebagaimana yang diharapkan

B. Tinjauan Pustaka

Penukar Panas

Alat penukar/pemindah panas adalah alat-alat yang digunakan untuk mengubah temperatur fluida atau mengubah fasa fluida dengan cara mempertukarkan panasnya dengan fluida lain. Arti mempertukarkan di sini adalah memberikan atau mengambil panas. Pemahaman teknologi heat exchanger membutuhkan pengetahuan dalam bidang termodinamika, mekanika fluida, heat transfer, ilmu material dan proses produksi.

Penukar panas umumnya merupakan peralatan di mana dua jenis fluida yang berbeda temperaturnya dialirkan ke dalamnya dan saling bertukar panas melalui bidang-bidang perpindahan panas atau dengan cara kontak langsung (bercampur). Bidang-bidang ini umumnya berupa dinding pipa-pipa atau sirip-sirip yang dipasang pada pipa (*fin*).

Panas yang dipindahkan di antara fluida tersebut, besarnya tergantung pada kecepatan dan arah aliran, sifat-sifat fisika fluida, kondisi permukaan, luas perpindahan panas dan beda temperatur diantara kedua fluida. Fluida yang mengalir di dalam penukar panas kadang-kadang mengandung zat-zat yang dapat mengendap/mengerak pada permukaan pipa atau bereaksi dan menyebabkan korosi atau kerusakan lainnya, sehingga kinerja penukar panas dapat menjadi menurun.

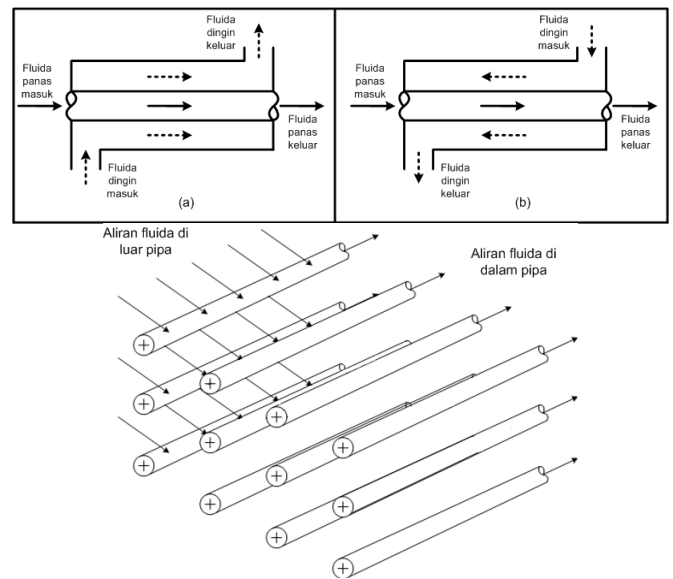
Jenis-jenis penukar panas

Penukar panas secara garis besar dibagi berdasarkan arah aliran fluidanya. Berdasarkan arah aliran fluida, penukar panas dibedakan menjadi 3 jenis aliran, yaitu : aliran searah (*parallel flow*), aliran berlawanan (*counter flow*) dan aliran silang (*cross flow*). Pada penukar panas jenis aliran searah, fluida yang

memanaskan dan fluida yang dipanaskan masuk pada sisi yang sama kemudian keluar pada sisi yang sama. Pada penukar panas aliran berlawanan, kedua fluida masuk dan keluar pada sisi yang berbeda, sedangkan pada penukar panas aliran silang, kedua fluida mengalir dengan saling bersilangan[7]. Ilustrasi ketiga jenis penukar panas tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

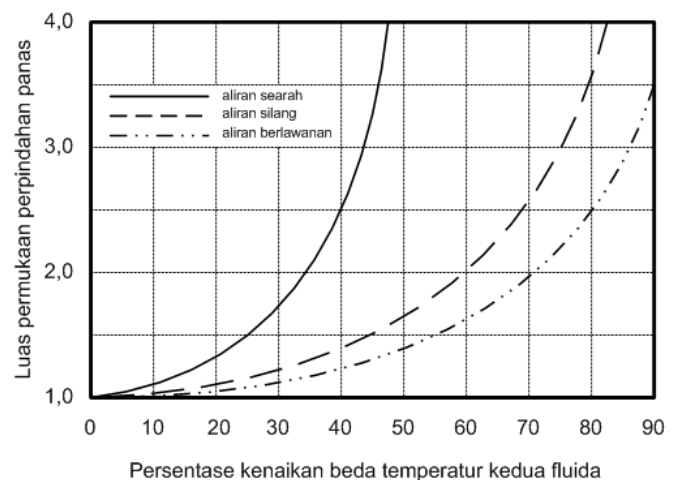
Berdasarkan jenis fasa fluida yang mengalir, heat exchanger dapat dibagi menjadi :

- Tipe cair – gas. Contohnya radiator mobil, cooler oli, peralatan pengkondisian udara, dan refrerjerasi, intercooler dan after cooler untuk kompresor serta cooler udara pada turbin gas.
- Tipe cair-cair
- Tipe gas-gas (dimensinya lebih besar dibanding yang lain).



Gambar 2. (a) Penukar panas aliran searah (*parallel flow*) (b) Penukar panas aliran berlawanan (*counter flow*) (c) Penukar panas aliran silang (*cross flow*)

Luas permukaan perpindahan panas yang dapat menghasilkan perubahan temperatur kedua fluida merupakan perbedaan utama di antara ketiga jenis penukar panas di atas. Gambar 3, menunjukkan luas perpindahan panas yang diperlukan masing-masing jenis penukar panas untuk mencapai perubahan temperatur fluida.



Gambar 3. Hubungan luas permukaan perpindahan panas dengan persentase kenaikan beda temperatur fluida

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa penukar panas aliran searah memerlukan luas permukaan yang lebih besar dari pada

kedua jenis yang lain untuk mencapai perubahan temperatur yang sama. Penukar panas aliran berlawanan memiliki luas permukaan perpindahan panas yang paling kecil.

Penukar panas aliran silang biasanya dipasang sirip-sirip (*fins*) untuk meningkatkan luas permukaan perpindahan panas. Penukar panas ini disebut penukar panas kompak (*compact heat exchanger*). Arti penukar panas kompak adalah penukar panas yang memiliki perbandingan luas permukaan perpindahan panas terhadap volume penukar panas yang lebih besar atau sama dengan 700. Sirip-sirip yang dipasang memiliki kerapatan yang tinggi, antara 5-20 sirip per inchi. Sekurang-kurangnya salah satu fluida yang digunakan pada penukar panas kompak adalah berfasa gas. Jenis penukar panas yang dibahas pada penelitian ini adalah penukar panas kompak dengan geometri pipa berbentuk bulat (*circular tubes*).

Perpindahan panas terjadi jika terdapat perbedaan temperatur antara dua buah zat, baik padat, cair, maupun gas. Energi dalam bentuk panas berpindah dengan 3 (tiga) macam mekanisme, yaitu secara konduksi, konveksi, dan radiasi. Perpindahan panas secara konduksi dan radiasi hanya bergantung dari perbedaan temperatur, sedangkan pada konveksi selain bergantung pada temperatur juga bergantung pada perpindahan massa yang terjadi.

Untuk menganalisis perpindahan panas pada penukar panas dalam penelitian ini, mekanisme perpindahan panas yang diperhatikan adalah konduksi dan konveksi, sedangkan mekanisme secara radiasi tidak dominan sehingga dapat diabaikan. Namun pada beberapa kasus, laju perpindahan panas konduksi juga dapat diabaikan, karena sangat kecil dibandingkan konveksi. Secara keseluruhan, mekanisme perpindahan panas yang terjadi di dalam sebuah penukar panas kompak adalah:

1. Konduksi melalui dinding pipa
2. Konveksi paksa di dalam pipa
3. Konveksi paksa di luar pipa

Tinjauan Udara Pengering Produk Pertanian dan Perkebunan

Bahan baku produk hasil pertanian memerlukan kualitas yang baik. Salah satu parameter yang menunjukkan kualitas bahan baku yang baik adalah kadar air yang terkandung dalam bahan baku. Kandungan air bahan baku dinyatakan dalam persentase massa. Pada umumnya bahan baku yang akan diumpankan ke ruang pengering disyaratkan memiliki kandungan air tertentu. Bahan baku yang berasal dari tempat penyimpanan memiliki kandungan air yang masih tinggi. Tabel I, menunjukkan data kandungan air rata-rata beberapa jenis produk pertanian.

TABEL I
KANDUNGAN KADAR AIR BEBERAPA PRODUK PERTANIAN DAN PERKEBUNAN[1]

No	Nama Produk	Kadar air sesudah panen	Kadar air Normal	Kadar air Yang diharapkan	Temperatur diizinkan untuk pengeringan
1.	Kakau	65 – 70 %	22 %	6 – 7 %	60 – 70 °C
2.	Kopi	58 %	44 %	11 %	45 – 58 °C
3.	Pinang	60 %	20 %	12 %	50 – 60°C
4.	Kedelai	48 %	15 %	5 – 7 %	40 – 50 °C

Dalam pengeringan bahan baku, terdapat batasan-batasan temperatur yang perlu diperhatikan. Temperatur maksimum gas pengering tidak boleh terlalu tinggi. Selain itu, proses pemanasan yang terjadi tidak boleh menyebabkan perubahan struktur kimia bahan baku. Temperatur gas pengering yang

keluar dari ruang pengering dijaga agar tidak terlalu rendah, supaya tidak terjadi kondensasi uap air yang ada dalam gas.

Dalam memperhitungkan kebutuhan energi panas untuk pengeringan bahan baku, ada beberapa komponen penting energi panas yang perlu diperhitungkan. Menurut literatur, untuk mengeringkan suatu material dengan kandungan air awal 40% ~ 70%. Persentase komponen energi panas untuk pengeringan material tersebut adalah :

- a. Energi panas untuk menguapkan air : 50%
 - b. Energi panas untuk memanaskan air : 5%
 - c. Energi panas untuk memanaskan material : 15%
 - d. Energi panas yang terbawa gas keluar pengering : 12%
 - e. Energi panas terbuang ke lingkungan : 18%
- Total energi panas yang diberikan gas pengering : 100%

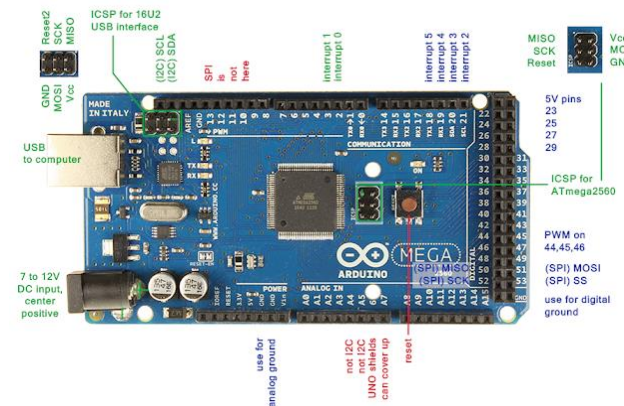
Untuk mempermudah perhitungan, tidak semua komponen energi panas diperhitungkan. Komponen energi panas yang dihitung adalah komponen nomor a, b, dan c saja. Maka energi panas yang digunakan untuk pengeringan bahan baku hanya 70% total energi panas yang tersedia dari gas pengering. Dengan kata lain efisiensi pengeringan bahan baku adalah 70%. Kisaran efisiensi pengeringan suatu material menurut literatur adalah antara 70-75%.

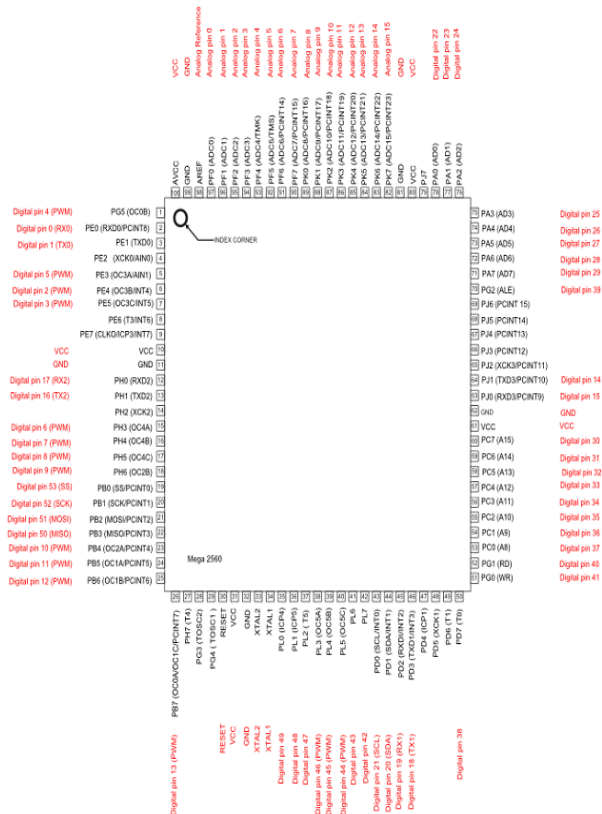
Mikrokontroler

Mikrokontroler sebagai suatu terobosan teknologi mikroprosesor dan mikrokomputer, hadir memenuhi kebutuhan pasar (*market need*) dan teknologi baru. Tidak seperti komputer yang memiliki berbagai program aplikasi (misalnya pengolah data, angka dan lain-lain), mikrokontroler hanya bisa digunakan untuk suatu aplikasi saja.

Dalam penelitian ini mikrokontroler akan diaplikasikan sebagai pengatur temperatur dan laju aliran udara masuk dan keluar peralatan penukar panas yang akan dijadikan sebagai media penyuplai udara bersih pada oven pengering. Sistem kontrol suhu dirancang secara elektronik dan otomatis dengan penempatan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengendali suhu, serta sensor suhu pada alat pengering dan pengaturan kecepatan udara pengering, sensor suhu yang digunakan untuk bekerja pada range suhu yang ditentukan. Keuntungan lain penggunaan sistem kontrol suhu tersebut adalah walaupun proses tidak diawasi namun ia berjalan pada situasi yang diinginkan.

Arduino Mega2560 seperti diperlihatkan pada Gambar 4 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 (datasheet ATmega2560).





Gambar 4. Arduino Mega2560 dan Pemetaan pin ATmega2560

Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya [8].

Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega. Arduino Mega2560 berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Tapi, menggunakan chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Arduino Mega2560 Revisi 2 memiliki resistor penarik jalur HWB 8U2 ke Ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Arduino Mega2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- pinout; Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
- Sirkuit RESET.
- Chip ATmega16U2 menggantikan chip ATmega8U2

TABEL II.
SPESIFIKASI SEDERHANA DARI ARDUINO MEGA2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan Operasi	5V
Input Voltage (disarankan)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Pin Digital I/O	54 (yang 15 pin digunakan sebagai output PWM)
Pins Input Analog	16
Arus DC per pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Flash Memory	256 KB (8 KB digunakan untuk bootloader)
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Arduino Mega dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal. Sumber daya dipilih secara otomatis. Sumber daya eksternal (non-USB) dapat berasal baik dari adaptor AC-DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan dengan mencolokkan steker 2,1 mm yang bagian tengahnya terminal positif ke ke jack sumber tegangan pada papan. Jika tegangan berasal dari baterai dapat langsung dihubungkan melalui header pin Gnd dan pin Vin dari konektor POWER.

Papan Arduino ATmega2560 dapat beroperasi dengan pasokan daya eksternal 6 Volt sampai 20 volt. Jika diberi tegangan kurang dari 7 Volt, maka, pin 5 Volt mungkin akan menghasilkan tegangan kurang dari 5 Volt dan ini akan membuat papan menjadi tidak stabil. Jika sumber tegangan menggunakan lebih dari 12 Volt, regulator tegangan akan mengalami panas berlebihan dan bisa merusak papan. Rentang sumber tegangan yang dianjurkan adalah 7 Volt sampai 12 Volt.

Pin tegangan yang tersedia pada papan Arduino adalah sebagai berikut:

- **VIN** : Adalah input tegangan untuk papan Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal (sebagai 'saingan' tegangan 5 Volt dari koneksi USB atau sumber daya ter-regulator lainnya). Anda dapat memberikan tegangan melalui pin ini, atau jika memasok tegangan untuk papan melalui jack power, kita bisa mengakses/mengambil tegangan melalui pin ini.
- **5V** : Sebuah pin yang mengeluarkan tegangan ter-regulator 5 Volt, dari pin ini tegangan sudah diatur (ter-regulator) dari regulator yang tersedia (built-in) pada papan. Arduino dapat diaktifkan dengan sumber daya baik berasal dari jack power DC (7-12 Volt), konektor USB (5 Volt), atau pin VIN pada board (7-12 Volt). Memberikan tegangan melalui pin 5V atau 3.3V secara langsung tanpa melewati regulator dapat merusak papan Arduino.
- **3V3** : Sebuah pin yang menghasilkan tegangan 3,3 Volt. Tegangan ini dihasilkan oleh regulator yang terdapat pada papan (on-board). Arus maksimum yang dihasilkan adalah 50 mA.
- **GND** : Pin Ground atau Massa.
- **IOREF** : Pin ini pada papan Arduino berfungsi untuk memberikan referensi tegangan yang beroperasi pada mikrokontroler. Sebuah perisai (shield) dikonfigurasi dengan benar untuk dapat membaca pin tegangan IOREF dan memilih sumber daya yang tepat atau mengaktifkan

penerjemah tegangan (voltage translator) pada output untuk bekerja pada tegangan 5 Volt atau 3,3 Volt.

Arduino ATmega2560 memiliki 256 KB flash memory untuk menyimpan kode (yang 8 KB digunakan untuk bootloader), 8 KB SRAM dan 4 KB EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM).

a. Input dan Output

Masing-masing dari 54 digital pin pada Arduino Mega dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi pinMode(), digitalWrite(), dan digitalWrite(). Arduino Mega beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus, antara lain:

- **Serial** : 0 (RX) dan 1 (TX); **Serial 1** : 19 (RX) dan 18 (TX); **Serial 2** : 17 (RX) dan 16 (TX); **Serial 3** : 15 (RX) dan 14 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pins 0 dan 1 juga terhubung ke pin chip ATmega16U2 Serial USB-to-TTL.
- **Eksternal Interupsi** : Pin 2 (interrupt 0), pin 3 (interrupt 1), pin 18 (interrupt 5), pin 19 (interrupt 4), pin 20 (interrupt 3), dan pin 21 (interrupt 2). Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interupsi pada nilai yang rendah, meningkat atau menurun, atau berubah nilai.
- **SPI** : Pin 50 (MISO), pin 51 (MOSI), pin 52 (SCK), pin 53 (SS). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI. Pin SPI juga terhubung dengan header ICSP, yang secara fisik kompatibel dengan Arduino Uno, Arduino Duemilanove dan Arduino Diecimila.
- **LED** : Pin 13. Tersedia secara built-in pada papan Arduino ATmega2560. LED terhubung ke pin digital 13. Ketika pin diset bernilai HIGH, maka LED menyala (ON), dan ketika pin diset bernilai LOW, maka LED padam (OFF).
- **TWI** : Pin 20 (SDA) dan pin 21 (SCL). Yang mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan Wire. Perhatikan bahwa pin ini tidak di lokasi yang sama dengan pin TWI pada Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila.

Arduino Mega2560 memiliki 16 pin sebagai analog input, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara default pin ini dapat diukur/diatur dari mulai Ground sampai dengan 5 Volt, juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah mereka menggunakan pin AREF dan fungsi analogReference().

Ada beberapa pin lainnya yang tersedia, antara lain:

- **AREF** : Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan fungsi analogReference().
- **RESET** : Jalur LOW ini digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Jalur ini biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.

b. Komunikasi

Arduino Mega2560 memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, dengan Arduino lain, atau dengan mikrokontroler lainnya. Arduino ATmega328 menyediakan 4 hardware komunikasi serial UART TTL (5 Volt). Sebuah chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang terdapat pada papan digunakan sebagai media komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai COM Port Virtual untuk berkomunikasi dengan perangkat lunak pada komputer, untuk sistem operasi Windows masih tetap memerlukan file inf, tetapi untuk sistem operasi OS

X dan Linux akan mengenali papan sebagai port COM secara otomatis. Perangkat lunak Arduino termasuk didalamnya serial monitor memungkinkan data tekstual sederhana dikirim ke dan dari papan Arduino. LED RX dan TX yang tersedia pada papan akan berkedip ketika data sedang dikirim atau diterima melalui chip USB-to-serial yang terhubung melalui USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial seperti pada pin 0 dan 1).

Sebuah perpustakaan SoftwareSerial memungkinkan untuk komunikasi serial pada salah satu pin digital Mega2560. ATmega2560 juga mendukung komunikasi TWI dan SPI. Perangkat lunak Arduino termasuk perpustakaan Wire digunakan untuk menyederhanakan penggunaan bus TWI. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

c. Pemrograman

Arduino Mega dapat diprogram dengan software Arduino ATmega2560 pada Arduino Mega sudah tersedia preburned dengan bootloader yang memungkinkan Anda untuk meng-upload kode baru tanpa menggunakan programmer hardware eksternal. Hal ini karena komunikasi yang terjadi menggunakan protokol asli STK500. Chip ATmega16U2 (atau 8U2 pada board Rev. 1 dan Rev. 2) source code firmware tersedia pada repositori Arduino. ATmega16U2/8U2 dapat dimuat dengan bootloader DFU, yang dapat diaktifkan melalui:

- **Pada papan Revisi 1** : Menghubungkan jumper solder di bagian belakang papan (dekat dengan peta Italia) dan kemudian akan me-reset 8U2.
- **Pada papan Revisi 2** : Ada resistor yang menghubungkan jalur HWB 8U2/16U2 ke ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Kemudian Anda dapat menggunakan Atmel FLIP software (sistem operasi Windows) atau DFU programmer (sistem operasi Mac OS X dan Linux) untuk memuat firmware baru.

d. Reset (Software) Otomatis

Salah satu jalur kontrol hardware (DTR) mengalir dari ATmega8U2/16U2 dan terhubung ke jalur reset dari ATmega2560 melalui kapasitor 100 nanofarad. Bila jalur ini diset rendah/low, jalur reset drop cukup lama untuk me-reset chip. Perangkat lunak Arduino untuk memungkinkan meng-upload kode dengan hanya menekan tombol upload pada perangkat lunak Arduino. Ini berarti bahwa bootloader memiliki rentang waktu yang lebih pendek, seperti menurunkan DTR dapat terkoordinasi dengan dimulainya upload.

Pengaturan ini juga memiliki implikasi lain. Ketika Mega2560 terhubung dengan komputer yang menggunakan sistem operasi Mac OS X atau Linux, papan Arduino akan di-reset setiap kali dihubungkan dengan software computer. Dan setengah detik kemudian atau lebih, bootloader berjalan pada papan Mega2560. Proses reset melalui program ini digunakan untuk mengabaikan data yang cacat (yaitu apapun selain meng-upload kode baru), ia akan memotong dan membuang beberapa byte pertama dari data yang dikirim ke papan setelah sambungan dibuka. Mega2560 memiliki trek jalur yang dapat dipotong untuk menonaktifkan fungsi auto-reset. Pad di kedua sisi jalur dapat hubungkan dengan disolder untuk mengaktifkan kembali fungsi auto-reset. Pad berlabel "RESET-EN". Anda juga dapat menonaktifkan auto-reset dengan menghubungkan resistor 110 ohm dari 5V ke jalur reset.

e. Perlindungan Beban Berlebih pada USB

Arduino Mega2560 memiliki polyfuse reset yang melindungi port USB komputer Anda dari hubungan singkat dan arus lebih. Jika arus lebih dari 500 mA dihubungkan ke port

USB, sekering secara otomatis akan memutuskan sambungan sampai hubungan singkat atau overload dihapus/dibuang.

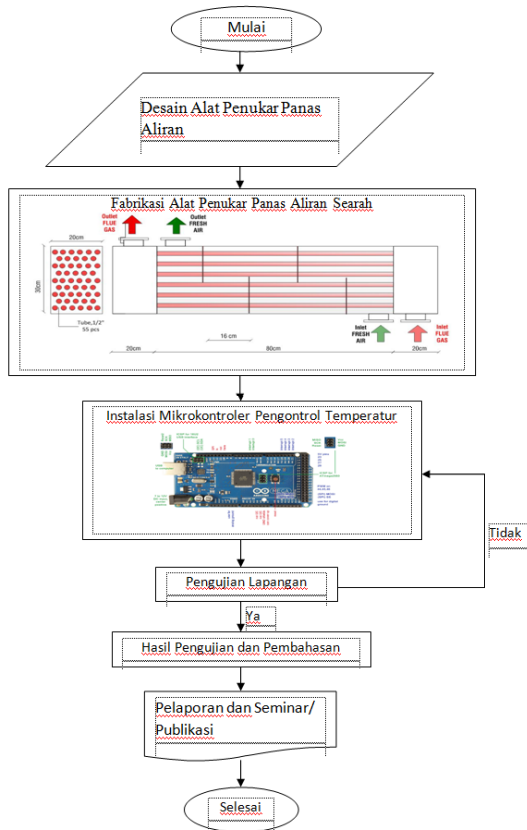
f. Karakteristik Fisik dan Kompatibilitas Shield

Maksimum panjang dan lebar PCB Mega2560 adalah 4 x 2.1 inch (10,16 x 5,3 cm), dengan konektor USB dan jack power menonjol melampaui batas dimensi. Empat lubang sekrup memungkinkan papan terpasang pada suatu permukaan atau wadah. Perhatikan bahwa jarak antara pin digital 7 dan 8 adalah 160 mil (0.16”), tidak seperti pin lainnya dengan kelipatan genap berjarak 100 mil.

Arduino Mega2560 dirancang agar kompatibel dengan sebagian shield yang dirancang untuk Arduino Uno, Arduino Diecimila atau Arduino Duemilanove. Pin Digital 0-13 (pin AREF berdekatan dan pin GND), input analog 0 sampai 5, header power, dan header ICSP berada di lokasi yang ekuivalen. Selanjutnya UART utama (port serial) terletak di pin yang sama (0 dan 1), seperti pin interupsi eksternal 0 dan 1 (masing-masing pada pin 2 dan 3). SPI di kedua header ICSP yaitu Mega2560 dan Duemilanove/Diecimila.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Secara skematik tahapan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir Gambar 5.



Gambar 5.. Diagram alir penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengelasan dan Fabrikasi Logam Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Lhokseumawe.

Peralatan uji penelitian ini terdiri dari 1 unit alat penukar panas yaitu penukar panas aliran searah menggunakan *baffle*. Jenis penukar panas tersebut memiliki spesifikasi sebagai berikut:

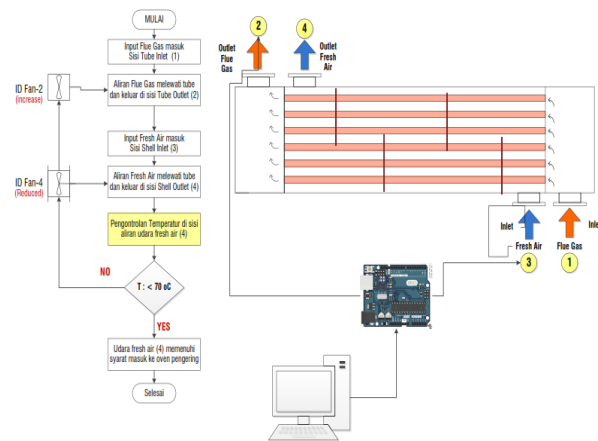
- Tipe : Rectangular Shell
- Jenis aliran : Paralel flow

- Dimensi : Rectangular Shell : 50 (P) x 30 (L) x 10 (T) (ASTM SA.36)
- Tube : 0.5 inchi (ASTM SA.53)
- Header Inlet : 4 inchi
- Header Outlet : 4 inchi

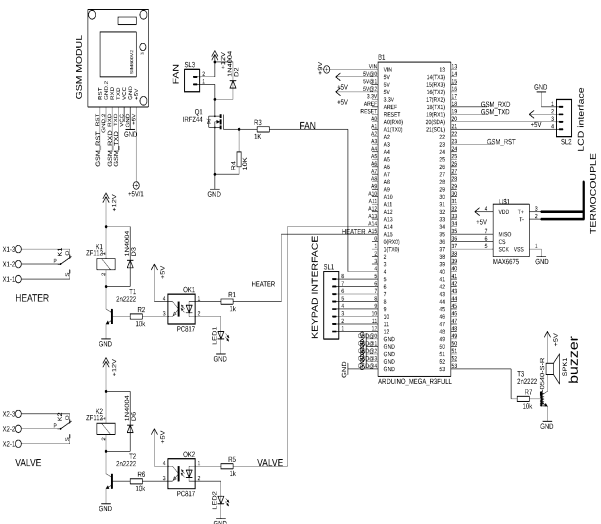
Pada alat penukar panas ini dilengkapi dengan IC mikrokontroler Arduino mega2560 sebagai *chip* pengendali temperatur otomatis. Temperatur sistem pendingin akan dideteksi oleh sensor temperatur kemudian temperatur tersebut dapat diatur sesuai ketentuan yang berlaku pada temperatur sistem pendingin.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

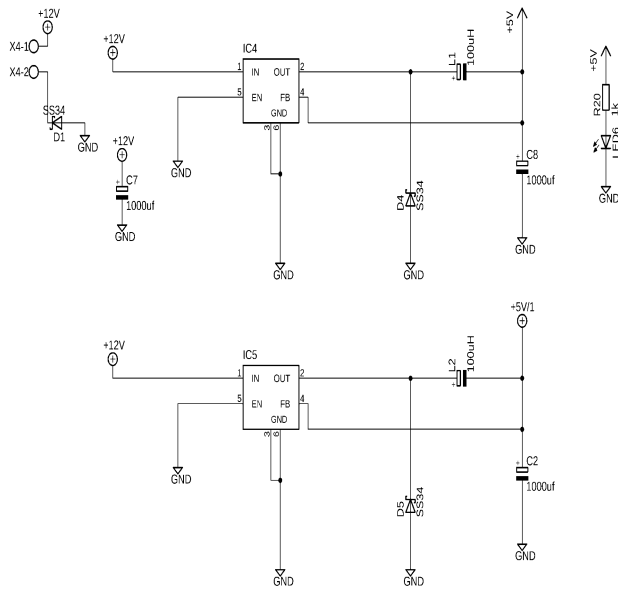
Proses awal dari penelitian adalah perancangan mikrokontroler seperti Gambar 6 sampai dengan Gambar 8.



Gambar 6. Diagram alir dan skematik instalasi mikrokontroler pada peralatan uji



Gambar 7. Rangkaian kontroler pengujian



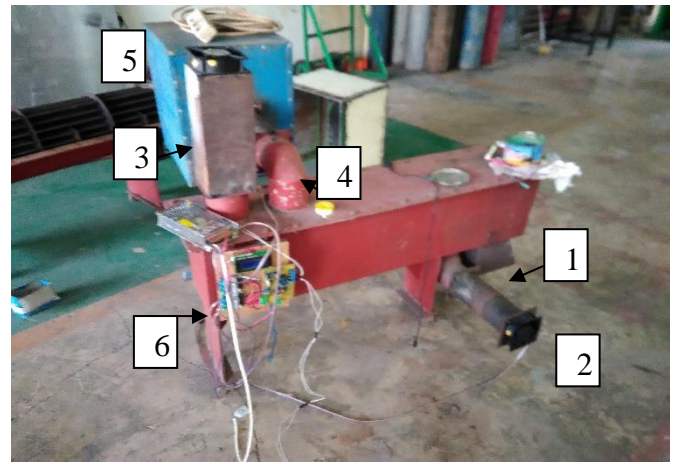
Gambar 8. Rangkaian power supply pada kontroler

Sensor temperature diletakkan di silinder system pengering pada *outlet fresh air/* nomor 4 pada seperti pada Gambar 10. Standar temperatur yang telah ditetapkan untuk sistem pengering adalah temperatur pengeringan produk pertanian [1] dalam hal ini sensor temperatur pada sistem pengering dapat kita atur sesuai ketentuannya. Sistem pengendali temperatur otomatis ini dilengkapi dengan sensor temperatur otomatis berpenampil LCD (digital). Apabila temperature berada diatas temperature yang telah ditetapkan maka alat mikrokontroller akan mengendalikan putaran *fan* untuk pembuangan uap sehingga temperatur didalam system pengering tetap berada di temperature normal sehingga mencegah terjadinya *overheating* di dalam system pengering.



Gambar 9. Perakitan alat mikrokontroler

Setelah dilakukan perakitan alat mikrokontroler selanjutnya pemasangan alat tersebut ke alat pengering untuk proses fungsional dan pengambilan data pada alat pengering.



Gambar 10. Pengujian mikrokontroler di alat pengering

Keterangan Gambar 10:

1. Input udara panas hasil pembakaran menggunakan gas tabung elpiji 3 Kg
2. Input udara bersih (Cold)
3. Output udara panas
4. Output udara bersih
5. Alat pengering
6. Alat Mikrokontroller

Udara panas masuk melalui saluran nomor 1 yang berasal dari pembakaran menggunakan gas elpiji 3 Kg, kemudian udara panas tersebut dialirkan ke saluran nomor 3. Udara bersih masuk dari saluran nomor 2 dan keluar ke saluran nomor 4. Didalam alat penukar panas terjadi sentuhan udara panas pada pipa saluran masuk udara bersih (cold) sehingga udara bersih yang keluar terjadi kenaikan temperature yang akan masuk ke alat pengering. Sensor temperature diletakkan di silinder system pengering pada *outlet fresh air/* nomor 4 pada seperti pada gambar 4.1. Standar temperatur yang telah ditetapkan untuk sistem pengering adalah temperatur pengeringan produk pertanian[1] dalam hal ini sensor temperatur pada sistem pengering dapat kita atur sesuai ketentuannya. Sistem pengendali temperatur otomatis ini dilengkapi dengan sensor temperatur otomatis berpenampil LCD (digital). Apabila temperature berada diatas temperature yang telah ditetapkan maka alat mikrokontroller akan mengendalikan putaran fan nomor 1 untuk mengurangi suplai udara ke alat penukar panas sehingga temperatur didalam system pengering tetap berada di temperature normal sehingga mencegah terjadinya *overheating* didalam system pengering.

Berdasarkan hasil pengujian bahwa alat kontroler tersebut sesuai dengan yang diinginkan dimana pada saat temperature didalam alat pengering mencapai 80°C maka alat mikrokontroller menghidupkan fan untuk membuang temperature dalam alat pengering sampai temperature turun menjadi 70°C, tampilan nilai temperature ditunjukkan di LCD yang telah dipasang pada mikrokontroller.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa sudah dilakukan perancangan dan pembuatan alat control temperature untuk alat pengering produk pertanian dimana alat ini bisa mengontrol temperature didalam alat pengering sesuai dengan kebutuhan temperature yang diinginkan dan temperature ini disesuaikan dengan temperature produk pertanian yang telah distandarkan. Alat mikrokontroller yang digunakan adalah Arduino Mega2560.

REFERENSI

- [1] Ditjenbun, *Statistik Perkebunan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jendral Perkebunan, Departemen Pertanian, 2006.
- [2] S. Syukran, "Kaji Efisiensi Temperatur Penukar Panas Dengan Variasi Aliran Untuk Aplikasi Pengering," *J. Polimesin*, Vol. 16, No. 2, P. 39, Aug. 2018.
- [3] I. Putra, "Studi Perhitungan Heat Exchanger Type Shell And Tube Dehumidifier Biogas Limbah Sawit Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Biogas," *J. Polimesin*, Vol. 15, No. 2, P. 42, Sep. 2017.
- [4] Syafriyudin, "Oven Pengering Kerupuk Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 Menggunakan Pemanas Pada Industri Rumah Tangga", *Jurnal Teknologi*, Vol 2(1), Pp. 70-79. 2009.
- [5] Heroe Poernomo, "Pembuatan Alat Monitoring Penukar Panas (*Heat Exchanger*) Untuk Menganalisis Unjuk Kerja dan Karakteristiknya". *Jurnal Kapal*. Vol.10(3), Pp 164-174. 2013.
- [6] A. Azwinur And Z. Zulkifli, "Kaji Eksperimental Pengaruh Baffle Pada Alat Penukar Panas Aliran Searah Dalam Upaya Optimasi Sistem Pengering," *J. Mesin Teknol.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 8-14, Jun. 2019.
- [7] Arthur P. Fraas, *Heat Exchanger Design*, John Wiley & Sons, United States of America. 1988.
- [8] Arduino. *Arduino Mega 2560*. <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560> diakses tanggal 6 Maret 2019
- [9] Alan G. Smith, *Introduction to Arduino*, Cake made by Lisa Smith and family, 2011