

Technical Paper

Desain Sistem Kendali untuk Pengering Gabah dengan Kolektor Surya dan Penyimpan Panas

Design of Control System for Grain Drying with Solar Collector and Heat Storage

Fakhrul Irfan Khalil, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor,
E-mail : f.irfan.khalil@gmail.com

Leopold O. Nelwan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,
E-mail: lonelwan@yahoo.com

I Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor,
E-mail: dewamadesubrata@yahoo.com

Abstract

The main problem in the solar drying is the fluctuation of solar radiation that causes drying process takes place un-continuously. The purpose of this research was to design a control system in a grain dryer model using solar collectors and water as a heat storage so that the drying process model, heat storage and its utilization can take place effectively and efficiently. The control method used the ON-OFF control system based on microcontroller ATmega 16. The control system algorithm was based on comparison among air equilibrium moisture content (Me) of environment, Me in the drying chamber and the potential air Me . The results showed that the control system worked well on grain dryers system using solar collectors and water as the medium of heat storage. The average ambient air temperature of 35.6°C, RH of 51.3%, plenum of 35.4°C and the total radiation of 1.66 kWh/m², the system could dried 5 kg of grains at the top level from initial moisture content of 42.5% d.b to 18.3% d.b and at the bottom level of 42.2% d.b to 16.1% d.b during 10 hours. The water temperature rise although still used, from 32.1°C to the maximum reached 44.2°C and the remaining of 38.8°C.

Keywords: Control systems, flat plate solar collector, heat storage

Abstrak

Permasalahan utama dalam pengeringan surya adalah fluktuasi radiasi surya yang menyebabkan proses pengeringan sulit berlangsung secara kontinyu. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain sistem kendali pada pengeringan gabah yang menggunakan kolektor surya dan air sebagai media penyimpan panas sedemikian hingga proses pengeringan dan penyimpanan panas serta pemanfaatannya dapat berlangsung secara efektif dan efisien. Metode pengendalian yang digunakan adalah sistem kendali ON-OFF berbasis mikrokontroler ATmega 16 yang menggunakan algoritma sistem kendali dari proses perbandingan kadar air keseimbangan udara (Me) lingkungan, Me di dalam ruang pengering dan Me udara potensial. Hasil pengujian menunjukkan sistem kendali dapat bekerja dengan baik pada sistem pengering yang menggunakan kolektor surya dan penyimpanan panas pada medium air. Kinerja sistem kendali sesuai dengan algoritma yang dikembangkan ditunjukkan pada pengujian pengeringan 5 kg gabah dengan suhu dan RH lingkungan rata-rata 35.6°C dan 51.3%, suhu ruang plenum rata-rata 35.4°C, mampu menurunkan kadar air gabah di tumpukan atas dari 42.5% b.k menjadi 18.3% b.k dan pada tumpukan bawah dari kadar air 42.2% b.k menjadi 16.1% b.k selama 10 jam. Sedangkan suhu air terus meningkat meski tetap digunakan, mulai dari 32.1°C dan maksimal mencapai 44.2°C sampai akhir proses pengeringan masih tersisa 38.8°C.

Kata Kunci: Sistem kendali, kolektor surya plat datar, penyimpanan panas

Diterima: 4 November 2015; Disetujui: 18 Januari 2016

Pendahuluan

Pengeringan adalah salah satu metode pengawetan pangan yang paling tua dan umum digunakan. Metode pengeringan yang paling umum digunakan hingga saat ini adalah dengan menggunakan tenaga matahari langsung atau penjemuran (*sun drying*). Namun kini telah banyak dikembangkan metode pengeringan mekanis dan semi mekanis yang relatif murah dan cukup efektif dalam mengatasi berbagai kendala pada penjemuran yaitu kebutuhan lahan luas, fluktuasi radiasi surya, situasi cuaca yang berubah-ubah, adanya kontaminasi mikroorganisme, hewan, dan berbagai reaksi kimia lainnya.

Salah satu metode pengeringan artifisial yang dikembangkan adalah pengeringan dengan menggunakan kolektor surya plat datar. Fluktuasi radiasi surya adalah salah satu kendala utama pada pengeringan dengan penjemuran maupun dengan kolektor surya plat datar karena dapat menyebabkan kestabilan panas untuk pengeringan relatif rendah. Agar proses pengeringan dapat berlanjut ketika kondisi mendung atau hujan, maka perlu dilakukan penyimpanan energi panas yang diperoleh pada siang hari melalui kolektor surya kemudian disimpan pada medium air. Ketika suhu udara lingkungan menurun, maka energi panas dapat diambil dari suhu air yang disimpan sehingga proses pengeringan dapat berlangsung hingga malam hari sampai kadar air gabah yang diinginkan tercapai yaitu berkisar 12 – 14%.

Penelitian pengeringan terdahulu mengenai penyimpanan panas yang diperoleh dari kolektor surya plat datar dengan medium air, telah dilakukan oleh Irfantoro (1992) untuk pengeringan selai pisang dari kadar air 75% menjadi 37.61% selama 19 jam. Kemudian penelitian pengeringan dengan memanfaatkan udara lingkungan untuk pengeringan jagung telah dilakukan oleh Lovrent (2011) dan berhasil menurunkan kadar air awal rata-rata 20.89% b.k menjadi 16.20% b.k selama 10 jam untuk dengan kapasitas 22.5 kg. Kemudian penelitian pengeringan gabah dengan kolektor surya pelat datar dan menggunakan air sebagai media penyimpan panas dilakukan oleh Frima (2008), dengan hasil pengujian setelah 285 menit kadar air gabah berkapasitas 5 kg dapat diturunkan dari 25.15% menjadi 13.77%. Penelitian lain pada ruang penyimpanan dilakukan oleh Srzednicki (2005) dengan menggunakan sistem kendali berdasarkan nilai RH menyimpulkan bahwa pengeringan padi skala laboratorium dapat dilakukan dalam 24 jam dari kadar air 18.3% menjadi 13.7% pada RH lingkungan diatur pada 70%. Penelitian lain dilakukan Hendarto (2009) pada *In store dryer* dengan komoditas jagung serta sistem kendali On-Off diperoleh hasil pengeringan jagung berkapasitas 1201.2 kg, dari kadar air 17.61 % menjadi 12.37% b.k dan RH lingkungan rata-rata

51.9% selama 50 jam.

Berdasarkan penelitian terdahulu dengan sistem kendali penyimpanan termal dan pemanfaatannya perlu diteliti lebih lanjut, khususnya pada sistem pengendalian pemanfaatan energi serta aliran udara. Karena udara yang berfungsi memindahkan panas ke dalam sistem pengering dan membawa uap air ke luar sistem dapat mempengaruhi kualitas gabah. Agar distribusi udara pada sistem pengering dapat berlangsung dengan lancar dan kontinyu maka dibutuhkan sistem kendali otomatis yang berperan mengatur kebutuhan energi panas untuk pengeringan.

Dari uraian di atas maka dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mendesain algoritma sistem kendali pada pengering gabah yang menggunakan kolektor surya dan air sebagai media penyimpan panas. Penelitian ini mencakup desain perangkat keras yang meliputi perangkaian sistem kendali berbasis mikrokontroler ATmega, desain perangkat akuisisi data, pembacaan sensor, penampilan LCD dan desain perangkat lunak menggunakan pemrograman bahasa C.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Februari 2013 – Juni 2015 di Laboratorium Instrumentasi dan Kontrol, dilanjutkan di Laboratorium Energi Terbarukan, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan dalam merancang sistem kendali antara lain adalah solder, timah, papan pcb, *crimping tools*, multimeter, bor listrik, modul mikrokontroler ATmega 16, sensor SHT75 dan sensor LM35DZ. Peralatan untuk pengujian sistem kendali adalah kolektor surya dengan penyimpan panas, termokopel type T, timbangan digital, *moustrure tester*, pyranometer. Sedangkan bahan untuk pengujian pengeringan adalah gabah dengan kadar air 30% b.b yang diperoleh dari hasil panen petani di sekitar kampus IPB.

Metode Penelitian

Tahap pertama penelitian ini adalah merancang bangun perangkat keras sistem kendali untuk skema pengering dengan kolektor surya plat datar dan penyimpan panas. Tahap kedua adalah mengembangkan algoritma sistem kendali yang meliputi penyusunan diagram alir pemrograman dan pembuatan modul. Dan tahap ketiga adalah pengujian algoritma sistem kendali pada alat pengering dengan kolektor surya dan penyimpan panas. Pengujian dilakukan sesuai dengan kapasitas ruang pengering yaitu 5 kg dan 10 kg gabah serta dibandingkan dengan penjemuran.

Skema Sistem Pengering Kolektor Surya Plat Datar dengan Penyimpanan Panas

Alat pengering yang digunakan pada penelitian ini adalah pengering gabah tipe bak dengan kolektor surya plat datar dan sistem penyimpan panas pada medium air. Kolektor surya plat datar tersebut berdimensi 1 m x 1.5 m dan bak penampung air dengan volume 125 liter serta ruang pengering berkapasitas 10 kg. Pada Gambar 1 ditampilkan skema sistem kendali pengering gabah yang dirangkai sedemikian rupa dengan sistem kendali.

Proses penyerapan panas dimulai dengan mengalirkan air dari bak penampung (1) dengan menggunakan pompa (2) dan membuka katup 1 menuju kolektor surya plat datar (3) untuk menyerap panas kemudian kembali lagi ke bak penampung (4). Untuk proses pengambilan panas dari medium air dilakukan dengan mengalirkan air dari bak penampung (1) menuju penukar panas (5) dengan menggunakan pompa (2) dan membuka katup 2 serta mengaktifkan kipas yang mengarah ke ruang plenum.

Sistem kendali berperan mengendalikan aktuatur yang terdiri dari pompa, dua buah katup solenoid dan kipas berdasarkan input dari sensor suhu dan RH yang terdeteksi kemudian diproses sedemikian rupa oleh mikrokontroler. Katup solenoid 1 (*valve 1*) berfungsi untuk membuka dan menutup jalur aliran air dari bak penampung penyimpanan panas (*heat storage*) ke arah kolektor surya plat datar, sedangkan katup solenoid 2 (*valve 2*) berfungsi untuk membuka dan menutup jalur ke arah penukar panas (*radiator*).

Skema sistem kendali dan pembuatan modul

Algoritma sistem kendali disusun dalam bahasa C yang terdiri dari tiga modul (sub program). Modul

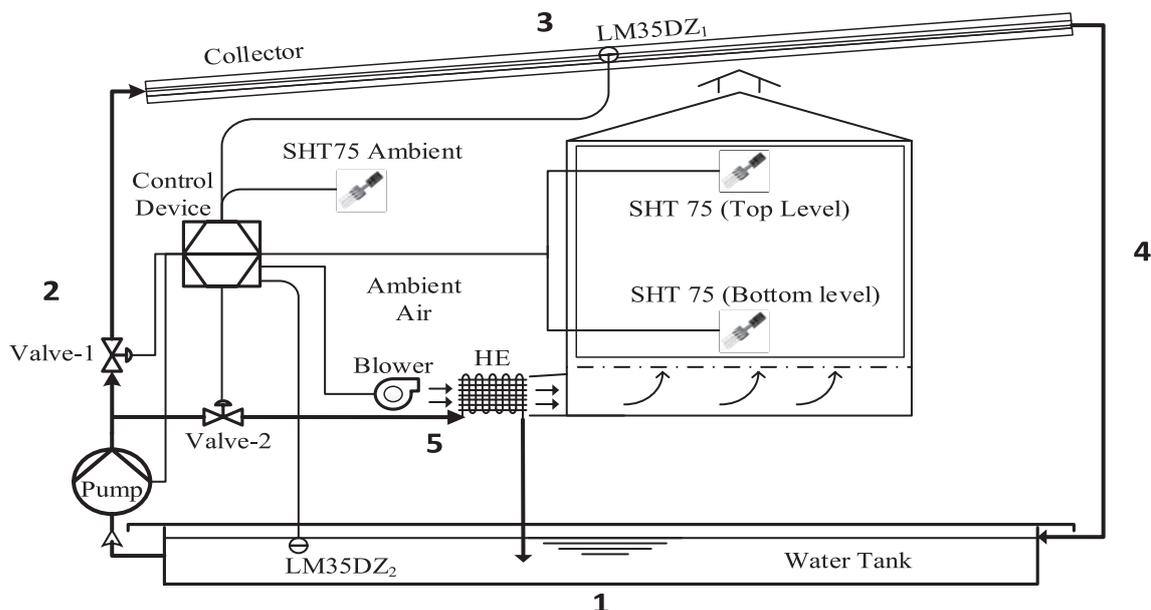
pertama adalah modul akuisisi data, di mana modul ini digunakan untuk penulisan dan pembacaan sensor SHT75 dan LM35DZ. Modul kedua adalah untuk menghitung *Me* berdasarkan persamaan (1) dari Henderson. Modul ketiga adalah untuk sistem pengendalian *ON-OFF* pada atuatur berdasarkan perbandingan nilai *Me* yang telah diproses pada modul dua. Secara umum modul pertama dan kedua disebut bagian akuisisi data sedangkan modul ketiga disebut bagian pengendalian, termasuk juga untuk pengendalian pengeringan malam hari yang panasnya berasal dari *heat storage* ataupun udara lingkungan yang berpotensi untuk pengeringan. Diagram alir strategi pengendalian secara keseluruhan diperlihatkan pada Gambar 2.

Penyusunan algoritma pengendalian menggunakan perbandingan nilai kadar air keseimbangan (*Me*) gabah di tumpukan atas, *Me* di tumpukan bawah, *Me* lingkungan dan *Me* potensial. *Me* potensial adalah suatu kondisi di mana suhu air yang tinggi atau panas dan kelembaban mutlaknya mendekati *Me* lingkungan. Untuk menghitung *Me* digunakan persamaan (4) dari Henderson (Thomson 1967) dalam Brooker *et al.* (1992).

$$Me = \left[\frac{\ln(1 - RH)}{-K(T + C) 100^N} \right]^{\frac{1}{N}} \tag{1}$$

Khusus untuk menghitung *Me* potensial digunakan kombinasi input suhu air yang diukur dengan sensor LM35DZ, dan RH udara lingkungan yang diukur dengan sensor SHT75. Proses menghitung nilai *Me* potensial adalah sebagai berikut:

- Menghitung *Pvs1* dengan input suhu (*T*) dari pembacaan sensor SHT75 lingkungan



Gambar 1. Skema sistem kendali pengeringan gabah dengan kolektor surya.

- Menghitung P_{vs2} dengan input suhu (T) dari LM35DZ di penyimpanan air,

$$\ln\left(\frac{P_{vs}}{R}\right) = \frac{A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4}{FT - GT^2} \quad (2)$$

di mana A, B, C, D, E, F, dan G adalah konstanta yang dinyatakan oleh Henderson, 1967.

- Kemudian menghitung P_v lingkungan dengan persamaan (3),

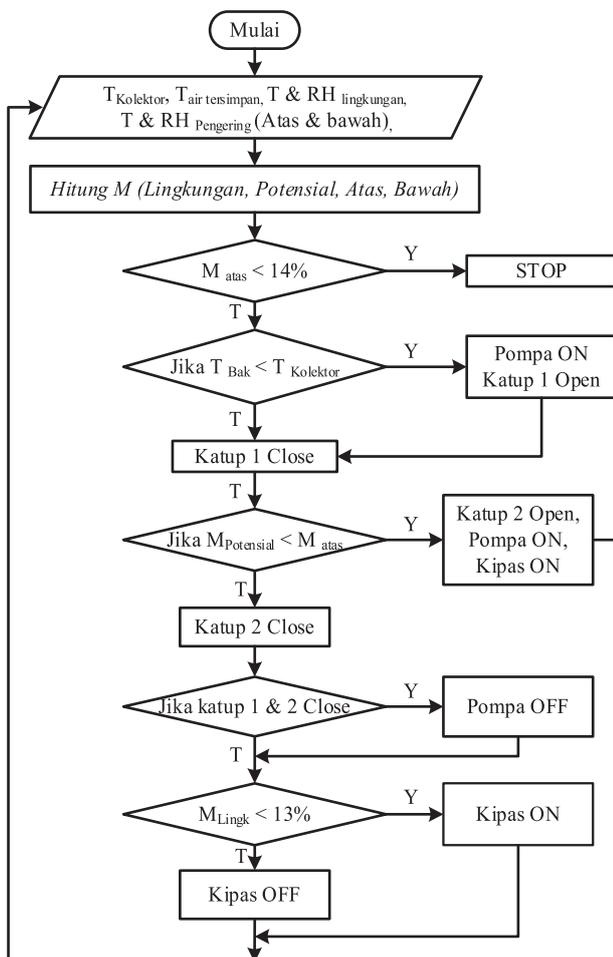
$$P_v = RH_{lingkungan} \times P_{vs1} \quad (3)$$

- Menghitung RH potensial dengan persamaan (4),

$$RH_{potensial} = \frac{P_v}{P_{vs2}} \quad (4)$$

Setelah diperoleh nilai RH potensial, dilanjutkan dengan menghitung nilai Me potensial dengan persamaan (1) dengan input dari suhu (T) air yang tersimpan dan RH potensial.

Adapun gambaran ringkas algoritma strategi pengendalian yang digunakan berdasarkan nilai Me adalah sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir strategi pengendalian.

1. Jika Me gabah di tumpukan atas < 14%, Pengeringan dihentikan karena Me telah tercapai dan seluruh aktuator dimatikan. Jika tidak, maka sistem melanjutkan proses,
2. Jika T air di bak < T kolektor, pompa dan katup 1 diaktifkan (terjadi proses pemanasan air), jika tidak maka katup 1 akan ditutup sehingga air tidak akan mengalir melalui kolektor yang justru menyebabkan pelepasan panas dari air ke kolektor.
3. Jika Me potensial < Me atas, sistem mengaktifkan pompa, membuka katup 2 dan kipas (terjadi proses pengambilan panas dari air untuk pengeringan), jika tidak maka katup 2 ditutup agar kipas tidak menghembuskan udara yang bersifat lembab ke ruang pengering yang menyebabkan gabah tetap basah.
4. Jika katup 1 dan 2 ditutup, pompa dimatikan tetapi sistem masih melanjutkan proses.
5. Jika Me lingkungan < 13%, kipas diaktifkan dan sebaliknya. Me lingkungan dibatasi harus lebih kecil dari 13% untuk mengantisipasi udara lingkungan yang justru menyebabkan gabah semakin basah.

Perancangan Hardware Sistem Kendali On-Off

Sistem kendali yang dirancang terdiri dari modul yang saling berhubungan sedemikian rupa dengan aktuator. Adapun bagian – bagian dari sistem kendali adalah:

- Mikrokontroler ATmega 16 pengendalian di *upload* ke dalam mikrokontroler untuk mengolah nilai digital yang dihasilkan oleh sensor suhu dan RH menjadi nilai kadar air keseimbangan (Me) lingkungan, Me ruang pengering (tumpukan atas dan bawah) dan Me potensial.
- Rangkaian LCD Rangkaian LCD berfungsi untuk menampilkan nilai suhu, RH dan Me yang telah diproses oleh mikrokontroler selama proses pengeringan. Nilai yang ditampilkan pada LCD dicatat sebagai data proses pengeringan gabah.
- Rangkaian catu daya Catu daya yang digunakan adalah trafo CT 3A yang kemudian dihubungkan dengan rangkaian penyearah untuk menghasilkan tegangan yang dibutuhkan untuk rangkaian sistem kendali.
- Rangkaian Pengendali ON – OFF Rangkaian pengendali ON-OFF dapat disebut sebagai *dimmer* yang terdiri dari komponen utama triac BTA41, dan diac jenis IC MOC 3020M.
- Rangkaian Sensor SHT75 dan LM35DZ Sensor SHT75 dipegunakan untuk mengukur

suhu dan RH yang ditempatkan di ruang pengereng bagian atas dan bawah serta di lingkungan. Sedangkan sensor LM35DZ dipergunakan untuk mengukur suhu air dan kolektor surya plat datar.

Prosedur percobaan

Masing-masing aktuator dihubungkan ke catu daya yang terhubung dengan modul rangkaian *dimmer*. Gabah ditimbang seberat 5 kg atau 10 kg kemudian ditempatkan pada ruang pengereng besamaan dengan menempatkan sensor SHT75. Sensor LM35DZ dipasang pada kolektor dan bak penampung air. Parameter yang diukur pada sistem pengeringan ini meliputi:

- Suhu (T) dan kelembaban Udara (RH)
Titik pengukuran T dan RH dengan menggunakan sensor SHT 75 yang diletakkan di tumpukan atas dan bawah ruang pengereng serta di lingkungan. luar ruang pengereng untuk mengukur kondisi suhu dan RH lingkungan. Sedangkan sensor LM35DZ digunakan untuk mengukur suhu air di bak penampung dan kolektor. Pengukuran suhu dan RH dengan sensor dibandingkan juga dengan pengukuran dengan termokopel.
- Kadar air gabah
Pengukuran kadar air gabah dilakukan sebelum pengeringan, saat pengeringan dengan interval waktu 1 (satu) jam hingga mencapai kadar air akhir 12 – 14% bb. Pengukuran kadar air diperoleh dari perubahan massa bahan selama proses pengeringan. Kadar air awal dan akhir diukur dengan menggunakan *moisture tester*.
- Intensitas cahaya matahari
Pengukuran intensitas cahaya dilakukan dengan menggunakan pyranometer yang keluarannya berupa tegangan (mV). Tegangan keluaran dari pyranometer sebesar 1 mV setara dengan 1000/7 Watt/m², maka akan diperoleh irradiasi sesaat.

Hasil dan Pembahasan

Bagian – bagian perangkat sistem kendali

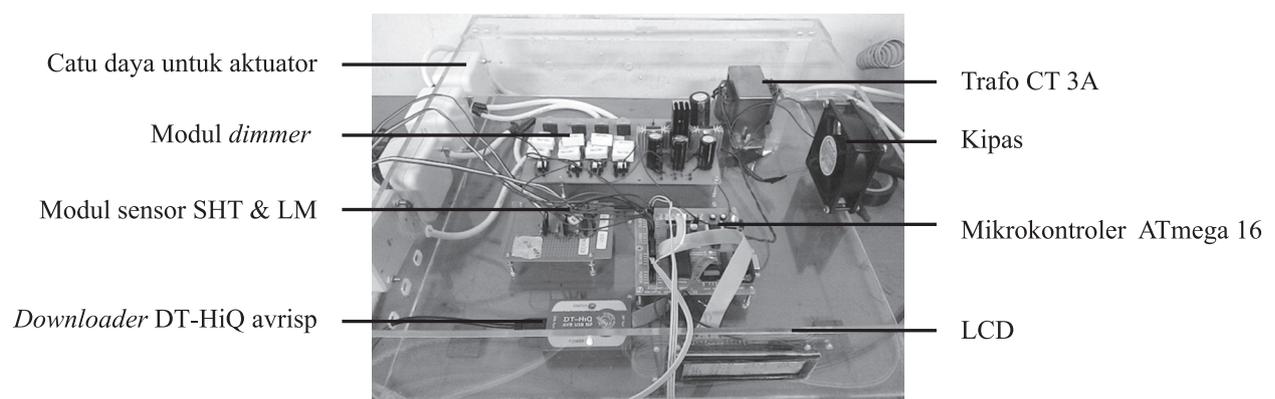
Sistem kendali *ON-OFF* yang dirancang pada dasarnya berfungsi untuk menyalurkan dan memutus arus listrik yang menuju ke aktuator yang dikendalikan. Aktuator tersebut terdiri dari pompa air, dua buah katup solenoid dan kipas. Masing-masing memiliki jalur yang terhubung ke mikrokontroler. Ketika mikrokontroler menerima input dari sensor berupa data suhu dan RH, sistem mengolah data tersebut dan selanjutnya mengirim signal ke rangkaian *dimmer* berupa nilai biner untuk mengaktifkan aktuator tersebut. Foto rangkaian sistem kendali On-Off ditampilkan pada Gambar 3.

Pengujian Algoritma Sistem Kendali pada Pengereng Kolektor Surya Plat Datar

Setelah sistem kendali *ON-OFF* dihubungkan sedemikian rupa pada alat pengereng dengan kolektor surya, secara otomatis seluruh aktuator bekerja sesuai dengan algoritma sistem kendali. Proses pengujian dilakukan pada 5 kg gabah dengan ketebalan tumpukan 9 cm dan 10 kg dengan ketebalan 20 cm. Respon masing-masing aktuator pada tiap pengujian ditampilkan pada Gambar 4 dan Gambar 7 di mana kerja aktuator dipengaruhi oleh input dari pembacaan sensor.

Pengujian sistem kendali pada pengeringan gabah 5kg

Pada Gambar 4a diperlihatkan kondisi aktuator pompa yang diaktifkan ketika sistem mendeteksi Me pada tumpukan atas lebih tinggi dari 14%, kemudian sistem membandingkan suhu pada kolektor dan suhu air pada bak penampung. Setelah sistem membaca suhu kolektor ternyata lebih tinggi dari pada suhu air, maka sistem secara otomatis membuka katup 1. Gambar 4b menunjukkan proses pemanasan air yang berlangsung selama suhu kolektor lebih tinggi dari suhu air di tangki penyimpan, dan aktuator katup 1 dimatikan ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kolektor, yaitu ketika suhu air mencapai 44.6°C dan suhu kolektor



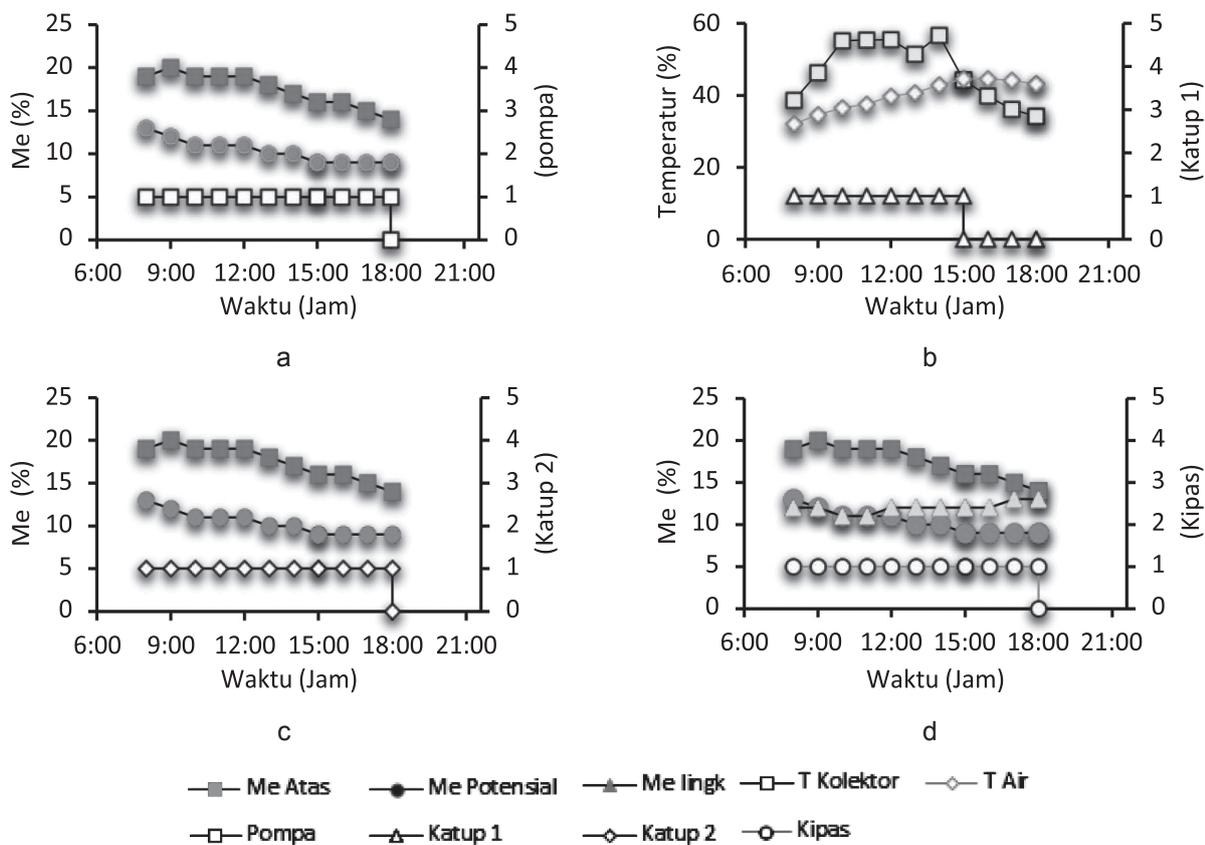
Gambar 3. Rangkaian sistem kendali berbasis mikrokontroler ATmega16.

44.3°C pada jam 15.00 WIB, akibat radiasi surya mulai turun. Jika katup 1 tidak dimatikan maka dapat menyebabkan kerugian berupa pelepasan panas ke udara melalui kolektor surya.

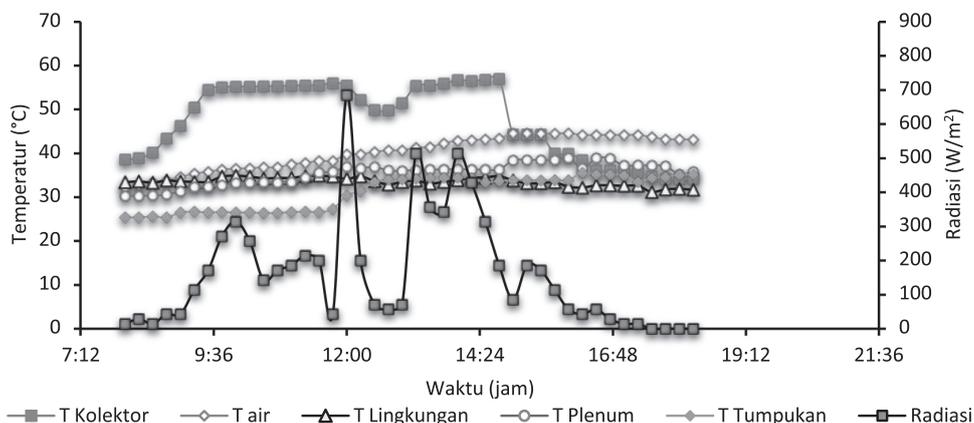
Pada Gambar 4c dan 4d diperlihatkan kondisi Me atas, Me potensial, Me lingkungan, katup 2 dan kipas. Ketika Me potensial lebih rendah dari pada Me atas maka sistem membuka katup 2 untuk melakukan proses pengambilan panas dari air untuk pengeringan. Proses pertukaran panas tersebut dilakukan dengan bantuan radiator dan kipas. Sistem mengaktifkan kipas untuk menghebuskan udara ke ruang plenum selama Me potensial masih lebih rendah daripada Me atas atau selama Me atas

masih belum mencapai kurang dari 14%. Sistem kendali mematikan seluruh aktuator ketika Me atas telah mencapai kurang dari 14% pada pukul 18.00 WIB.

Pada percobaan ini diperlihatkan proses pengeringan gabah terjadi bersamaan dengan pemanasan air meskipun panas yang digunakan untuk pengeringan tersebut juga diambil dari air yang telah dipanaskan. Meskipun demikian suhu air tetap mengalami peningkatan sampai radiasi surya mulai berkurang. Sementara suhu udara di dalam ruang plenum tercatat rata-rata 35.5°C sedangkan suhu lingkungan rata-rata 34.1°C dengan RH rata-rata 51.3%. Perubahan suhu air, suhu kolektor, suhu



Gambar 4. Aktivitas aktuator terhadap kondisi Me, suhu kolektor dan suhu air pada pengujian dengan 5kg.



Gambar 5. Perubahan suhu pada pengujian dengan 5 kg gabah

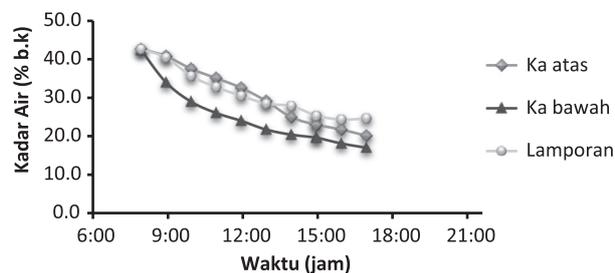
lingkungan dan suhu ruang plenum diperlihatkan pada

Suhu awal air di bak 32.1°C, setelah pemanasan selama 240 menit mulai dari jam 08:00 sampai jam 12:00 WIB suhu air di bak menjadi 39.8°C. Suhu maksimal air selama proses pengujian mencapai 45°C, sedangkan pada kolektor surya terjadi penurunan suhu yang drastis mulai jam 14:30 WIB karena mendung dan hembusan angin yang cukup kencang. Selama proses pemanasan air, sistem juga menggunakan panas dari air untuk pengeringan gabah. Suhu udara lingkungan rata-rata 35.2°C dengan RH rata-rata 51.3% dan suhu ruang plenum rata-rata 35.4°C. Pengujian pengeringan dengan kapasitas 5 kg ini berlangsung selama 600 menit (10 jam) di mana seluruh aktuatur dimatikan oleh sistem kendali karena Me

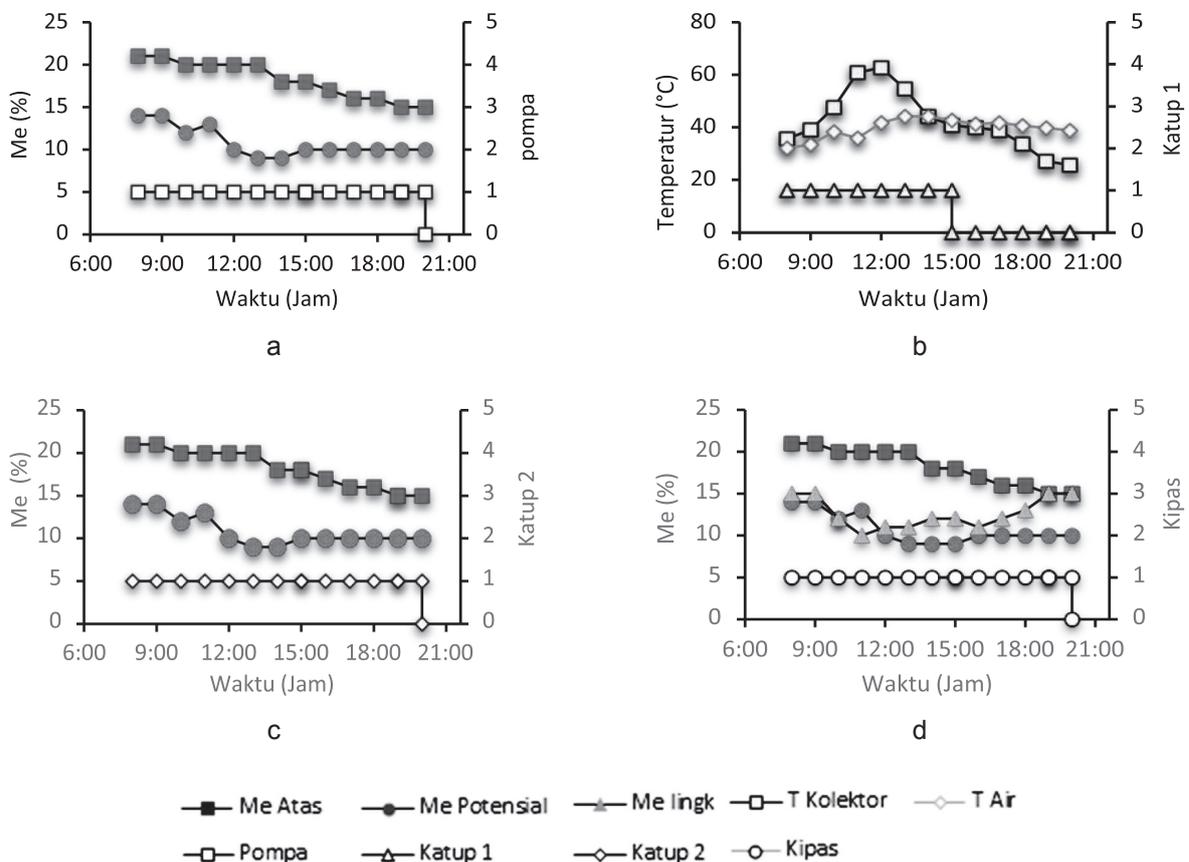
gabah telah terpenuhi yaitu kurang dari 14% pada pukul 18:00 WIB. Sementara suhu air di dalam bak penyimpan masih cukup tinggi yaitu 43.1°C dengan RH potensial 36%, dan Me potensial 9% sehingga masih sangat berpotensi untuk proses pengeringan berikutnya.

Pada Gambar 6 ditampilkan penurunan kadar air pada tumpukan bawah lebih cepat dari pada tumpukan atas. Hal ini karena udara panas lebih dulu mengenai gabah di permukaan bawah, juga karena pada proses penelitian ini tidak dilakukan pengadukan dengan tujuan agar pemantauan perubahan Me pada lapisan atas dan bawah lebih jelas. Meskipun pada umumnya pengeringan tipe tumpukan harus dilakukan pengadukan.

Jika dibandingkan dengan pengeringan dengan penjemuran atau lamporan dapat dilihat terjadi penurunan kadar air yang cukup signifikan mulai pukul 14:30 WIB di mana radiasi mulai berkurang. Kadar air awal gabah untuk penjemuran adalah 42.5% b.k dan kadar air akhir 24.7% b.k pada jam 18:00 WIB. Sedangkan untuk kadar air gabah di tumpukan atas diturunkan dari 42.4% b.k menjadi 18.3% b.k dan kadar air gabah di tumpukan bawah diturunkan dari 42.2% b.k menjadi 16.1% b.k. Berdasarkan eksperimen ini menunjukkan bahwa proses pengeringan dengan alat pengering yang menggunakan sistem kendali lebih cepat dari pada metode penjemuran.



Gambar 6. Penurunan kadar air 5 kg gabah dengan sistem kendali.



Gambar 7. Aktivitas aktuatur terhadap kondisi Me, suhu kolektor dan suhu air pada pengujian dengan 10 kg gabah.

Pengujian sistem kendali pada pengeringan gabah 10 kg

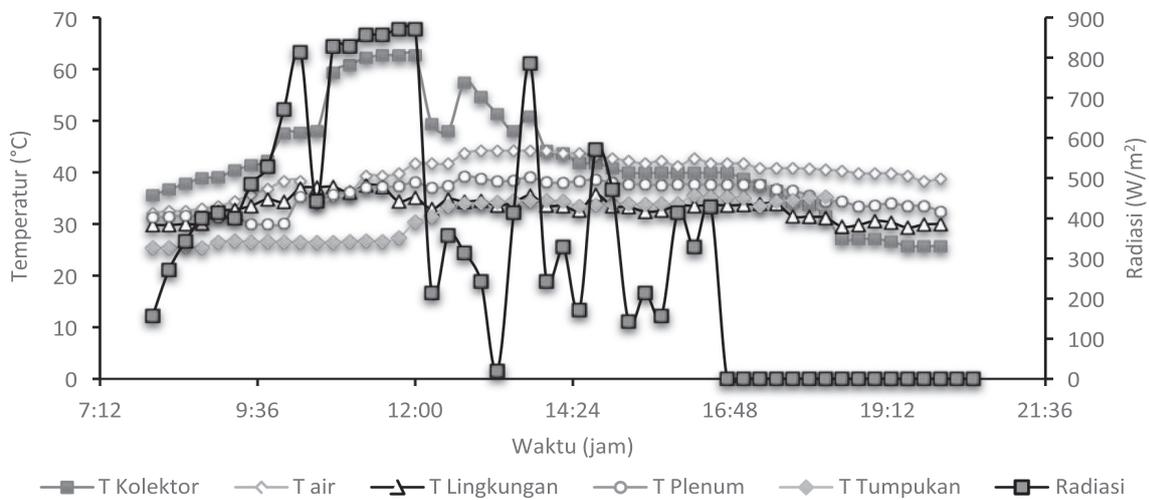
Pengujian sistem kendali pada 10 kg gabah dengan tebal tumpukan 20 cm diperlihatkan pada Gambar 7 a-d, di mana pada Gambar 7a ditunjukkan kondisi aktuator pompa yang diaktifkan ketika sistem mendeteksi Me pada tumpukan atas lebih tinggi dari 14%, kemudian sistem membandingkan suhu pada kolektor dan suhu air pada bak penampung. Setelah sistem membaca suhu kolektor ternyata lebih tinggi dari pada suhu air, maka sistem secara otomatis membuka katup 1 untuk melakukan penyerapan panas dari kolektor surya plat datar. Poses pemanasan air yang ditunjukkan pada Gambar 7b berlangsung selama suhu kolektor lebih tinggi dari suhu air, dan aktuator dimatikan ketika suhu air lebih tinggi dari suhu kolektor yang terjadi pada jam 14:30 WIB pada saat suhu air mencapai 42.7°C dan suhu kolektor 40.8°C.

Pada Gambar 7c dan 7d diperlihatkan respon aktuator kipas, katup 2, terhadap kondisi Me atas, Me potensial, Me lingkungan. Ketika Me potensial lebih rendah dari pada Me atas maka sistem membuka katup 2 untuk melakukan proses pengambilan panas dari air untuk pengeringan. Proses pertukaran panas tersebut dilakukan dengan bantuan radiator dan kipas. Sistem mengaktifkan kipas untuk menghebuskan udara ke ruang plenum

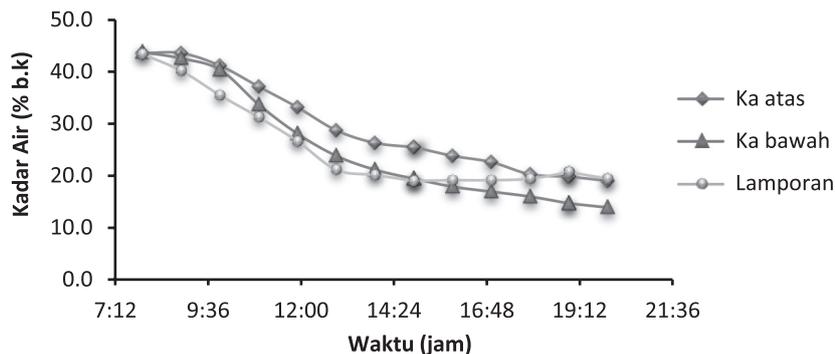
selama Me potensial masih lebih rendah daripada Me atas atau selama Me atas masih belum tercapai. Sistem kendali mematikan seluruh aktuator ketika Me atas telah mencapai kurang dari 14% yaitu pada pukul 20:00 WIB.

Seperti pada percobaan dengan kapasitas 5 kg, Pada percobaan pengeringan 10 kg juga diperlihatkan proses pemanasan air terjadi bersamaan dengan pengeringan, tetapi suhu air tetap mengalami peningkatan. Suhu air awal di bak tercatat 32.1°C dan suhu kolektor 35.6°C sementara suhu udara lingkungan rata-rata 35.4°C dan RH 54.8%. Hingga akhir proses pengeringan yang berlangsung selama 720 menit (12 jam), suhu air di bak penampung tercatat 38.8°C dan suhu kolektor 25.7°C sementara RH potensial 43% dan Me potensial 11% yang artinya masih sangat berpotensi untuk digunakan. Total radiasi surya pada saat pengujian sistem kendali adalah 3.90 kWh. Grafik perubahan suhu air, suhu kolektor, suhu lingkungan dan suhu ruang plenum diperlihatkan pada gambar 8. Sedangkan perubahan kondisi kadar air selama percobaan diperlihatkan pada gambar 9.

Pada Gambar 9 dapat dilihat penurunan kadar air dengan penjemuran lebih cepat daripada pengeringan dengan alat, hal ini terjadi karena faktor radiasi surya yang langsung mengenai gabah



Gambar 8. Grafik Perubahan suhu pada pengujian 10 kg gabah.



Gambar 9. Grafik penurunan kadar air 10 kg gabah dengan sistem kendali

pada saat pengujian cukup tinggi yaitu rata-rata 591 W/m² mulai dari jam 8:00 WIB hingga jam 12:00 WIB sehingga penguapan relatif lebih cepat.

Sementara pada alat pengereng dengan sistem kendali, proses penurunan kadar air mulai terlihat sekitar jam 10:00 WIB, demikian juga pada gabah di tumpukan atas. Hal ini terjadi karena pada awal proses sistem melakukan proses penyerapan panas terlebih dahulu dari kolektor surya plat datar untuk disimpan pada medium air, gabah di dalam ruang pengereng tidak terpapar langsung dengan sinar matahari dan juga udara kering yang dihembuskan ke ruang plenum relatif masih rendah. Akan tetapi salah satu keuntungan yang diperoleh dari penggunaan sistem kendali pengeringan ini adalah adanya energi panas yang tersimpan mencapai 38.8°C untuk digunakan pada pengeringan selanjutnya yaitu pada malam hari sampai sistem mendeteksi suhu air dan RH potensial tidak memenuhi syarat untuk digunakan mengeringkan gabah.

Kadar air awal gabah untuk proses penjemuran adalah 42.2% (b.k) dan kadar air akhir 18.5 % (b.k) pada jam 20:00 WIB. Sedangkan untuk kadar air gabah di tumpukan atas dapat diturunkan dari 42.5% (b.k) menjadi 18.1% (b.k) dan kadar air gabah di tumpukan bawah dapat diturunkan dari 42.7% (b.k) menjadi 13.0% (b.k).

Simpulan

Algoritma sistem kendali *ON-OFF* berbasis mikrokontroler ATmega 16 untuk pengeringan gabah telah berhasil dirancang dan telah diuji. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, algoritma sistem kendali untuk pengeringan gabah dan penyimpanan panas dapat bekerja dengan baik.

Pada pengujian algoritma sistem kendali pengeringan 5 kg gabah dengan suhu lingkungan rata-rata 35.6°C dan RH rata-rata 51.3% mampu menurunkan kadar air tumpukan atas dari 42.5% b.k menjadi 18.3% b.k dan pada tumpukan bawah dari kadar air 42.2% b.k menjadi 16.1% b.k selama 10 jam.

Pada pengujian algoritma sistem kendali pengeringan 10 kg gabah dengan suhu lingkungan rata-rata 35.4°C dan RH rata-rata 54.8% mampu menurunkan kadar air gabah di permukaan atas dari

42.5% b.k menjadi 18.1% b.k dan pada tumpukan bawah dari kadar air 42.7% b.k menjadi 13.0% selama 12 jam.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa proses pengeringan dengan metode tumpukan pada ketebalan 20 cm dapat dilakukan dengan baik meski tanpa pengadukan tetapi menggunakan sistem kendali yang terintegrasi dengan kolektor surya plat datar dan penyimpanan panas pada medium air.

Saran

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka diajukan saran antara lain menambahkan algoritma dalam proses pengendalian kecepatan kipas berdasarkan kebutuhan bahan. Selanjutnya perlu dilakukan pengujian sistem kendali pada alat pengereng tipe tumpukan yang lebih besar.

Daftar Pustaka

- Brooker, 1992. Drying and Storage of grains and Oilseeds. The AVI Publishing Company, Inc. New York.
- Nitipraja, Frima. 2008. Rancangan Alat Pengereng Dengan Kolektor Surya Plat Datar Yang Menggunakan Air Sebagai Media Penyimpan Panas Untuk Pengeringan Gabah [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hendarto, D. 2008. Sistem Kendali Pada In Storage Dryer (ISD) Untuk Komuditas Jagung [Thesis]. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Henderson, S.M. dan R.L. Perry. 1967. Agricultural Process Engineering. Terjemahan. Pratomo, M, Jakarta : Departemen P & K.
- Irfantoro. 1992. Uji Penampilan Kolektor Plat Datar dengan Media Penyimpan Air Untuk Pengeringan Selai Pisang [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.
- Simbolon, Lovrent. 2011. Strategi Pengendalian pada Pengeringan Jagung Pipilan yang Memanfaatkan Udara Lingkungan [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. IPB.
- Szrednicki, G. 2005. Development of control system for in-store drying of paddy in Noreast China. Journal of Food Engineering. Science direct.

Halaman ini sengaja dikosongkan