

The design of a roasted coffee sorter system in order to control the quality of roasted coffee automatically based on the analysis of the thermographic image and color of roasted coffee

Yanuar Burhanuddin*, Salfa Ade Nugraha, Masagus Imran Maulana,
Suryadiwansa Harun dan Ahmad Suudi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

*Corresponding author: yanuar.burhanuddin@eng.unila.ac.id

Abstract. Coffee is a type of plantation that has long been cultivated in Lampung province, because it has high economic value. In the processing of coffee in processed ground coffee industrially the quality of ground coffee is influenced by the quality of roasting. One of the obstacles that causes the low quality of processed coffee beans is one of them due to uneven roasting heat and the absence of temperature control in manual roasting resulting in overheating which causes uneven heat distribution of coffee beans and black coffee beans blackening. To overcome this problem, it needs an automatic roasted coffee bean sorting machine based on the temperature and color parameters of the coffee. The completion of the design is carried out in 2 stages, namely the design of the belt conveyor and the design of the automation. After the equipment has been fabricated, then the carrying capacity testing is carried out. After that testing the temperature and color of roasted coffee. Temperature sensing testing uses a Cheap Thermocam V4 thermography camera connected to the computer. Testing the color of the coffee obtained color intensity associated with the physical color of the coffee and its temperature.

Abstrak. Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan di provinsi Lampung, karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi. Dalam pengolahan kopi pada olahan kopi bubuk secara industri kualitas kopi bubuk dipengaruhi kualitas penyangraian. Salah satu kendala yang menyebabkan rendahnya mutu biji kopi hasil olahan petani salah satunya dikarenakan panas penyangraian yang tidak merata dan tidak adanya pengontrolan suhu dalam penyangraian manual akibatnya terjadi panas berlebih yang menyebabkan distribusi panas pada biji kopi tidak merata dan biji kopi lebih cepat menghitam. Untuk menanggulangi masalah tersebut perlu mesin pemilah biji kopi sangrai dengan sistem otomatis berdasarkan parameter suhu dan warna kopi. Penyelesaian rancang bangun ini dilakukan dengan 2 tahapan yaitu perancangan konveyor sabuk dan perancangan otomatisasi. Setelah peralatan sudah difabrikasi selanjutnya dilakukan pengujian kapasitas angkut. Setelah itu dilakukan pengujian penginderaan suhu dan warna kopi sangrai. Pengujian penginderaan suhu menggunakan kamera termografi Cheap Thermocam V4 yang terhubung ke komputer. Pengujian warna kopi diperoleh intensitas warna yang berkaitan dengan warna fisik kopi dan suhunya.

Kata kunci: sistem pemilah kopi sangrai, konveyor sabuk, suhu sangrai, citra termografi, sensor warna.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Sebelum menjadi minuman yang siap disajikan dan bercita rasa tinggi membutuhkan beberapa proses cukup panjang dan upaya mempertahankan kualitas kopi tersebut, dimulai sejak proses pemanenan di kebun dan dilanjutkan proses pascapanen sampai dihasilkan biji kopi kering (green bean) [1].

Secara garis besar proses pengolahan kopi berikutnya juga dilakukan upaya

mempertahankan kualitas kopi tetap prima, mulai dari penyangraian (roasting), penggilingan (grinding), sampai dengan menjadi produk bubuk kopi yang siap dikemas dan dijual [1,2].

Pada tahap penyangraian, kopi disangrai hingga mencapai tingkat kematangan sempurna. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi tingkat kematangan kopi, diantaranya suhu, warna, waktu dan jumlah

kopi yang di sangrai dalam satu mesin sangrai kopi. Tingkat kematangan biji kopi mempengaruhi karakter rasa dari minuman kopi. Terdapat macam-macam kematangan kopi yaitu light roast, medium roast dan dark roast [3]

Pengendalian mutu hasil penyangraian perlu dilakukan untuk mendapatkan kopi bubuk yang bermutu. Saat ini beberapa industri masih menggunakan cara konvensional dalam menentukan kualitas kematangan biji kopi yang telah disangrai yaitu dengan tenaga manusia. Karena masih menggunakan tenaga manusia, tingkat kekonsistenan pemilihan kopi berkualitas terkadang tidak sesuai, sehingga biji kopi yang matang maupun belum matang sempurna terkadang ikut tercampur ke dalam produk. Selain itu, proses pemilahan dengan tenaga manusia akan memakan waktu, biaya, serta tenaga operator itu sendiri. Teknik pengontrolan kematangan kopi sangrai saat ini dilakukan pada mesin sangrai dengan cara menetapkan dan mengendalikan suhu [3,4]

Untuk menanggulangi masalah tersebut perlu adanya mesin pemilah biji kopi dengan sistem otomatis yang dapat memilah kematangan kopi sangrai dengan parameter suhu dan warna kopi, sehingga kopi yang telah disangrai benar-benar matang dan berkualitas. Sistem yang dibuat dapat diterapkan pada konveyor pemilah kualitas kopi sangrai di sebuah perusahaan pembuat kopi. Makalah ini ditulis untuk memaparkan perancangan sistem sortir kopi sangrai dalam rangka pengendalian mutu kopi sangrai secara otomatis dengan dasar analisis citra termografi dan warna kopi sangrai.

Metode Penelitian

Perancangan Konstruksi Alat. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tahap yaitu perancangan konstruksi, pembuatan dan pengujian alat. Langkah pertama adalah

membuat rencana (*concept design*) sistem konveyor sabuk. Sistem konveyor sabuk berfungsi untuk membawa kopi dari outlet mesin sangrai ke kotak pemilahan. Diantara mesin dan kotak diletakkan gawang yang dipasang kamera termografi dan sensor warna. Suhu dan warna kopi sangrai akan terdeteksi apabila melewati gawang tersebut. Kemudian sesuai dengan kematangan kopi maka kopi akan diarahkan ke kotak pemilahan kopi yang sesuai (matang atau terlalu matang)

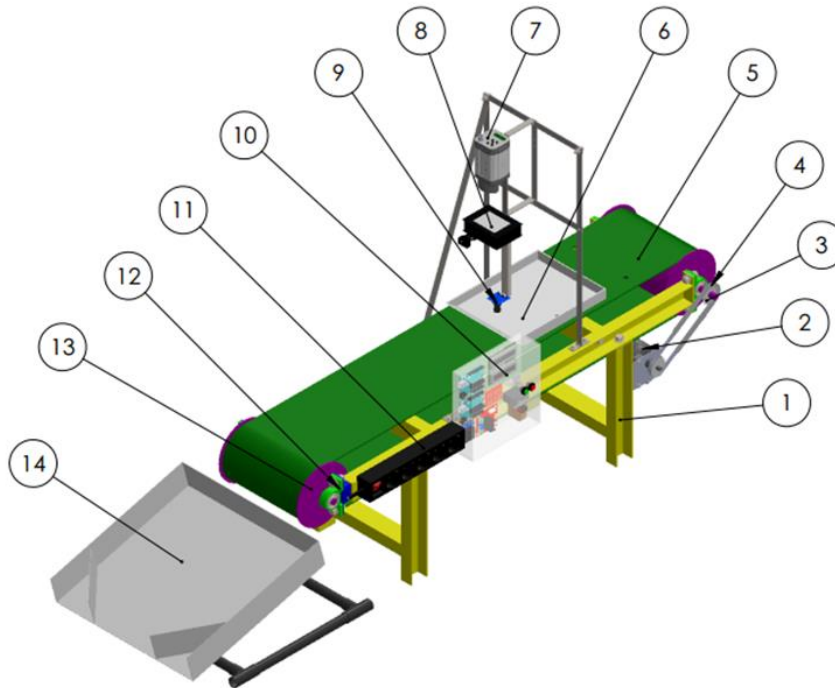
Setelah melalui beberapa tahap perencanaan, maka tahap selanjutnya yaitu tahap penyempurnaan desain (*detail design*) konstruksi alat beserta dimensi *part* secara menyeluruh dengan menggunakan aplikasi gambar teknik. Penampakan rancangan konstruksi alat sortir dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan sistem alat sortir yang sudah difabrikasi dapat dilihat pada Gambar 2

Perancangan Kendali Otomasi. Adapun perancangan kendali otomasi dibuat dalam penelitian yaitu rancangan sistem otomasi sortir dengan kendali loop semi tertutup. Rancangan pengendalian sistem sortir kopi sangrai tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

Komponen-komponen sistem otomasi yang dibuat terdiri dari:

1. Otomasi penggerak konveyor
2. Otomasi pengindra warna
3. Otomasi pengindra suhu
4. Otomasi nampun sortir kopi sangrai.

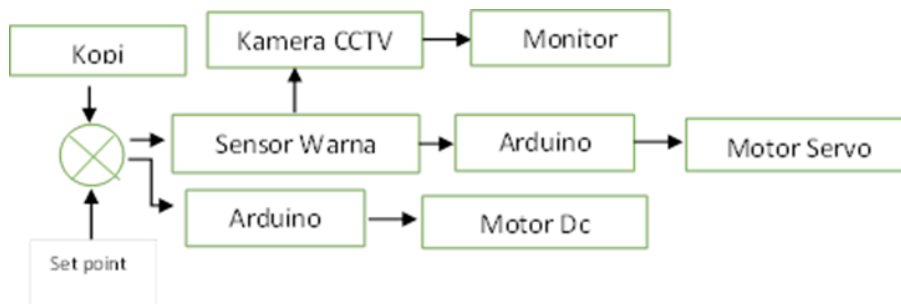
Keempat komponen otomasi ini terintegrasi dengan menggunakan *Arduino Uno* sebagai sistem kontrol yang dapat membaca suhu dari kamera termal dan intensitas warna kopi sangrai dari sensor warna untuk memilah biji kopi sangrai pada kondisi warna yang berbeda.



Gambar 1. Rancangan konstruksi sistem sortir kopi sangrai: 1. Rangka konveyor, 2. Motor DC, 3. Roda gigi (*sprocket*), 4. Rantai, 5. Sabuk (*belt*), 6. Nampan pembawa, 7. Kamera CCTV, 8. Kamera termal, 9. Sensor warna TCS3200, 10. Kontrol unit Arduino, 11. Power terminal, 12. Bantalan (*bearing*), 13. Roll sabuk, 14. Nampan pemilah



Gambar 2. Alat sistem sortir kopi sangrai yang sudah difabrikasi

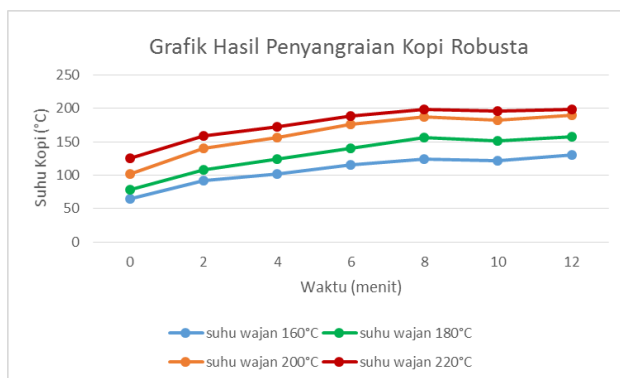


Gambar 3. Diagram blok pengendalian sistem sortir kopi sangrai

Hasil dan Pembahasan

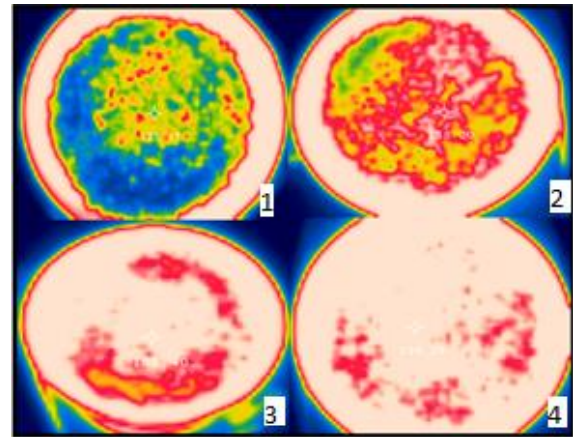
Suhu Penyangraian. Proses pengujian dilakukan dengan empat variasi temperatur yaitu 160, 180, 200, 220°C. Penyangraian dilakukan dengan kopi seberat 100 gram pada setiap variasi suhu dan suhu kopi diukur dengan interval 2 menit dalam 12 menit penyangraian. Suhu kopi tersebut diukur dengan menggunakan kamera termal dan termokopel (sebagai pembanding).

Pengujian pemantauan suhu dan distribusi suhu kopi robusta disangrai telah dilakukan untuk mendapatkan rata-rata suhu. Citra hasil pemantauan yang ditampilkan pada berbagai kondisi. Ada dua hal yang dapat kita perhatikan yaitu kecepatan pemanasan sampai suhu kopi sangrai sama dengan wadah pemanas dan distribusi penyerapan panas kopi. Selama proses penyangraian berlangsung, terjadi perpindahan panas dari permukaan pemanas ke dalam bahan. Panas yang masuk ke bahan menyebabkan perubahan suhu dalam bahan. Kondisi ini akan berakhir ketika keadaan mulai jenuh yaitu bila suhu bahan terus meningkat sampai mendekati suhu penyangraian.



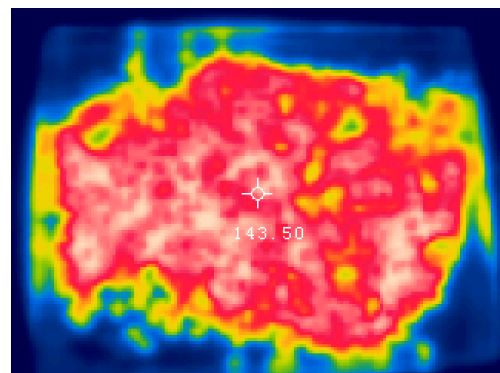
Gambar 4. Grafik hasil penyangraian kopi robusta

Pada Gambar 5, 6 dan 7 terlihat distribusi panas biji kopi sangrai setelah setpoint suhu terpenuhi. Pada gambar 5 nampak jelas distribusi panas biji kopi pada setting suhu yang lebih tinggi akan hampir merata dan berwarna merah muda.

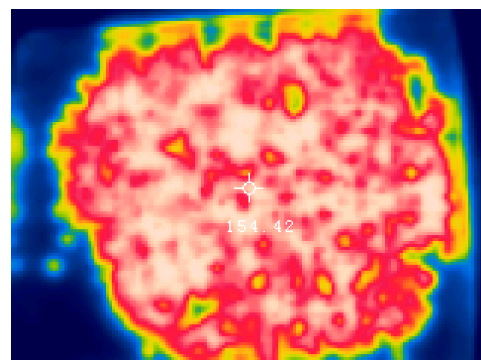


Gambar 5. Distribusi suhu penyangraian kopi robusta pada suhu (220°C) 1. Kondisi saat interval 0 menit, 2. Kondisi saat interval 2 menit, 3. Kondisi saat interval 8 menit, 4. Kondisi saat interval 12 menit.

Kemudian citra suhu yang telah didapat akan diolah kembali dengan menggunakan aplikasi IMAGE J. Setelah melakukan penyangraian kopi robusta setiap 12 menit dan pengambilan data setiap interval 2 menit, maka diperoleh data citra dan suhu yang ditunjukkan pada gambar 5.



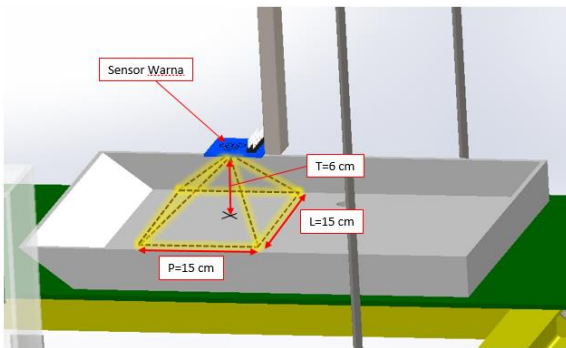
Gambar 6. Termografi pada penyangraian kopi 200°C



Gambar 7. Termografi pada penyangraian kopi 220°C

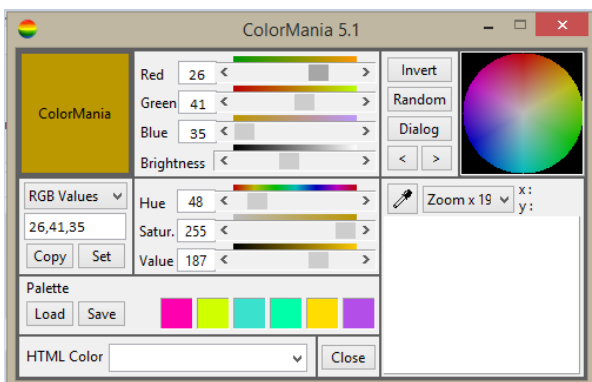
Pengujian Respon Sensor Warna.

Pengujian respon sensor (lihat Gambar 8) ini dilakukan agar mengetahui karakteristik sensor warna terhadap warna kopi sangrai, untuk jarak ketinggian sensor warna terhadap dasar nampan adalah 6 cm dan pada permukaan kopi yang baik adalah 2 cm, sedangkan radius pembacaan area yang ditangkap sensor seluas 15x15 cm, karena jika kurang dari 6 cm area yang ditangkap sensor tidak luas dan menghindari nampan menyangkut disensor sedangkan bila lebih dari 6 cm nilai intensitas yang ditangkap sensor akan kecil dan tidak akurat.



Gambar 8. Luas area dan ketinggian sensor

Kopi sangrai dengan berbagai tingkat kematangan (light roast, medium roast dan dark roast) diambil nilai suhu dan intensitas warnanya (RGB). Untuk mendapatkan data intensitas warna, maka warna kopi sangrai diolah dengan aplikasi *Color Mania 5.1*. Contoh nilai intensitas warna RGB dapat dilihat pada Gambar 9 untuk *light roast*.



Gambar 9. RGB level *light roast*

Tabel 1. Data Pengujian Intensitas Warna Kopi Sangrai

No	Beban (kg)	Suhu kopi (°C)	Intensitas warna	Arah nampan (°)
1	0,5	200	R:26 G:41 B:35	0° (light roast)
		210	R:48 G:69 B:56	90° (medium roast)
		240	R:65 G:87 B:67	180° (dark roast)
2	1	195	R:26 G:40 B:34	0° (light roast)
		211	R:48 G:69 B:57	90° (medium roast)
		250	R:66 G:87 B:68	180° (dark roast)
3	1,5	190	R:26 G:42 B:35	0° (light roast)
		209	R:48 G:68 B:56	90° (medium roast)
		241	R:65 G:87 B:67	180° (dark roast)
4	2	198	R:26 G:40 B:35	0° (light roast)
		210	R:49 G:69 B:56	90° (medium roast)
		260	R:66 G:88 B:68	180° (dark roast)

Dari tabel 1 diatas didapat output pemilahan untuk biji kopi sangrai yang terbaik (medium roast) yaitu berada pada suhu 209°C sampai suhu 211°C dan memiliki intensitas warna sebesar Red:48-49, Green:68-69 , Blue:56-57. Penampakan kopi sangrai medium roast dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Contoh kopi sangrai yang bagus (*medium roast*)

Data intensitas warna hasil pengujian respon sensor warna akan dikirim ke Arduino untuk dibandingkan dengan setpoint berbagai tingkat kematangan kopi sangrai seperti yang ditunjukkan pada tabel 1. Cara seperti ini juga dilakukan oleh Irwan dan Rivai [4]. Hasil perbandingan dengan dengan setpoint akan diteruskankan ke unit otomasi penyortiran untuk menentukan kopi sangrai akan diarah ke kotak kopi yang bagus atau tidak.

Tabel 2 menampilkan prinsip kerja unit penyortiran dengan mengarahkan nampan pemilah 0° , 90° atau 180° . Nol derajat berarti kopi belum matang (*light roast*) harus dikembalikan ke mesin sangrai, 90° berarti kopi bagus (*medium roast*) dan 180° berarti kopi terlalu matang (*dark roast*)

Tabel 2 Prinsip Kerja Otomasi Sortir

Sensor Warna (TCS3200)		Motor Servo
Warna Kopi	Intensitas Warna (R,G,B)	Putaran nampan ($^\circ$)
Light roast	R:26-30 G:40-44 B:35-40	0° <i>delay</i> 15 detik 90°
Medium roast	R:48-60 G:69-80 B:56-62	90°
Dark roast	R:62-66 G:81-86 B:64-70	180° <i>delay</i> 15 detik 90°

lanjutan

Tidak ada kopi	R:18-19 G:22-26 B:26-29	90°
----------------	-------------------------------	------------

Selain itu agar pembacaan sensor lebih akurat maka waktu pembacaan sensor atau *delay* pada pemrograman yang baik adalah 0,5 detik, jika *delay* yang digunakan dibawah 0,5 detik maka respon sensor akan cepat tetapi intensitas yang didapatkan tidak akurat sedangkan jika *delay* yang digunakan diatas 0,5 detik maka respon sensor lambat tetapi intensitas yang didapatkan akurat.

Kesimpulan

1. Ketinggian sensor yang optimal adalah 6 cm dari permukaan nampan, karena jika kurang dari 6 cm area yang ditangkap sensor tidak luas dan menghindari nampan menyangkut disensor sedangkan bila lebih dari 6 cm nilai intensitas yang ditangkap sensor akan kecil dan tidak akurat.
2. Biji kopi sangrai yang terbaik (*medium roast*) berada pada suhu 209°C sampai suhu 211°C dan memiliki intensitas warna sebesar Red:48-49 Green:68-69 Blue:56-57.
3. Pembacaan sensor lebih akurat jika pembacaan sensor diberi *delay* 0,5 detik, jika *delay* kurang dari 0,5 detik respon akan cepat tetapi intensitas warna yang didapat tidak akurat sedangkan jika *delay* lebih dari 0,5 detik respon akan lambat tetapi intensitas yang didapat akurat

Referensi

- [1] n.n. 2017. Peluang Usaha IKM Kopi. Kementerian Perindustrian RI
- [2] Informasi dari <http://www.cctcid.com/2019/03/11/proses-produksi-kopi-bubuk-skala-ikm/> (diakses pada 25 September 2019)
- [3] Sri-Mulato. 2002. Perancangan dan Pengujian Mesin Sangrai Biji Kopi Tipe Silinder. Pelita Perkebunan, Vol. 18(1), pp. 31-45
- [4] Irwan Juniar Sasongko dan Muhammad Rivai. 2018. Mesin Pemanggang Biji Kopi dengan suhu terkendali menggunakan Arduino Due. Jurnal Teknik ITS Vol. 7, No. 2 pp. F239-244