

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Agar pemantauan proses *roasting* dapat berjalan dengan optimal maka diperlukan sensor suhu yang mampu mengukur suhu dalam biji kopi (ketika proses *endothermic*) bukan suhu ruang pemanasan. Pada perancangan ini digunakan pengukuran suhu ruang dan hasilnya kopi yang telah tersangrai (*roasted coffee*) yang seharusnya berhenti pada tahap awal dari *first crack* yaitu pada suhu 401° F/ 205° C namun dari hasil pengujian hasil *roasting* berada pada tahap *full city+* yang merupakan akhir dari fase *first crack* dengan suhu 435° F/ 220° C, jadi terjadi simpangan *error* suhu sebesar 15° C. Selain itu, ruang atau wadah yang digunakan untuk proses pemanasan sebaiknya terbuat dari logam *stainless steel* agar kopi yang disangrai tidak tercemar bau logam.
2. Sistem kontrol PID yang digunakan dalam sistem berfungsi dalam *respons* pengaturan kecepatan motor kipas angin di bawah elemen pemanas yang berfungsi untuk membuat *hot air*. Dimana elemen pemanas memiliki karakteristik berupa suhunya naik secara cepat ketika diaktifkan tetapi suhunya turun secara lambat ketika dimatikan. Dari beberapa kali pengujian secara *hand tuning* didapatkan nilai parameter dengan nilai kesalahan paling minimum untuk Kp, Ki dan Kd dengan berturut – turut adalah 74, 52 dan 5. Kemudian diperoleh nilai waktu naik (t_r) = 90,9 detik, waktu puncak (t_p) = 98,7 detik, Waktu penetapan (t_s) = 104,1 detik. Maksimum overshoot (M_p) = 2,03 % pada setpoint 150°C. Untuk setpoint 150°C - 190°C, waktu puncak (t_p) = 6,72 detik, Waktu penetapan (t_s) = 13,92 detik. Maksimum overshoot (M_p) = 1,27 %. Untuk setpoint 190°C, waktu puncak (t_p) = 0,6 detik, Waktu penetapan (t_s) = 1,8 detik. Maksimum overshoot (M_p) = 0,47 %. Untuk setpoint 190°C - 205°C, waktu puncak (t_p) = 207 detik, Waktu penetapan (t_s) = 217 detik. Maksimum overshoot (M_p) = 1,01 %
3. Sensor suhu digunakan untuk mengukur suhu ruang penyangraian ketika proses *roasting* berjalan. Dalam perancangan digunakan sensor suhu

thermocouple jenis-k yang memiliki jangkauan suhu terukur antara $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Namun tegangan output dari *thermocouple* terlalu kecil untuk dibaca oleh unit mikrokontroler yaitu sebesar $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$. Sehingga diperlukan sebuah pengondisi sinyal yaitu IC AD595 agar memiliki keluaran proporsional sebesar $10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Dari hasil beberap kali *sampling* pengujian kalibrasi antara sensor yang digunakan dengan modul sensor PT-100 yang telah teruji akurasi, didapatkan selisih error sebesar 0,19 %. Sedangkan toleransi error dari modul PT-100 sendiri adalah sebesar 0,5 %.

4. Sistem driver motor yang digunakan pada perancangan ini menggunakan MOSFET IRF540N, dimana nilai V_{gs} yang digunakan sebesar 10V. Keluaran dari unit mikrokontroler untuk proses pengendalian kecepatan motor menggunakan sinyal PWM, namun tegangan keluaran maksimum mikrokontroler hanya sebesar 5V. Sehingga diperlukan rangkaian tambahan untuk meningkatkan tegangan pemicuan mosfet. Agar tidak terjadi arus balik ke unit mikrokontroler akibat tegangan tambahan untuk pemicuan MOSFET maka diperlukan rangkaian pemisah (*isolated*). Pada hal ini digunakan optocoupler 4N33. Pada hasil pengujian pengukuran tegangan pemicuan MOSFET maksimal yakni 10V didapatkan simpangan error maskimal sebesar 0,52V atau 5,2 %.

6.2 Saran

1. Untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal, sensor warna atau kamera dapat ditambahkan sebagai sensor tambahan untuk identifikasi fase biji kopi ketika disangrai yang berdasar pada skala *agtron scale*. Jika menggunakan kamera infra merah, *agtron scale* bisa dikonversi menjadi *gray scale* untuk mempermudah proses *image processing*.
2. Sensor suhu yang digunakan sebaiknya yang berbasis inframerah karena digunakan untuk mengetahui suhu ketika terjadi proses *endothermic* pada biji kopi.
3. Pada proses pengontrolan suhu, sebaiknya dengan mengontrol langsung intensitas panas elemen *heater* dengan angin yang konstan. Hal itu ditujukan untuk mengurangi resiko *over burning*.
4. Mencari elemen *heater* dengan daya rendah namun mampu melakukan pemanasan dengan suhu hingga 220°C .

5. Perlu ditambahkan *database* yang berisi kumpulan kaidah *roasting profile*, sehingga alat mampu mengatur intensitas komponen rasa sesuai dengan hasrat penyangrai dan bukan karena sudah ditentukan sebelumnya.
6. Diperlukan alat lain yang digunakan untuk mengukur prakondisi biji kopi sebelum disangrai, terutama pengukur kadar air dalam biji kopi mentah (*greenbean*).
7. Bahan alat penyangrai sebaiknya terbuat dari logam *stainless steel* agar biji kopi tersangrai tidak tercampur bau logam. Dan mampu menampung biji kopi lebih banyak (jumlah optimal adalah 500 gram – 2000 gram).
8. Perlu ditambahkan alat yang berfungsi sebagai penghisap kulit maupun untuk menghisap asap.
9. Gambar grafik nilai suhu terhadap setpoint bisa ditampilkan kedalam LCD display grafis untuk mempermudah pe-*roaster* dalam proses pemantauan dan tidak perlu lagi terhubung dengan komputer atau *pc* ketika proses pemantauan.
10. Bisa ditambahkan IC penyimpan suara dimana unit mikrokontroler dapat memberikan pesan suara otomatis sebagai pengingat dalam setiap tahap *roasting*
11. Agar proses pengontrolan bisa berjalan lebih optimal lagi, metode PID yang digunakan sebaiknya menggunakan metode *autotuning*.