

V. KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan durasi *roasting* memiliki hubungan yang erat terhadap perubahan sifat fisikokimia biji kopi. Temuan ini konsisten dengan teori dan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa sifat fisikokimia kopi sangat sensitif terhadap lamanya pemanggangan.

Pendekatan *fuzzy* pada penelitian ini menunjukkan bahwa *fuzzy inference system* (FIS) yang dirancang dengan parameter *input* pH, kecerahan (L), dan kadar air biji kopi mampu menghasilkan rekomendasi durasi *roasting* dengan kategori sangat baik. Pendekatan logika *fuzzy* terbukti mampu menangani ketidakpastian dan kompleksitas hubungan antar variabel fisikokimia yang sulit dimodelkan secara matematis konvensional. Nilai kesalahan prediksi yang diperoleh berada pada kategori sangat rendah untuk seluruh parameter yang diuji, dengan rata-rata *error* RMSE dan MAPE $< 5\%$, dan koefisien determinasi $> 0,9$ untuk semua kategori. Sehingga sistem *fuzzy* yang dikembangkan layak digunakan sebagai sistem pendukung keputusan dalam pengendalian proses *roasting* kopi.

Penggunaan logika *fuzzy* melalui *fuzzy inference system* terbukti menjadi solusi yang efektif dalam proses *roasting*. Metode ini mampu mengakomodasi ketidakpastian, variasi preferensi konsumen, serta hubungan yang tidak linier antar variabel seperti kadar air, pH, dan kecerahan. Dengan memanfaatkan aturan berbasis linguistik yang fleksibel, sistem *fuzzy* dapat menerjemahkan kebutuhan konsumen ke dalam rekomendasi durasi *roasting* yang lebih adaptif dan presisi. Sehingga logika *fuzzy* mampu memecahkan permasalahan subjektivitas dan kompleksitas dalam proses *roasting* kopi, serta berpotensi meningkatkan konsistensi kualitas dan kesesuaian produk dengan preferensi konsumen.

1.2 Saran

Penelitian yang dilakukan masih jauh dari kata sempurna. Dengan kata lain, penelitian ini masih memiliki kekurangan sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan beberapa saran perbaikan sebagai berikut:

1. Kapasitas bahan pada penelitian yang dilakukan terhadap 1 kg bahan, sedangkan kapasitas alat 3 kg. Hal ini menjadi kendala untuk pengaplikasian hasil penelitian pada alat saat kapasitas penuh (*full batch*), karena 1/3 sampel belum dapat mewakili kondisi *roasting* pada alat. Hal ini terjadi akibat *batch size* mempengaruhi perpindahan panas, laju perubahan suhu, dan kinetika reaksi selama *roasting* (Al-Shemmeri *et al.*, 2025). Untuk itu penggunaan 3 kg bahan *full batch* pada alat agar dapat mewakili kondisi *roasting* pada alat secara keseluruhan.
2. Penelitian lanjutan juga disarankan untuk mengaitkan hasil prediksi fisikokimia dengan atribut sensori kopi, sehingga model tidak hanya akurat secara teknis tetapi juga relevan terhadap kualitas rasa dan penerimaan konsumen.
3. Integrasi sistem *fuzzy* dengan sensor *real time* (sensor warna, sensor suhu, atau sensor kelembaban) direkomendasikan agar model dapat digunakan sebagai sistem kontrol otomatis atau semi-otomatis pada mesin *roasting*.

