

Implementasi Fuzzy Inference System Sebagai Pre-Klasifikasi Suara Burung Menggunakan Metode Mamdani dan Sugeno

M. Rifqi Dzaky Azhad*, Fathan Arya Maulana[†]
103012330009*, 10301230083[†]
rifqiazhad21@gmail.com*, fathana.mrj951@gmail.com[†]
IF-47-08, S1 Informatika, Fakultas Informatika
Telkom University, Bandung, Indonesia

DESKRIPSI DOKUMEN

Dokumen ini adalah proposal proyek, dimana proposal ini dibentuk untuk melengkapi tugas besar mata kuliah Dasar Kecerdasan Artificial oleh Bapak Andy Maulana Yusuf. Kami sebagai salah satu kelompok pada kelas IF-47-08 pada jurusan S1 Informatika memiliki kewajiban untuk menyelesaikan proyek ini, salah satu kriteria dari penyelesaiannya adalah pembentukan proposal ini.

I. PENDAHULUAN

Pada bab ini, akan dibahas motivasi dan masalah yang melatarbelakangi proyek ini.

A. Latar Belakang

Penurunan jumlah populasi spesies burung yang drastis, serta banyaknya spesies yang punah, baik di Indonesia maupun di dunia, merupakan masalah yang serius. Hal ini dapat mengarah pada kepunahan makhluk hidup jika tidak ada solusi untuk melakukan pencegahan. Oleh karena itu, diperlukan suatu pendekatan untuk memahami masalah ini, salah satunya dengan melakukan monitoring terhadap spesies-spesies tersebut.

B. Rumusan Masalah

Implementasi monitoring secara langsung tidak dapat dilakukan karena dapat mengganggu kehidupan spesies burung. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat mendeteksi suara burung hanya dengan menggunakan mikrofon. Model supervised dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi suara burung, namun pendekatan ini membutuhkan konsumsi energi yang tinggi dan memerlukan komputasi yang besar.

C. Tujuan Proyek

Tujuan dari proyek ini adalah untuk mengimplementasikan sistem monitoring real-time yang efisien, dengan konsumsi energi dan kebutuhan komputasi yang rendah. Oleh karena itu, diterapkan Fuzzy Inference System yang dapat berfungsi sebagai langkah awal dalam menyaring segmen suara yang jelas bukan suara burung.

D. Manfaat Proyek

Proyek ini bertujuan untuk membangun sebuah pipeline sistem yang dapat melakukan monitoring terhadap spesies burung hanya berdasarkan suara, secara efisien dan ramah energi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan mengulas penelitian-penelitian sebelumnya yang relevan dengan inti proyek ini [1], [2], [3], serta informasi dan teori yang mendasari metode yang digunakan.

A. Fuzzy Inference System

Fuzzy Inference System (FIS) merupakan implementasi logika fuzzy yang digunakan untuk membuat sistem dengan input ke output dengan skenario tertentu. Terdapat dua metode yang digunakan pada proyek ini, yaitu metode Mamdani [4] dan Sugeno [5] Fig. 1.

B. Supervised Model

Model supervised learning merupakan pendekatan dalam machine learning di mana algoritma dilatih menggunakan dataset berlabel. Algoritma ini belajar dari data yang telah diketahui untuk memetakan pola dan membuat prediksi terhadap data baru (inferensi). Supervised model sudah sering digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap data suara [6], [7], [8].

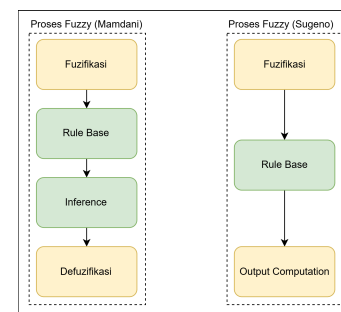


Figure 1: Perbedaan Cara Kerja Fuzzy Inference System (FIS) Mamdan dan Sugeno.

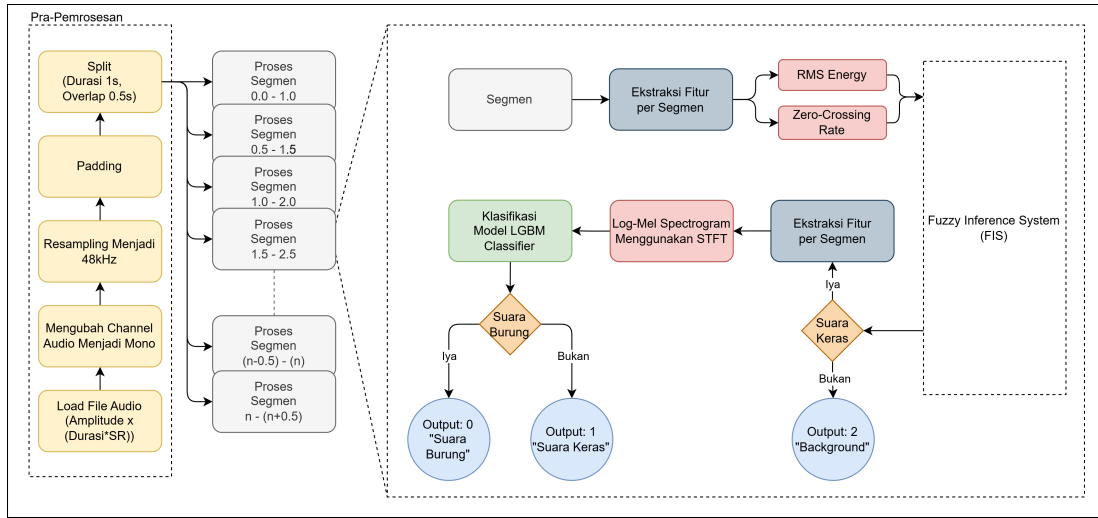


Figure 2: Desain lengkap sistem monitoring suara burung Mamdani.

III. METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah-langkah pengumpulan data, prapemrosesan, ekstraksi fitur, serta implementasi Fuzzy Inference Model dan Supervised Model.

A. Dataset

Dataset yang digunakan bersifat open-source, dimana didapat dua sumber:

- Noise Audio Data (Kaggle) [9], terdiri atas berbagai suara, mulai dari suara alam sampai suara perkotaan.
- Xeno-canto [10], website yang memberikan akses dataset suara hewan dari seluruh dunia, termasuk suara burung dari berbagai spesies.

B. Anotasi

Seluruh file audio dari dataset dianotasi secara manual. Setelah dilakukannya anotasi, maka dapat dilanjutkan dengan mengintegrasikan flow model Fig. 2.

C. Prapemrosesan

File audio memiliki karakteristik yang berbeda-beda, dimana apabila tidak dilakukan perubahan dapat menyebabkan

informasi yang tidak konsisten, sehingga model dapat kesusa-han dalam menjalankan tugasnya. Oleh karena itu diperlukannya suatu tahap yang dapat menyamakan karakteristik yang berbeda-beda ini, pada Tab. I terdapat 4 tahap prapemrosesan yang dilakukan pada seluruh file audio untuk mendapatkan hasil yang konsisten.

D. Ekstraksi Fitur

Untuk mendapatkan informasi yang relevan dan dapat di proses oleh komputer, diperlukan representasi data yang lebih sesuai. Sehingga diperlukannya ekstraksi fitur dari file audio raw, dimana akan diekstraksi menjadi Root Mean Squared Energy (RMS), Zero-Crossing Rate (ZCR), dan Log-Mel Spectrogram (LMS) pada Tab. II.

E. Model Fuzzy

Metode fuzzy Mamdani [4] dan Sugeno [5] digunakan untuk klasifikasi segmen sebagai suara keras atau background, sebagaimana di ditampilkan di bagian "Fuzzy Inference System (FIS)" pada Fig. 2. Terdapat perbedaan dalam langkah-langkah prosesnya juga, pada Fig. 1, dimana FIS Sugeno tidak memiliki tahap Inference ataupun Defuzzifikasi, tetapi terdapat tahap Output Customization.

Table I: Langkah-langkah Prapemrosesan Audio

Langkah	Deskripsi
Downmixing	Mengonversi audio stereo menjadi mono dengan merata-ratakan kedua channel: $x_{mono} = \frac{x_L + x_R}{2}$
Resampling	Mengubah sample rate menjadi 48 kHz untuk standarisasi sinyal audio.
Padding	Menyesuaikan durasi audio agar menjadi kelipatan detik tertentu, guna mempermudah proses segmentasi.
Splitting	Membagi audio menjadi segmen berdurasi 1 detik dengan overlap 0.5 detik. Segmen ke- i dimulai pada $i \times 0.5$ detik.

Table II: Deskripsi dan Rumus Fitur Ekstraksi Audio

Fitur	Deskripsi	Rumus
Root Mean Squared (RMS)	Mengukur energi rata-rata dari sinyal dalam satu segmen.	$\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x[n]^2}$
Zero Crossing Rate (ZCR)	Menghitung seberapa sering sinyal audio berpindah tanda (positif ke negatif atau sebaliknya).	$\frac{1}{2N} \sum_{n=1}^N \text{sgn}(x[n]) - \text{sgn}(x[n-1]) $
Log-Mel Spectrogram (LMS)	Representasi spektral berbasis skala Mel yang mencerminkan persepsi frekuensi manusia.	$\log(\text{MelFB } STFT(x) ^2)$

Table III: Perhitungan Metrik Evaluasi Model

Nama	Perhitungan
Akurasi	$\frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$
Precision (Macro)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{TP_i}{TP_i+FP_i}$
Recall (Macro)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{TP_i}{TP_i+FN_i}$
F1-Score (Macro)	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{2 \cdot \text{Precision}_i \cdot \text{Recall}_i}{\text{Precision}_i + \text{Recall}_i}$

TP: data positif diklasifikasi benar, FP: data negatif diklasifikasi positif, TN: data negatif diklasifikasi benar, FN: data positif diklasifikasi negatif, N: jumlah total kelas.

F. Model Supervised

Supervised model akan digunakan untuk mengklasifikasi apakah suara keras merupakan suara burung. Model yang akan di implementasi bersamaan dengan model Fuzzy adalah LGBMClassifier [6], CNN [7], dan Transformer [8].

G. Desain Sistem

Sistem secara lengkap telah ditampilkan pada Gambar Fig. 2, dimana FIS Sugeno yang digunakan. Terlihat langkah dari awal load file audio sampai klasifikasi antara tiga label yang ada, yaitu: Background (2), Suara Keras (1), Suara Burung (0).

H. Metrik evaluasi

Metrik evaluasi digunakan untuk mengukur performa model dalam melaksanakan tugasnya.

Akurasi akan digunakan sebagai metrik utama, sementara macro-averaged precision, recall, dan f1-score akan digunakan sebagai metrik pendukung Tab. III. Metode macro average memberikan bobot yang sama untuk setiap kelas, tanpa mempertimbangkan distribusi kelas. Selain itu, confusion matrix akan disertakan untuk memberikan gambaran visual mengenai performa model dalam mengklasifikasikan data ke dalam setiap kategori. Analisis lebih mendalam juga akan dilakukan terhadap label yang menunjukkan kinerja kurang akurat.

LINKS TERKAIT

Berikut adalah tautan penting terkait proyek ini:

- GitHub:
https://github.com/FathanAM0/Dasar-Kecerdasan-Artificial_Tugas-Besar

IV. KESIMPULAN

Proposal ini membuktikan bahwa Fuzzy Inference System (FIS) dengan metode Mamdani dan Sugeno efektif sebagai tahap pre-klasifikasi dalam sistem klasifikasi suara burung. FIS berhasil memfilter segmen audio non-burung (seperti noise latar belakang atau suara keras) sebelum diproses oleh model supervised learning. Strategi ini mengurangi beban komputasi dan konsumsi energi secara signifikan, khususnya pada sistem monitoring berbasis edge device atau real-time. Implementasi FIS sebagai prapemrosesan membuka peluang aplikasi yang lebih efisien dalam skenario resource-constrained.

REFERENSI

- [1] A. Burhanuddin, "Analisis komparatif inferensi fuzzy tsukamoto, mamdani dan sugeno terhadap produktivitas padi di indonesia," *null*, 2023.
- [2] T. Samavat, M. Nazari, M. Ghalehnoie, M. A. Nasab, M. Zand, S. Padmanaban, and B. Khan, "A comparative analysis of the mamdani and sugeno fuzzy inference systems for mppt of an islanded pv system," *International Journal of Energy Research*, 2023.
- [3] A. D. Putri and A. Maulana, "Penerapan metode mamdani fuzzy logic untuk menentukan pembelian alat berat dalam proyek migas di pt smoe indonesia," *Jurnal Desain Dan Analisis Teknologi*, 2023.
- [4] E. H. Mamdani, "Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant," *Proceedings of the Institution of Electrical Engineers*, vol. 121, no. 12, pp. 1585–1588, 1974.
- [5] M. Sugeno and G. Kang, "Fuzzy modeling and control of multivariable systems," in *Proceedings of the IEEE International Symposium on Fuzzy Information Processing*, 1985, pp. 262–268.
- [6] G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye, and T.-Y. Liu, "Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree," in *Proceedings of the 31st International Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*, 2017, pp. 3146–3154.
- [7] Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, and P. Haffner, "Gradient-based learning applied to document recognition," *Proceedings of the IEEE*, vol. 86, no. 11, pp. 2278–2324, 1998.
- [8] A. Dosovitskiy, L. Beyer, A. Kolesnikov, D. Weissenborn, X. Zhai, T. Unterthiner, M. Dehghani, M. Minderer, G. Heigold, S. Gelly, J. Uszkoreit, and N. Houlsby, "An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale," in *Proceedings of the 9th International Conference on Learning Representations (ICLR)*, 2021.
- [9] J. Toshqorgonov, "Noise audio data," <https://www.kaggle.com/datasets/javohirtoshqorgonov/noise-audio-data>, n.d., accessed: 2025-05-10.
- [10] Xeno-canto, "Xeno-canto: Sharing bird sound recordings," <https://xeno-canto.org>, n.d., accessed: 2025-05-10.