

BAB V

PENUTUP

Bab ini menyajikan pemaparan tentang kesimpulan dan saran pada penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil analisis dan pengujian model yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, sehingga menggambarkan pencapaian keseluruhan dari tujuan penelitian. Saran diberikan sebagai pertimbangan untuk penelitian berikutnya agar dapat mengembangkan penelitian mengenai klasifikasi penyakit paru-paru berdasarkan suara pernapasan menjadi lebih optimal.

5.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang diperoleh dari hasil pengujian yang sekaligus menjawab rumusan masalah berdasarkan analisis performa model, hasil evaluasi, dan ketercapaian tujuan penelitian.

1. Metode ResNet101 dan Bi-GRU digunakan secara paralel untuk mempelajari dua jenis informasi dari data suara pernapasan, yaitu fitur spektral dan fitur temporal. ResNet101 berperan dalam mengekstraksi pola spektral dan distribusi energi frekuensi dari representasi *log Mel spectrogram*, sedangkan Bi-GRU digunakan untuk mengidentifikasi pola berurutan dalam sinyal suara. Setelah melalui tahap *pre-processing* yang meliputi penghapusan kelas minor, pembatasan lokasi perekaman, augmentasi (*time stretch*, *pitch shift*, dan *denoising*), serta ekstraksi fitur, data diuji menggunakan berbagai kombinasi *hyperparameter* seperti rasio *split* data (60:40, 70:30, dan 80:20), nilai *learning rate* (0.01, 0.001, dan 0.0001), ukuran *batch size* (16, 64, dan 128), serta jumlah *epoch* (20, 30, dan 50).
2. Berdasarkan hasil pengujian, kombinasi model ResNet101 dengan Bi-GRU menghasilkan performa terbaik dengan akurasi mencapai 91.77%, *precision* 93.75%, *recall* 91.77%, *F1-score* 92.09%, dan *loss* sebesar 0.4176 pada pengaturan *hyperparameter* terbaik, yaitu *split* data 80:20, nilai *learning rate* 0.001, ukuran *batch size* 16, dan jumlah *epoch* 50. Hasil ini menunjukkan bahwa performa model ResNet101 dengan Bi-GRU lebih unggul dibandingkan penggunaan ResNet101 saja (55.49%) maupun Bi-GRU saja (89.94%). Selain itu, penggabungan kedua metode tersebut cukup akurat dalam melakukan klasifikasi penyakit paru-paru dengan menggunakan suara pernapasan. Di samping itu, hasil

ini juga menandakan bahwa rancangan model ini dapat menjadi pendekatan yang potensial dalam pengembangan sistem otomatis untuk mendeteksi penyakit paru-paru berdasarkan suara pernapasan.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian berikutnya, penggunaan teknik augmentasi, seperti SMOTE, *background noise*, atau *volume adjusting* dapat diterapkan. Teknik augmentasi tersebut diharapkan dapat memperbanyak variasi data pelatihan tanpa mengubah karakteristik utama dari sinyal suara pernapasan. Hal ini dapat mendukung peningkatan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.
2. Walaupun kombinasi ResNet101 dan Bi-GRU menunjukkan kinerja yang cukup akurat, penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi metode lain, seperti arsitektur *Transformer* atau mekanisme *attention* agar dapat lebih fokus terhadap sinyal suara pernapasan.
3. Untuk mendukung pemanfaatan hasil penelitian ini dalam konteks praktis, pengembangan web atau aplikasi interaktif dapat menjadi langkah selanjutnya. Dengan adanya aplikasi tersebut, masyarakat dan tenaga medis dapat lebih mudah melakukan identifikasi atau deteksi awal penyakit paru-paru.