



**PENGGUNAAN RESNET-50
UNTUK DETEKSI PENYAKIT IKAN AIR TAWAR DI AKUAKULTUR
STUDI KASUS PADA AKUAKULTUR ASIA SELATAN**

Sasa Kirana Wulandari¹, Jasmir²

Universitas Dinamika Bangsa, Jambi

shasa.kirana78@gmail.com¹, jasmir@unama.ac.id²

ABSTRAK

Akuakultur adalah proses pembudidayaan organisme akuatik dalam lingkungan terkontrol untuk memenuhi kebutuhan pangan yang terus meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi penyakit ikan air tawar menggunakan ResNet-50, sebuah arsitektur jaringan saraf konvolusional yang telah terbukti efektif dalam pengenalan gambar. *Dataset* yang digunakan meliputi gambar ikan dengan berbagai jenis penyakit yang umum ditemukan dalam akuakultur di Asia Selatan. Penyakit ikan merupakan ancaman serius bagi industri perikanan, dan deteksi dini sangat penting untuk mengambil tindakan pencegahan yang tepat. Model ResNet-50 telah terbukti efektif dalam mempelajari fitur-fitur kompleks pada citra, sementara teknik *transfer learning* memungkinkan pemanfaatan pengetahuan yang telah dipelajari oleh model sebelumnya. Model ResNet-50 dilatih menggunakan teknik augmentasi data untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas dalam dataset. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model ini mampu mengklasifikasikan penyakit ikan dengan akurasi yang tinggi, mencapai akurasi validasi 90% setelah 50 epoch. Model ini diharapkan dapat menjadi alat yang berguna bagi nelayan ikan untuk mendeteksi penyakit secara cepat dan akurat, sehingga dapat mengurangi kerugian ekonomi dan meningkatkan efisiensi produksi akuakultur.

Kata kunci: Akuakultur, Penyakit Ikan, Klasifikasi, Resnet-50, Transfer Learning

ABSTRACT

Aquaculture is the process of cultivating aquatic organisms in a controlled environment to meet the growing demand for food. This study aims to develop a freshwater fish disease classification model using ResNet-50, a convolutional neural network architecture that has been proven effective in image recognition. The dataset used includes images of fish with various types of diseases commonly found in aquaculture in South Asia. Fish diseases pose a serious threat to the fishing industry, and early detection is essential to take appropriate preventive measures. The ResNet-50 model has proven to be effective in learning complex features in images, while transfer learning techniques allow the utilization of knowledge that has been learned by previous models. The ResNet-50 model was trained using data augmentation techniques to address class imbalance in the dataset. The results show that the model is able to classify fish diseases with high accuracy, reaching 90% validation accuracy after 50 epochs. The model is expected to be a useful tool for fishers to detect diseases quickly and accurately, thereby reducing economic losses and improving aquaculture production efficiency.

Keywords: Aquaculture, Fish Disease, Classification, Resnet-50, Transfer Learning

Pendahuluan

Akuakultur (*aquaculture*) adalah cabang ilmu pengetahuan dan teknologi yang berfokus pada budi daya atau kultur organisme air dalam lingkungan terkontrol maupun semi terkontrol [1]. Permasalahan yang sering dihadapi oleh para pembudi daya ikan adalah penyakit ikan, hal ini mengakibatkan kematian ikan budidaya sehingga menurunkan produksi ikan air tawar [2]. Deteksi dini dan penanganan cepat terhadap penyakit ikan adalah kunci untuk meminimalkan dampak negatif dari wabah penyakit. Namun, metode konvensional untuk mendeteksi penyakit ikan, seperti pemeriksaan visual oleh ahli atau tes laboratorium, sering kali memakan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Dengan kemajuan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pengolahan citra, terdapat peluang besar untuk mengembangkan sistem otomatis yang dapat membantu dalam mendeteksi penyakit ikan dengan cepat dan akurat. Penggunaan model jaringan saraf konvolusional (CNN) seperti ResNet-50 telah terbukti efektif dalam berbagai aplikasi pengenalan gambar[3]. Penelitian terdahulu telah mengkaji berbagai aspek terkait penyakit ikan air tawar dan metode deteksinya. Sebagai contoh, Dash *et al.* (2021) mengembangkan teknik klasifikasi penyakit ikan menggunakan model ResNet-50 yang terbukti efektif dalam mengenali jenis ikan serta penyakit yang menyerang mereka, khususnya pada ikan jenis Indian Major Carp[4]. Studi lain oleh Mamun *et al.* (2021) membandingkan kinerja *deep learning* dan *machine learning* dalam mendeteksi penyakit ikan, menemukan bahwa model *deep learning* seperti VGG16 dan VGG19 menunjukkan akurasi lebih tinggi dibandingkan dengan model *machine learning* tradisional seperti *random forest*, dengan ResNet-50 mencapai akurasi 99.28%[5]. Penelitian oleh Dewa (2023) menggunakan ResNet-50 untuk mendeteksi ikan tongkol yang terkontaminasi formalin, menunjukkan keberhasilan model ini dalam mengatasi masalah degradasi performa dan mencapai akurasi 99.34%[6]. Selain itu, Prasetyo *et al.* (2021) menggunakan metode

transfer learning pada berbagai arsitektur CNN untuk klasifikasi kesegaran ikan bandeng, menemukan bahwa VGG16 memberikan akurasi terbaik (97%) dibandingkan dengan arsitektur lainnya[7]. Julianto *et al.* (2023) juga mengimplementasikan arsitektur Inception-ResNet-V2 untuk diagnosis penyakit Parkinson berbasis gambar sketsa pada aplikasi *Android*, menunjukkan performa yang baik dengan akurasi 91.38%, presisi 85%, dan *recall* 80%[8].

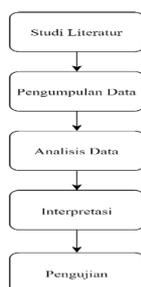
Sedangkan penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model klasifikasi penyakit ikan air tawar menggunakan arsitektur ResNet-50 yang telah dimodifikasi dengan *teknik transfer learning*. meskipun penelitian sebelumnya menunjukkan efektivitas model *deep learning*, terdapat beberapa gap yang perlu diatasi, seperti ketidakseimbangan data, teknik augmentasi data yang terbatas, dan evaluasi model yang kurang komprehensif. Penelitian ini berusaha mengatasi gap tersebut dengan menerapkan bobot kelas untuk mengatasi ketidakseimbangan data, menggunakan teknik augmentasi data yang beragam, dan melakukan evaluasi model menggunakan berbagai metrik seperti ROC dan AUC. Dengan perbaikan ini, penelitian ini berhasil mengembangkan model CNN ResNet-50 yang lebih akurat dan *robust* dalam klasifikasi penyakit ikan, serta lebih mampu melakukan generalisasi, menjadikan model ini alat yang efektif untuk pemantauan kesehatan ikan dalam industri akuakultur. Model ini diharapkan dapat mengidentifikasi penyakit-penyakit ini secara cepat dan akurat, sehingga membantu nelayan ikan dalam mengambil tindakan pencegahan yang tepat. Penyakit-penyakit yang diklasifikasikan meliputi penyakit bakteri seperti *Aeromoniasis*, penyakit insang bakteri, dan penyakit merah bakteri. penyakit jamur seperti *Saprolegniasis*; serta penyakit parasit dan virus seperti *White Tail Disease*. Kontak yang terjadi antara *Aeromonas* dengan ikan, memungkinkan bakteri ini memasuki tubuh ikan sehingga mengakibatkan infeksi[9].

Penyakit insang bakteri disebabkan oleh infeksi bakteri pada insang yang mengakibatkan kesulitan bernafas[9]. Penyakit merah bakteri menyebabkan lesi merah pada tubuh ikan [9]. *Saprolegniasis* Infeksi mikosis pada spesies ikan air tawar umumnya disebabkan oleh organisme *straminipilous*. Patogen dapat menginfeksi telur, benur, bibit, dan ikan dewasa[10]. Penyakit ekor putih (*White Tail Disease*) yang disebabkan oleh infeksi MrNV[11].

Materi dan Metode

a. Tahapan Penelitian

Kerangka penelitian disusun agar setiap kegiatan penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur. Kerangka penelitian yang penulis gunakan untuk menyelesaikan penelitian dapat dilihat pada berikut.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

1. Studi Literatur: Tahap ini melibatkan peninjauan berbagai literatur terkait topik penelitian, fokus pada pemahaman mendalam tentang topik penelitian, pengembangan metode, teknologi, temuan terkini, dan penelitian terkait sebelumnya.
2. Pengumpulan Data: Langkah ini mencakup akuisisi data mentah yang diperlukan untuk penelitian
3. Analisis Data: Proses analisis data melibatkan pembersihan, transformasi, dan penyusunan data mentah menjadi bentuk yang sesuai untuk analisis lebih lanjut.
4. Interpretasi: Tahap ini melibatkan interpretasi hasil analisis data untuk memahami implikasi dan signifikansi temuan.

5. Pengujian: Langkah terakhir adalah menguji hipotesis atau model yang dikembangkan dalam penelitian. Pengujian dapat melibatkan validasi model, eksperimen lapangan, uji coba terkontrol, atau analisis statistik untuk menguji kebenaran dari asumsi atau prediksi yang dihasilkan.

b. Dataset

Menurut Yahya S, ”*Dataset* adalah objek yang mempresentasikan data dan relasi data di sistem penyimpanan, strukturnya mirip dengan data yang ada di *database*. *Dataset* berisi koleksi tabel data. Jenis-jenis *dataset* ada dua, yaitu[12]”

- a. Private dataset: Data yang diperoleh dari organisasi yang menjadi tempat atau objek penelitian.
- b. Public dataset: *Dataset* yang dapat diperoleh dari repositori publik yang disepakati oleh para peneliti untuk dipublikasikan.

Berikut adalah informasi dataset yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 1. Informasi Dataset Penelitian

Nama	Pemilik	Tautan
<i>Freshwater Fish Disease Aquaculture in south asia</i>	SUBIR BISWAS19	https://www.kaggle.com/datasets/subirbiswas19/freshwater-fish-disease-aquaculture-in-south-asia/data

c. Deskripsi Kelas

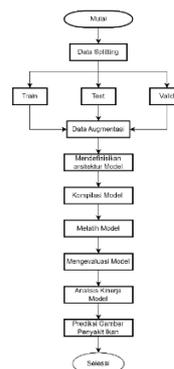
Data tersebut dibuat untuk membangun model identifikasi penyakit berbasis *deep learning* dari citra kulit ikan untuk identifikasi penyakit yang dapat membantu akuakultur. Dalam dataset ada total 7 kelas yang terdiri dari:

- Penyakit bakteri – *Aeromoniasis*: Bakteri *Gram-negatif*, berbentuk batang dan kokobasil serta anaerob fakultatif. Ditemukan di tanah dan lingkungan akuatik serta menyebabkan penyakit pada sebagian

besar hewan berdarah panas dan dingin[13].

- Penyakit insang bakteri - *Bacterial gill disease*: Penyakit insang bakteri disebabkan oleh gangguan fungsi pernapasan dan osmoregulasi insang. Infeksi jamur sekunder pada insang dan sisa-sisa insang yang terperangkap oleh lender[14].
- Penyakit Bakteri Merah - *Bacterial Red disease*: Penyakit merah dapat timbul akibat kepadatan ikan yang terlalu tinggi, banyak ikan yang terinfeksi parasit, air kolam yang terlalu subur, dan zat asam yang sangat rendah[15].
- Penyakit jamur – *Saprolegniasis*: Saprolegnia menyerang bagian tubuh ikan yang terluka dan dapat menyebar pada jaringan sehat lainnya. Serangan Saprolegnia biasanya terkait dengan kondisi kualitas air yang buruk, seperti sirkulasi air rendah, kadar oksigen terlarut rendah, kadar amonia tinggi, dan kadar bahan organik tinggi[14].
- Ikan sehat: Kondisi di mana ikan memiliki kesehatan yang optimal dan tidak terpengaruh oleh penyakit atau gangguan kesehatan lainnya[10].
- Penyakit parasit - *Parasitic diseases*: Disebabkan oleh infeksi parasit yang menyerang berbagai bagian tubuh ikan, seperti kulit, insang, organ dalam, atau bahkan jaringan otot. Infeksi parasit dapat menyebabkan penurunan kesehatan secara keseluruhan dan bahkan kematian pada ikan jika tidak diobati dengan tepat[16].
- Penyakit virus Penyakit ekor putih - *Viral diseases White tail disease*: Penyakit bercak putih (*white spot*) atau Ich merupakan salah satu penyakit yang paling sering muncul pada ikan. Penyakit ini muncul di tubuh, sirip, dan insang ikan dalam bentuk bercak putih yang terlihat seperti garam.

d. Alur Eksperimen



Gambar 2. Alur Eksperimen

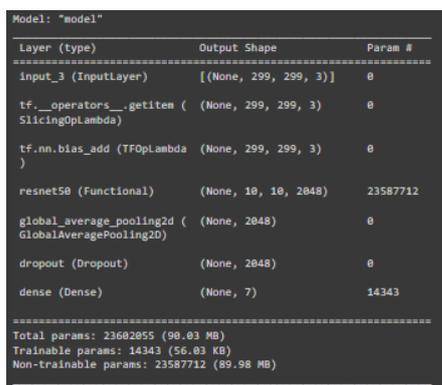
1. Persiapan Data: *Dataset* dibagi menjadi set pelatihan, pengujian, dan validasi untuk memastikan generalisasi model yang baik.
2. Augmentasi Data: Teknik augmentasi data (*flip* acak, rotasi, *zoom*) diterapkan untuk meningkatkan jumlah data pelatihan dan meningkatkan generalisasi model.
3. Definisi Model: Arsitektur model CNN didefinisikan menggunakan fungsi *fish_resnet50*. Model ini memanfaatkan model ResNet50 yang telah dilatih sebelumnya untuk ekstraksi fitur dan menambahkan kepala klasifikasi khusus. Arsitektur ResNet50 memiliki 177 *layer* yang akan diimplementasikan pada model yang telah dilatih sebelumnya[17].
4. Kompilasi Model: Model dikompilasi menggunakan pengoptimal Nadam, *loss cross-entropi* kategoris *sparse*, dan metrik akurasi. Pengoptimal memperbaiki bobot model selama pelatihan, sedangkan fungsi *loss* mengukur kesalahan antara prediksi dan label yang benar.
5. Pelatihan Model: Model dilatih menggunakan set pelatihan dan fungsi *loss* yang telah ditentukan. Bobot kelas

diterapkan untuk mengatasi ketidakseimbangan data dan memastikan semua kelas menerima kepentingan yang sama.

6. Evaluasi Model: Model dievaluasi pada set pengujian yang tidak terlihat dan akurasi dihitung.
7. Analisis Kinerja: Kinerja model dianalisis secara lebih rinci sbb:
 - Kurva akurasi & *loss* pelatihan/validasi diplot untuk melacak kemajuan model selama pelatihan.
 - Skor ROC AUC dihitung untuk setiap kelas untuk mengevaluasi kemampuan model untuk membedakan antara berbagai kategori penyakit ikan.
 - Laporan klasifikasi dibuat yang memberikan presisi, *recall*, *F1-score*, dan dukungan untuk setiap kelas.
 - Prediksi Gambar: Fungsionalitas diimplementasikan yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah gambar dan memprediksi kelas penyakit ikan menggunakan model yang telah dilatih.

Hasil dan Pembahasan

- a. Arsitektur dan Parameter dari Model *Fish_ResNet50*



Layer (type)	Output Shape	Param #
input_3 (InputLayer)	[(None, 299, 299, 3)]	0
tf.__operators__.getitem (SlicingOpLambda)	(None, 299, 299, 3)	0
tf.nn.bias_add (TFOPLambda)	(None, 299, 299, 3)	0
resnet50 (Functional)	(None, 10, 10, 2048)	23587712
global_average_pooling2d (GlobalAveragePooling2D)	(None, 2048)	0
dropout (Dropout)	(None, 2048)	0
dense (Dense)	(None, 7)	14343

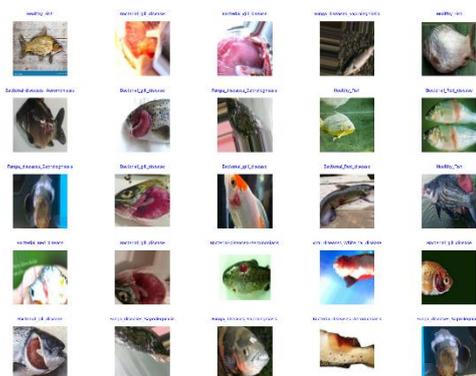
Total params: 23602055 (90.03 MB)
 Trainable params: 14343 (56.03 KB)
 Non-trainable params: 23587712 (89.98 MB)

Gambar 3. Arsitektur Model Resnet-50

1. *InputLayer* (*input_3*): Ini adalah lapisan input model yang menerima gambar berukuran 299x299 piksel dengan 3 saluran warna (RGB).

2. *SlicingOpLambda*: Operasi pemotongan yang dilakukan pada input, tetapi tidak mengubah dimensi gambar.
3. *resnet50 (Functional)*: Ini adalah model ResNet50 yang telah dilatih sebelumnya, yang diinisialisasi dengan bobot-bobot dari *ImageNet*. Model ini memiliki output berukuran (*None*, 10, 10, 2048), yang berarti setiap gambar input akan diubah menjadi tensor berukuran 10x10 dengan kedalaman 2048.
4. *GlobalAveragePooling2D*: Lapisan ini mengonversi tensor 10x10x2048 menjadi vektor 2048 dimensi dengan menghitung rata-rata dari setiap saluran (*channel*) pada setiap kotak 10x10. Ini dilakukan untuk mengurangi dimensi dan menyederhanakan representasi fitur.
5. *Dropout*: Ini adalah lapisan *dropout* yang mengimplementasikan teknik *dropout*, di mana sebagian *node* acak dinonaktifkan selama pelatihan untuk mencegah *overfitting*.
6. *Dense*: Ini adalah lapisan *dense* (sepenuhnya terhubung) yang memiliki 7 unit dan menggunakan fungsi aktivasi *softmax*. Lapisan ini bertanggung jawab untuk menghasilkan *output* kelas, di mana setiap unit menghasilkan probabilitas untuk kelas tertentu.

- b. Hasil Visualisasi Performa Klasifikasi Penyakit Ikan



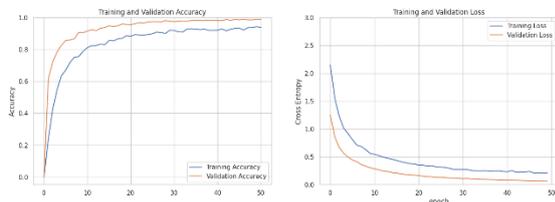
Gambar 4. Hasil Grid Prediksi dan Kelas Aktual

Keseluruhan, visualisasi menunjukkan bahwa model klasifikasi penyakit ikan yang

diusulkan mencapai kinerja yang menjanjikan. Model dapat mengklasifikasikan sebagian besar gambar uji dengan benar, menunjukkan potensi penggunaannya dalam sistem diagnostik otomatis.

c. Kinerja Pelatihan dan Validasi

Visualisasi kinerja pelatihan dan validasi model jaringan saraf konvolusional (CNN), yang digunakan untuk klasifikasi penyakit ikan. Adapun kinerja pelatihan dan validasi dapat dilihat pada Gambar 5 sebagai berikut:



Gambar 5. Kinerja Pelatihan dan Validasi Akurasi dan Loss

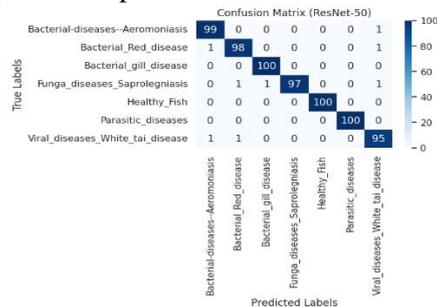
Dari Gambar 5. dapat disimpulkan bahwa:

1. Kemampuan Model untuk Belajar (Akurasi Pelatihan): Tren kurva akurasi pelatihan menunjukkan seberapa baik model belajar dari data pelatihan. Peningkatan yang stabil menunjukkan keberhasilan pembelajaran.
2. Generalisasi ke Data Tak Terlihat (Akurasi Validasi): Kurva akurasi validasi mencerminkan seberapa baik performa model pada data tak terlihat. Kurva yang mengikuti tren akurasi pelatihan tetapi tetap sedikit lebih rendah menunjukkan generalisasi yang baik.
3. Kemajuan Pelatihan (Kurva Kerugian): Kurva kerugian pelatihan dan validasi menunjukkan bagaimana kinerja model meningkat seiring waktu. Idealnya, kedua kurva tersebut harus menurun selama pelatihan.

d. Evaluasi Kinerja Model Menggunakan Matriks Kebingungan

Hasil dari model jaringan saraf konvolusional (CNN) ini mendemonstrasikan kinerja yang menjanjikan dalam

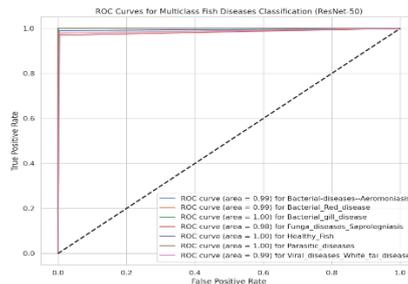
mengklasifikasikan berbagai penyakit ikan. Dapat dilihat pada Gambar 6. berikut:



Gambar 6. Matriks Kebingungan

Berdasarkan pada matriks kebingungan dapat disimpulkan bahwa model secara akurat mengklasifikasikan sebagian besar penyakit ikan. Diagonal matriks menunjukkan banyak prediksi yang benar untuk setiap kategori penyakit.

e. Evaluasi Kinerja Model Menggunakan Kurva ROC

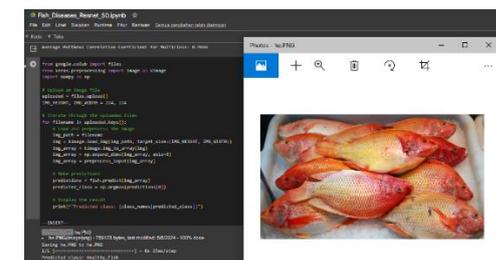


Gambar 7. Kurva ROC

Nilai AUC untuk semua kelas penyakit mendekati 1,0, yang menunjukkan bahwa model ini unggul dalam membedakan berbagai penyakit ikan. Selain itu, kurva ROC yang halus dan memiliki tren meningkat untuk setiap kelas penyakit menunjukkan bahwa model tersebut memiliki performa yang baik secara konsisten untuk semua jenis penyakit yang disertakan dalam analisis.

f. Prediksi Penyakit Ikan

Langkah terakhir adalah mencoba untuk memprediksi apakah model bisa mengenali penyakit ikan yang telah dilatih, adapun hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8. berikut:



Gambar 8. Prediksi Model

Hasilnya menunjukkan bahwa model mampu memprediksi jenis penyakit ikan dengan baik berdasarkan gambar-gambar yang diupload.

Kesimpulan

Dalam penelitian ini, kami berhasil mengembangkan dan mengevaluasi model *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis ResNet50 untuk klasifikasi penyakit ikan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa model yang dibuat mampu dengan baik membedakan berbagai jenis penyakit ikan dengan akurasi yang tinggi. Teknik augmentasi data dan penanganan ketidakseimbangan kelas memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan kinerja model. Dengan adanya hasil ini, penulis percaya bahwa model yang dikembangkan memiliki potensi untuk diterapkan dalam pemantauan kesehatan ikan secara *real-time*, yang dapat membantu dalam mendukung industri akuakultur untuk mengelola penyakit ikan dengan lebih efektif.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Jasmir, S.Kom, M.Kom

Daftar Pustaka

[1] B. Sumiarso and U. G. M. Press, *Pemikiran Guru Besar Universitas Gadjah Mada Menuju Indonesia Maju 2045: Bidang Agro*. in *Pemikiran guru besar Universitas Gadjah Mada menuju Indonesia maju*, 2045. Gadjah Mada University Press, 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=EnpREAAAQBAJ>

[2] L. P. Wanti and S. Romadhon, "Implementasi Forward Chaining Method Pada Sistem Pakar Untuk Deteksi Dini Penyakit Ikan," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, pp. 74–79, 2020.

[3] P. Purwono, "Monograf: Komparasi Model Transfer Learning Algoritma CNN pada Penyakit Alzheimer," *UHB Press*, vol. 1, no. 1, 2022.

[4] S. Dash, S. Ojha, R. K. Muduli, S. P. Patra, and R. C. Barik, "Fish Type and Disease Classification Using Deep Learning Model Based Customized CNN with Resnet 50 Technique.," *Journal of Advanced Zoology*, vol. 45, no. 3, 2024.

[5] M. R. I. Mamun, U. S. Rahman, T. Akter, and M. A. Azim, "Fish Disease Detection using Deep Learning and Machine Learning," *Int J Comput Appl*, vol. 975, p. 8887, Oct. 2023.

[6] Dewa and Krisna Arga, "DETEKSI IKAN TONGKOL BERFORMALIN MENGGUNAKAN CITRA KULIT IKAN DENGAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ResNet-50," *Eprints UPN "Veteran" Yogyakarta*, 2023, Accessed: May 14, 2024. [Online]. Available: https://eprints.upnyk.ac.id/37309/2/2.%20Abstrak_123160102_Krisna%20Arga%20Dewa.pdf

[7] E. Prasetyo, R. Purbaningtyas, R. D. Adityo, E. T. Prabowo, and A. I. Ferdiansyah, "Perbandingan convolution neural network untuk klasifikasi kesegaran ikan bandeng pada citra mata," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 8, no. 3, pp. 601–607, 2021.

[8] A. Julianto, A. Sunyoto, and F. W. Wibowo, "Optimasi Hyperparameter Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Penyakit Tanaman Padi," *TEKNIMEDIA: Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 3, no. 2, pp. 98–105, 2022.

[9] M. S. Dr. Ir. Eddy Afrianto, M. P. Ir. Evi Liviawaty, M. S. Ir. Zafran Jamaris, and S. P. Hendi, *Penyakit*



PROSIDING SEMINAR NASIONAL & CALL FOR PAPPER KONTEMPLASI TEKNOLOGI BARU: *BIG DATA* DAN *ARTIFICIAL INTELLIGENCE* DALAM EKONOMI BISNIS DAN LAYANAN KESEHATAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN DAN SAINS
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MUARA BUNGO

- Ikan*. Penebar Swadaya Grup. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=YCLgCgAAQBAJ>
- [10] S. M. Pattipeiluhu, J. M. F. Sahetapy, and S. M. A. Rijoly, *Buku Ajar Manajemen Kesehatan Ikan*. Deepublish, 2023. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=2gDSEAAAQBAJ>
- [11] I. Khasani, “PENYAKIT EKOR PUTIH (WHITE MUSCLE DISEASE) PADA UDANG GALAH (*Macrobrachium rosenbergii* de Man).”
- [12] S. T. M. K. Yahya, *Data Mining*. CV Jejak (Jejak Publisher), 2022. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=0J2mEAAAQBAJ>
- [13] D. Qosimah and H. Khotimah, *Pengendalian dan Diagnosis Penyakit Ikan: Kausa Bakteri dan Jamur*. Universitas Brawijaya Press, 2020. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=nRUQEAAAQBAJ>
- [14] F. S. B. Kibenge, B. Baldisserotto, and R. S. M. Chong, *Aquaculture Pathophysiology: Volume I. Finfish Diseases*. Elsevier Science, 2022. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=Z5XgDwAAQBAJ>
- [15] M. S. T. L. Hambali Supriyadi, *Mwaspadai & Menanggulangi Peny. pada Lou Han*. AgroMedia. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=bi-KPpmhynMC>
- [16] S. P. M. S. Mulyati, *MODUL KUALITAS AIR DAN HAMA PENYAKIT SMK/MAK KELAS X SEMESTER GENAP*. Litera Pustaka. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books?id=h65_EAAAQBAJ
- [17] W. Setiawan, *Deep Learning menggunakan Convolutional Neural Network: Teori dan Aplikasi*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=sE9LEAAAQBAJ>