

Sistem Pencegahan *Illegal Fishing* di Laut Batam menggunakan YOLOv7 berbasis Notifikasi Telegram

MUHAMMAD ABRAR MASRIL, DEOSA PUTRA CANIAGO

Teknik Komputer, Institut Teknologi Batam, Indonesia

Email: abrar@iteba.ac.id

Received 7 September 2023 | *Revised* 17 Oktober 2023 | *Accepted* 29 Oktober 2023

ABSTRAK

Pulau Batam menjadi salah satu pulau Indonesia terluar yang berbatasan langsung dengan negara tetangga. Penerapan YOLOv7 untuk mendeteksi kapal di laut Batam mampu mendeteksi objek kapal dengan hasil pengujian setelah melakukan training 100 epoch menghasilkan nilai precision sebesar 1.00 dan nilai confidence 0.882 menunjukkan tingkat kepercayaan hasil deteksi yang tinggi pada model YOLOv7. Hasil skor F1 sebesar 0.99 pada confidence 0.729 menunjukkan hasil bahwa model ini menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam menemukan objek. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan confusion matrix menunjukkan hasil akurasi yang tinggi dari setiap class pada model YOLOv7 yaitu Ferry 93%, KapalNelayanIndo 85%, KapalNelayanMalaysia 89%, KapalNelayanThailand 91%, KapalNelayanVietnam 82%, Speedboat 94%, dan Tanker 83%. Hasil pengujian aplikasi website yang terintegrasi dengan YOLOv7 dan bot Telegram menghasilkan website yang mampu mendeteksi objek dan mengirimkan notifikasi sehingga diharapkan mampu mencegah illegal fishing.

Kata kunci: Deteksi, Deep Learning, Kapal, Telegram, YOLOv7

ABSTRACT

Batam Island is one of Indonesia's outermost islands bordering neighboring countries. The application of YOLOv7 to detect ships in the Batam Sea was able to detect ship objects with test results after carrying out 100 epoch training resulting in a precision value of 1.00 and a confidence value of 0.882 indicating a high level of confidence in the detection results in the YOLOv7 model. The F1 score of 0.99 at confidence 0.729 shows that this model produces high accuracy in finding objects. Based on the evaluation results using the confusion matrix, it shows high accuracy results for each class in the YOLOv7 model, namely Ferry 93%, Indonesian Fisherman's Ship 85%, Malaysian Fisherman's Ship 89%, Thai Fisherman's Ship 91%, Vietnamese Fisherman's Ship 82%, Speedboat 94%, and Tanker 83%. The test results of the website application integrated with YOLOv7 and Telegram bot resulted in a website that is able to detect objects and send notifications so that it is expected to be able to prevent illegal fishing.

Keywords: Detection, Deep Learning, Ship, Telegram, YOLOv7

1. PENDAHULUAN

Pidato presiden Joko Widodo pada acara *Our Ocean Conference* ke-5 di Nusa Dua Bali tahun 2018 mengatakan bahwa Indonesia memegang peran penting pada industri maritim. Presiden menegaskan bahwa negara Indonesia adalah negara maritim di mana sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari laut, dan laut juga memberi jutaan orang kehidupan di dunia ini. Sekitar 90% dari total perdagangan dunia melalui jalur laut, karena pentingnya fungsi kelautan maka kejahatan maritim semakin meningkat seperti pembajakan, penyeludupan narkoba, perdagangan manusia, dan penangkapan ikan secara ilegal (**Arizonia, dkk, 2019**). Wilayah laut Indonesia mempunyai sumber daya ikan yang melimpah sehingga membuat nelayan negara asing tertarik dengan sumber daya tersebut dengan melakukan kegiatan *illegal fishing*. *Illegal fishing* merupakan kegiatan yang dilakukan oleh nelayan asing yang memasuki perairan Indonesia secara ilegal untuk menangkap ikan (**Wijayanti, dkk, 2021**). Kemajuan teknologi pengenalan gambar dan analisis video menggunakan *Artificial Intelligence* (AI) menjadi semakin meluas. Pengkodean gambar yang buruk sehingga dapat menyebabkan akurasi pengenalan gambar menurun. Pada penelitian ini mengusulkan metode jaringan syaraf tiruan untuk meningkatkan akurasi pengenalan gambar, terutama akurasi deteksi objek dengan menerapkan pasca-pemrosesan pada video yang dikodekan menggunakan VVC (*Versatile Video Coding*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi dari metode VVC dan YOLOv7 menghasilkan akurasi deteksi objek yang tinggi (**Shindo, dkk, 2023**). Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) algoritma yang mampu mendeteksi target berdasarkan *deep learning* dan *Convolutional Neural Network* (CNN). Keunggulan dari algoritma ini meliputi kecepatan tinggi, akurasi deteksi tinggi, dan dapat memonitoring objek secara *real time*. Hasil pengujian menghasilkan kinerja yang optimal untuk mendeteksi cacat produksi baja dengan nilai mAP (*Mean Average Precision*) 80,2% pada pengujian *training* dan 81,9% pada data *testing* (**Wang, dkk, 2022**).

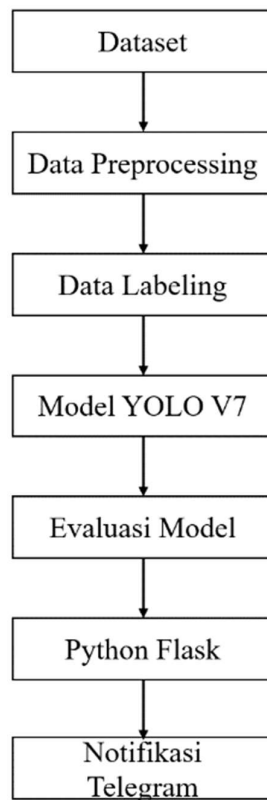
Dampak dari pandemi Covid 19 terasa ke seluruh dunia sehingga keluarnya peraturan memakai masker dan menjaga jarak di area umum. Pihak berwenang telah melakukan berbagai tindakan pencegahan untuk mencegah orang yang tidak memakai masker, sulitnya memeriksa masker di daerah padat seperti sekolah, rumah sakit, dan di mall, maka dibutuhkan teknologi untuk mendeteksi orang yang menggunakan masker dan tidak menggunakan masker. Pada penelitian ini digunakan salah satu algoritma *deep learning* yaitu YOLOv7, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa YOLOv7 dapat membedakan orang yang memakai masker, tidak memakai masker, dan salah memakai masker (**EGİ, 2023**). Penelitian tentang sistem INSURE (*Unlicensed and Unreported Fishing*) yang menggunakan pengamatan bumi dari satelit dan data AIS telah terbukti efisien dalam memantau dan mendeteksi aktivitas penangkapan ikan ilegal di Afrika Barat, yang menyebabkan kerugian materiil dan kerusakan ekosistem pesisir dan laut, dengan metode *deep learning* tingkat keberhasilan deteksi mencapai 91% (**Kurekin, dkk, 2019**). Dengan menggunakan teknologi *computer vision*, penelitian CV-DMA dan YOLO telah membantu otoritas maritim Brasil dalam mengintegrasikan catatan kapal dan gambar kamera untuk meningkatkan keamanan laut, menghadapi ancaman aktifitas ilegal seperti perdagangan narkoba dan *illegal fishing* (**Magalhães, dkk, 2023**). Budidaya ikan menggunakan metode akuakultur sangat bergantung pada proses deteksi ikan yang akurat di bawah air sehingga dapat mengetahui perilaku ikan. Kondisi lingkungan bawah air dipengaruhi oleh pencahayaan dan kualitas air sehingga menutupi tubuh ikan. Oleh karena itu ikan bawah air tidak terlalu jelas sehingga membatasi akurasi pengenalan target di bawah air. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa deteksi akurasi model YOLOv7 sebesar 92,86% (**Zhou, dkk, 2023**).

Dengan menggabungkan modul IDOD dengan YOLOv7 bertujuan untuk meningkatkan akurasi deteksi, penelitian ini berhasil meningkatkan deteksi objek di lingkungan cuaca berkabut cahaya rendah, terbukti dengan hasil percobaan yang menunjukkan peningkatan kualitas gambar dan evaluasi objektif, serta meningkatkan persepsi dalam mengemudi otonom dalam kondisi tersebut **(Qiu, dkk, 2023)**. Notifikasi telegram merupakan media untuk mengirim pesan, gambar, video, dokumen, dan tipe berkas lainnya. API yang digunakan pada telegram bersifat open source yang membantu *developers* untuk menciptakan aplikasi Telegram sendiri **(Patimah, dkk, 2022)**.

2. METODE

2.1 Blok Diagram

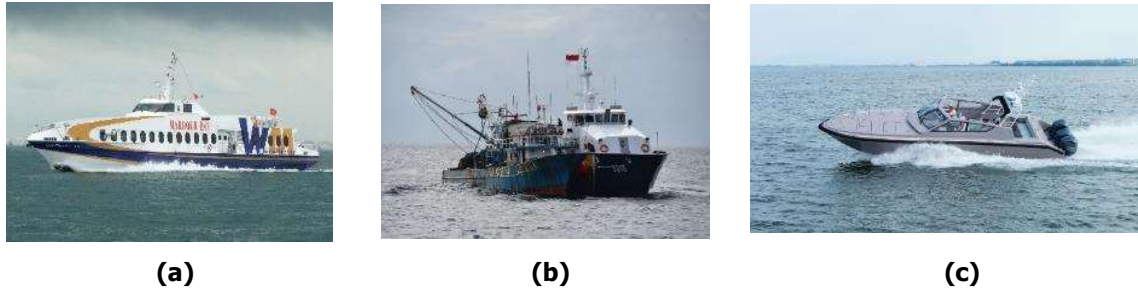
Penelitian deteksi kapal menggunakan YOLOv7 dan *notifikasi chat telegram* pada penelitian ini terdiri dari tujuh tahapan yaitu: *Dataset*, *Data Preprocessing*, *Data Labeling*, Model YOLO v7, Evaluasi Model, *Python Flask*, dan Notifikasi *Telegram*. Ketujuh tahapan tersebut digunakan untuk mendapatkan hasil deteksi kapal seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

2.2 Dataset

Dataset merupakan kumpulan citra yang digunakan untuk proses *training* dan evaluasi model sehingga menjadi bagian yang penting untuk proses deteksi objek dan klasifikasi objek pada algoritma YOLO **(Kim, dkk, 2022)**. *Dataset* yang digunakan berupa citra kapal yang terdiri dari kapal ferry, kapal nelayan, *speed boat*, dan kapal tanker seperti pada Gambar 2.



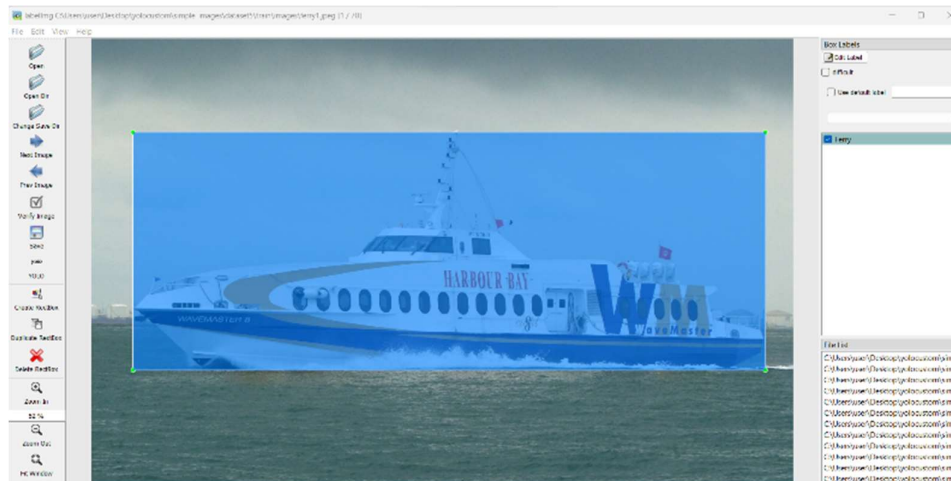
Gambar 2. Contoh Citra Kapal (a) Ferry (b) Nelayan Indonesia (c) *Speedboat*

2.3 Data *Preprocessing*

Pada proses *data preprocessing* ini akan dilakukan *cropping* pada citra kapal bertujuan untuk mempermudah proses *training* pada model YOLOv7. Proses *cropping* berfungsi memperoleh area yang penting sehingga tidak adanya bagian-bagian yang tidak penting yang menghambat pada saat proses *training* (Romadhanti, dkk, 2021).

2.4 Data *Labelling*

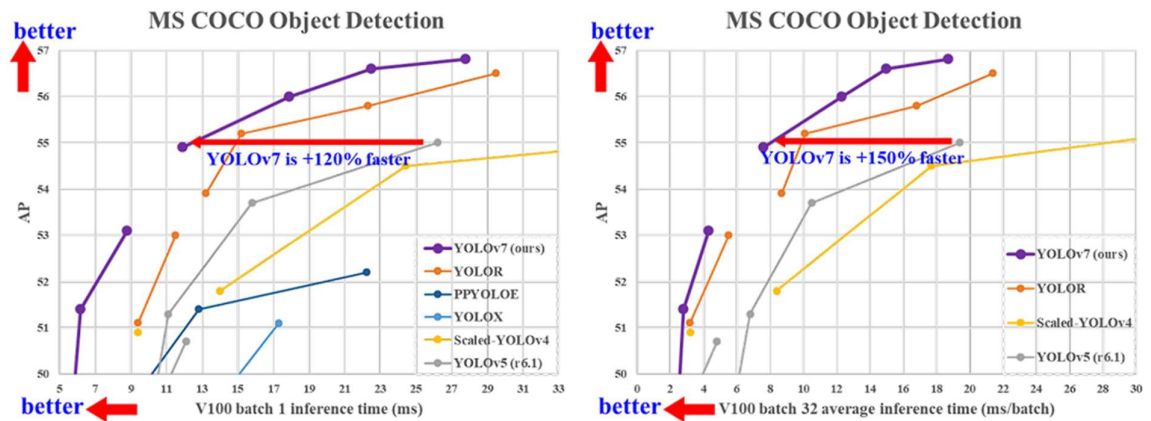
Labeling merupakan proses memberikan label atau *tag* pada objek yang pada pada citra. Pada proses label akan ditentukan nama objek, kelas objek, dan informasi yang berguna untuk proses *training* deteksi objek pada citra seperti pada Gambar 3 (Zhang , dkk, 2022).



Gambar 3. *Labelling*

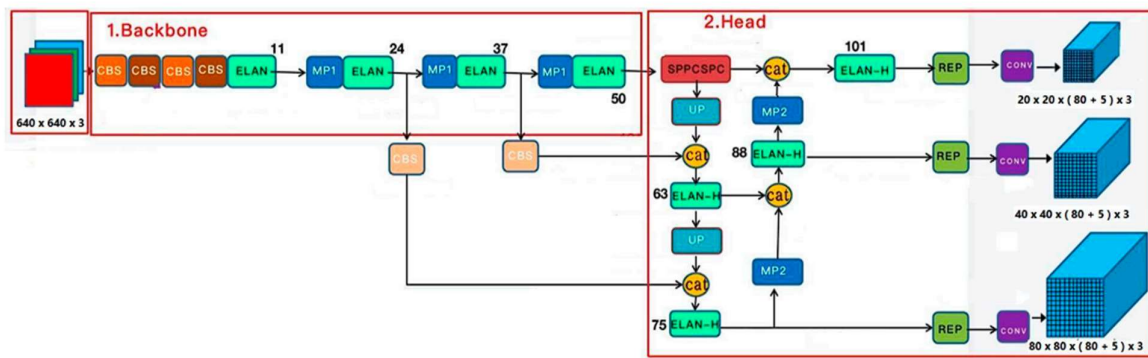
2.5 Model YOLO

YOLOv7 merupakan model terbaru dari algoritma deteksi YOLO. YOLOv7 yang sudah melampaui semua *detector* objek dalam hal kecepatan deteksi serta akurasi dalam mendeteksi objek dengan kisaran dari 5 FPS sampai dengan 160 FPS dan memiliki akurasi tertinggi 56,8% AP di antara semua *detector* objek *real-time* dengan 30 FPS atau GPU V100 seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan *Detector* (Wang, dkk, 2022).

Gambar 5 menunjukkan cara kerja YOLOv7 secara keseluruhan. Gambar *input* akan diubah ukurannya menjadi 640 x 640 sebelum masuk *backbone*. Pada bagian *head network layer* terdapat REP dan conv yang digunakan untuk menampilkan hasil prediksi.



Gambar 5. Kerangka Kerja YOLOv7 (Cao, dkk, 2023).

2.6 Evaluasi Model

Proses evaluasi model bertujuan untuk mengetahui akurasi hasil dari prediksi dan klasifikasi pada citra *input*. Ada beberapa cara untuk mengevaluasi klasifikasi yaitu *confusion matrix*, *precision*, and *recall*. *Confusion matrix* digunakan untuk mengevaluasi hasil klasifikasi. Tabel 1 menunjukkan representasi hasil *Confusion matrix* yaitu *True Negative* (TN), *True Positive* (TP), *False Negative* (FN), dan *False Positive* (FP) (Shobha & Rangaswamy, 2018).

Tabel 1. *Confusion Matrix*

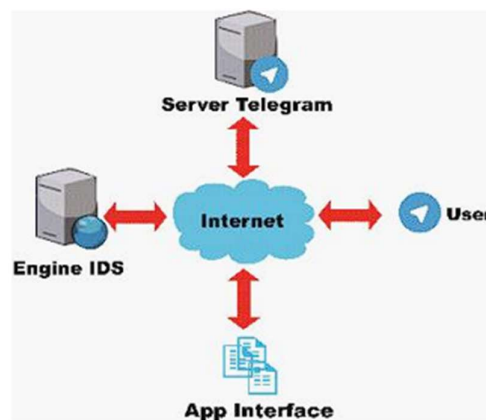
| Actual Class | Predicted class | |
|--------------|-----------------|---------|
| | Positif | Negatif |
| True | TP | FN |
| False | FP | TN |

2.7 Python Flask

Flask merupakan *website framework* yang ditulis dalam bahasa pemrograman *python*. Cara kerja *flask* tidak memerlukan *library* tertentu dan memiliki *database* bawaan. *Flask* juga mendukung beberapa *extension* yaitu *objectrelational mappers*, *form validation*, dan *upload handling* (Singh, dkk, 2019).

2.8 Notifikasi Telegram

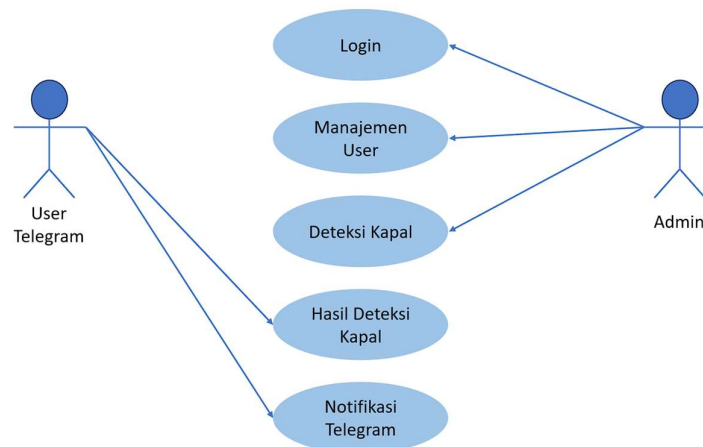
Telegram mempunyai *bot* yang bisa digunakan untuk mengirimkan pesan secara otomatis. *Bot* merupakan sebuah program yang ada pada *server telegram*. Selanjutnya untuk mendapatkan informasi menggunakan *telegram client* yang terpasang pada perangkat *mobile admin server*. *Telegram client* memiliki fungsi sebagai *interface* yang akan menampilkan informasi tertentu. Proses pengiriman dan penerimaan informasi menggunakan telegram dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengiriman dan Penerimaan Informasi (Fahana, dkk, 2017)

2.9 Software Design

Pada Gambar 7 merupakan *use case diagram* dari sistem yang akan dibuat. Terdapat lima *use case* yaitu, hasil deteksi kapal dan notifikasi telegram yang bisa dilakukan oleh *user telegram*. Sedangkan untuk admin bisa melakukan login, manajemen user, dan deteksi kapal dengan syarat admin harus login terlebih dahulu.



Gambar 7. Use Case Diagram

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Dataset

Pengelolaan *dataset* pada penelitian ini menggunakan data foto yang diambil dari kamera Canon 80D pada lokasi Pelabuhan Sekupang, Pelabuhan Harbour Bay, Pelabuhan Batam Center, dan Belakang Padang untuk foto kapal Ferry, *Speedboat* dan Tanker. Sedangkan untuk foto kapal nelayan Malaysia, Thailand, dan Vietnam diperoleh dari www.kaggle.com. *Dataset* YOLOv7 yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 700 citra yang digunakan untuk proses *training set*, 140 citra untuk *validation*, dan 35 citra untuk proses *testing set*. *Training set* merupakan proses melatih model YOLOv7 agar dapat memprediksi keberadaan objek kapal. *Validation set* berfungsi untuk mengevaluasi performa dari model YOLOv7 saat melakukan proses *training*. Sedangkan proses *testing set* berfungsi untuk menguji model YOLOv7 ketika mengelola citra. *Dataset* yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi tujuh kelas, yaitu kelas Ferry, KapalNelayanIndo, KapalNelayanMalaysia, KapalNelayanThailand, KapalNelayanVietnam, Speedboat, dan Tanker. Pengelompokan kelas yang digunakan pada *dataset* dapat dilihat pada Tabel 2.

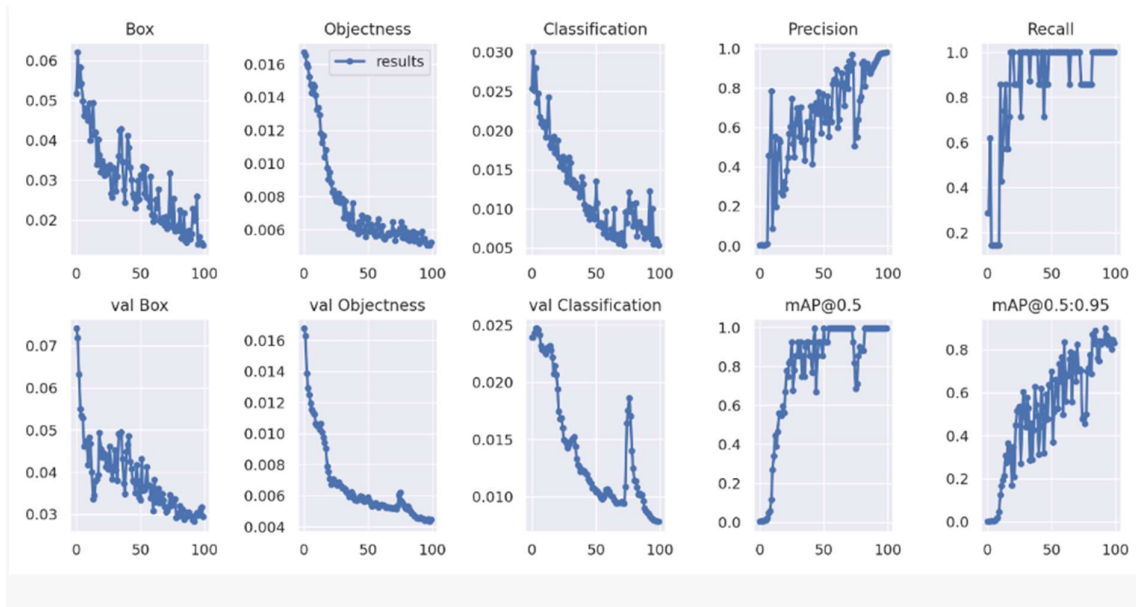
Tabel 2. Pengelompokan Kelas

| No. | Class | Jumlah Citra |
|-----|----------------------|--------------|
| 1 | Ferry | 100 |
| 2 | KapalNelayanIndo | 100 |
| 3 | KapalNelayanMalaysia | 100 |
| 4 | KapalNelayanThailand | 100 |
| 5 | KapalNelayanVietnam | 100 |
| 6 | Speedboat | 100 |
| 7 | Tanker | 100 |

Data Tabel 2 yang ditampilkan di atas menampilkan jumlah sampel citra yang akan diolah untuk menjadi data *training*, sehingga sistem dapat mendeteksi jenis kapal dari berbagai *Class*. Data jumlah citra yang akan dijadikan sampel sebanyak 100 data citra pada masing-masing *class* telah melalui proses *labelling*.

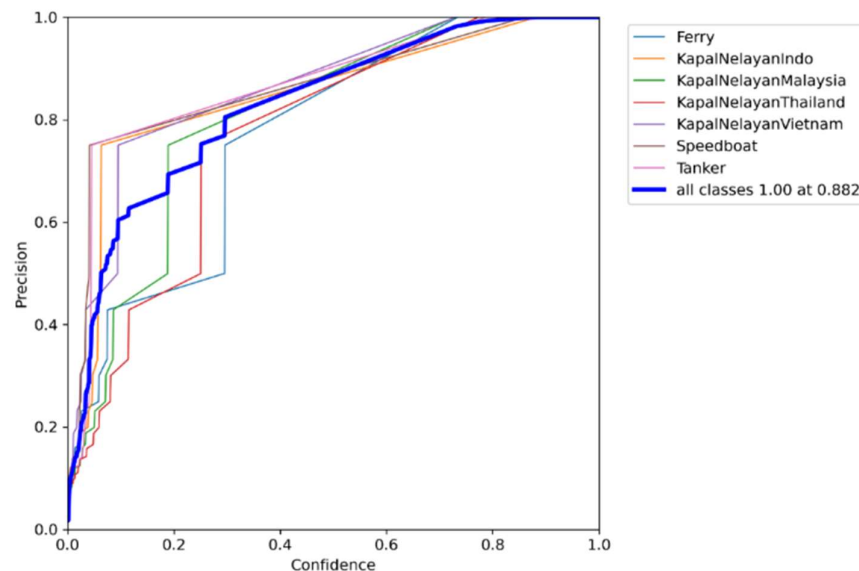
3.2 Training Model YOLOv7

Proses *training* pada penelitian ini menggunakan *Google Colab* dan *Python* dengan jumlah *dataset* 875 gambar yang terdiri dari 700 citra sebagai *training set*, 140 citra sebagai *validation set*, dan 35 citra untuk proses *testing set*. *Training* dilakukan sebanyak 100 *epoch* dengan pengaturan *batch-size* 16 dan ukuran citra yang di-*input* 640x640. Hasil *training* dapat dilihat seperti pada Gambar 8.



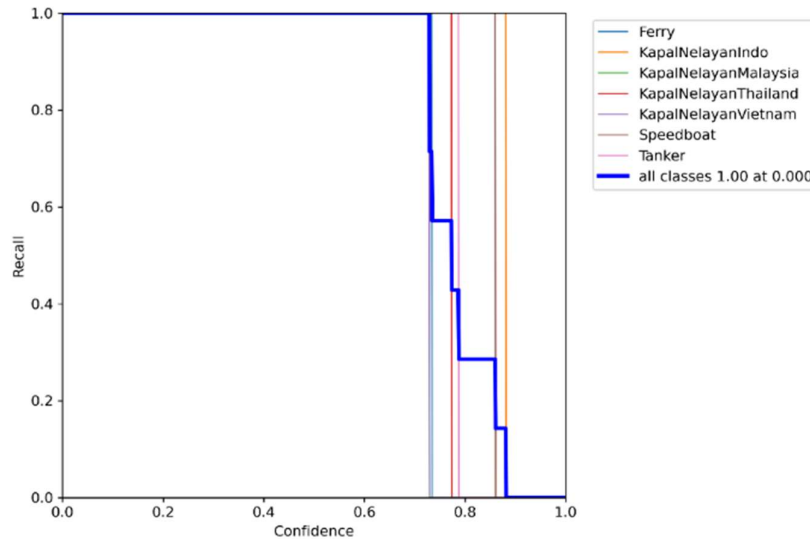
Gambar 8. Hasil *Training Data*

Gambar 9 menunjukkan hubungan grafik antara *precision* dan *confidence*. *Precision* berfungsi untuk menunjukkan kualitas dari model YOLOv7 saat klasifikasi objek. *Precision* juga mengukur model YOLOv7 memberikan nilai benar saat proses memberikan label kepada objek yang dideteksi. *Confidence* merupakan nilai dari tingkat keyakinan model YOLOv7 terhadap kebenaran label yang diberikan pada objek yang dideteksi. Nilai *precision* pada penelitian ini yaitu 1.00 ini membuktikan bahwa model YOLOv7 benar ketika memberikan label kepada objek yang dideteksi. Nilai *confidence* 0.882 menunjukkan cukup yakin dengan label yang diberikan pada objek yang dideteksi.



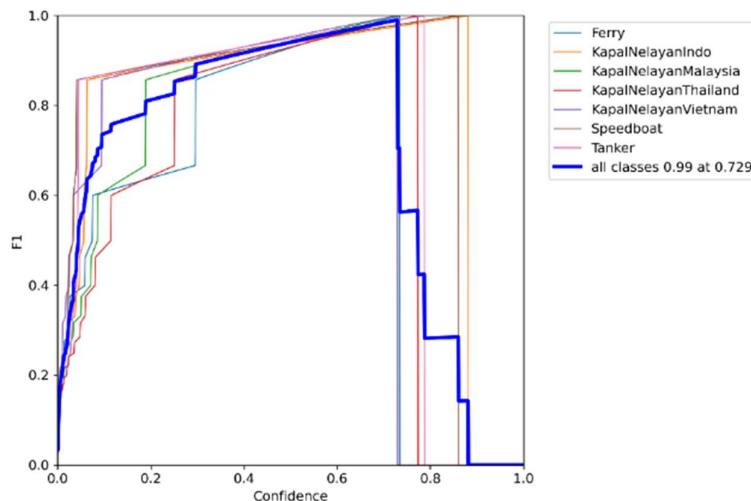
Gambar 9. *Precision dan Confidence*

Perbandingan nilai *recall* dengan *confidence* pada Gambar 10 untuk mengidentifikasi seberapa akurat model YOLOv7 dalam menjelaskan data. Nilai *recall* sebesar 1.00 untuk semua kelas pada tingkat kepercayaan 0 menunjukkan bahwa model YOLOv7 memiliki tingkat identifikasi yang signifikan terhadap data.



Gambar 10. Recall dan Confidence untuk Semua Class

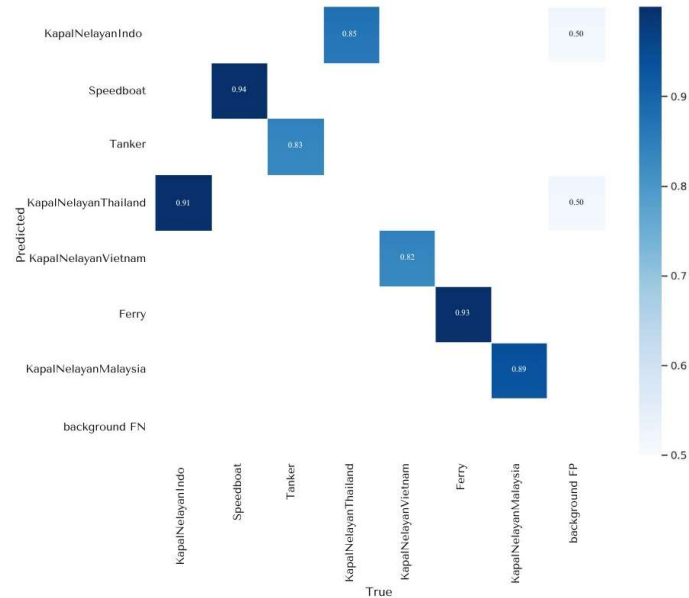
Berdasarkan hasil yang diperoleh, skor F1 sebesar 0.99 pada *confidence* 0.729 untuk semua class. F1 *score* digunakan untuk evaluasi kinerja model YOLOv7 saat mendeteksi objek. Dengan demikian rata-rata *precision* model untuk menemukan objek yang sebenarnya pada citra adalah sebesar 99%. Ini menunjukkan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam menemukan objek yang ada pada citra seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. F1 Score

Confusion matrix merupakan metrik yang digunakan untuk mengevaluasi model YOLOv7 saat mendeteksi objek. Matrik ini berfungsi sebagai pengelompokan objek-objek yang ada pada

citra. Setiap baris menunjukkan kelas pada YOLOv7, sementara kolom menunjukkan kelas hasil prediksi. Pada Gambar 12 menunjukkan hasil *confusion matrix* dari model YOLOv7 dalam mendeteksi jenis-jenis kapal.



Gambar 12. Confusion Matrix

Hasil TP (*True Positive*) menunjukkan jumlah dari objek yang dapat dideteksi oleh model YOLOv7. Dengan nilai TP yang tinggi maka, semakin baik kinerja dari model dalam mengelompokkan objek-objek pada citra. Pada Gambar 12 juga menunjukkan hasil dari *background FP* (*False Positive*) pada *class* KapalNelayanIndo dan KapalNelayanThailand yaitu 0.5, nilai ini menunjukkan bahwa model mendeteksi *background* dari citra. Hasil *confusion matrix* seperti pada Gambar 12 dapat dilihat tingkat akurasi dari deteksi kapal dan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Akurasi Masing-Masing Kelas

| No. | Class | Akurasi Deteksi | Background (False Positive) |
|-----|----------------------|-----------------|-----------------------------|
| 1 | Ferry | 93% | 0 |
| 2 | KapalNelayanIndo | 85% | 50% |
| 3 | KapalNelayanMalaysia | 89% | 0 |
| 4 | KapalNelayanThailand | 91% | 50% |
| 5 | KapalNelayanVietnam | 82% | 0 |
| 6 | Speedboat | 94% | 0 |
| 7 | Tanker | 83% | 0 |

3.3 Hasil Pengujian

Pada Gambar 13 menunjukkan hasil dari validasi model YOLOv7. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa model YOLOv7 yang digunakan sudah berhasil mendeteksi objek kapal sesuai dengan kelasnya masing-masing.



(a)



(b)

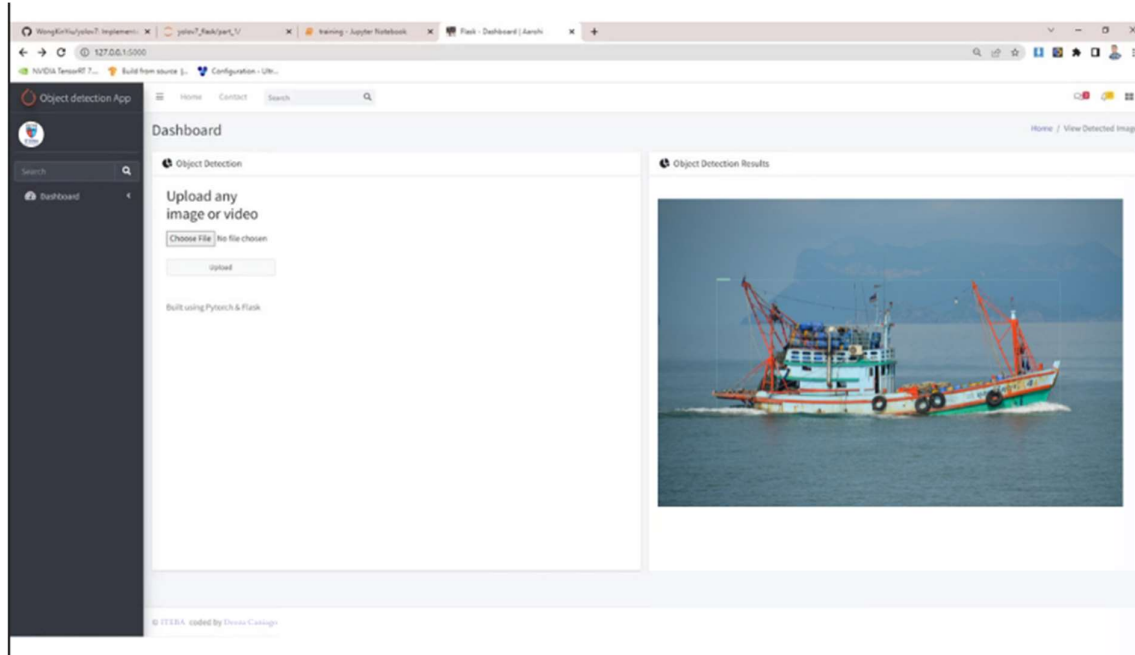


(c)

Gambar 13. Hasil Validasi Model (a) Nelayan Indonesia (b) Nelayan Vietnam (c) Speedboat

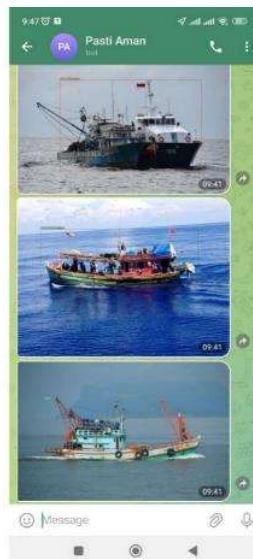
3.4 Implementasi dan Pengujian Sistem

Setelah melakukan proses *training*, maka model YOLO akan menyimpan hasil terbaik dari proses *training* dalam bentuk format "best.pt". Hasil dari *best.pt* ini yang akan diintegrasikan kedalam aplikasi deteksi kapal. *Framework python flask* dapat mengintegrasikan antara YOLOv7 dan dengan aplikasi. *Flask* merupakan *framework website* menggunakan bahasa pemrograman *Python* yang dapat membuat aplikasi *website* sederhana. *Flask* dapat membuat sebuah aplikasi yang dapat menerima *input* dan menghasilkan *output* sesuai kebutuhan pengguna. Untuk mengirim gambar hasil deteksi pada *telegram* menggunakan *library Python* yaitu *teleport*. *Teleport* merupakan bagian dari *library python* yang berfungsi untuk mengintegrasikan API telegram dengan aplikasi. Telegram berfungsi untuk mengirimkan notifikasi, pesan, dan konten melalui *telegram*. Fitur yang tersedia pada *teleport* bisa digunakan untuk mengontrol *bot* pada *telegram*. Pada Gambar 14 merupakan hasil dari pengujian integrasi antara *website flask* dengan YOLOv7.



Gambar 14. Integrasi *Flask* dan YOLOv7.

Hasil pengujian sistem dapat diakses melalui *browser* sehingga dapat dilihat menggunakan perangkat pintar seperti tablet, laptop, dan *smartphone* yang terhubung dengan jaringan internet. Pada Gambar 15 memperlihatkan hasil dari notifikasi pengiriman citra hasil deteksi melalui *chatbot* pada *platform telegram*. Citra yang dikirimkan merupakan hasil dari *training* dari model YOLOv7 yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 15. Notifikasi Telegram

Penerapan *flask* yang terintegrasi dengan model YOLOv7 dapat memberikan solusi untuk deteksi kapal yang ada di laut Batam. Implementasi *bot telegram* sebagai pengirim notifikasi hasil deteksi kapal dapat mencegah *illegal fishing* di laut Batam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian deteksi kapal menggunakan YOLOv7 mampu mendeteksi jenis-jenis kapal berdasarkan *class* yang sudah ditentukan. Hasil deteksi setelah *training* 100 *epoch* menghasilkan nilai *precision* sebesar 1.00 dan nilai *confidence* 0.882 menunjukkan tingkat kepercayaan hasil deteksi yang tinggi pada model YOLOv7. Hasil skor F1 sebesar 0.99 pada *confidence* 0.729 menunjukkan hasil bahwa model ini menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam menemukan objek. Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* menunjukkan hasil akurasi yang tinggi dari setiap *class* pada model YOLOv7 yaitu Ferry 93%, KapalNelayanIndo 85%, KapalNelayanMalaysia 89%, KapalNelayanThailand 91%, KapalNelayanVietnam 82%, Speedboat 94%, dan Tanker 83%. Pada pengujian aplikasi yang mengintegrasikan model YOLOv7 dengan *framework python flask* menghasilkan sebuah aplikasi *website* yang dapat mendeteksi objek. Hasil pengujian *bot telegram* mampu mengirim notifikasi secara otomatis pada *platform telegram* jika terdeteksi adanya objek kapal. Dengan diterapkannya sistem ini, diharapkan dapat meningkatkan pencegahan *illegal fishing* pada Laut Batam yang merupakan pulau yang berbatasan langsung dengan negara tetangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapat terima kasih disampaikan kepada Kemendikbudristek yang telah mendanai penelitian ini dengan surat keputusan nomor 186/E5/PG.02.00.PL/2023 dan kontrak penelitian nomor 033/LL10/PG.AK/2023. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada tim yang membantu penelitian ini dan juga kepala laboratorium elektronika Institut Teknologi Batam yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Arizonia Ismail, H., & Kartika, E. (2019). PERAN KEMARITIMAN INDONESIA DI MATA DUNIA. *Jurnal Saintek Maritim*, 20(1), 83–89.
- Cao, L., Zheng, X., & Fang, L. (2023). The Semantic Segmentation of Standing Tree Images Based on the Yolo V7 Deep Learning Algorithm. *Electronics (Switzerland)*, 12(4), 1–15. MDPI.
- EĞİ, Y. (2023). YOLO V7 and Computer Vision-Based Mask-Wearing Warning System for Congested Public Areas. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1), 22–32. Iğdir University.
- Emerick de Magalhães, M., Barbosa, C. E., Cordeiro, K. de F., Isidório, D. K. M., & Souza, J. M. de. (2023). Improving Maritime Domain Awareness in Brazil through Computer Vision Technology. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(7), 1–15. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
- Fahana, J., Umar, R., & Ridho, F. (2017). *Pemanfaatan Telegram Sebagai Notifikasi Serangan untuk Keperluan Forensik Jaringan*. *Jurnal Sistem Informasi*.

- Kim, J. H., Kim, N., Park, Y. W., & Won, C. S. (2022). Object Detection and Classification Based on YOLO-V5 with Improved Maritime Dataset. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(3), 1–14. MDPI.
- Kurekin, A. A., Loveday, B. R., Clements, O., Quartly, G. D., Miller, P. I., Wiafe, G., & Agyekum, K. A. (2019). Operational monitoring of illegal fishing in Ghana through exploitation of satellite earth observation and AIS Data. *Remote Sensing*, 11(3), 1–28. MDPI AG.
- Patimah, Sari, D. M., Rustan, F., Rusman, I., Teknik, F., Informatika, T., & Sulawesi Barat, U. (2022). *Implementasi Prototyping Model untuk Pengembangan Real-Time Notifikasi Telegram Api (Application Programming Interface) pada Tugas Akhir Mahasiswa*. Retrieved from <https://api.telegram.org/bot>
- Qiu, Y., Lu, Y., Wang, Y., & Jiang, H. (2023). IDOD-YOLOV7: Image-Dehazing YOLOV7 for Object Detection in Low-Light Foggy Traffic Environments. *Sensors*, 23(3), 1–22. MDPI.
- Romadhanti, I., Kurniastuti, I., & Wulan, T. (2021). *Pemrosesan Citra Kuku Jari Tangan Menggunakan Metode Glcm (Grey Level Co-Occurrence Matrix)*. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/350676479>
- Shindo, T., Watanabe, T., Yamada, K., & Watanabe, H. (2023). Accuracy Improvement of Object Detection in VVC Coded Video Using YOLO-v7 Features. *arXiv*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2304.00689>
- Shobha, G., & Rangaswamy, S. (2018). Machine Learning. *Handbook of Statistics* (Vol. 38, pp. 197–228). Elsevier B.V.
- Singh, M., Verma, A., Parasher, A., Chauhan, N., & Budhiraja, G. (2019). Implementation of Database Using Python Flask Framework. *International Journal of Engineering and Computer Science*, 8(12), 24890–24893. Valley International.
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2022). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors. *arXiv*, 1–15. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/2207.02696>
- Wang, Y., Wang, H., & Xin, Z. (2022). Efficient Detection Model of Steel Strip Surface Defects Based on YOLO-V7. *IEEE Access*, 10, 133936–133944. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.
- Wijayanti, P. T., Putri, D., Wahyuniarti, S., & Fitriyono, R. A. (2021). Tindak Pidana Illegal Fishing di Perairan Natuna Dalam Perspektif Kriminologi. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 2, 16–23.

- Zhang, Y., Guo, Z., Wu, J., Tian, Y., Tang, H., & Guo, X. (2022). Real-Time Vehicle Detection Based on Improved YOLO v5. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(19), 1–19. MDPI.
- Zhou, S., Cai, K., Feng, Y., Tang, X., Pang, H., He, J., & Shi, X. (2023). An Accurate Detection Model of *Takifugu rubripes* Using an Improved YOLO-V7 Network. *Journal of Marine Science and Engineering*, *11*(5), 1–15. MDPI.