

IMPLEMENTASI FUSI INFORMASI DENGAN NAÏVE BAYES CLASSIFIER UNTUK PENGENALAN DAN IDENTIFIKASI PESAWAT UDARA

**Luqman Affandi, Arwin Datumaya Wahyudi Sumari,
Rokhimatul Wakhidah, Abdulloh, Inayati Machsus Izza Addin**
Politeknik Negeri Malang
Email : wakhidah@polinema.ac.id

A. Pendahuluan

Mengenali objek udara salah satunya adalah pesawat udara, melalui observasi visual merupakan salah satu keahlian yang harus dimiliki oleh personel Tentara Nasional Indonesia (TNI) khususnya TNI Angkatan Udara (AU) yang ditugaskan di lapangan sebagai salah satu unsur dari Sistem Pertahanan Udara Nasional (Sishanudnas) (Komando Pertahanan Udara Nasional, 2017). Observasi visual juga dapat dilakukan dengan menerbangkan pesawat tempur untuk mengenali dan mengidentifikasi objek udara yang terdeteksi radar namun tidak dikenali identitasnya. Hal tersebut dapat berisiko tinggi kepada awak pesawat tempur jika objek udara tersebut merupakan pesawat tempur musuh dengan kemampuan yang lebih tinggi dilengkapi dengan persenjataan yang lebih modern. Di sisi lain, pengenalan objek udara secara visual yang dilakukan pada jarak tertentu yang dianggap aman memiliki kemungkinan akurasi yang rendah dikarenakan keterbatasan kemampuan visual manusia.

Observasi visual pada dasarnya adalah tindakan untuk mengenali dan mengidentifikasi bahwa sebuah objek udara yang berada di satu wilayah udara merupakan kawan (*friend*), lawan (*foe*), atau netral. Sistem *Identification Friend, Foe, or Neutral* (IFFN) dapat mengenali dan mengidentifikasi satu objek udara berdasarkan kode-kode yang dipancarkan darinya (Miller, 2002) namun pada umumnya objek udara lawan akan mematikan sistem ini ketika terbang di wilayah udara yang sedang dipenetrasi. Maka observasi visual merupakan salah satu upaya untuk mengenali dan mengidentifikasi objek dalam (US Department of the Defense, 1998; Warner, 1999)

Dikarenakan objek udara bergerak dengan kecepatan suara dan bahkan lebih, maka pengenalan dan identifikasinya berpacu dengan waktu sehingga kecepatan menjadi kunci penting. Untuk situasi manapun baik pengenalan dan identifikasi objek udara dari darat-ke-udara (*surface-to-air*) oleh personel TNI AU di darat menggunakan teropong binokular, maupun dari udara-ke-udara (*air-to-air*) oleh penerbang TNI AU dengan pesawat tempur, akan sangat baik bila dilengkapi dengan satu sistem dukungan pengenalan dan identifikasi objek udara yang mampu dengan cepat memberikan hasil pengenalan serta identitas objek udara dimaksud. Teknologi Kecerdasan Artificial (*Artificial Intelligence*) telah memungkinkan dimanfaatkan untuk melakukan pengenalan hingga identifikasi objek. Beberapa diantaranya yang telah dikembangkan adalah pengenalan objek (*object recognition*) menggunakan metode berbasis jaringan syarat (*neural network*) (D. Fu et al., 2019); (Stephen, Mishra, & Sain, 2019), berbasis *Support Vector Machine* (SVM) (Muralidharan & Chandrasekar, 2011); (Wardaya, 2014), berbasis kelas (K. Fu et al., 2019), serta berbasis pengetahuan (Kim, 2005) yang khusus untuk pengenalan dan identifikasi pesawat udara. Kecepatan pengenalan dan identifikasi menjadi kunci penting pencegahan penetrasi objek udara musuh dalam Sishanudnas. Untuk itu diperlukan teknik untuk mengolah data masukan ke bentuk yang sederhana menggunakan fusi informasi (A. D. W. Sumari & Ahmad, 2016; Zhang et al., 2020).

Dari beberapa studi literatur di atas, dikembangkan satu sistem pengenalan objek udara yang dilengkapi fusi informasi dengan *Naïve Bayes Classifier* untuk mengenali dan mengidentifikasi pesawat udara. Tujuan dari dikembangkannya sistem ini adalah untuk membandingkan kecepatan proses pengenalan dan identifikasi ketika menggunakan fusi informasi dan tidak. Selain itu, juga untuk membuktikan bahwa fusi informasi dapat membantu mempercepat perhitungan. Sistem yang dikembangkan menggunakan teknologi *speech-to-text* untuk mengimbangi kecepatan terbang pesawat udara. Sistem mengolah data teks tersebut menggunakan teknik kecerdasan artificial dan memberikan luaran berupa teks hasil pengenalan dan identifikasi yang ditampilkan di layar sistem.

B. Pengenalan Pesawat Udara Secara Visual

Pada situasi damai apalagi situasi perang, aktivitas deteksi, pengenalan, dan identifikasi pesawat udara dilakukan terus menerus 24/7 tanpa henti. Cara paling cepat untuk mengetahui dinamika di satu wilayah adalah dengan melakukan penetrasi dari udara menggunakan beragam teknik yang utamanya untuk menghindari keberadaannya dideteksi oleh Radar. Penetrasi dari udara dapat dilakukan dengan menggunakan pesawat berawak atau pesawat tidak berawak. Di antara teknik-teknik untuk penghindaran dari tangkapan sinyal Radar adalah dengan terbang di wilayah *Radar shadow* atau terbang pada ketinggian rendah yang umum disebut dengan *Nap-on-the-Earth* (Nallusamy & Balaji, 2019). Di sisi lain, pada pesawat udara yang terbang pada ketinggian yang tinggi (*high altitude*), maka mekanisme pengenalan dan identifikasi dilakukan dengan menerbangkan pesawat tempur guna melakukan observasi secara visual.

Merujuk pada (US Department of the Army, 2017) observasi visual sangat diperlukan untuk menghindari kesalahan pengenalan dan identifikasi yang berujung pada penembakan pada pasukan sendiri atau *friendly fire* atau meloloskan pesawat udara musuh ke wilayah pertahanan sendiri, atau menerbangkan pesawat tempur yang tidak sepadan dengan pesawat udara yang terdeteksi sehingga dapat berujung pada korban manusia dan pesawat tempur di pihak sendiri. Pengenalan visual pada pesawat udara pada masa kini memerlukan pengetahuan tentang beragam pesawat udara baik berawak maupun berawak dari berbagai negara beserta karakteristiknya masing-masing.

Dengan banyaknya jenis pesawat udara tersebut maka menjadi sebuah tantangan bagi personel TNI AU yang sedang melaksanakan operasi pertahanan udara untuk mengingat semuanya beserta karakteristik-karakteristiknya. Di samping itu, pengenalan visual baik dari darat-ke-udara menggunakan binokular maupun udara-ke-udara menggunakan mata telanjang atau dibantu binokular merupakan kegiatan yang melelahkan karena memaksa kedua mata untuk memfokuskan kepada pesawat udara yang diamati guna memperoleh ciri-ciri spesifiknya. Apalagi deteksi, pengenalan, dan identifikasi pesawat udara harus mampu dilakukan pada jarak terjauh agar dapat memberikan peringatan kepada pasukan sendiri.

Tabel 1. Beberapa Contoh Pesawat Udara Kategori Tempur dari Berbagai Negara Pembuat

Negara Asal	Nama Pesawat Udara
US	A-100C Thunderbolt II
US	A-37 Dragon Fly (Cessna)
Perancis dan Jerman	Alpha Jet
Italia dan Brazil	AMX
US, United Kingdom	AV-8 Harrier II
Brazil	Embracer A-29 Super Tucano
US	F-5 Freedom Fighter/ Tiger III/ T-38 Talon
China	F-7P Airguard
US	F-16 Fighting Falcon
United Kingdom	Hawk
China	J-10
China/Pakistan	JF-17 Thunder
Perancis, United Kingdom	Jaguar
Israel	F-21 KFIR
Cekoslowakia	L-39 Albatross
Perancis	Fouga Magister CM-170
Italia	MB-339AN
Rusia	MiG-17 Fressco
Perancis	Mirage III/5
China	Q-5 Fantan/A-5 Nanchang
Rumania dan Yugoslavia	J-22 ORAO
Italia	SF-260W
Rusia	SU-17, 20, 22 Filter
Italia, Jerman, United Kingdom	Tornado IDS

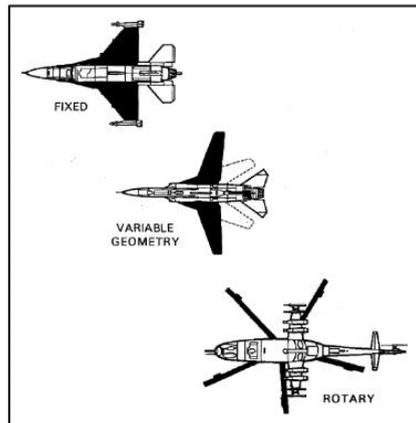
C. Ciri-ciri Pesawat Udara

Ciri-ciri pesawat udara dapat dilihat dari beberapa sumber literatur tentang *Aircraft Recognition Guide* seperti dari (Kumar & Rao, 2011). Namun dalam standar militer, fitur- fitur untuk pengenalan dan identifikasi pesawat udara menggunakan teknik yang disebut dengan WEFT (US Department of the Army, 2017) yang merupakan

singkatan dari *Wing, Engine, Fuselage, Tail* atau Sayap, Mesin, Tubuh, Ekor (SMTE).

Sayap

Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) konfigurasi dasar sayap pesawat udara yakni: sayap tetap (*fixed wing*), *variable geometry*, dan sayap putar (*rotary wing*) sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1. Untuk sayap tetap dapat ditinjau dari cara instalasinya yakni berada di atas, di tengah, atau di bawah tubuh pesawat udara. Ciri-ciri lainnya berdasarkan sayap adalah bentuknya, *variable geometry*-nya, kemiringan terhadap tubuh pesawat (*wing slant*), dan kelancipan sayap (*wing taper*) serta sayap kecil tambahan di bagian depan tubuh pesawat yang disebut dengan *canard* yang digunakan untuk meningkatkan kestabilan pesawat ketika bermanuver di udara.

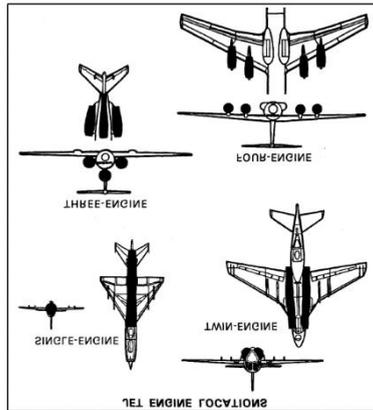


Gambar 1. Konfigurasi dasar sayap pesawat
(US Department of the Army, 2017)

Mesin

Dari aspek mesin, pengenalan dan identifikasi pesawat udara dapat ditinjau dari jenis, jumlah, dan lokasi mesin diinstalasi pada tubuh pesawat. Cara yang paling mudah mengenali dan mengidentifikasinya adalah mengamati ada dan tidaknya baling-baling (*propeller*) pada mesin pesawat. Bila tidak ada maka pesawat udara tersebut menggunakan mesin jet. Pesawat udara dengan baling-baling terbagi atas pesawat terbang dan helikopter. Perkembangan teknologi penerbangan juga telah menghasilkan pesawat terbang baling-baling yang dapat lepas landas dan

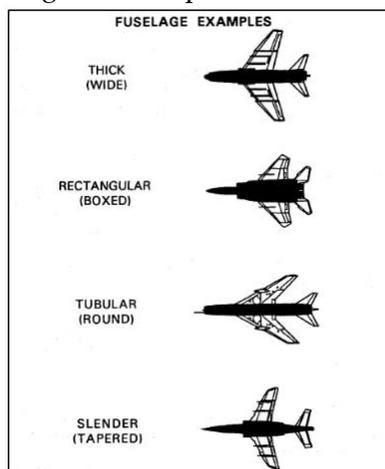
mendarat secara vertikal. Gambar 2 memperlihatkan beragam posisi mesin jet pada tubuh pesawat beserta jumlahnya.



Gambar 2. Konfigurasi dasar sayap pesawat (US Department of the Army, 2017)

Tubuh

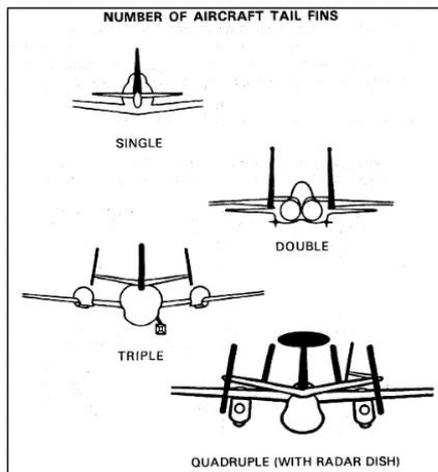
Tubuh pesawat terbang bervariasi yang disesuaikan dengan misi yang diembankan padanya. Tubuh pesawat terbang terbagi atas 3 (tiga) bagian yakni: bagian hidung, bagian tengah, dan bagian ekor. Cockpit atau kabin untuk penerbang juga merupakan bagian dari tubuh pesawat. Bentuk bagian hidung pesawat juga bervariasi tergantung pada misi dari pesawat terbang masing-masing. Gambar 3 memperlihatkan ragam tubuh pesawat.



Gambar 3. Beberapa jenis bentuk tubuh pesawat terbang (US Department of the Army, 2017)

Ekor

Bagian ekor pesawat terbang merupakan lokasi instalasi dari sirip tegak pesawat (*fin*) yang menjadi alat bantu dalam sistem kendali pesawat terbang. Jenis sirip pesawat dapat digunakan untuk membedakan pesawat terbang bermesin jet dengan pesawat terbang bermesin baling-baling. Di sisi lain, jumlah sirip tegak yang diinstalasi di ekor pesawat juga menjadi salah satu fitur pengenalan dan identifikasi pesawat terbang. Selain itu, sirip tegak juga memiliki bentuk yang bervariasi sesuai dengan misi pesawat masing-masing. Ciri lainnya pada bagian ekor adalah bentuk dari ekor datar bila dilihat dari belakang atau depan, dan dari bawah, yang juga dapat membantu dalam pengenalan dan identifikasi pesawat terbang. Gambar 4 memperlihatkan beragam bentuk sirip pesawat beserta jumlahnya.



Gambar 4. Jumlah sirip tegak pada pesawat terbang (US Department of the Army, 2017)

D. Teknologi *voice to text* atau Ucapan-ke-Teks

Teknologi ucapan-ke-teks atau disebut juga dengan *speech recognition* merupakan proses yang memungkinkan mesin memahami dan menerjemahkan suara manusia dengan menggunakan algoritma tertentu untuk memverifikasi kebenaran dari manusia yang mengucapkannya (Kumar & Rao, 2011).

Google *speech API* atau Google *Voice search* diluncurkan di Amerika Serikat untuk beberapa jenis smartphone pada tahun 2008. Google

speech API adalah sebuah kerangka kerja yang dikembangkan oleh Google untuk mengenali suara, mengubahnya menjadi *string* (teks) dan memasukkannya ke dalam halaman pencarian Google sehingga akan muncul hasil pencarian berdasarkan masukan suara. Pengenalan suara yang dilakukan di *server* Google menggunakan algoritma *Hidden Markov Model* (HMM). Adapun proses pengenalnya yaitu perangkat android (smartphone) menerima masukan suara kemudian dikirimkan ke *server* Google dan dilanjutkan proses pengenalan dan pengubahan menjadi teks menggunakan algoritma HMM. Hasil konversi suara menjadi teks kemudian dimasukkan dalam halaman pencarian Google, kemudian *server* Google akan mengirimkan hasil pencariannya tersebut ke perangkat Android (Reddy & Mahender, 2013).

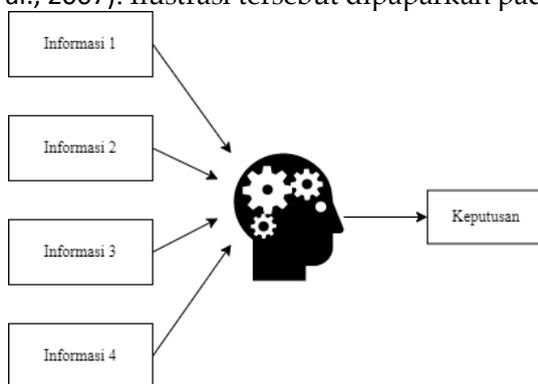
E. Teknologi Kecerdasan Artifisial

Pada dasarnya teknologi Kecerdasan Artifisial adalah beragam teknik dan metode yang dibangun untuk menirukan kecerdasan manusia dalam membangun pengetahuan dan menggunakan pengetahuan tersebut untuk mengambil keputusan atau mengambil tindakan. Pemanfaatan teknologi ini sebagai *Automatic Target Recognition* (ATR) (Endres & Gething, 2002) dapat mereduksi risiko bagi penerbang yang melakukan observasi visual pada jarak dekat terutama pada pesawat terbang yang terindikasi menunjukkan permusuhan. Selain itu ATR berbasis Kecerdasan Artifisial akan sangat membantu personel yang sedang melaksanakan observasi pesawat udara dari darat-ke-udara dengan akurasi yang lebih baik. Untuk saat ini metode-metode dalam kategori *machine learning* telah banyak digunakan untuk pengenalan dan identifikasi objek, termasuk objek udara yang dalam hal ini adalah pesawat udara baik pesawat terbang maupun helikopter. Dalam penelitian ini, pengenalan dan identifikasi pesawat udara akan memanfaatkan metode-metode dalam *machine learning* seperti jaringan syaraf tiruan dan SVM serta membuka kemungkinan pemanfaatan metode-metode lainnya atau kombinasi dari dua atau tiga metode dalam Kecerdasan Artifisial. Konsep yang dibangun dalam penelitian ini diadaptasi dari (Spiegeleire, Maas, & Sweijs, 2017). Data masukan (*input*) adalah ciri-ciri pesawat udara baik pesawat terbang maupun helikopter berupa SMTE beserta anotasinya. Sistem berbasis

Kecerdasan Artifisial akan mempelajari beragam SMTE dari varian pesawat udara hingga terbentuk satu model yang menghasilkan galat pembelajaran yang paling kecil.

F. Fusi Informasi

Fusi informasi merupakan studi tentang metode untuk mengubah informasi secara otomatis atau semi-otomatis yang efisien dari sumber yang berbeda dan titik waktu yang berbeda menjadi representasi yang memberikan dukungan efektif untuk pengambilan keputusan manusia atau *Automated Decision Making* (Boström et al., 2007). Ilustrasi tersebut dipaparkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Ilustrasi Fusi Informasi

Fusi informasi merupakan proses penggabungan suatu data maupun informasi untuk memperhitungkan beragam keadaan entitas dengan menghasilkan data yang lebih komplrit dan akurat, serta mampu memperkirakan ciri-ciri tertentu. Proses pada fitur fusi informasi (Dasarathy, 1997) dilaksanakan di dalam pikiran atau otak manusia dan memperoleh hasil dari kesimpulan tentang keadaan yang terjadi (A. Sumari et al., 2008). Tujuan keseluruhan dari fusi data adalah untuk menggabungkan data dari berbagai sumber menjadi informasi yang memiliki manfaat lebih besar daripada apa yang akan diperoleh dari masing-masing bagian yang berkontribusi (Gonsalves et al., 2000).

G. Naïve Bayes Classifier

Teorema Bayes memberikan metode untuk menghitung probabilitas hipotesis yang disimpulkan berdasarkan probabilitas sebelumnya, probabilitas tersebut diperoleh dengan cara

mengamati berbagai data yang diberikan hipotesis, dan data yang diamati itu sendiri (Manning et al., 2009). Pengklasifikasian *Naive Bayes* mengasumsikan bahwa setiap fitur independen dan tidak berinteraksi satu sama lain, sehingga masing-masing fitur secara independen dan sama-sama berkontribusi pada probabilitas sampel untuk menjadi bagian dari kelas tertentu (Misra & Li, 2020).

Ide inferensi Bayesian ini telah dikenal sejak karya Bayes (1763). Intuisi klasifikasi Bayesian adalah dengan menggunakan aturan Bayes untuk mengubah Persamaan (1) menjadi probabilitas lain yang memiliki beberapa sifat yang berguna. Aturan Bayes disajikan dalam persamaan (2); itu memberikan cara untuk memecah probabilitas bersyarat $P(x|y)$ menjadi 3 (tiga) kemungkinan lainnya (Jurafsky & Martin, 2008).

$$P(y|X) = \frac{P(X|y)P(y)}{P(x)} \quad (1)$$

Keterangan:

y = Hipotesis data X yang merupakan suatu class spesifik

X = Data dengan class yang diketahui

$P(y|X)$ = Probabilitas hipotesis y berdasarkan kondisi X (posteriori probability)

$P(X|y)$ = Probabilitas X berdasarkan kondisi pada hipotesis y

$P(y)$ = Probabilitas hipotesis y (*Prior Probability*)

$P(X)$ = Probabilitas X

Peluang kejadian y sebagai X dipengaruhi dari peluang y saat X , peluang X dan peluang y . Ketentuan atribut dalam pengkategorian ditulis secara matematis seperti yang ada pada Persamaan (2).

$$P(A_i|C_j) = \frac{|A_{ij}|}{NC_j} \quad (2)$$

Dimana $|A_{ij}|$ adalah contoh pelatihan dari kelas A_i yang menerima kelas C_j . Jika hasil perhitungan tersebut mendapatkan nilai nol, maka perlu menggunakan pendekatan seperti Persamaan (3).

$$P(A_i|C_j) = \frac{n_c + n_{equiv}P}{n + n_{equiv}} \quad (3)$$

Dimana n merupakan jumlah dari hasil kelas C_j . n_c merupakan jumlah contoh dari kelas A_i yang menerima nilai C_j . n_{equiv} merupakan nilai pasti dari sampel yang ekuivalen. P merupakan peluang estimasi prior. Nilai P merupakan $1/k$, k merupakan jumlah kelas dalam variabel target. Peluang ketentuan atribut kontinu ditulis secara matematis seperti pada persamaan (4).

$$P(A_i|C_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ij}} \exp\left[-\frac{(A_i-\mu_{ij})^2}{2(\sigma_{ij})^2}\right] \quad (4)$$

Dimana μ_{ij} merupakan estimasi sesuai contoh mean A_i dari seluruh hasil penelitian dari kelas C_j . $(\sigma_{ij})^2$ merupakan estimasi dari contoh varian s^2 hasil training.

H. Mekanisme Kerja Sistem Pengenalan Dan Identifikasi Pesawat Udara Berbasis Kecerdasan Artifisial

Secara singkat, kerja sistem dapat dijelaskan sebagai berikut

1. Personel selaku pengamat (*observer*) akan melakukan pengamatan pada pesawat udara yang terindikasi melanggar wilayah kedaulatan udara dan menampilkan permusuhan. *Observer* di darat akan melaksanakan pengamatan dari darat-ke-udara menggunakan teropong binokular, sedangkan penerbang akan melakukan pengamatan di dari udara-ke-udara pada jarak yang aman.
2. Hasil pengamatan akan dimasukkan ke dalam sistem melalui suara yakni ucapan pengamat yang kemudian akan dikonversikan ke bentuk teks.
3. Data masukan dalam bentuk teks ini kemudian akan diekstraksi fitur-fiturnya guna menjadi masukan bagi *machine learning* untuk dipelajari. Pada tahap ini dilakukan 2 (dua) fase yang saling berkaitan yakni fase pembelajaran dan fase pengujian.
 - a. Pada fase pembelajaran, *machine learning* akan diberikan data masukan sebanyak mungkin hingga memperoleh pengetahuan mengenai berbagai jenis pesawat udara militer. Fase pembelajaran selesai setelah diperoleh model *machine learning* dengan galat yang paling minimal.

- b. Pada fase pengujian, *machine learning* akan diberikan masukan berupa data SMTE yang belum pernah diberikan. Kinerja *machine learning* akan diukur dari kemampuannya melakukan pengenalan.
4. Hasil pengolahan data oleh machine learning akan menunjukkan bahwa pesawat udara dikenal dan teridentifikasi atau tidak.
5. Hasil dari pengenalan ini akan disampaikan kepada pengamat dalam bentuk suara via speaker atau headset dan ditampilkan melalui layar tampilan di darat

Dataset

Dataset yang digunakan berjumlah 30 jenis pesawat udara. Data tersebut akan digunakan sebagai data masukan pada metode klasifikasi *Naive Bayes Classifier* untuk pengujian dan pelatihan. Contoh dataset yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Contoh Dataset

Posisi Sayap	bawah positif
Kemiringan Sayap	lurus
Bentuk Sayap	lancip
Arah Sayap	kebelakang
Jenis Mesin	piston
Jumlah Mesin	satu
Posisi Mesin	belakang
Bentuk Badan	bulat
Hidung Badan	bulat
Tengah Badan	tabung
Posisi Ekor	tidak ada
Jumlah Ekor	tunggal
Bentuk Ekor	kebelakang dan ujung tumpul

Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dilakukan dengan cara mengubah kalimat yang berupa ciri pesawat tempur menjadi angka biner sehingga pengelolaannya sesuai dengan yang dibutuhkan. Contohnya, posisi sayap atas memiliki biner 0001010010000000, kemiringan sayap positif binernya 0001001000010000, bentuk sayap delta binernya

0001000100000111, dan arah sayap lancip kebelakang binernya 0001001101111111.

Fusi Informasi

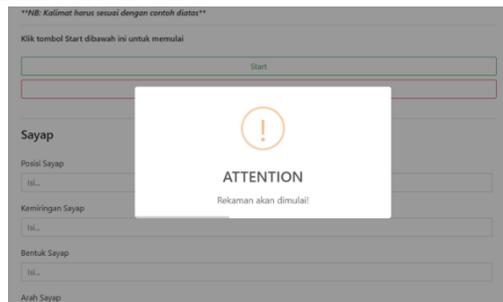
Fusi Informasi diimplementasikan untuk mereduksi dari banyak ragam ciri menjadi nama dan kategori pesawat tempur karena yang dibutuhkan untuk menentukan jenisnya hanya kedua ciri tersebut. Contohnya, untuk mendapatkan fusi informasi sayap dari keempat biner tersebut angka difusikan menggunakan XOR sehingga hasilnya adalah 00000010011101000.

Naïve Bayes Classifier

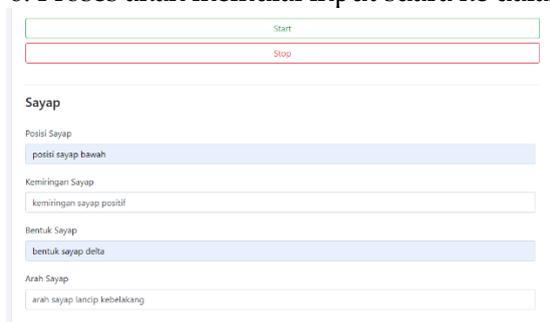
Naïve Bayes Classifier digunakan untuk klasifikasi data input dari pengguna untuk mengetahui jenis pesawat tempur yang sedang diidentifikasi.

I. Sistem yang dihasilkan

Gambar 6 menunjukkan sistem yang dihasilkan oleh peneliti. Gambar tersebut menunjukkan proses awal yaitu merekam hasil observasi. Hasil observasi yang diucapkan oleh pengamat kemudian diubah ke dalam bentuk teks.



Gambar 6. Proses akan memulai input suara ke dalam sistem.



Gambar 7. Tampilan hasil konversi input suara

Gambar 7 menunjukkan tampilan dari hasil rekaman yang telah diubah dari suara ke dalam bentuk teks. Dari hasil tersebut, akan dilakukan proses berikutnya yaitu ekstraksi fitur dan pengolahan data menggunakan *machine learning* untuk mengidentifikasi jenis pesawat tempur.

J. Hasil Pengujian Perbandingan Kecepatan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kecepatan sistem dalam melakukan pengenalan dan identifikasi kelompok pesawat ketika menggunakan fusi informasi dan ketika tidak menggunakan fusi informasi. Dalam pengujian kecepatan ini, proses untuk mengetahui waktunya dilakukan dengan menggunakan Google Colaboratory. Selisih waktu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Selisih Waktu Proses Pengenalan dan Identifikasi Pesawat

Proses Pengenalan dan Identifikasi Menggunakan Fusi Informasi	Proses Pengenalan dan Identifikasi Tanpa Menggunakan Fusi Informasi	Selisih Waktu
0,160 detik	0,783 detik	0,623 detik

Dari tabel di atas, dihasilkan proses pengenalan dan identifikasi pesawat menggunakan fusi informasi tercatat 0,160 detik, sedangkan proses pengenalan dan identifikasi pesawat tanpa menggunakan fusi informasi tercatat 0,783 detik. Selisih waktu antara penggunaan fusi informasi dan tidak tercatat sebesar 0,623 detik. Pengukuran kecepatan dilakukan dengan cara menghitung selisih waktu sebelum *running* sampai waktu saat *running* selesai. Hasil pengujian ini dapat menjadi gambaran untuk pengguna tentang kecepatan sistem dalam proses klasifikasi. Digunakan 30 data pesawat tempur pada pengujian ini. Dilakukan percobaan proses pengenalan dan identifikasi dimulai pada pukul 05:30:05.154 yang dibaca pukul 5 lebih 30 menit 05,154 detik. Proses berhasil selesai pada pukul 05:43:05.287 yaitu pukul 5 lebih 43 menit 05,287 detik. Sehingga ditemukan bahwa hasil kecepatan ketika melakukan proses pengenalan dan identifikasi menggunakan metode *Naïve Bayes Classifier* pada 30 data yaitu selama 13 menit 0,133 detik.

Simpulan/Penutup

Dari hasil pembahasan dan pengujian, implementasi Fusi Informasi dengan *Naïve Bayes Classifier* dapat berjalan dengan baik sesuai harapan peneliti. Hasil perbandingan kecepatan antara penggunaan fusi informasi dan tidak menggunakan fusi informasi tercatat 0,623 detik. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan fusi informasi membantu mempercepat proses untuk pengenalan dan identifikasi pesawat tempur. Pengujian kecepatan sistem dalam proses pengenalan dan identifikasi pesawat tempur dengan menggunakan metode *Naïve Bayes Classifier* pada 30 data yaitu 13 menit 0,1333 detik. Penelitian ini dapat membantu pemerintahan militer khususnya personel TNI AU dalam melakukan identifikasi dan pengenalan objek udara dengan dampak yang lebih rendah dibandingkan mengirimkan pesawat tempur pada saat melakukan observasi visual. Adapun saran dari penulis yaitu akan lebih baik jika diujikan akurasi dan presisi terhadap teknologi kecerdasan artifisial yang telah diimplementasikan pada sistem.

Referensi

- Boström, H., Andler, S. F., Brohede, M., Johansson, R., Karlsson, A., Van Laere, J., Niklasson, L., Nilsson, M., Persson, A., & Ziemke, T. (2007). *On the Definition of Information Fusion as a Field of Research*.
- Dasarathy, B. V. (1997). Sensor fusion potential exploitation-innovative architectures and illustrative applications. *Proceedings of the IEEE*, 85(1), 24–38. <https://doi.org/10.1109/5.554206>
- Endres, G., & Gething, M. (2002). *Jane's Aircraft Recognition Guide*. HarperCollins Publishers.
- Fu, D., Li, W., Han, S., Zhang, X., Zhan, Z., & Yang, M. (2019). The Aircraft Pose Estimation Based on a Convolutional Neural Network. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2019/7389652>
- Fu, K., Dai, W., Zhang, Y., Wang, Z., Yan, M., & Sun, X. (2019). MultiCAM: Multiple Class Activation Mapping for Aircraft Recognition in Remote Sensing Images. *Remote Sens*, 11(544).
- Gonsalves, P., Cunningham, R., Ton, N., & Okon, D. (2000). Intelligent threat assessment processor (ITAP) using genetic

- algorithms and fuzzy logic. *Proceedings of the 3rd International Conference on Information Fusion, FUSION*.
- Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2008). *Speech and Language Processing: An introduction to natural language processing, computational linguistics, and speech recognition*.
- Kim, J. (2005). *Automatic Aircraft Recognition and Identification*. University of Wollongong.
- Komando Pertahanan Udara Nasional. (2017). *Keputusan Pangkohanudnas Nomor Kep/79/XII/2017 tentang Prosedur Tetap Operasi Pertahanan Udara* (p. 105). Komando Pertahanan Udara Nasional.
- Kumar, C. S., & Rao, P. M. (2011). Design of Automatic Speaker Recognition System Using MFCC, Vector Quantization and LBG Algorithm. *International Journal on Computer Science and Engineering*, 3(8), 2942–2954.
- Manning, C. D., Raghavan, P., & Schütze, H. (2009). *An Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press.
- Miller, J. (2002). *IFF and Mode 5: Past Present and Future* (pp. 1–3). https://www.ieee.li/pdf/viewgraphs/iff_past_present_future.pdf
- Misra, S., & Li, H. (2020). Chapter 9 Noninvasive fracture characterization based on the classification of sonic wave travel times. In *Machine Learning for Subsurface Characterization* (pp. 243–287). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817736-5.00009-0>
- Muralidharan, R., & Chandrasekar, C. (2011). Object Recognition Using Support Vector Machine Augmented by RST Invariants. *International Journal of Computer Science Issues*, 8.
- Nallusamy, T., & Balaji, P. (2019). Optimization of NOE Flights Sensors and Their Integration. In R. Róka (Ed.), *Advances in Human and Machine Navigation Systems*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86139>
- Reddy, B. R., & Mahender, E. (2013). Automated Speech to Sign language Conversion using Google API and NLP. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 3(1), 253–258. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3575439>
- Spiegeleire, S. De, Maas, M., & Sweijjs, T. (2017). *Artificial Intelligence and the Future of Defense: Strategic Implications for Small- and*

- Medium-sized Force Providers*. The Hague Centre for Strategic Studies.
- Stephen, O., Mishra, D., & Sain, M. (2019). *Real Time object detection and multilingual speech synthesis*. 1–3. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT45670.2019.8944591>
- Sumari, A., Ahmad, A., & Wuryandari, A. (2008). *Fusi Informasi: Konsep dan Aplikasi dalam Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*.
- Sumari, A. D. W., & Ahmad, A. S. (2016). Information Fusion as Knowledge Extraction in an Information Processing System. *International Journal of Artificial Intelligence and Neural Networks–IJAINN*, 7(1), 22–27. <https://doi.org/10.15224/978-1-63248-113-9-05>
- US Department of the Army. (2017). *TC 3-01.80: Visual Aircraft Recognition*. <http://www.apd.army.mil>.
- US Department of the Defense. (1998). *Joint Warfighting Science and Technology Plan*. <https://www.hsdl.org/?view&did=457837>
- Wardaya, P. D. (2014). Support vector machine as a binary classifier for automated object detection in remotely sensed data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 18(1), 12014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/18/1/012014>
- Warner, C. G. (1999). *Implementing Joint Vision 2010 A Revolution in Military Affairs for Strategic Air Campaigns*. Air University Press.
- Zhang, C., Yang, Z., He, X., & Deng, L. (2020). Multimodal Intelligence: Representation Learning, Information Fusion, and Applications. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, 14(3), 478–493. <https://doi.org/10.1109/JSTSP.2020.2987728>



Luqman Affandi, S.Kom., MMSI, menyelesaikan program Sarjana Teknik Informatika di STMIK Pradnya Paramita Malang pada tahun 2005, mendapat gelar S.Kom. Pada tahun 2010, menyelesaikan program Magister Sistem Informasi di Universitas Gunadarma Jakarta dan mendapatkan gelar MMSI. Mengajar di STMIK Pradnya Paramita mulai tahun 2006-2008 dan 2010-2014, mengajar di Universitas

Gunadarma Jakarta tahun 2008-2010, dan mengajar di Politeknik Negeri Malang mulai tahun 2014 sampai sekarang. Minat pada penelitian dalam bidang Sistem Informasi dan Sistem Cerdas.



Marsekal Pertama TNI Assistant Professor Dr. Ir. Arwin Datumaya Wahyudi Sumari, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng., ACPE adalah Perwira Tinggi TNI AU lulusan terbaik Akademi Angkatan Udara (AAU) peraih medali Adi Makayasa dan Trofi Lulusan Terbaik Departemen Elektronika (1991), kemudian meraih gelar S.T. bidang Teknik Elektro (1996), M.T. bidang Teknik Elektro (2008), dan Doktor bidang Teknik Elektro dan

Informatika (2010) dari Institut Teknologi Bandung, yang semua gelarnya diraih dengan predikat Cum Laude. Beliau adalah Kepala *Cognitive Artificial Intelligence Research Group (CAIRG)*, juga Dewan Pengawas dan Co-Founder *Indonesia Artificial Intelligence Society (IAIS)*, dan anggota *Indonesia Cyber Security Forum (ICSF)*. Minat penelitiannya meliputi *cognitive artificial intelligence, machine learning, fusi informasi, pengenalan pola, dan keamanan siber*. Beliau memegang beberapa sertifikasi nasional dan internasional sebagai Insinyur Profesional di bidang teknik elektro dan simulator penerbangan. Saat ini menjabat sebagai Staf Khusus Kepala Staf Angkatan Udara sebagai Rektor Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto (ITDA) dan *Adjunct Professor* di Politeknik Negeri Malang, Indonesia.



Rokhimatul Wakhidah, S.Pd., M.T., merupakan lulusan sarjana program studi Pendidikan Teknik Informatika, Universitas Negeri Malang pada tahun 2011 dan melanjutkan pendidikan magister program studi Informatika Institut Teknologi Bandung pada tahun 2015. Penulis menjadi dosen di Politeknik Negeri Malang pada tahun 2019 – sekarang.



Abdulloh, S.Tr.Kom, menyelesaikan pendidikan gelar Sarjana Teknik Terapan prodi Teknik Informatika jurusan Teknologi Informasi di Politeknik Negeri Malang pada tahun 2022. Fokus penelitian pada bidang kecerdasan artifisial.



Inayati Machsus Izza Addin, S.Tr.Kom, menyelesaikan pendidikan gelar Sarjana Teknik Terapan prodi Teknik Informatika jurusan Teknologi Informasi di Politeknik Negeri Malang pada tahun 2022. Tertarik pada penelitian klasifikasi pada machine learning. Bekerja pada bidang *Quality Assurance*.