

Sistem Pengenalan Penggunaan Masker dan Pemantauan Suhu Penumpang Pesawat Menggunakan *Sensor Fusion*

Feni Isdaryani¹, Noor Cholis Basjaruddin², Aldi Lugina³

Intisari—Transportasi merupakan suatu kebutuhan yang tidak dapat dihindarkan pada saat ini. Namun, pandemi COVID-19 berdampak pada seluruh lini industri, tak terkecuali industri transportasi penerbangan di Indonesia. Salah satu solusi untuk menangani permasalahan tersebut adalah dengan bantuan teknologi yang tepat guna. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem pemantauan pengenalan wajah yang menggunakan masker dan pemantauan suhu tubuh untuk proses *check-in* calon penumpang di bandara. Kamera IP dan kamera termal digunakan untuk pemeriksaan penggunaan masker dan pengukuran suhu tubuh. Pengenalan jenis masker wajah yang digunakan, yaitu jenis N95 atau KN95, oleh calon penumpang menjadi kontribusi pada penelitian ini. Metode *sensor fusion*, yang dibangun menggunakan konfigurasi *complementary*, digunakan untuk pengambilan keputusan status *check-in* pada calon penumpang, dapat diberangkatkan atau tidak. Keputusan diambil berdasarkan pengukuran suhu tubuh, pemeriksaan penggunaan dan jenis masker yang sesuai standar, serta verifikasi pengenalan wajah calon penumpang terhadap *boarding pass*. Metode *convolutional neural network* (CNN) digunakan untuk pengenalan wajah dan pengenalan masker. Dilakukan empat kali pelatihan model CNN sesuai dengan empat skenario yang telah ditentukan. Hasil terbaik didapatkan pada skenario keempat dengan perbandingan *dataset* pelatihan terhadap *dataset* pengujian adalah 9:1 serta *epoch* sebanyak 500 kali. Model dasar *deep learning* yang digunakan untuk pendeteksian wajah adalah *single shot multi-box detector* (SSD) dengan menggunakan arsitektur ResNet-10, sedangkan metode CNN dengan arsitektur MobileNetV2 digunakan untuk mendeteksi penggunaan dan jenis masker wajah dari calon penumpang. Akurasi model CNN untuk pengenalan wajah dan pengenalan masker mencapai 100%. Seluruh data proses pemantauan dan verifikasi *check-in* ditampilkan pada aplikasi *website* yang dibangun pada *localhost*.

Kata kunci—CNN, Pengenalan Wajah, Deteksi Masker Wajah, NFC, *Sensor Fusion*.

I. PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 berdampak pada seluruh lini industri, tak terkecuali industri transportasi penerbangan Indonesia. Salah satu upaya pemerintah dalam menangani sebaran COVID-19 tertuang dalam Surat Edaran Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19 Nomor 7 Tahun 2020 tentang Kriteria dan Persyaratan Perjalanan Orang dalam Masa Adaptasi Kebiasaan Baru Menuju Masyarakat Produktif dan Aman COVID-19 [1]. Selain itu, Kementerian Perhubungan

(Kemenhub) RI menginstruksikan kepada maskapai penerbangan untuk memberlakukan protokol kesehatan di bandara, seperti pengecekan suhu tubuh, penggunaan sarung tangan dan masker, serta pembersihan secara rutin menggunakan disinfektan di bandara [1]. Merujuk pada World Health Organization (WHO), cara terbaik dalam menggunakan masker adalah dengan mengatur masker agar menutup mulut, hidung, dan dagu [2].

Peraturan mengenai protokol kesehatan tersebut memunculkan permasalahan baru, yaitu banyaknya penumpang yang akan melakukan *check-in* di bandara membuat waktu *check-in* semakin lama, akibat adanya pemeriksaan suhu tubuh dan penggunaan masker. Permasalahan tersebut dapat ditangani dengan teknologi. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk memberikan solusi menggunakan teknologi *computer vision* dalam pengenalan masker wajah. *Computer vision* adalah bidang ilmu multidisiplin, termasuk di dalamnya adalah cara komputer dapat terlibat dalam meningkatkan pemahaman dari citra atau video digital [3].

Metode *deep learning* telah digunakan pada deteksi masker wajah [4]. Penelitian dilakukan dengan membandingkan model deteksi yang paling akurat antara model ResNet50 dengan Mobilenet. Hasilnya menunjukkan bahwa ResNet50 menghasilkan pendeteksian yang lebih akurat. Referensi [5] membuat teknologi pengenalan masker wajah berdasarkan YOLOv3. Pada penelitian tersebut, dibuat *dataset* yang diberi nama *dataset Properly Wearing Masked Face Detection* (PWFMD). Pada [6], deteksi wajah bermasker satu tahap dilakukan dengan menambahkan *backbone* untuk pengenalan leher dan kepala. Deteksi pada bagian leher dan kepala membantu meningkatkan kemampuan deteksi. Sementara itu, pendeteksian wajah bermasker juga dilakukan dengan cara menghapus wajah bermasker kemudian menerapkan *convolutional neural networks* (CNN) untuk mengekstraksi fitur dari area mata dan dahi [7].

Sensor fusion merupakan proses menggunakan informasi dari beberapa sensor yang berbeda untuk meningkatkan fitur seleksi dan klasifikasi kinerja keseluruhan atau sistem interpretasi. Penelitian mengenai *sensor fusion* pada [8] dilakukan dengan mengombinasikan informasi yang heterogen dari tiga sensor, yaitu *tri-axial accelerometer*, *micro-Doppler radar*, dan *depth camera*, yang diimplementasikan untuk mendeteksi klasifikasi aktivitas manusia dan deteksi jatuh. Pada [9], dibuat *multi-sensor fusion frameworks* berdasarkan jaringan tubuh untuk mendeteksi kesehatan manusia.

Ada permasalahan lain pada pengaplikasian teknologi pendeteksi masker wajah di bandara. Sistem tidak cukup hanya melakukan deteksi wajah bermasker saja, tetapi juga harus dapat mengenali pengguna masker tersebut. Hal ini bertujuan

^{1,2,3} Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559 (telp: 022 - 2013789; email: ¹feni.isdaryani@polban.ac.id; ²noorcholis@polban.ac.id; ³aldi.lugina.tec417@polban.ac.id)

[Diterima: 19 Januari 2022, Revisi: 28 Maret 2022]

untuk memudahkan proses verifikasi pada *security check point* dan *check-in*.

Oleh karena itu, penelitian ini berfokus untuk membuat sistem pemantauan pengenalan wajah bermasker dan pemantauan suhu tubuh untuk proses *check-in* calon penumpang di bandara. Pemantauan penggunaan masker dan pengukuran suhu tubuh calon penumpang pesawat ini didukung dengan kombinasi sensor, yaitu *near field communication* (NFC), kamera IP, dan kamera termal. Tentunya teknik *sensor fusion* diterapkan untuk menghasilkan keputusan yang tepat berdasarkan informasi yang diperoleh dari sensor-sensor tersebut. Metode CNN digunakan untuk pengenalan wajah dan pendeteksian masker, sedangkan NFC digunakan sebagai media komunikasi *wireless* antara perangkat *mobile phone* penumpang pesawat dengan sistem pemantauan penumpang pesawat yang didesain.

Kontribusi pada penelitian ini adalah bahwa sistem dapat membedakan jenis masker wajah yang digunakan. Menurut WHO, jenis masker dengan nilai proteksi yang baik adalah masker medis dan *respirator masks* [10]. Oleh karena itu, pada penelitian ini dibuat batasan bahwa hanya masker medis dan *respirator mask* jenis N95/KN95 yang masuk klasifikasi 'Good Masked'.

Makalah ini disusun sebagai berikut. Bagian II adalah NFC, CNN, dan *sensor fusion*; bagian III adalah deskripsi metode yang dibangun, bagian IV adalah hasil, dan bagian V adalah kesimpulan.

II. NFC, CNN, DAN SENSOR FUSION

A. Near Field Communication (NFC)

NFC adalah teknologi yang memungkinkan dua perangkat bertukar informasi secara nirkabel dalam jarak dekat, yaitu sekitar 20 cm, dalam kondisi tertentu. Lebih tepatnya, NFC adalah seperangkat spesifikasi teknis dan standar untuk mentransfer data antara dua objek terdekat melalui *inductive coupling* bidang frekuensi radio pada 13,56 MHz [11]. Ada banyak aplikasi yang menerapkan teknologi NFC. Referensi [12] menerapkan NFC pada sistem manajemen dan pelacakan bagasi. Sistem ini menggunakan teknologi NFC dan kriptografi *homomorphic* untuk melindungi komunikasi nirkabel dan data yang disimpan. Dalam [13], teknologi NFC diterapkan pada angkutan kereta api penumpang, khususnya sistem pembayaran tiket.

B. Deteksi Wajah Berdasarkan CNN

CNN adalah jaringan yang terinspirasi oleh bidang biologi yang digunakan dalam *computer vision* untuk klasifikasi gambar dan deteksi objek [14]. CNN terdiri atas tiga lapisan (*layer*) saraf utama, yaitu lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, dan lapisan yang terhubung penuh (*fully-connected layer*). Setiap jenis lapisan memainkan peran yang berbeda. Operasi konvolusi dilakukan pada lapisan konvolusi. Dalam lapisan konvolusi, proses filter gambar digunakan untuk memetakan aktivasi dari lapisan ke lapisan berikutnya. Setiap lapisan CNN mengubah volume masukan menjadi volume keluaran dari aktivasi neuron, yang akhirnya mengarah ke lapisan akhir yang

terhubung sepenuhnya dan memetakan data masukan ke vektor fitur 1D.

Proses klasifikasi citra metode CNN terdiri atas dua tahap, yaitu tahap pelatihan dan pengujian. Pada tahap pelatihan, citra masukan diproses sesuai dengan arsitektur CNN yang digunakan. CNN telah berhasil diterapkan di berbagai aplikasi *computer vision*, seperti deteksi objek [15], pengenalan wajah [7], [16], dan kendaraan otonom [17], [18].

C. Sensor Fusion

Sensor fusion merupakan proses penggunaan informasi dari beberapa sensor yang berbeda untuk meningkatkan seleksi fitur dan klasifikasi kinerja keseluruhan atau interpretasi sistem. Komponen utama *framework sensor fusion* adalah sensor, proses penggabungan semua pengukuran, dan menghasilkan estimasi satu keadaan yang dapat diterapkan ke aplikasi lain [19]. Dalam penelitian ini, *sensor fusion* diterapkan pada sistem pemantauan penumpang.

Referensi [20] membangun rekonstruksi model termal 3D berbiaya murah, yang terdiri atas dua buah *smartphone* dan sebuah kamera inframerah termal berbiaya murah. Teknik *sensor fusion* diterapkan untuk mengolah citra termal inframerah dari kamera termal inframerah dan citra tampak (*visible image*) dari *smartphone*. Pada penelitian lain, *sensor fusion* diterapkan untuk menghasilkan resolusi tinggi pada pengukuran *ultrasonic oscillating temperature sensors* (UOTS) [21]. Prosedur penggabungan data sensor dibuat berdasarkan pendekatan orde satu dari UOTS frekuensi keluaran. Suhu yang digabungkan adalah data frekuensi suhu saat ini dan frekuensi sebelumnya yang telah disimpan.

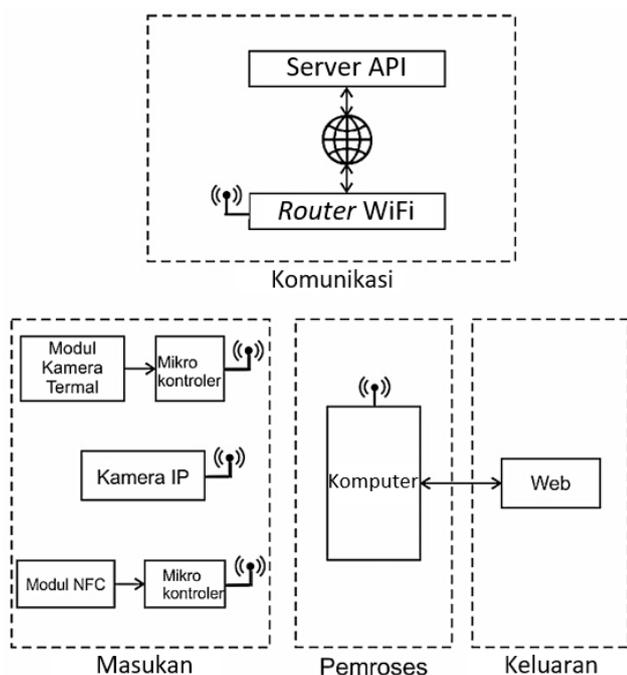
III. METODOLOGI

A. Konsep Sistem

Konsep penelitian ini adalah membuat suatu sistem yang dapat melakukan pemantauan penggunaan masker medis atau *respirator mask* jenis N95/KN95 dan pengukuran suhu tubuh calon penumpang pesawat. Pemantauan dilakukan dengan menggunakan tiga buah sensor, yaitu NFC, kamera termal, dan kamera IP. *Node* NFC digunakan untuk verifikasi bahwa calon penumpang tersebut memiliki tiket/*boarding pass* yang valid. Kemudian, kamera termal berfungsi untuk mengukur suhu tubuh calon penumpang pesawat. Batas suhu tubuh yang diperbolehkan untuk melakukan perjalanan udara sesuai dengan rekomendasi WHO adalah 38 °C. Apabila didapatkan suhu tubuh calon penumpang bernilai di atas atau sama dengan 38 °C, maka calon penumpang tersebut tidak diperbolehkan berangkat. Sementara itu, kamera IP difungsikan untuk memantau penggunaan masker dan untuk pengenalan wajah calon penumpang.

Calon penumpang yang dapat diberangkatkan adalah calon penumpang yang memiliki tiket/*boarding pass* yang valid. Kemudian, calon penumpang yang dikenali pada kamera harus sesuai dengan data pemilik tiket/*boarding pass* dengan suhu tubuh terukur pada kamera termal bernilai di bawah 38 °C.

Pada sistem ini digunakan bahasa pemrograman C++ untuk pemrograman mikrokontroler pada *node* NFC dan bahasa pemrograman Python dengan kerangka kerja Django untuk



Gbr. 1 Diagram blok sistem.

pembuatan aplikasi server web (yang diberi nama *e-flight apps*) dan server API.

Gbr. 1 menunjukkan diagram blok sistem yang dibuat, yang terdiri atas blok masukan, pemroses, keluaran, dan komunikasi. Blok masukan terdiri atas beberapa modul masukan, yaitu kamera termal, kamera IP, dan *node* NFC. Data yang dikirim dari blok masukan akan diproses pada blok pemroses yang berupa sebuah komputer. Lalu, keluaran dari pemroses akan ditampilkan pada aplikasi web (blok keluaran). Blok komunikasi digunakan untuk komunikasi antar perangkat dengan server API melalui internet. Basis data pada sistem ini disimpan pada server API. Pada saat mengolah data, pemroses akan melakukan permintaan data ke server API.

B. Prosedur Perancangan Sensor Fusion

Jaringan *sensor fusion* pada penelitian ini dikategorikan berdasarkan konfigurasi sensor. Konfigurasi sensor tersebut terdiri atas konfigurasi *complementary fusion*, *competitive fusion*, dan *cooperative fusion* [19]. Pada penelitian ini, konfigurasi sensor yang digunakan adalah *complementary*, yang terdiri atas tiga buah sensor (kamera IP, kamera termal, dan NFC) yang saling bekerja secara independen dan melakukan tugasnya masing-masing. Namun, kombinasi data dari setiap sensor dapat saling melengkapi dan memberikan informasi untuk seleksi fitur dan pengambilan keputusan.

Keputusan status *check-in* calon penumpang diambil berdasarkan hasil pembacaan data *sensor fusion*. Status sukses dihasilkan apabila kriteria berikut terpenuhi: 1) wajah yang dikenali pada kamera sesuai dengan pemilik tiket pada *boarding pass*; 2) masker yang digunakan merupakan jenis masker yang sesuai dengan standar WHO (masker medis dan *respirator mask* jenis N95/KN95); dan 3) suhu terukur maksimal 38 °C. Status gagal terjadi apabila salah satu syarat tidak terpenuhi setelah 20 detik sejak proses *tapping* NFC.

C. Perancangan Algoritme Pengenalan Wajah

Model dasar *deep learning* yang digunakan untuk pendeteksian wajah ini adalah *single shot multi-box detector* (SSD) dengan menggunakan arsitektur ResNet-10. Model SSD dapat mendeteksi beberapa objek dalam satu bingkai gambar. ResNet merupakan arsitektur *deep neural network* yang diperkenalkan untuk mempermudah proses pelatihan model CNN. Model dengan arsitektur ini dapat mendeteksi lebih dari satu wajah dalam bingkai. Pendeteksian wajah pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui lokasi wajah dalam citra. Arsitektur ResNet-10 digunakan untuk menandai daerah wajah, kemudian pada daerah wajah yang terdeteksi dilakukan *cropping*.

Terhadap *dataset* dari data wajah yang sudah terkumpul harus dilakukan penyesuaian (*praproses*) terlebih dahulu sebelum dapat dijadikan sebagai *dataset* untuk pelatihan. Proses pembuatan *dataset* ditunjukkan pada Gbr. 2. Penyesuaian dilakukan agar proses pelatihan model CNN menjadi lebih optimal, sehingga dapat menghasilkan model yang baik. Keluaran dari proses pembuatan *dataset* ini adalah citra yang telah mengalami *praproses* (*preprocessed image*).

Citra keluaran (*preprocessed image*) kemudian digunakan untuk proses pelatihan pada model CNN untuk pengenalan wajah. Citra keluaran terproses diperbanyak lima puluh kali untuk setiap kelas/pengguna dan dilakukan augmentasi citra pada proses pelatihan agar *dataset* pelatihan lebih bervariasi.

Dataset yang telah dibuat dan terkumpul pada bagian sebelumnya kemudian dijadikan sebagai masukan pada proses pelatihan model CNN ini. Gbr. 3. menunjukkan diagram blok proses pelatihan model CNN untuk pengenalan wajah.

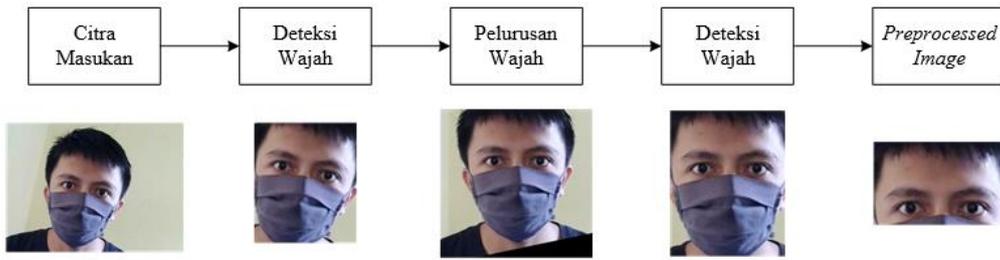
Proses pelatihan diawali dengan membaca *dataset* yang telah dibuat, kemudian membagi kumpulan *dataset* tersebut ke dalam dua bagian, yaitu *dataset* untuk pelatihan dan *dataset* untuk pengujian. *Dataset* pelatihan digunakan model CNN untuk proses pelatihan, sedangkan *dataset* pengujian digunakan sebagai data validasi untuk mengukur akurasi pelatihan model CNN. Setelah *dataset* terpisah, dilakukan proses augmentasi citra. Augmentasi citra dilakukan agar kumpulan citra pada *dataset* lebih bervariasi dengan mengubah beberapa parameter citra, seperti pembesaran, penggeseran horizontal, penggeseran vertikal, dan membalik secara horizontal. Seluruh proses augmentasi dilakukan secara otomatis dan acak. Data yang telah dikenai proses augmentasi kemudian dikenai proses ekstraksi fitur dan pelatihan dengan menggunakan metode CNN.

Arsitektur CNN yang dibuat terdiri atas tiga lapisan konvolusi, tiga lapisan *pooling* untuk ekstraksi data citra, dan sebuah lapisan yang terhubung penuh untuk klasifikasi citra. Jumlah neuron keluaran pada lapisan yang terhubung penuh adalah jumlah kelas/pengguna dari *dataset* yang digunakan pada pelatihan. Lapisan konvolusi menghitung *element-wise product* dari setiap kata dan dikalikan dengan bobot masing-masing filter. Pertimbangan matriks masukan pada (1),

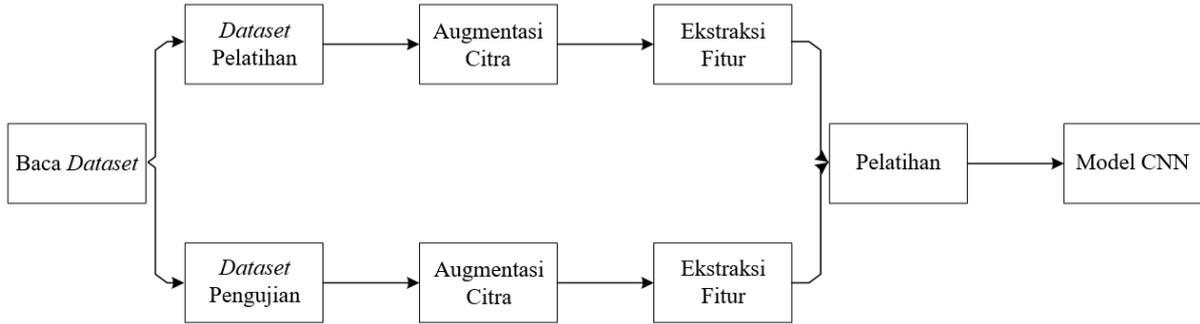
$$W = [w_1, w_2, \dots, w_n] \quad (1)$$

kemudian operasi konvolusi dapat dilihat pada (2),

$$w_i = f(W_t \cdot W_{[i+k-1]} + b) \quad (2)$$



Gbr. 2 Pembuatan *dataset* pengenalan wajah.



Gbr. 3 Diagram blok proses pelatihan CNN.

dengan $W_t \in R^{k \times m}$ adalah bobot matriks, k adalah tinggi *kernel* konvolusi, m adalah lebar *kernel* konvolusi, b adalah nilai *offset*, dan f adalah fungsi aktivasi.

Hasil resultan vektor setelah operasi konvolusi dapat dilihat pada (3),

$$W' = [w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_{n-k+1}]. \tag{3}$$

Lapisan *pooling* digunakan setelah operasi konvolusi. Jenis operasi *pooling* dapat berupa *max pooling* dan *average pooling*. Dalam penelitian ini, digunakan operasi *max pooling*. Untuk vektor masukan w_i , operasi *k-max pooling* mengacu pada (4)-(5),

$$x = [x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_{m-k+1}] \tag{4}$$

$$x_i = \max[w_i, w_{i+1}, \dots, w_{i+k-1}] \tag{5}$$

dengan m adalah dimensi vektor w_i and \max adalah fungsi maksimum.

Tabel I menyajikan ukuran data dan parameter yang dilatih pada setiap lapisan. Kolom dimensi keluaran pada Tabel I berisi ukuran citra masukan setelah melewati lapisan-lapisan pada model CNN, sedangkan kolom parameter berisi jumlah parameter pada model CNN yang berubah pada saat dilakukan pelatihan. Pada model CNN ini, jumlah parameter yang dilatih sebanyak 6.452.586 parameter.

D. Perancangan Algoritme Deteksi dan Pengenalan Masker

Pada sistem ini, digunakan metode CNN dengan arsitektur MobileNetV2 untuk mendeteksi penggunaan masker yang tersedia di *library* Keras. Keras adalah kerangka kerja untuk pembelajaran mendalam yang ditulis dalam bahasa pemrograman Python. Pelatihan untuk model deteksi masker ini menggunakan data pelatihan masing-masing 1.915 gambar untuk data pelatihan tanpa masker dan data pelatihan dengan masker. Pelatihan data dilakukan dengan dua puluh epoch.

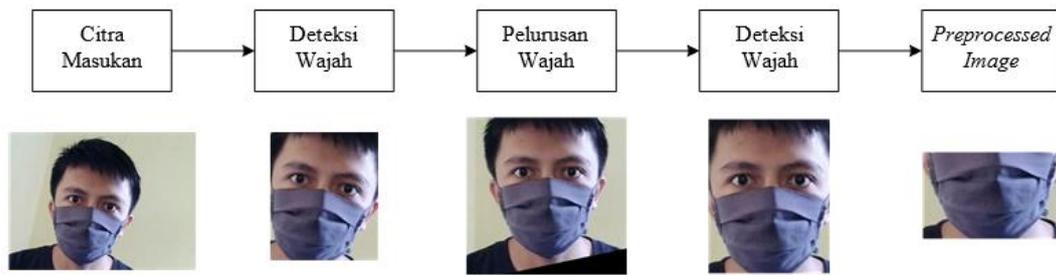
TABEL I
UKURAN DIMENSI DAN PARAMETER CNN

Lapisan	Dimensi Keluaran	Parameter
Conv2D	224 × 224 × 32	896
MaxPooling2D	112 × 112 × 32	0
Conv2D	112 × 112 × 32	9.248
MaxPooling2D	56 × 56 × 32	0
Conv2D	56 × 56 × 64	18.496
MaxPooling2D	28 × 28 × 64	0
Dropout	28 × 28 × 64	0
Flatten	50.176	0
Hidden	128	6.422.656
Output	70	1.290

Deteksi masker digunakan untuk memantau penumpang, menggunakan masker atau tidak. Selain pendeteksian masker, algoritme ini juga harus mampu mengidentifikasi jenis masker yang digunakan penumpang. Tujuan identifikasi jenis masker ini adalah untuk memastikan penumpang menggunakan masker sesuai standar, yaitu masker medis atau N95/KN95. Gbr. 4 menunjukkan diagram blok proses pembuatan *dataset* untuk pengenalan masker.

Pembuatan *dataset* untuk pendeteksian masker dilakukan dengan melakukan dua tahap pendeteksian wajah. Deteksi wajah pertama dilakukan untuk memotong citra masukan sehingga hanya didapatkan area wajah, kemudian deteksi wajah kedua dilakukan untuk mendapatkan citra area wajah setelah diluruskan agar wajah dalam kondisi lurus atau tidak miring. Keluaran yang telah diproses sebelumnya dalam pembuatan *dataset* ini adalah gambar dari bagian masker saja.

Identifikasi masker pada sistem ini dibagi menjadi dua kelas, yaitu ‘*Bad Masked*’ dan ‘*Good Masked*’. Kelas ‘*Good Masked*’ berarti masker yang digunakan adalah masker bedah atau masker N95/KN95, sedangkan untuk golongan ‘*Bad Masked*’



Gbr. 4 Diagram blok proses pembuatan dataset pengenalan masker.



Gbr. 5 Hasil deteksi masker wajah.

berarti masker yang digunakan adalah masker selain masker bedah atau masker N95/KN95.

IV. HASIL EKSPERIMEN

Dalam penelitian ini, eksperimen yang diujikan dibagi menjadi beberapa subsistem pengujian. Subsistem pertama menguji algoritme pendeteksi masker, sedangkan subsistem kedua membuktikan pengenalan wajah dengan dan tanpa masker menggunakan algoritme CNN. Selanjutnya, subsistem ketiga menguji algoritme pengenalan tipe masker N95/KN95/bedah, dan yang terakhir menjalankan seluruh sistem terintegrasi untuk membuktikan keakuratan keputusan yang dibuat oleh algoritme *sensor fusion* yang diusulkan.

A. Hasil Pengujian Algoritme Deteksi Masker

Deteksi masker diuji dengan memprediksi citra wajah dengan masker atau tanpa masker. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Gbr. 5. Label 'Mask' berarti gambar yang diprediksi menggunakan masker, sedangkan label 'No Mask' berarti gambar yang diprediksi tanpa masker.

Gbr. 5 menunjukkan bahwa model CNN yang telah dilatih dapat membedakan wajah bermasker dan wajah tanpa masker dengan akurasi yang sangat baik. Dalam proses pendeteksian masker, model CNN yang diusulkan belum dapat membedakan jenis masker wajah antara masker bedah, *respiratory mask* (N95/KN95), dan masker lainnya.

B. Hasil Pengujian Algoritme Pengenalan Wajah

Pada eksperimen pengenalan wajah yang diujikan, digunakan 3.500 citra, yang terdiri atas tujuh puluh kelas/pengguna, dengan masing-masing kelas memiliki lima

TABEL II
SKENARIO PELATIHAN MODEL CNN

Skenario	Epoch	Dataset Pelatihan	Dataset Pengujian
1	100	80	20
2	100	90	10
3	500	80	20
4	500	90	10

TABEL III
AKURASI HASIL PENGENALAN WAJAH

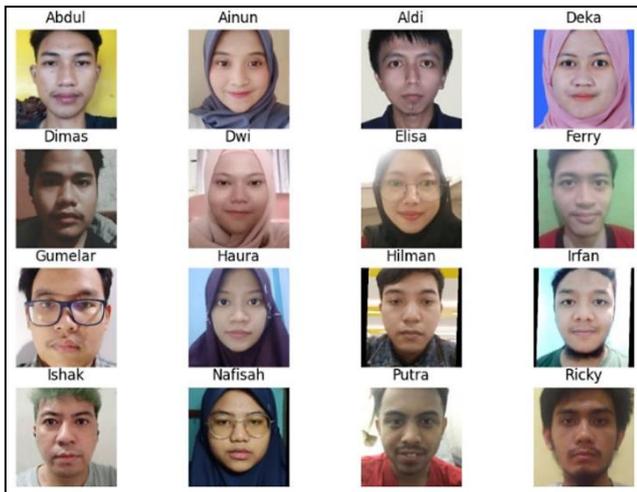
Skenario	Akurasi (%)	
	Tanpa Masker	Dengan Masker
1	56,25	93,75
2	68,75	87,50
3	93,75	93,75
4	100,00	100,00

puluh citra praproses. *Dataset* tersebut kemudian dibagi menjadi dua bagian: *dataset* pelatihan dan *dataset* pengujian atau validasi. Dalam membuat *dataset*, beberapa skenario pelatihan diterapkan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel II. Hasil pelatihan model CNN berdasarkan skenario dalam Tabel II disajikan pada Tabel III.

Dari Tabel III, dapat diketahui bahwa model CNN untuk pengenalan wajah yang telah dilatih dapat mengenali wajah dengan akurasi terbaik untuk pengenalan wajah tanpa masker dan pengenalan wajah dengan masker pada skenario keempat. Rasio 9:1 pada *dataset* pengujian terhadap *dataset* pelatihan menghasilkan *dataset* pelatihan yang lebih banyak dan telah merepresentasikan data pada *dataset* pengujian secara keseluruhan, sehingga model CNN dapat melakukan prediksi dengan baik. Hasil pengenalan wajah tanpa menggunakan masker ditunjukkan pada Gbr. 6, sedangkan hasil pengujian model CNN untuk pengenalan wajah dengan menggunakan masker ditunjukkan oleh Gbr. 7 (skenario kedua) dan Gbr. 8 (skenario keempat). Akurasi pengenalan wajah (saat menggunakan masker wajah) dengan skenario kedua adalah 87,5%, sedangkan akurasi skenario keempat adalah 100%.

C. Hasil Pengujian Algoritme Pengenalan Jenis Masker Wajah

Hasil pelatihan model CNN dalam mengenali jenis-jenis masker wajah yang digunakan calon penumpang disajikan pada Tabel IV. Pengujian akurasi pengenalan masker dilakukan berdasarkan skenario pada Tabel II.



Gbr. 6 Hasil pengenalan wajah saat wajah tidak menggunakan masker.



Gbr. 8 Pengenalan wajah bermasker menggunakan skenario pelatihan ke-4.



Gbr. 7 Pengenalan wajah bermasker menggunakan skenario pelatihan ke-2.



Gbr. 9 Pengenalan tipe masker.

Berdasarkan Tabel IV, model CNN untuk pengenalan masker dapat membedakan jenis masker dengan akurasi pada skenario pertama 100%, skenario kedua 100%, skenario ketiga 93,75%, dan skenario keempat 100%. Gbr. 9 menunjukkan sampel pengujian model CNN untuk pengenalan jenis masker wajah.

D. Hasil Pengujian Sistem Terintegrasi

Pengujian terintegrasi terdiri atas proses *check-in* calon penumpang. Pertama, calon penumpang menggunakan *smartphone* untuk masuk ke web penerbangan dan *tapping* NFC. Kemudian, kamera termal dan kamera IP melakukan proses pendeteksian wajah dan jenis masker. Eksperimen terintegrasi ini mewakili diagram blok sistem yang digambarkan pada Gbr. 1.

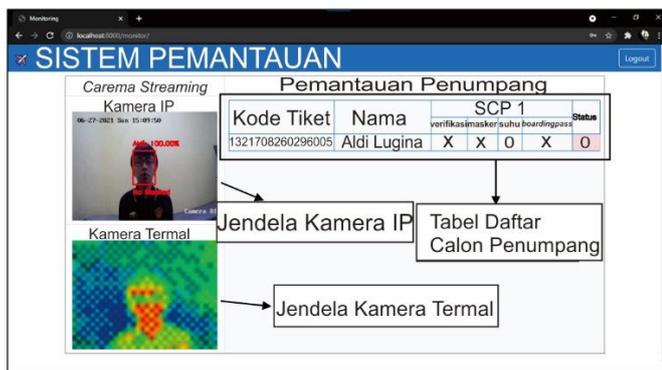
Aplikasi web penerbangan ditujukan bagi administrasi penyelenggara penerbangan. Aplikasi web dibuat menjadi tiga halaman, yaitu halaman registrasi, halaman *login*, dan halaman pemantauan. Aplikasi web penerbangan ini berjalan di komputer lokal dengan alamat IP 192.168.0.102/127.0.0.1 (*localhost*). Pada halaman pendaftaran terdapat beberapa data

yang harus diisi, yaitu alamat *email* pengguna dan *password*. Jika registrasi berhasil, akan muncul halaman *login*.

Gbr. 10 memperlihatkan halaman utama *website* penerbangan. Ada dua jendela untuk menampilkan citra yang diambil kamera IP dan kamera termal. Tabel pada halaman tersebut menunjukkan daftar penumpang maskapai yang telah terdaftar dan memiliki tiket. Terdapat beberapa kolom yang memberikan informasi mengenai nama dan kondisi penumpang. Pada kolom *security check point 1* (SCP1) terdapat beberapa kolom untuk mengukur berbagai parameter sebagai syarat keberangkatan. Kolom verifikasi mengindikasikan bahwa penumpang yang *check-in* adalah pemilik tiket yang terdeteksi melalui pengenalan wajah pada kamera IP. Kolom suhu menunjukkan kondisi suhu tubuh penumpang yang diukur menggunakan kamera termal. Kolom *boarding pass*

TABEL IV
AKURASI HASIL PENDETEKSIAN JENIS MASKER

Skenario	Akurasi (%)
1	100,00
2	100,00
3	93,75
4	100,00

Gbr. 10 Halaman utama web *e-flight*.Gbr. 11 Proses *check-in* tanpa melakukan *tapping* NFC.Gbr. 12 Proses *tapping* NFC.

menunjukkan verifikasi *boarding pass* pada *node* NFC. Lalu, kolom status berwarna merah menunjukkan penumpang yang gagal *check-in* karena adanya ketidaksesuaian dengan parameter yang diukur dan akan berubah menjadi hijau jika semua parameter yang diukur sudah sesuai dengan ketentuan.

Pada Gbr. 11, terlihat bahwa penumpang sudah dikenali dengan baik dan memakai masker sesuai ketentuan. Namun, kolom status penumpang masih terlihat berwarna merah. Hal ini terjadi karena penumpang belum melakukan *tapping* pada *node*/terminal NFC, sehingga sistem belum melakukan pengukuran. Agar sistem dapat melakukan pengukuran, *smartphone* harus diletakkan ke *node* NFC (seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 12), dan pada *smartphone* tersebut harus telah terinstal aplikasi *e-flight*.

Setelah perangkat NFC diletakkan dalam jangkauan alat pembaca, status pada web pemantauan penumpang berubah

Gbr. 13 Proses *check-in* dengan melakukan *tapping* NFC.

Gbr. 14 Penggunaan masker nonstandar terdeteksi.

menjadi hijau, penggunaan masker, dan suhu tubuh pun telah diverifikasi. Tampilan *website e-flight* ditunjukkan pada Gbr. 13.

Pada Gbr. 13, seperti yang terlihat pada kolom verifikasi, status penggunaan masker dan *boarding pass* berubah dari tanda silang menjadi centang dan suhu tubuh yang diukur berada di bawah 38 °C. Ini berarti penumpang yang *check-in* telah memenuhi persyaratan, sehingga kolom status menjadi hijau dengan waktu proses *check-in* adalah 17 detik. Kolom status berwarna hijau menandakan penumpang telah melewati SCPI. Gbr. 14 menampilkan pengukuran pada calon penumpang yang berbeda yang menggunakan masker tidak standar.

Pada Gbr. 14, meskipun penumpang telah melakukan *tapping boarding pass*, yang ditandai dengan tanda centang pada kolom *boarding pass* dan wajah yang dikenali sesuai dengan data pemilik *boarding pass*, kolom status berwarna merah. Warna merah pada kolom status disebabkan oleh jenis masker yang tidak sesuai dengan ketentuan, yaitu jenis masker kain, sehingga penumpang ditolak untuk melewati SCPI. Hasil ini menunjukkan bahwa *sensor fusion* pada tingkat pengambilan keputusan memiliki kinerja yang baik.

V. KESIMPULAN

Sistem pemantauan suhu tubuh dan pengenalan penggunaan masker bagi penumpang pesawat di bandara telah direalisasikan dan diuji coba. Aplikasi web yang diusulkan untuk sistem pemantauan ini (yang diberi nama *e-flight apps*) dirancang pada *localhost* dan telah berfungsi sesuai tujuannya, yaitu untuk menampilkan daftar dan status *check-in* calon penumpang pesawat.

Model CNN untuk pengenalan wajah dan pengenalan masker yang paling baik ditemukan pada skenario keempat dengan rasio *dataset* pelatihan terhadap *dataset* pengujian adalah 9:1 dan *epoch* sebanyak 500 kali. Pada pengujian sistem pengenalan wajah, *dataset* yang digunakan adalah 3.500 citra yang terdiri atas tujuh puluh pengguna, sedangkan pelatihan untuk model pendeteksian jenis masker menggunakan data pelatihan masing-masing 1.915 gambar untuk data pelatihan tanpa masker dan data pelatihan dengan masker. Akurasi pelatihan model CNN untuk pengenalan wajah dan pengenalan masker menggunakan skenario keempat dapat mencapai hasil 100%.

Metode *sensor fusion* pada penelitian ini dibangun menggunakan konfigurasi *complementary*, yang terdiri atas tiga buah sensor (kamera IP, kamera termal, dan NFC). Tingkat keputusan *sensor fusion* yang dirancang telah menunjukkan hasil yang baik dan telah mampu menentukan verifikasi status *check-in* penumpang pesawat berdasarkan tiga persyaratan, yaitu nilai suhu tubuh, jenis masker yang dikenakan, dan kesesuaian wajah terhadap data tiket calon penumpang pesawat.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis tidak memiliki konflik kepentingan untuk dideklarasikan. Semua penulis telah melihat dan menyetujui isi naskah dan tidak ada kepentingan finansial untuk dilaporkan. Semua informasi yang disampaikan adalah hasil aktual yang diperoleh dari melakukan penelitian dan tidak dipengaruhi oleh pendapat atau kepentingan pribadi.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis mengonfirmasi kontribusi makalah sebagai berikut: Konseptualisasi, Noor Cholis Basjaruddin; metodologi dan desain, Feni Isdaryani; perangkat lunak dan pengumpulan data, Aldi Lugina; analisis dan interpretasi hasil: Feni Isdaryani, Aldi Lugina; penyusunan naskah draf: Feni Isdaryani, Aldi Lugina. Semua penulis meninjau hasil dan menyetujui naskah versi akhir.

REFERENSI

- [1] "Kriteria dan Persyaratan Perjalanan Orang dalam Masa Adaptasi Kebiasaan Baru Menuju Masyarakat Produktif dan Aman Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)," Surat Edaran Gugus Tugas Percepatan Penanganan COVID-19 Nomor 7, 2020.
- [2] (2020) "Coronavirus Disease (COVID-19): When and How to Use Masks," [Online], <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public/when-and-how-to-use-masks>, tanggal akses: 10-Feb-2021.
- [3] A. Voulodimos, N. Doulamis, A. Doulamis, dan E. Protopapadakis, "Deep Learning for Computer Vision: A Brief Review," *Comput. Intell., Neurosci.*, Vol. 2018, hal. 1-13, 2018.
- [4] S. Sethi, M. Kathuria, dan T. Kaushik, "Face Mask Detection Using Deep Learning: An Approach to Reduce Risk of Coronavirus Spread," *J. Biomed. Inform.*, Vol. 120, hal. 1-12, 2021.
- [5] X. Jiang, T. Gao, Z. Zhu, dan Y. Zhao, "Real-Time Face Mask Detection Method Based on YOLOv3," *Electron.*, Vol. 10, No. 7, hal. 1-17, Apr. 2021.
- [6] M. Jiang, X. Fan, dan H. Yan, "RetinaFaceMask: A Single Stage Face Mask Detector for Assisting Control of the COVID-19 Pandemic," 2020, *arXiv:2005.03950*.
- [7] W. Hariri, "Efficient Masked Face Recognition Method during the COVID-19 Pandemic," 2021, *arXiv:2105.03026*.
- [8] H. Li, dkk., "Multisensor Data Fusion for Human Activities Classification and Fall Detection," *2017 IEEE SENSORS*, 2017, hal. 1-3.
- [9] R. Gravina, P. Alinia, H. Ghasemzadeh, dan G. Fortino, "Multi-Sensor Fusion in Body Sensor Networks: State-of-the-Art and Research Challenges," *Inf. Fusion*, Vol. 35, hal. 68-80, 2017.
- [10] (2020) "Coronavirus disease (COVID-19): Masks," [Online], <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-masks>, tanggal akses: 6-Feb-2021.
- [11] S. McHugh dan K. Yarmey, *Near Field Communication Recent Developments dan Library Implications*. San Rafael, AS: Morgan & Claypool Publishers, 2014.
- [12] N. Álvarez-Díaz, P. Caballero-Gil, dan M. Burmeste, "A Luggage Control System Based on NFC and Homomorphic Cryptography," *Mobile Inf. Syst.*, Vol. 2017, hal. 1-11, 2017.
- [13] H. Komsta, E. Brumerikova, dan B. Bukova, "Application of NFC Technology in Passenger Rail Transport," *Transp. Probl.*, Vol. 11, No. 3, hal. 43-53, 2016.
- [14] C.C. Aggarwal, *Neural Networks and Deep Learning*. Cham, Swiss: Springer, 2018.
- [15] H. Yanagisawa, T. Yamashita, dan H. Watanabe, "A Study on Object Detection Method from Manga Images Using CNN," *Int. Workshop Adv. Image Technol. (IWAIT)*, 2018, hal. 1-4.
- [16] Z. Ouyang, J. Niu, Y. Liu, dan M. Guizani, "Deep CNN-Based Real-Time Traffic Light Detector for Self-Driving Vehicles," *IEEE Trans. Mob. Comput.*, Vol. 19, No. 2, hal. 300-313, 2020.
- [17] A.R. Syafeeza, M. Khalil-Hani, S.S. Liew, dan R. Bakhteri, "Convolutional Neural Network for Face Recognition with Pose and Illumination," *Int. J. Eng., Technol. (IJET)*, Vol. 6, No. 1, hal. 44-57, 2014.
- [18] M.G. Bechtel, E. McElhiney, M. Kim, dan H. Yun, "DeepPicar: A Low-Cost Deep Neural Network-Based Autonomous Car," *IEEE 24th Int. Conf. Embedded, Real-Time Comput. Syst., Appl. (RTCSA)*, 2018, hal. 11-21.
- [19] D. Galar dan U. Kumar, *eMaintenance - Essential Electronic Tools for Efficiency*, J. Laurence, Ed., Cambridge, AS: Academic Press, 2017.
- [20] M.-D. Yang, T.-C. Su, dan H.-Y. Lin, "Fusion of Infrared Thermal Image and Visible Image for 3D Thermal Model Reconstruction Using Smartphone Sensors," *Sensors*, Vol. 18, No. 7, hal. 1-19, 2018.
- [21] A. Hashmi, A.N. Kalashnikov, "Sensor Data Fusion for Responsive High Resolution Ultrasonic Temperature Measurement Using Piezoelectric Transducers," *Ultrasonics*, Vol. 99, hal. 1-8, 2019.