

PEMBUATAN POLA KONSTRUKSI MASKER WAJAH DENGAN PENDEKATAN ANTROPOMETRI BERDASARKAN *LANDMARK* WAJAH

CONSTRUCTION PATTERN MAKING FOR FACE MASKS USING AN ANTHROPOMETRIC APPROACH BASED ON FACIAL LANDMARKS

Rella Mugiana*, Valentinus Galih V.P

Politeknik STTT Bandung, Kota Bandung, 40272, Indonesia

*Penulis korespondensi:

Alamat Email : rellamugiana21@gmail.com

Tanggal diterima: 24 November 2025, direvisi: 31 Desember 2025,
disetujui terbit: 06 Januari 2026

Abstrak

Masker wajah merupakan alat pelindung diri yang esensial, namun desain *one-size-fits-all* yang beredar di pasaran mengabaikan keberagaman karakteristik antropometri wajah, menyebabkan permasalahan kesesuaian (fit) dan penurunan kenyamanan pengguna. Penelitian ini bertujuan mengembangkan pola konstruksi masker wajah dengan pendekatan antropometri berdasarkan *landmark* wajah untuk menghasilkan desain masker yang sesuai dengan karakteristik morfologi wajah pengguna. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan kombinasi metode survei dan eksperimen terhadap 30 responden dengan variasi bentuk wajah yang berbeda. Identifikasi landmark dilakukan menggunakan perangkat lunak CLO 3D dengan tujuh titik anatomis (*nasion*, *nose top*, *menton*, *outerchantus*, *zygomatic*, *nose side* dan *jawline*). Pengukuran antropometri dilakukan secara langsung menggunakan jangka sorong, kemudian pola konstruksi dikembangkan melalui teknik *flat pattern making* dan digitalisasi menggunakan CAD *Richpeace*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi wajah yang signifikan antar responden, bentuk wajah lonjong memiliki dimensi vertikal (*nasion-menton*) 9,9-11,3, dan wajah bulat 9,8-10,8. Distribusi data pada *landmark nasion-menton* dan *outerchantus-jawline* memperlihatkan rentang variasi lebih besar dibandingkan landmark lainnya. Pola konstruksi masker *Duckbill* berhasil dikembangkan dengan sistem formula tersandarasi. Evaluasi menunjukkan masker kostumisasi berbasis antropometri memiliki tingkat kesesuaian dan kenyamanan lebih tinggi. Pendekatan antropometri wajah yang diintegrasikan dengan teknologi digital CLO 3D dan CAD *Richpeace* efektif menghasilkan pola konstruksi masker yang presisi, ergonomis, dan adaptif terhadap variasi morfologi wajah, memberikan perlindungan dan kenyamanan yang lebih baik.

Kata kunci: antropometri wajah, *landmark* wajah, pola konstruksi masker, CLO3D, desain ergonomis

Abstract

Face masks are essential personal protective equipment, but the one-size-fits-all designs currently available ignore the diversity of facial anthropometric characteristics, leading to fit issues and decreased user comfort. This study aims to develop a face mask construction pattern using an anthropometric approach based on facial landmarks to produce a mask design that suits the user's facial morphological characteristics. The research method uses a quantitative approach with a combination

of survey and experimental methods on 30 respondents with different facial shapes. Landmark identification was carried out using CLO 3D software with seven anatomical points (nasion, nose top, menton, outerchantus, zygomatic, nose side and jawline). Anthropometric measurements were carried out directly using calipers, then the construction pattern was developed through flat pattern making techniques and digitalization using Richpeace CAD. The results showed significant facial dimensions among respondents; oval face shapes have a vertical dimension (nasion-menton) of 9.9-11.3, and round faces 9.8-10.8. The distribution of data on the nasion-menton and outerchantus-jawline landmarks showed a greater range of variation compared to other landmarks. The Duckbill mask construction pattern was successfully developed using a standardized formula system. Evaluations showed that the anthropometry-based customized mask had higher levels of fit and comfort. The facial anthropometry approach, integrated with CLO 3D digital technology and Richpeace CAD, effectively produced a mask construction pattern that was precise, ergonomic, and adaptable to variations in facial morphology, providing better protection and comfort.

Keywords: facial anthropometry, facial landmarks, mask construction pattern, CLO3D, ergonomic design

PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 telah mentransformasikan masker wajah dari perangkat proteksi khusus menjadi kebutuhan fundamental dalam kehidupan sehari-hari masyarakat global. Meskipun intensitas penggunaan masker mengalami penurunan pasca pandemi, kesadaran akan pentingnya perlindungan respiratori dalam konteks kesehatan masyarakat tetap tinggi, terutama dalam menghadapi potensi pandemi dimasa depan dan polusi udara yang semakin meningkat. Pengertian masker menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia adalah kain penutup mulut dan hidung (seperti yang dipakai oleh dokter dan perawat di rumah sakit) ¹. Masker merupakan salah bentuk alat pelindung diri (APD) yang biasanya digunakan untuk keperluan perlindungan saluran pernafasan². Masyarakat kadang enggan menggunakan masker karena tidak nyaman disebabkan tidak adanya prinsip-prinsip ergonomis yaitu terlalu pengap, masker terlalu kecil, sehingga dari penggunaan masker tersebut

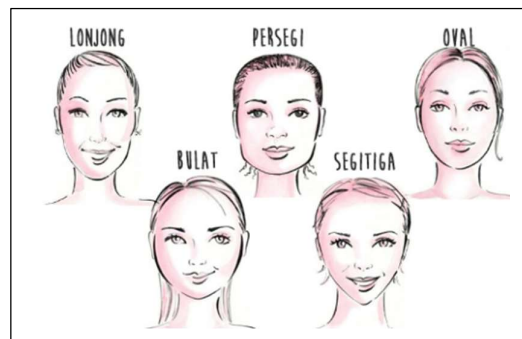
dapat mengakibatkan timbulnya berbagai permasalahan yaitu sesak nafas akibat desain tidak ergonomis, karena sebagian besar masker yang beredar dipasaran dirancang dengan pendekatan *one-size-fits-all* yang mengabaikan keberagaman karakteristik antropometri wajah manusia, sehingga menimbulkan permasalahan kesesuaian (fit) yang berimplikasi pada degradasi efektivitas proteksi dan penurunan tingkat kenyamanan pengguna³.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *fit factor* atau tingkat kesesuaian masker dengan wajah sangat bervariasi antar individu, tergantung pada dimensi dan bentuk wajah masing-masing⁴. Hal ini mengindikasikan pentingnya pengembangan desain masker yang mempertimbangkan variasi antropometri wajah dengan menggunakan kaidah ergonomis, dimana masker harus sampai ke dagu sehingga mampu mencegah droplet dari luar untuk tidak masuk ke saluran pernafasan penggunaanya⁵. Penelitian terkini menunjukkan bahwa kesesuaian

masker terhadap kontur wajah merupakan faktor kritis dalam menentukan efisiensi filtrasi partikel dan kebocoran udara. Studi menunjukkan variasi signifikan dalam dimensi wajah antar populasi yang dipengaruhi faktor etnis, geografis, dan demografis⁶. Ketidaksesuaian masker dengan struktur wajah tidak hanya mengurangi efektivitas perlindungan, tetapi juga menyebabkan ketidaknyamanan yang menurunkan kepatuhan penggunaan dalam jangka panjang. Penelitian kuantitatif *fit testing* mengungkapkan bahwa *fit* faktor masker konvensional sangat rendah, dengan tingkat kebocoran 20-40%, yang mengindikasikan pentingnya desain masker berbasis data antropometri spesifik pada populasi⁷. Oleh karena itu pengembangan pola konstruksi masker yang berbasis data antropometri spesifik pada populasi menjadi kebutuhan mendesak dalam desain pelindung diri yang ergonomis.

Pendekatan antropometri berdasarkan *landmark* wajah menawarkan solusi sistematis untuk menciptakan pola masker yang presisi dan dapat disesuaikan dengan karakteristik wajah pengguna. Antropometri adalah cabang ergonomis yang bertujuan memberikan dimensi tubuh yang benar untuk mendapatkan produk yang pas atau sesuai untuk pengguna antropometri. Antropometri merupakan ilmu yang mempelajari pengukuran dimensi tubuh manusia, termasuk wajah, yang telah banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti ergonomi, desain produk, dan forensik⁸. Dalam konteks desain masker, pendekatan antropometri dapat digunakan untuk mengidentifikasi dimensi-dimensi kritis wajah yang mempengaruhi kesesuaian masker, seperti lebar wajah, panjang wajah, tinggi hidung, dan jarak antar *landmark* wajah lainnya⁹. Penggunaan *landmark* wajah sebagai basis pengukuran

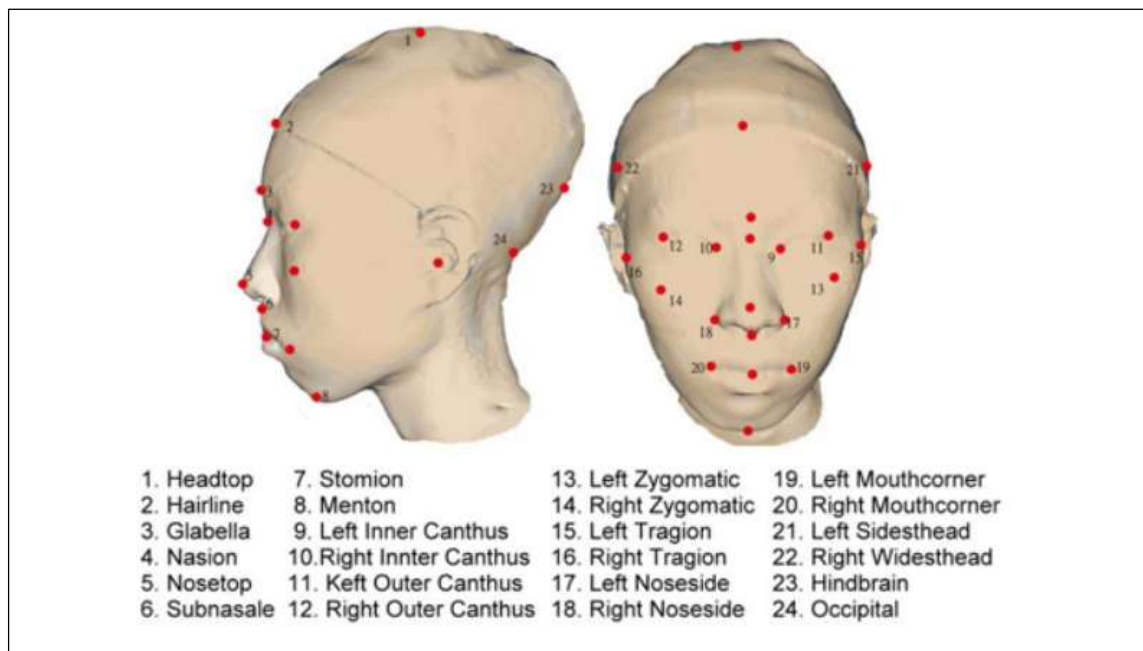
memungkinkan identifikasi yang lebih presisi terhadap variasi morfologi wajah antar individu. Beberapa penelitian menggunakan *landmark* wajah untuk mengembangkan sistem klasifikasi bentuk wajah yang dapat diaplikasikan dalam desain produk yang bersentuhan dengan wajah¹⁰. Oleh karena itu diperlukan pemahaman menyeluruh tentang bentuk dan ukuran tubuh yang ada pada populasi target. Tujuan antropometri adalah untuk mempelajari dan menganalisis bentuk dan ukuran tubuh manusia, dengan menggunakan pengetahuan ini untuk merancang produk yang sesuai dengan kebutuhan pengguna¹¹. Antropometri wajah merupakan ukuran terhadap setiap bagian dari wajah, meliputi nilai ukuran atau proporsi secara vertikal, horizontal, dan sudut langulasi pada setiap bagian wajah. Antropometri dapat dilakukan dengan berbagai macam cara antropometri, yaitu; antropometri secara langsung, antropometri dengan hasil dokumentasi (*fotogrammetri*), atau antropometri berikut *Radiografi* wajah dan kepala (*selaformetri*)¹².



Gambar 1. Macam-macam bentuk wajah

Gambar 1 menunjukkan macam-macam bentuk wajah terdiri dari; wajah berbentuk hati (*heart-shaped faces*) biasanya ditandai dengan tulang pipi lebar dan dahi yang meruncing ke dagu. Wajah berbentuk lonjong (*oblong-shaped faces*) biasanya tampak lebih panjang daripada melebar. Wajah berbentuk oval (*oval-shaped faces*) menunjukkan bentuk lengkung dengan rasio tinggi terhadap lebar sekitar 3:2. Wajah berbentuk bulat (*round-shaped faces*) berbentuk cenderung lingkaran. Wajah berbentuk persegi (*square-shaped faces*) biasanya menunjukkan sudut rahang yang kuat dengan dahi lebar yang hampir selebar tulang pipi dan garis rahang ¹³. Pembuatan pola

masker harus memperhatikan bentuk dan ukuran kepala serta wajah, karena potensi kebocoran antarmuka masker dengan dan pemakainya. Ukuran dan bentuk kepala harus mempengaruhi kesesuaian masker wajah¹⁴. Secara tradisional desainer menggunakan data antropometrik untuk menentukan dan membuat pola suatu produk termasuk pola masker. Pola konstruksi (*drafting/flats pattern*) yaitu pola yang dibuat dengan cara digambar pada kertas pola atau langsung pada bahan dengan menggunakan ukuran tubuh model ¹⁵. Pola konstruksi masker adalah pola masker yang dibuat berdasarkan ukuran wajah (*landmark*).



Gambar 2. Ilustrasi *landmark* wajah

Gambar 2 merupakan *landmark* lokasi ditentukan baik oleh penilaian visual, misalnya mulut dan sudut mata, atau dengan keunikan spasial, seperti titik atas kepala dan hidung ¹⁶. Pengambilan ukuran wajah menggunakan instrumen sederhana seperti jangka sorong dan pita ukuran dengan memperhatikan *landmark*

wajah hasil penelitian Chu et,al sebagai acuan pengambilan ukuran. Tujuan penelitian ini yaitu merancang dan membuat pola konstruksi masker dengan pendekatan antropometri. Kebaruan (*state of the art*) dalam penelitian ini yaitu pola konstruksi masker dengan pengambilan ukuran berdasarkan *landmark* wajah,

menggunakan ukuran wajah (antropometri) sehingga sesuai dengan wajah pengguna.

Di Indonesia, keberagaman etnis dan karakteristik antropometri yang tinggi menjadikan pengembangan pola masker yang sesuai semakin menantang. Penelitian tentang antropometri wajah populasi Indonesia untuk aplikasi desain masker masih terbatas. Karakteristik morfologi wajah populasi Indonesia memiliki keunikan tersendiri yang berbeda dengan populasi Asia Timur atau Barat. Penggunaan standar pola masker internasional yang tidak mempertimbangkan variasi antropometri lokal dapat menghasilkan produk yang kurang optimal untuk pengguna di Indonesia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pola konstruksi masker wajah dengan pendekatan antropometri berdasarkan *landmark* wajah, sehingga dapat menghasilkan desain masker yang lebih sesuai dengan karakteristik morfologi wajah pengguna. Melalui identifikasi dan pengukuran *landmark* wajah yang relevan, diharapkan dapat dihasilkan pola masker yang tidak hanya memberikan lingkungan optimal tetapi juga kenyamanan maksimal bagi penggunaannya. Antropometri *landmark* wajah untuk meningkatkan kesesuaian dan kenyamanan pengguna masker, sehingga dapat menghasilkan desain masker dengan tingkat kesesuaian dan kenyamanan yang baik, sekaligus berkontribusi pada pengembangan standar produk pelindung diri yang berbasis riset ilmiah. Pendekatan pola konstruksi dalam pembuatan masker yang ada saat ini umumnya masih menggunakan metode konvensional yang tidak mempertimbangkan variasi antropometri secara sistematis, yang diproduksi secara massal sering kali tidak dapat mengakomodasi

keberagaman bentuk dan ukuran wajah pengguna.

BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu; kertas pola dan ukuran wajah. Alat yang digunakan dalam membuat pola konstruksi adalah pita ukuran, jangka sorong, alat tulis, penggaris pola perangkat lunak CLO3D, dan perangkat lunak CAD (*computer Aided Design*) *Reachpeace*.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan kombinasi metode survei dan metode eksperimen. Metode kuantitatif dipilih karena berlandaskan pada paradigma positivisme yang menekankan pada objektivitas, pengukuran sistematis dalam menghasilkan temuan yang terverifikasi secara empiris. Pendekatan ini memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yang meliputi konkrit, objektif, terukur, rasional, dan sistematis. Pendekatan kuantitatif memfasilitasi pengembangan inovasi berbasis data numerik dan prosedur analitis yang terstandarisasi. Desain penelitian mengintegrasikan metode survei untuk mengakuisisi data antropometri wajah dan preferensi pengguna terhadap masker, serta metode eksperimen untuk validasi pola konstruksi masker kain yang dihasilkan. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan triangulasi data yang memperkuat validitas internal dan eksternal penelitian¹⁷.

Tahapan penelitian dilaksanakan melalui tujuh tahapan sistematis sebagai berikut; (1) survei lapangan untuk mengobservasi kondisi aktual dan pola perilaku masyarakat dalam penggunaan masker wajah. Observasi fokus pada identifikasi permasalahan kesesuaian (*fit*), keluhan ketidaknyamanan, dan karakteristik masker yang umum digunakan. Tahap ini berfungsi sebagai studi pendahuluan yang memberikan landasan empiris untuk formulasi instrumen penelitian.

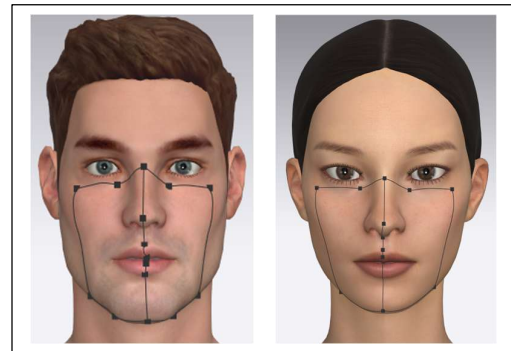
(2) Mendistribusikan kuesioner kepada responden dengan menggunakan *googleform*, untuk mengakuisisi data demografis, pengalaman penggunaan masker, dan preferensi desain. Instrumen kuesioner dirancang berdasarkan kajian literatur dan hasil survey lapangan. (3) Menganalisis wajah dan menentukan titik poin dan garis dasar (*landmark*) masker dengan menggunakan avatar pada perangkat lunak CLO3D. Proses digitalisasi ini memungkinkan visualisasi tiga dimensi dan simulasi virtual kesesuaian masker terhadap kontur wajah. (4) Pengembangan desain dan pola dasar masker kain secara digital dengan menggunakan perangkat lunak CLO3D dengan mempertimbangkan parameter antropometri yang telah diidentifikasi. (5) Pengukuran wajah responden dilakukan secara langsung menggunakan instrument antropometri sesuai dengan *landmark* wajah. (6) Membuat pola dasar masker dengan pendekatan antropometri secara manual menggunakan metode *flat pattern making*. (7) Membuat pola masker secara digital menggunakan perangkat lunak CAD (*computer Aided Design*) *Reachpeace* untuk keperluan dokumentasi, modifikasi presisi.

Metoda yang digunakan dengan cara menentukan *landmark* masker diadopsi dari beberapa *landmark point* Chu et al (gambar 2) untuk dijadikan pedoman dalam mengambil ukuran wajah dan membuat pola masker dengan pendekatan antropometri. Antropometri dipilih sebagai pendekatan penelitian karena merupakan metode pengukuran sistematis terhadap dimensi dan proporsi tubuh manusia yang telah terbukti valid dan reliabel dalam desain produk ergonomis. Perencanaan antropometri terdiri dari studi pendahuluan, perhitungan ukuran sampel dan koordinasi lapangan, untuk menguji seluruh proses pengukuran

landmark wajah memungkinkan identifikasi dan pengukuran titik-titik anatomis spesifik secara konsisten dan terstandarisasi.

Hasil

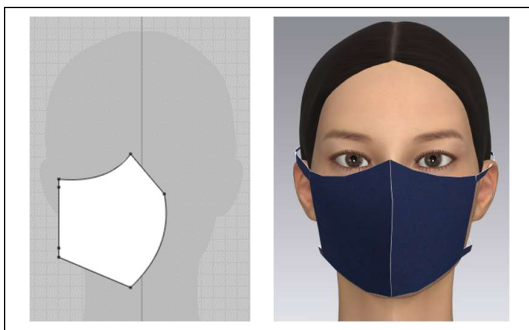
Perangkat lunak CLO3D diimplementasikan sebagai instrumen utama dalam proses identifikasi *landmark* wajah dan pengembangan pola masker digital. CLO3D merupakan program simulasi pakaian tiga dimensi yang mengintegrasikan empat komponen antarmuka esensial yaitu; *template window*, *avatar window*, *object window*, dan *attribute window*. Keempat komponen ini memfasilitasi proses perancangan pola dengan tingkat presisi tinggi melalui sinkronisasi data antara avatar tiga dimensi dan pola dua dimensi secara simultan. Kapabilitas perangkat lunak ini mencakup konfigurasi model antropometri, pengembangan pola dua dimensi, simulasi jahitan virtual, simulasi properti kain, dan visualisasi dinamis tiga dimensi¹⁸.



Gambar 3. Ilustrasi *landmark* masker pada wajah avatar sebagai dasar bentuk desain dan pola masker menggunakan perangkat lunak CLO3D

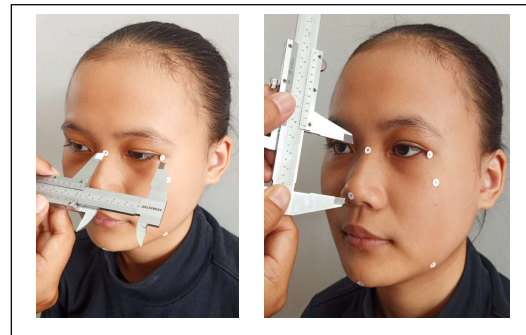
Proses identifikasi *landmark* masker dilakukan melalui visualisasi avatar tiga dimensi pada CLO3D dengan mengadopsi dan mengadaptasi protokol *landmark* wajah yang dikembangkan oleh Chu et al. (2015). *Landmark* yang digunakan dalam penelitian ini meliputi enam titik

anatomis primer yaitu; *nasion*, *nose top*, *menton*, *outercanthus*, *zygomatic*, dan *nose side*, sebagai inovasi metodologis. Penelitian ini menambahkan satu titik *landmark* suplementer yaitu *jawline* untuk mengoptimalkan kesesuaian masker pada region inferior wajah. Penetapan *landmark* tersebut diilustrasikan pada gambar 3 yang mendemonstrasikan posisi spasial setiap titik *landmark* pada wajah avatar. Setiap *landmark* berfungsi sebagai referensi geometris untuk konstruksi pola yang sesuai dengan topografi wajah berdasarkan *landmark* wajah yang telah ditetapkan, dikembangkan desain masker tipe *Duckbill* menggunakan perangkat lunak CLO3D. Pemilihan tipe *Duckbill* didasarkan pada karakteristik geometrisnya yang memberikan ruang respiratori optimal dan meminimalkan kontak langsung dengan region *oral-nasal*, sehingga meningkatkan kenyamanan penggunaan jangka panjang. Proses pengembangan pola digital dimulai dengan proyeksi titik-titik *landmark* dari avatar tiga dimensi ke dalam bidang dua dimensi, diikuti dengan konstruksi garis kontur yang menghubungkan antar-*landmark* sesuai dengan morfologi wajah. Perangkat lunak CLO3D memfasilitasi simulasi *draping* virtual yang memungkinkan evaluasi kesesuaian pola terhadap kontur wajah sebelum prototipe fisik diproduksi.



Gambar 4. Desain dan pola masker menggunakan CLO3D

Hasil desain dan pola masker digital disajikan pada gambar 4, yang menunjukkan korespondensi antara pola dua dimensi dengan visualisasi tiga dimensi pada avatar. Pengambilan ukuran dimensional wajah responden dilakukan mengikuti protokol terstandarisasi yang berpedoman pada *landmark* wajah yang telah ditentukan yaitu; *nasion* ke *outer canthus*, *nasion* ke *menton*, *nasion* ke *nose top*, *noseside* ke *nose top*, *outer canthus* ke *zygomatic*, dan *outer canthus* ke *jawline* (sebagai tambahan). Teknik pengukuran antropometri divisualisasikan pada gambar 5, yang mengilustrasikan posisi penempatan instrumen pengukuran untuk setiap parameter dimensional. Seluruh pengukuran menggunakan jangka sorong.



Gambar 5. Teknik pengambilan ukuran wajah untuk pola masker

Gambar 5 menampilkan teknik pengambilan ukuran wajah yang menjadi dasar konstruksi pola masker kain. Prosedur ini dilakukan pada 30 orang responden dengan variasi bentuk wajah lonjong, bulat, persegi, dan segitiga agar pola yang dihasilkan mempresentasikan keragaman morfologi wajah. Lima titik pada wajah diukur digunakan sebagai penanda utama. Setiap titik merekam jarak yang mempengaruhi lekuk masker, seperti ruang nafas, kontur pipi, hingga lebar rahang.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran yang menunjukkan adanya variasi dimensi wajah. Bentuk wajah lonjong merupakan bentuk yang paling

banyak dan cenderung memiliki dimensi vertikal yang lebih panjang, khususnya pada ukuran nasion-menton, dengan ukuran 9,9-11,3 cm.

Tabel 1 Hasil pengukuran wajah responden

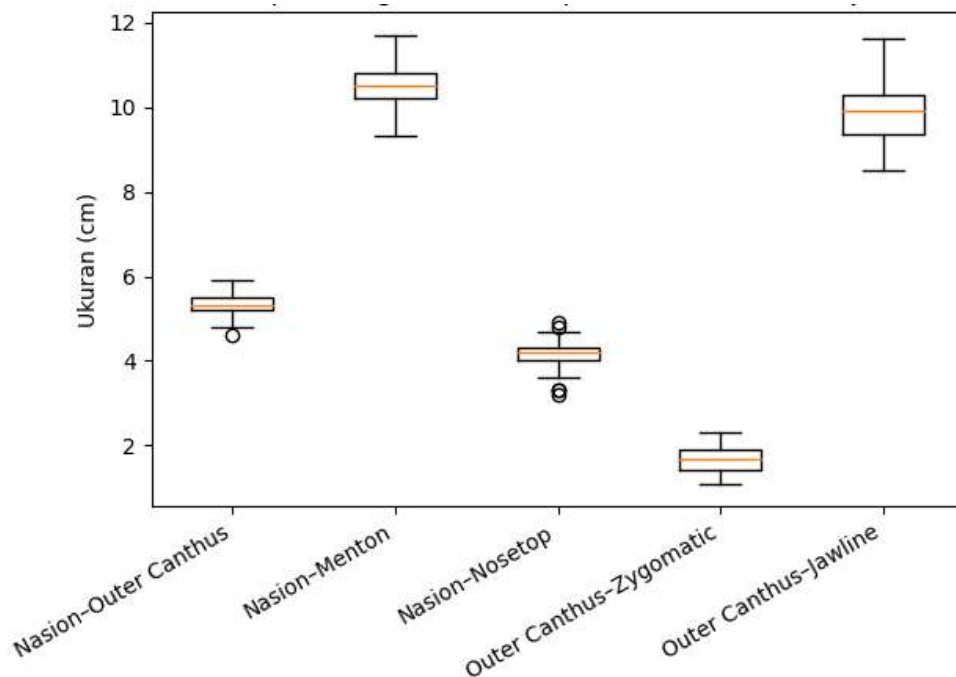
Bentuk wajah	Nasion- outer canthus (cm)	Nasion- menton (cm)	Nasion- nosetop (cm)	Outer canthus- zygomatic (cm)	Outer canthus- jawline (cm)
Segitiga	5,9	11,6	4,3	2,0	11,4
Lonjong	4,9	10,5	4,2	1,6	9,9
Lonjong	4,9	10,5	4,9	2,3	10,2
Lonjong	5,2	11,2	4,7	1,8	10,9
Bulat	5,5	10,8	4,1	1,8	10,5
Lonjong	4,8	10,3	4,3	1,7	9,8
Oval	5,3	10,8	4,6	1,8	9,3
Lonjong	5,2	9,9	4,2	1,7	9,0
Lonjong	4,9	10,3	3,8	1,7	9,9
Oval	5,2	10,7	4,7	1,9	10,3
Lonjong	5,0	10,2	4,2	1,8	9,9
Oval	5,4	11,7	4,6	1,7	9,1
Oval	4,6	10,0	3,6	1,9	8,5
Bulat	5,3	10,0	3,8	1,1	8,9
Persegi	5,4	10,2	3,2	1,2	9,6
Persegi	5,3	10,8	4,0	1,7	10,0
Lonjong	5,5	11,3	4,8	2,0	11,6
Lonjong	5,2	10,8	4,2	1,5	11,0
Oval	5,3	10,3	4,3	2,3	8,9
Oval	5,8	10,8	4,1	1,3	10,1
Oval	5,3	9,3	4,0	1,2	8,6
Lonjong	5,9	10,0	3,3	1,4	9,5
Segitiga	5,6	9,8	4,0	1,2	9,2
Bulat	5,4	9,8	3,3	1,2	9,8
Persegi	5,2	10,3	4,3	1,5	10
Bulat	5,3	10,8	4,2	1,4	10,2
Oval	5,9	11,3	4,4	1,9	10,8
Oval	5,5	11,0	4,0	1,6	10,3
Persegi	5,5	10,2	3,8	1,9	9,6
Persegi	5,5	10,6	4	1,9	9,6

Bentuk wajah oval menunjukkan karakteristik dimensi yang relatif proporsional antara panjang dan lebar wajah. Ukuran nasion- menton berkisar 9,3-11,7 dengan jarak nasion outer canthus relatif stabil antara 5,2-5,9 cm. Bentuk wajah bulat memiliki dimensi *nasion-menton* yang relatif lebih pendek yaitu 9,8-10,8 cm. Temuan ini

menegaskan pentingnya penyesuaian pola masker agar tidak menimbulkan kelonggaran berlebih pada area pipi dan rahang. Bentuk wajah persegi memiliki struktur rahang yang lebih tegas, terlihat dari ukuran *outer canthus-jawline* yang lebih besar dan konsisten. Bentuk wajah segitiga menunjukkan perbedaan dimensi yang

kontras antara bagian atas dan wajah, sehingga memerlukan penyesuaian khusus pada area hidung, dagu dan masker. Hasil ukuran wajah yang cukup beragam ini memperlihatkan pentingnya penyesuaian pola agar

masker tidak hanya menutup wajah, tetapi juga mengikuti lekuk bentuk wajah. sehingga hasil akhir masker lebih presisi, nyaman dipakai dan sesuai dengan karakter wajah masing-masing.



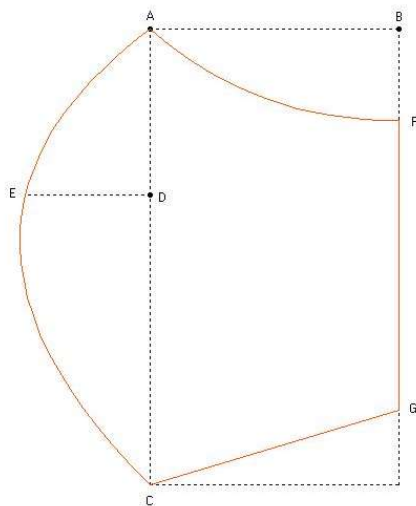
Gambar 6. Grafik *boxplot* pengukuran antropometri wajah

Gambar 6 menunjukkan distribusi ukuran lima *landmark* wajah yang digunakan dalam perancangan pola konstruksi masker. *Landmark nasion-menton* dan *outercanthus-jawline* memperlihatkan rentang data dan interkuartil yang lebih lebar dibandingkan *landmark* lainnya, yang mengindikasikan variasi ukuran vertikal wajah dan kontur rahang yang cukup besar antar responden. Sebaliknya *landmark nasion-outercanthus* dan *outercanthus-zygomatic* menunjukkan sebaran data yang relatif sempit, menandakan konsistensi dimensi lebar wajah bagian atas. Nilai ekstrem (*outlier*) pada *landmark nasion-nosetop* mengindikasikan variasi tinggi hidung yang perlu dipertimbangkan dalam pembentukan pada area hidung

masker. Visualisasi pada gambar 6, menegaskan adanya perbedaan distribusi ukuran pada setiap *landmark* wajah, sehingga mendukung pentingnya pendekatan antropometri dalam pembuatan pola masker wajah yang ergonomis dan adaptif terhadap variasi morfologi wajah.

Pembuatan pola konstruksi masker dikembangkan melalui teknik *flat pattern making* dengan metode konstruksi yang mentransformasi data antropometri menjadi parameter pola. Proses ini memerlukan kompetensi teknis dalam interpretasi desain, pemahaman komprehensif mengenai konstruksi garmen, dan kemampuan manipulasi teknik konstruksi pola untuk mengakomodasi variabilitas morfologi wajah. Metodologi pembuatan pola

masker mengintegrasikan data dari avatar CLO3D dengan teknik konstruksi manual yang kemudian didigitalisasi menggunakan perangkat lunak *Computer-Aided Design (CAD) Richpeace*. Proses digitalisasi ini menghasilkan pola konstruksi presisi yang dapat dimodifikasi untuk berbagai ukuran (*grading*) dan dioptimalkan untuk efisiensi produksi (*marker making*). Data antropometri berfungsi sebagai determinan kunci dalam formulasi parameter pola, mengingat dimensi dan morfologi wajah secara signifikan mempengaruhi tingkat kesesuaian masker. Hasil pengukuran antropometri menunjukkan adanya variasi dimensi wajah pada setiap landmark yang dianalisis, meskipun ukuran rata-rata dapat digunakan dalam penyusunan ukuran standar pola konstruksi masker, sebaran data yang cukup lebar pada beberapa landmark mengindikasikan perlunya penyesuaian ukuran (*customization*) untuk mengakomodasi perbedaan bentuk dan ukuran wajah individu.



Gambar 7. Pola konstruksi masker

Keterangan:

A-B = *Lebar nasion-outer canthus* + 1,5 cm

A-C = Panjang *nasion-menton* + 1 cm

A-D = Panjang *nasion-nosetop*

D-E = 2,5 – 3 cm (*noseside-nosetop* + 0,5 cm)

B-F = *Outer canthus-zygomatic* + 0,5 cm

B-G = *Outer canthus-jawline*

Oleh karena itu, pola konstruksi masker pada gambar 7, dapat menerapkan dua pendekatan, yaitu pola standar berbasis ukuran rata-rata dan pola kostumisasi berbasis karakteristik antropometri wajah pengguna, dengan tujuan meningkatkan tingkat kesesuaian (*fit*), kenyamanan dan efektifitas penggunaan masker

Pola konstruksi masker dapat digunakan untuk membuat pola masker dengan berbagai ukuran, dengan cara memasukkan data (ukuran) yang akan dibuat pada rumus yang telah ditentukan, kemudian buat pola masker sesuai langkah kerja membuat pola masker (gambar 7).



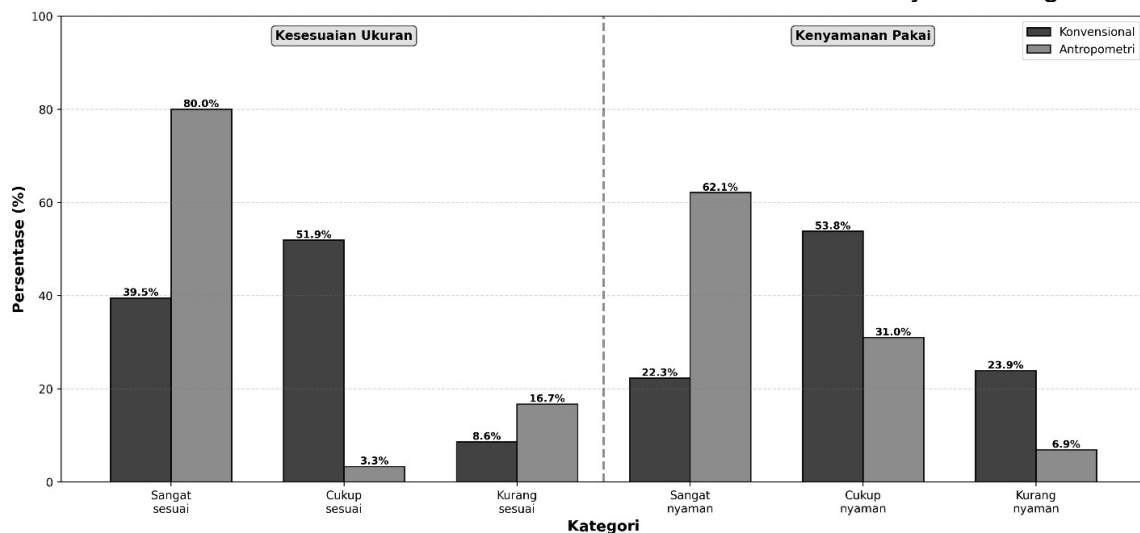
Gambar 8. Masker wajah menggunakan pola konstruksi

Gambar 8 menunjukkan karakteristik fundamental dari pola konstruksi berbasis antropometri yang merupakan adaptabilitas terhadap variasi morfologi wajah. Sistem formula yang dikembangkan memungkinkan kustomisasi pola berdasarkan pengukuran individual, sehingga dapat mengakomodasi keberagaman dimensional wajah dalam populasi.

Pendekatan ini mengatasi limitasi sistem *one-size-fits-all* yang *prevalens* pada produk masker komersial, dengan menyediakan solusi personalisasi yang tetap *feasible* untuk implementasi produksi skala massal melalui sistem *sizing* terstandarisasi. Evaluasi masker dilakukan melalui dua tahap pengumpulan data yaitu kuesioner awal untuk mengidentifikasi permasalahan masker konvensional, dan kuesioner

akhir untuk mengevaluasi efektivitas masker hasil pengembangan.

Gambar 9 menunjukkan perbandingan kesesuaian ukuran dan kenyamanan antara masker konvensional dengan masker kustomisasi. Masker kustomisasi memiliki persentase kesesuaian dan kenyamanan lebih tinggi dibandingkan dengan masker konvensional. Ini menunjukkan bahwa penyesuaian ukuran dan bentuk wajah meningkat.



Gambar 9. Grafik hasil ujicoba kesesuaian ukuran dan kenyamanan antara masker konvensional dan masker kostumisasi

PEMBAHASAN

Implementasi antropometri dalam konstruksi pola masker

Hasil pengukuran antropometri terhadap 30 responden menunjukkan adanya variasi dimensi wajah yang cukup signifikan antar bentuk wajah. Bentuk wajah lonjong yang dominan memiliki dimensi vertikal (*nasion-menton*) lebih panjang, sehingga membutuhkan desain masker dengan panjang vertikal yang memadai agar cakupan wajah optimal. Temuan ini sejalan dengan studi antropometri wajah yang menyatakan bahwa dimensi vertikal wajah merupakan parameter kritis dalam desain alat pelindung wajah¹⁹. Wajah bulat dengan

dimensi vertikal yang relatif lebih pendek memerlukan penyesuaian pola untuk mencegah kelonggaran berlebih pada area pipi dan rahang. Wajah persegi menunjukkan struktur rahang yang lebih tegas, mengindikasikan perlunya ruang lateral masker yang lebih luas untuk menghindari tekanan berlebih.

Distribusi data antropometri yang divisualisasikan gambar 9, menegaskan bahwa beberapa *landmark*, *nasion-menton* dan *outer canthus-jawline*, memiliki rentang dan variasi yang lebih besar dibandingkan landmark lainnya. Variasi ini mengindikasikan bahwa pendekatan ukuran tunggal (*one-size-fits-all*) tidak

memadai untuk menghasilkan masker yang ergonomis. Konsistensi dimensi pada *landmark* lebar wajah bagian atas menunjukkan adanya parameter yang relatif stabil dan dapat dijadikan dasar dalam penyusunan ukuran standar. Temuan ini memperkuat urgensi penerapan pendekatan antropometri dalam perancangan masker wajah yang adaptif terhadap variasi pengguna.

Integrasi teknologi digital dan evaluasi kesesuaian

Pemanfaatan perangkat lunak CLO 3D sebagai instrumen utama dalam identifikasi *landmark* wajah dan pengembangan pola masker digital memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan presisi perancangan masker berbasis antropometri. CLO 3D memungkinkan integrasi anatara pola dua dimensi dan visualisasi avatar tiga dimensi secara simultan, sehingga hubungan antara dimensi antropometri dan bentuk pola dapat dievaluasi secara langsung. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa simulasi pakaian tiga dimensi mampu meningkatkan akurasi fit, efisiensi desain, dan representasi morfologi tubuh manusia dibandingkan metode konstruksi pola konvensional dua dimensi²⁰. Kapabilitas simulasi *draping* virtual memungkinkan evaluasi kesesuaian pola terhadap kontur wajah sebelum produksi prototipe fisik, sejalan dengan Huang dan Huang (2022) yang mengkonfirmasi efektivitas CLO3D dalam memprediksi kesesuaian tampilan dengan akurasi tinggi.

Digitalisasi pola menggunakan CAD *Richpeace* memfasilitasi dokumentasi presisi, modifikasi sistematis, dan pengembangan sistem grading untuk implementasi komersial. Evaluasi komparatif menunjukkan bahwa masker kustomisasi lebih baik dalam parameter kesesuaian dan

kenyamanan. Kesesuaian lebih baik pada konteks kesesuaian pola terhadap kontur wajah individual yang mengurangi celah dan titik tekanan.

Implikasi desain ergonomis dan aplikasi praktis

Proses pembuatan pola konstruksi masker melalui teknik *flat pattern making* yang ditransformasikan dari data antropometri menunjukkan bahwa integrasi antara keterampilan konstruksi manual dan teknologi digital CAD mampu menghasilkan pola dengan tingkat presisi tinggi. Data antropometri berperan sebagai determinan utama dalam formulasi rumus pola. Sistem digital memungkinkan fleksibilitas dalam modifikasi ukuran (*grading*) dan efisiensi produksi (*marker making*). Pendekatan ini membuka peluang penerapan dua strategi produksi yaitu; pola standar berbasis ukuran rata-rata dan pola kustomisasi berbasis karakteristik wajah individual.

Evaluasi pola konstruksi masker berbasis antropometri memiliki tingkat kesesuaian ukuran dan kenyamanan yang lebih tinggi dibandingkan masker konvensional. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa penyesuaian dimensi dan kontur masker sesuai karakter wajah pengguna berpengaruh langsung terhadap kenyamanan pemakaian. Sistem formula yang dikembangkan ($A-B = \text{Lebar nasion-outer canthus} + 1,5 \text{ cm}$; $A-C = \text{Panjang nasion-menton} + 1 \text{ cm}$) memberikan protokol standarisasi untuk pola konstruksi berbasis antropometri. Kelonggaran yang diterapkan pada pola masker memungkinkan untuk kenyamanan bergerak dan menyesuaikan dengan material masker. Desain *Duckbill* membentuk ruang udara didalam masker, agar lebih mudah bernafas dan kontak langsung antara material masker dan mulut,

sehingga kenyamanan dan kesesuaian tetap optimal²¹.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan antropometri wajah yang diintegrasikan dengan teknologi digital CLO 3D dan CAD *Richpeace* efektif dalam menghasilkan pola konstruksi masker wajah yang presisi, ergonomis, dan adaptif terhadap variasi morfologi wajah pengguna. Identifikasi dan pemanfaatan landmark wajah yang tersandarisasi, dengan penambahan *landmark jawline* sebagai inovasi metodologis, dapat meningkatkan kesesuaian masker terutama pada area rahang bawah yang sebelumnya kurang terakomodasi pada desain masker konvensional.

Penelitian ini mengembangkan pola konstruksi menggunakan tujuh landmark wajah (*nasion, nose top, menton, outercanthus, zygomatic, nose side, dan jawline*). Hasil pengukuran pada 30 responden menunjukkan variabilitas dimensional signifikan, mengkonfirmasi bahwa pendekatan *one-size-fits-all* tidak dapat mengakomodasi keberagaman morfologi wajah secara optimal. Hasil evaluasi mengkonfirmasi bahwa masker kustomisasi yang lebih baik berimplikasi pada peningkatan perlindungan yang berkontribusi pada

kemajuan desain ergonomis sebagai alat pelindung diri untuk masyarakat Indonesia.

Saran

Berdasarkan hasil dan keterbatasan dalam penelitian ini, maka:

1. Penelitian lanjutan disarankan melibatkan jumlah responden yang lebih besar, untuk memperoleh basis data antropometri wajah yang representatif.
2. Penggunaan teknologi pemindaian wajah tiga dimensi (3D *face scanning*) sangat direkomendasikan untuk meningkatkan akurasi pengukuran landmark wajah serta mengurangi potensi kesalahan pengukuran manual.
3. Pengembangan sistem *sizing* dan *mass customization* untuk mengembangkan sistem ukuran masker berbasis klaster antropometri wajah sehingga pola konstruksi dapat diaplikasikan dalam skema *mass customization* yang efisien dan ekonomis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan banyak terima kasih kepada ibu Wiah W, S.SiT., M. Tech., Ph.D, selaku dosen pembimbing utama, dan bapak Dr. Valentinus G. V. P., M.Sc, selaku dosen pendamping dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. KBBI. Kamus Besar Bahasa Indonesia. Badan Pengembangan Dan Pembinaan Bahasa <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/masker> (2016).
2. BSN. ini syarat mutu masker dari kain menurut SNI. [bsn.go.id https://www.bsn.go.id/main/berita/detail/11453/ini-syarat-mutu-masker-dari-kain-menurut-sni](https://www.bsn.go.id/main/berita/detail/11453/ini-syarat-mutu-masker-dari-kain-menurut-sni) (2020).
3. Knobloch, J. K., Franke, G., Knobloch, M. J., Knobling, B. & Kampf, G. Overview of tight fit and infection prevention benefits of respirators (filtering face pieces). *J. Hosp. Infect.* 134, 89–96 (2023).
4. Zhuang, Z. et al. Correlation between respirator fit and respirator fit test panel cells by respirator size. *J. Occup. Environ. Hyg.* 5, 617–628 (2008).
5. Setiyadi, D. A. & Gustopo, D. Re-Desain Masker Yang Ergonomis Dengan Pendekatan Antropometri Untuk Memaksimalkan Proteksi Diri Di Era Pandemi Covid-19. *Valtech* 4, 55–62 (2021).
6. Hobbs-Murphy, K., Brazile, W. J., Morris, K. & Rosecrance, J. Demographic differences in facial anthropometric data from 3D scans and implications for respirator fit. *Ann. Work Expo. Heal.* 69, 442–452 (2025).
7. Xu, X. et al. Conducting quantitative mask fit tests: application details and affecting factors. *Front. Public Heal.* 11, 1218191 (2023).
8. Pheasant, S. & Haslegrave, C. M. *Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work.* (CRC press, 2018).
9. Zhuang, Z. & Bradtmiller, B. Head-and-face anthropometric survey of US respirator users. *J. Occup. Environ. Hyg.* 2, 567–576 (2005).
10. Ball, R. et al. A comparison between Chinese and Caucasian head shapes. *Appl. Ergon.* 41, 832–839 (2010).
11. Gupta, D. Anthropometry and the design and production of apparel: An overview. *Anthr. Appar. Sizing Des.* 34–66 (2014) doi:10.1533/9780857096890.1.34.
12. Erlangga, M. H. R. *Antropometri dan Analisis Wajah dengan Menggunakan Rhinobase Software pada Perempuan Jawa Murni di Jakarta.* (Universitas Indonesia, 2006).
13. Tio, A. E. Face shape classification using Inception v3. (2019).
14. Stannard, C. et al. Evaluating the fit-effectiveness of fabric-based reusable face masks on 3D printed NIOSH headforms. *Text. Res. J.* 92, 3619–3628 (2022).
15. Ajim, N. *Macam-macam Konstruksi Pola.* [Mikirbae.com https://www.mikirbae.com/2016/08/macam-macam-konstruksi-pola.html](https://www.mikirbae.com/2016/08/macam-macam-konstruksi-pola.html) (2016).
16. Chu, C., Huang, S., Yang, C. & Tseng, C. Design Customization of Respiratory Mask based on 3D Face Anthropometric Data. *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 16, 487–494 (2015).
17. Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D.* (CV. Alfabeta, 2013).
18. Huang, S. & Huang, L. CLO3D-Based 3D Virtual Fitting Technology of Down Jacket and Simulation Research on Dynamic Effect of Cloth. *Wirel. Commun. Mob. Comput.* 2022, (2022).
19. Zhuang, Z., Landsittel, D., Benson, S., Roberge, R. & Shaffer, R. Facial anthropometric differences among gender, ethnicity, and age groups. *Ann. Occup. Hyg.* 54, 391–402 (2010).
20. Kim, D.-E. & LaBat, K. An exploratory study of users' evaluations of the accuracy and fidelity of a three-dimensional garment simulation. *Text. Res. J.* 83, 171–184 (2013).
21. Khairul Hasni, N.A., Ismail, R., Muhamad Robat, R., Mohamad, N., Suib, F.A., Pahrol, M.A., Mahmud, H., Osman, B., Lim, Y.C., Seman, Z. and Shaharudin, R. The effect of N95 designs on respirator fit and its associations with gender and facial dimensions. *PLoS One* 18, 11 (2023).