

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Oral bad habits atau kebiasaan buruk pada rongga mulut adalah perilaku yang menyimpang dari fungsi normal mulut dan dapat memengaruhi pertumbuhan struktur wajah dan gigi, yang dikenal sebagai sistem dentokraniofasial. Sistem ini mencakup tulang wajah, rahang, dan gigi. Kebiasaan buruk ini meliputi mengisap jempol (*thumb sucking*), pemberian susu botol (*bottle feeding*), menjulurkan lidah (*tongue thrusting*), menggigit kuku (*nail biting*), bernapas melalui mulut (*mouth breathing*), menggigit bibir (*lip sucking*), dan kebiasaan menggeretak gigi saat tidur (*bruxism*). [1].

Salah satu kebiasaan buruk yang paling sering ditemukan dan berdampak besar terhadap kesehatan mulut adalah *mouth breathing* atau kebiasaan bernapas melalui mulut. Kondisi ini biasanya terjadi ketika seseorang mengalami kesulitan bernapas melalui hidung, sehingga bernapas dilakukan melalui mulut baik secara sadar maupun tidak sadar. *Mouth breathing* umum terjadi pada anak-anak usia di bawah 6 tahun dan dapat berhenti secara alami. Namun, bila kebiasaan ini berlanjut hingga usia lebih tua, dapat menimbulkan dampak jangka panjang yang signifikan terhadap kesehatan mulut dan umum. [2].

Kebiasaan bernapas melalui mulut dapat menyebabkan berbagai gangguan, terutama pada pertumbuhan dan perkembangan struktur wajah serta fungsi oral. Salah satu dampak paling signifikan adalah maloklusi, yakni ketidakaturan susunan gigi dan hubungan rahang. Menurut data dari *World Health Organization (WHO)*, maloklusi menempati peringkat ketiga sebagai masalah kesehatan gigi dan mulut secara global, setelah karies (gigi berlubang) dan penyakit periodontal (radang gusi). Di Indonesia, prevalensinya sangat tinggi, diperkirakan mencapai 80% dari populasi. Hal ini menjadikan maloklusi sebagai salah satu permasalahan kesehatan mulut yang krusial dan perlu mendapat perhatian serius, terutama jika penyebabnya berasal dari kebiasaan yang terjadi sejak masa kanak-kanak, seperti

mouth breathing. Anak-anak yang bernapas melalui mulut cenderung mengalami ketidakseimbangan otot-otot di sekitar rahang dan lidah, yang menyebabkan perubahan arah pertumbuhan rahang dan gigi. Hal ini dapat memicu kondisi seperti gigi maju (protrusi), gigi berjejal, dan penyempitan rahang atas.[2].

Selain memengaruhi susunan gigi, bernafas melalui mulut juga berdampak terhadap kesehatan gigi secara umum, khususnya peningkatan risiko karies gigi. Bernapas melalui mulut menyebabkan mulut menjadi lebih kering (xerostomia) karena produksi air liur yang menurun. Air liur berfungsi penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem mikroba mulut, membantu remineralisasi enamel gigi, dan menghambat pertumbuhan bakteri. Ketika jumlah air liur berkurang, kondisi mulut menjadi lebih asam dan lebih mudah mengalami demineralisasi, sehingga meningkatkan risiko terjadinya karies[3].

Tak hanya itu, mouth breathing juga berkaitan erat dengan gangguan tidur, khususnya pada anak-anak. Kebiasaan ini dapat menyebabkan penyempitan jalan napas bagian atas saat tidur, yang meningkatkan risiko *sleep-disordered breathing* hingga *obstructive sleep apnea (OSA)*. Anak dengan gangguan ini akan mengalami tidur yang tidak nyenyak, sering terbangun di malam hari, mendengkur, dan mengalami penurunan suplai oksigen ke otak. Akibatnya, anak cenderung mengalami kelelahan di siang hari, kesulitan berkonsentrasi, dan gangguan pada prestasi akademik serta perkembangan perilaku[4]

Stakeholder dari masalah ini adalah :

1. Anak dengan kebiasaan *mouth breathing*

Kelompok utama yang terdampak adalah anak-anak yang memiliki kebiasaan bernapas melalui mulut (*mouth breathing*). Kebiasaan ini dapat memengaruhi perkembangan struktur wajah, kesehatan gigi, kualitas tidur, serta kemampuan berbicara dan bernapas secara normal.

2. Orang tua atau keluarga yang memiliki anak yang terbiasa bernafas melalui mulut

Orang tua dan keluarga sering kali mengalami kesulitan dalam memahami penyebab serta dampak bernafas melalui mulut pada anak mereka. Hal ini dapat mempengaruhi perhatian dan dukungan yang diberikan. Solusi yang tepat diharapkan dapat membantu orang tua mengenali gejala, memahami dampaknya, serta mencari intervensi yang sesuai untuk memperbaiki kebiasaan pernapasan anak.

3. Dokter gigi

Dokter gigi berperan dalam menangani dampak bernafas melalui mulut terhadap perkembangan gigi dan struktur rahang anak. Mereka dapat membantu mendiagnosis serta memberikan perawatan ortodontik yang diperlukan, seperti penggunaan alat bantu atau terapi yang bertujuan untuk mengoreksi kebiasaan bernafas melalui mulut agar tidak berdampak lebih buruk pada pertumbuhan wajah dan kesehatan gigi anak.

Dampak yang dihasilkan dari menyelesaikan masalah ini adalah membantu anak-anak dengan kebiasaan bernafas melalui mulut untuk bernafas dengan lebih sehat melalui hidung, sehingga mengurangi risiko gangguan pertumbuhan wajah, masalah gigi, serta meningkatkan kualitas tidur dan konsentrasi mereka. Selain itu, orang tua dan keluarga akan lebih memahami pentingnya pola pernapasan yang benar, sehingga dapat memberikan dukungan yang lebih baik serta mengurangi kekhawatiran terhadap dampak kesehatan anak di masa depan. Bagi dokter gigi, pemecahan masalah ini memungkinkan mereka untuk memberikan perawatan yang lebih efektif dalam mencegah dan mengatasi gangguan struktur rahang serta maloklusi, sekaligus meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya kesehatan pernapasan dalam perkembangan anak.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

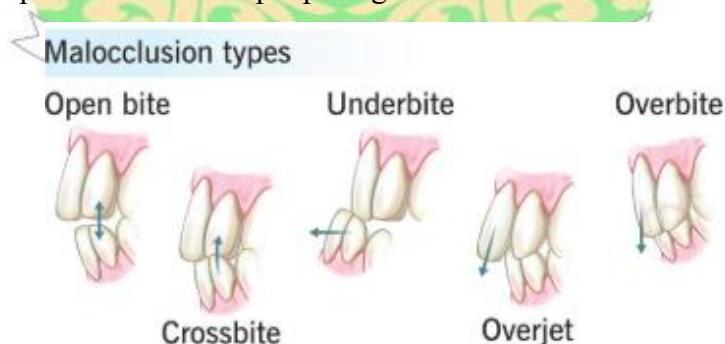
Kesehatan rongga mulut memainkan peran penting dalam tumbuh kembang anak, baik dari segi fungsi oral, estetika, maupun kualitas hidup secara keseluruhan. Salah satu masalah yang sering muncul sejak dini adalah maloklusi gangguan susunan gigi dan hubungan antar rahang yang dapat memengaruhi proses pengunyahan, bicara, hingga kepercayaan diri anak. Salah satu faktor yang

berkontribusi terhadap terjadinya maloklusi adalah kebiasaan bernapas melalui mulut (*mouth breathing*), yang umumnya dimulai sejak usia dini namun luput dari perhatian.

Bernafas melalui mulut secara kronis dapat mengganggu keseimbangan fungsional otot-otot orofasial(otot yang terletak di sekitar mulut dan wajah). Dalam kondisi normal, lidah seharusnya berada di langit-langit mulut dan membantu menstabilkan pertumbuhan rahang atas. Namun pada anak yang bernapas melalui mulut, posisi lidah berpindah ke dasar rongga mulut sehingga tidak memberikan tekanan yang cukup terhadap langit-langit. Hal ini mengakibatkan rahang atas menjadi sempit dan tinggi, serta mengganggu erupsi dan posisi gigi. Beberapa tipe maloklusi yang umum terjadi akibat bernafas melalui mulut meliputi[5]:

1. *Anterior open bite*, yaitu terbentuknya celah antara gigi depan atas dan bawah saat rahang tertutup
2. *Increased overjet*, di mana gigi seri atas terdorong ke depan secara berlebihan
3. *Posterior crossbite*, ketika gigi atas bagian belakang menggigit di dalam gigi bawah akibat sempitnya rahang atas
4. *Skeletal Class II*, yaitu pertumbuhan rahang bawah yang tertinggal sehingga wajah tampak tidak seimbang

Ilustrasi dari tipe maloklusi terdapat pada gambar 1.1

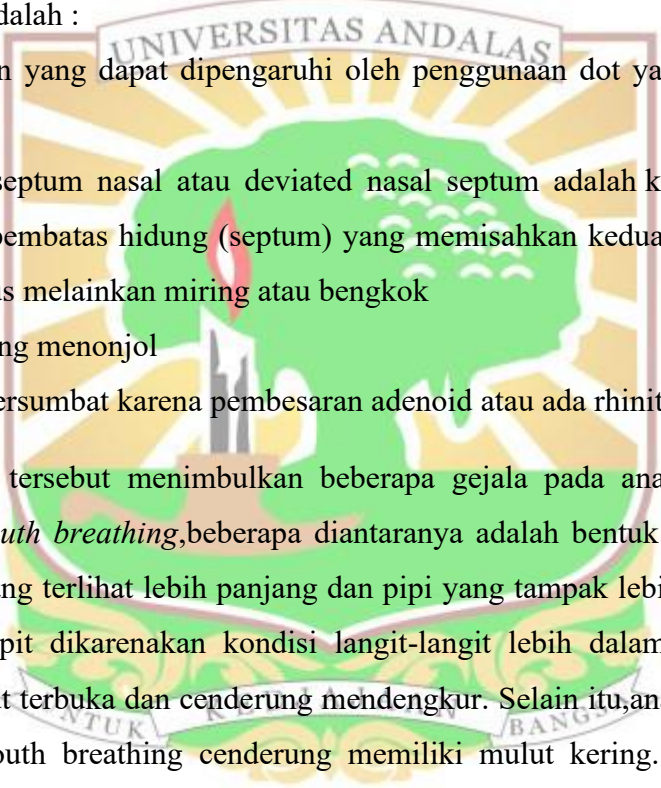


Gambar 1. 1 Tipe-tipe maloklusi [5]

Selain menyebabkan maloklusi, bernafas melalui mulut juga meningkatkan risiko terjadinya karies gigi (gigi berlubang). Ketika bernapas melalui mulut, rongga mulut menjadi lebih kering akibat penguapan saliva yang berlebihan. Mulut

kering (*xerostomia*) mengurangi fungsi pembersihan alami dari air liur, menurunkan pH, dan memfasilitasi pertumbuhan bakteri penyebab karies. Studi menunjukkan bahwa individu dengan kebiasaan bernapas melalui mulut dapat kehilangan sekitar 0,21 ml saliva per menit, yang secara signifikan mempercepat demineralisasi email gigi apabila pH turun di bawah 5,5. Hal ini menjadikan anak-anak dengan kebiasaan bernafasa melalui mulut tidak hanya rentan terhadap gangguan ortodontik, tetapi juga terhadap penyakit gigi berlubang yang progresif. [6].

Beberapa hal yang menyebabkan anak-anak melakukan *mouth berathing* diantaranya adalah :

- 
- a. Kebiasaan yang dapat dipengaruhi oleh penggunaan dot yang tidak sesuai posisinya
 - b. Deviasi septum nasal atau deviated nasal septum adalah kondisi di mana dinding pembatas hidung (septum) yang memisahkan kedua lubang hidung tidak lurus melainkan miring atau bengkok
 - c. Tonsil yang menonjol
 - d. Hidung tersumbat karena pembesaran adenoid atau ada rhinitis alergi

Faktor-faktor tersebut menimbulkan beberapa gejala pada anak-anak dengan kebiasaan *mouth breathing*, beberapa diantaranya adalah bentuk wajah adenoid atau wajah yang terlihat lebih panjang dan pipi yang tampak lebih cekung, bibir atas menyempit dikarenakan kondisi langit-langit lebih dalam, tidur dengan keadaan mulut terbuka dan cenderung mendengkur. Selain itu, anak-anak dengan kebiasaan *mouth breathing* cenderung memiliki mulut kering. Gejala-gejala tersebut umumnya mulai terlihat pada saat anak usia 3 hingga 12 tahun[7].



Gambar 1. 2 *adenoid face* [3]

Metode yang dapat biasa digunakan untuk mengetahui adanya pernafasan mulut, yaitu :

1. Kontrol Alar musculature (Refleks alanasi) Pernafasan yang normal lewat hidung menghasilkan refleks otot-otot cuping hidung (alanasi) yang baik. Saat menarik nafas, secara refleks cuping hidung bergerak dan lubang hidung melebar (refleks alanasi positif), sedangkan pada penderita pernafasan mulut, refleks alanasi negatif .
2. Kaca mulut 2 arah Fungsi hidung pada penderita pernafasan mulut dapat diketahui dengan cara menempatkan kaca mulut 2 arah di bagian bibir atas. Bagian bawah kaca yang berembun, merupakan indikasi bahwa pasien bernafas lewat mulut .
3. *Test Cotton Butterfly* Percobaan untuk mengetahui apakah pada saat pasien menarik nafas, aliran udara masuk melalui hidung atau tidak. Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan kapas tipis yang bagian tengahnya dipelintir hingga berbentuk menyerupai kupu-kupu, dan ditempelkan pada filtrum. Amati masing-masing sayap di depan lubang hidung waktu pasien menarik nafas. Kapas tidak bergetar menandakan tidak ada aliran udara pernafasan lewat hidung (pasien bernafas lewat mulut), sedangkan jika kapas bergetar, berarti pasien bernafas lewat hidung[8].

Berbagai solusi telah dikembangkan untuk mengatasi kebiasaan bernafas melalui mulut pada anak-anak, yang umumnya bertujuan memperbaiki fungsi pernapasan dan mencegah komplikasi ortodontik. Pendekatan yang digunakan mencakup terapi myofungsional untuk melatih otot orofasial, penggunaan alat

ortodontik seperti *myobrace* atau expander untuk memperbaiki struktur rahang dan posisi lidah, serta tindakan medis seperti adenoidektomi atau tonsilektomi apabila penyebabnya adalah obstruksi saluran napas. Penjelasan terkait masing-masing solusi terdapat pada tabel 1.1[10]

Tabel 1.1 Solusi yang sudah ada [10]

Jenis Solusi	Tujuan Utama	Keterangan
Terapi Myofungsional	Melatih otot-otot orofasial agar berfungsi normal	Fokus pada kebiasaan menutup mulut, menempatkan lidah di posisi istirahat yang tepat, serta menormalkan pola menelan. Dilakukan oleh terapis otot mulut dan wajah.
Alat Ortodontik (<i>Myobrace</i> , <i>Expander</i>)	Memperbaiki struktur rahang dan memperluas langit-langit mulut	<i>Myobrace</i> (alat ortodontik fungsional) dan <i>expander</i> (alat pelebar rahang atas) digunakan untuk memperbaiki posisi lidah dan membuka saluran napas yang sempit.
Adenoidektomi/Tonsilektomi	Menghilangkan obstruksi fisik pada saluran napas	Adenoidektomi (pengangkatan adenoid – jaringan limfoid di belakang

Jenis Solusi	Tujuan Utama	Keterangan
		hidung), tonsilektomi (pengangkatan tonsil – amandel) dilakukan jika terjadi pembesaran.
Pelatihan Pernapasan (Buteyko, dll)	Membiasakan pernapasan melalui hidung	Teknik pernapasan seperti metode Buteyko (latihan kontrol napas untuk meningkatkan fungsi pernapasan hidung) dilakukan oleh terapis pernapasan bersertifikat.

Sebelum timbulnya dampak negatif terhadap kesehatan seperti terjadinya Maloklusi dan Karies pada anak diperlukan adanya teknologi untuk dapat melakukan deteksi dini dan langkah preventif terhadap kebiasaan mouth breathing ini. Karena, kebiasaan bernapas melalui mulut cenderung sulit dideteksi secara visual. usia terbaik untuk melakukan deteksi dan intervensi adalah sebelum anak berusia 7 tahun, yakni saat fase pertumbuhan kraniofasial berlangsung pesat dan struktur rongga mulut serta saluran napas masih dalam proses pembentukan. Pada rentang usia ini, anak-anak juga lebih responsif terhadap terapi seperti edukasi perilaku pernapasan, terapi myofungsional, maupun penggunaan alat ortodontik sederhana [7].

Pemantauan aliran udara di sekitar saluran napas dapat dilakukan saat anak dalam keadaan terjaga, seperti saat bermain atau beraktivitas ringan. Teknik ini memanfaatkan sensor yang mampu mengukur perubahan karakteristik udara,

seperti suhu atau kecepatan aliran, untuk mendeteksi pola pernapasan secara real-time. Sensor ini biasanya dipasang di sekitar wajah anak-anak.[9]

Selain itu, terdapat pula perangkat pemantau pernapasan yang dirancang dalam bentuk wearable atau alat yang bisa dipakai, misalnya yang ditempel di dada anak. Alat ini bekerja dengan mencatat pola pernapasan dan mengirimkan informasi kepada orang tua melalui aplikasi atau tampilan sederhana. Tujuannya adalah agar orang tua dapat mengetahui kapan anak mulai bernapas melalui mulut, sehingga bisa mengambil langkah pencegahan lebih awal[10]

Teknologi yang lebih canggih juga mulai menggunakan kamera termal atau sensor suhu untuk melihat perbedaan udara yang keluar dari hidung dan mulut tanpa harus menyentuh tubuh anak. Ini memberikan kenyamanan tambahan dan sangat cocok digunakan di rumah. Semua pendekatan ini memiliki tujuan yang sama, yaitu menyediakan alat yang mudah digunakan, tidak mengganggu aktivitas anak, dan bisa memberikan informasi yang dibutuhkan untuk mendeteksi dini kebiasaan mouth breathing sejak usia dini[11]

Agar teknologi deteksi pernafasan mulut pada anak dapat benar-benar bermanfaat di lingkungan rumah, alat tersebut harus dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan penggunaan oleh orang tua, terutama mereka yang tidak memiliki latar belakang medis atau teknis. Antarmuka pengguna (*user interface*) perlu dibuat sederhana, intuitif, dan dalam bahasa yang mudah dimengerti, misalnya menggunakan ikon visual, notifikasi otomatis, serta panduan penggunaan yang jelas. Alat juga sebaiknya portabel, mudah dipasang dan dilepas, serta tidak memerlukan kalibrasi yang rumit. Beberapa perangkat modern bahkan menyertakan koneksi ke aplikasi ponsel pintar yang memungkinkan orang tua memantau pola napas anak, menerima peringatan dini jika ditemukan pola abnormal, serta menyimpan riwayat data sebagai bahan konsultasi ke dokter[12].

1.1.2 Analisis Masalah

Analisis permasalahan memiliki beberapa aspek yang harus diperhatikan, pada topik permasalahan yang penulis angkat terdapat beberapa aspek antara lain:

1. Aspek Kesehatan

Anak dengan kebiasaan mouth breathing memiliki resiko untuk terkena Maloklusi atau ketidaksejajaran gigi dan rahang. Selain itu kebiasaan ini juga dapat menyebabkan karies pada gigi dan gangguan kualitas tidur pada anak.

2. Aspek Ekonomi

Perawatan kesehatan untuk masalah akibat mouth breathing, seperti terapi ortodontik, operasi gigi, dan pengobatan infeksi pernapasan, memerlukan biaya tinggi. Dengan mencegah kebiasaan ini, pengeluaran medis bisa berkurang.

3. Aspek sosial

Anak yang mengalami gangguan pertumbuhan wajah akibat mouth breathing sering merasa minder karena perubahan struktur wajah mereka. Jika masalah ini dicegah, anak dapat tumbuh dengan lebih percaya diri dalam pergaulan

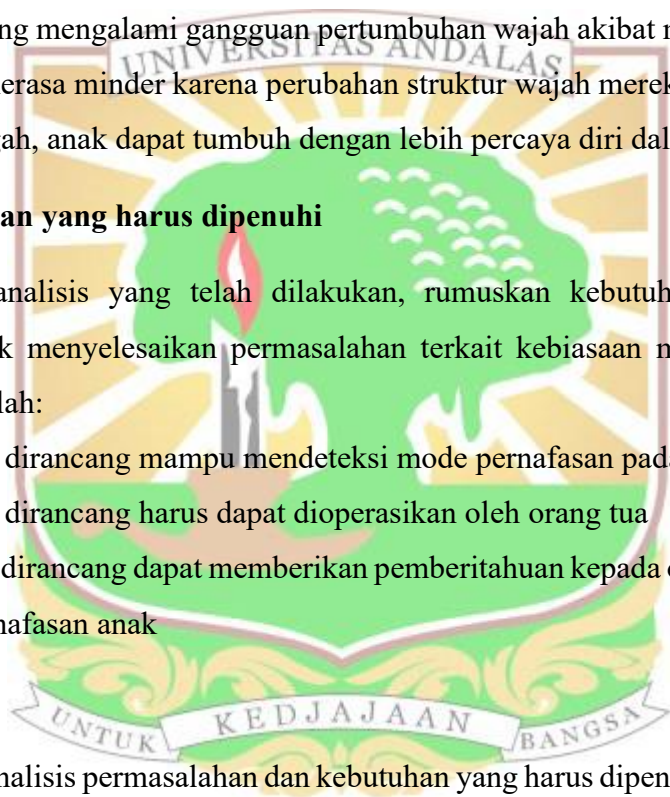
1.1.3Kebutuhan yang harus dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, rumuskan kebutuhan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan permasalahan terkait kebiasaan mouth breathing pada anak adalah:

- Alat yang dirancang mampu mendeteksi mode pernafasan pada anak
- Alat yang dirancang harus dapat dioperasikan oleh orang tua
- Alat yang dirancang dapat memberikan pemberitahuan kepada orang tua terkait mode pernafasan anak

1.1.4Tujuan

Berdasarkan analisis permasalahan dan kebutuhan yang harus dipenuhi maka tujuan penulis adalah untuk membantu orang tua untuk dapat melakukan deteksi dini kebiasaan mouth breathing pada anak dengan merancang alat yang mampu mendeteksi mode pernafasan pada anak.



1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

a. Fitur dasar

1. *Sensing Capability*

Solusi yang ditawarkan harus dapat mendeteksi mode pernafasan pada anak. Karena salah satu indikasi untuk mendeteksi *oral bad habit* berupa kebiasaan mouth breathing adalah melalui pola pernafasan yang biasa dilakukan anak

2. *Computing capability*

Solusi yang ditawarkan harus dapat memproses data dari sensor berupa pola pernafasan apakah berasal mulut atau tidak.

3. *Notification capability*

Solusi yang dirancang harus mampu memberikan notifikasi kepada orang tua saat anak melakukan mouth breathing

b. Fitur tambahan

1. *User friendly*

Solusi yang dirancang mudah dioperasikan oleh orang tua dan nyaman digunakan oleh anak

2. *Low Power Consumption*

Solusi yang ditawarkan memiliki konsumsi daya yang rendah

3. *Monitoring capability*

Solusi yang ditawarkan dapat menampilkan mode pernafasan anak. Sehingga memudahkan orang tua untuk berkonsultasi dengan dokter jika anak terdeteksi sering melakukan mouth breathing

4. Solusi dapat direalisasikan dalam waktu 6 bulan

5. Solusi yang dirancang dilengkapi dengan kemampuan breath training sehingga mampu mendorong anak bernapas melalui hidung

6. Estimasi biaya yang digunakan dalam membuat alat tersebut lebih kecil dari Rp.6.500.000

1.2.2 Usulan Solusi

1.2.2.1 Klip Hidung Pintar

Solusi pertama yang diusulkan adalah klip hidung pintar yang mampu mendeteksi dan menganalisis pola pernapasan anak saat beraktivitas dalam keadaan terjaga. Klip ini menggunakan sensor aliran udara untuk mengidentifikasi apakah pernafasan berasal dari mulut atau hidung. Sensor aliran udara termal menggunakan perbedaan antara suhu udara yang dihirup dan udara sekitar untuk memperkirakan aliran udara dan mendeteksi pernapasan melalui mulut.

Sensor yang terpasang dalam klip akan mengumpulkan data pernafasan dan mengirimkannya ke mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas nirkabel[13]. Data tersebut kemudian diproses untuk menentukan apakah anak mengalami mouth breathing. Pengolahan data menggunakan salah satu algoritma *machine learning* yaitu *Multivariate Time Series Classification (MTSC)*, MTSC merupakan bentuk pembelajaran mesin di mana fitur vektor input bernilai riil dan terurut. Terdapat beberapa pendekatan MTSC. Pada kasus ini pendekatan yang digunakan adalah pendekatan berbasis shapelet.

Pendekatan ini dimulai dengan mengubah sinyal fisiologis yaitu aliran udara dari mulut dan hidung menjadi bentuk representasi yang lebih sederhana, seperti rangkaian simbol. Representasi simbolik ini memungkinkan model untuk mencari urutan-urutan pendek (subpola) yang sering muncul dalam salah satu jenis pernapasan dan jarang dalam yang lain. Subpola inilah yang kemudian digunakan sebagai dasar untuk melakukan klasifikasi. Jika sistem mendeteksi bahwa anak bernafas melalui mulut dalam jangka waktu tertentu, maka notifikasi akan dikirimkan ke aplikasi seluler orang tua untuk memberikan peringatan. Sistem juga akan menyimpan data pola pernafasan anak dalam *cloud* sehingga orang tua dapat melihat laporan pernafasan dari waktu ke waktu melalui aplikasi seluler.

1.2.2.2 Alat deteksi dini berbasis kamera

Solusi ini mengadopsi teknologi penglihatan komputer yang menggunakan kamera termal inframerah dan dipadukan dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) untuk mendeteksi kebiasaan *mouth breathing* secara visual dan tanpa kontak fisik. Kamera ini diposisikan secara strategis di area yang memungkinkan pemantauan wajah anak saat beraktivitas, seperti ketika bermain atau belajar. Kamera termal mampu merekam distribusi suhu wajah secara real-time, bahkan dalam kondisi pencahayaan minim, karena bekerja pada spektrum inframerah gelombang panjang (8–14 μm) yang tidak terlihat oleh mata manusia.

Melalui analisis video termal berbasis AI, sistem dapat secara otomatis mengidentifikasi mode pernapasan anak, yaitu apakah anak bernapas melalui hidung atau mulut. Hal ini dilakukan dengan memantau perubahan suhu di sekitar area hidung dan mulut. Seluruh proses analisis dilakukan secara lokal di perangkat menggunakan pendekatan edge computing, yang memungkinkan sistem bekerja secara cepat, efisien, dan menjaga privasi data pengguna karena tidak bergantung pada koneksi internet terus-menerus.

Hasil deteksi kemudian dikirimkan ke penyimpanan awan (*cloud*), dan dapat diakses oleh orang tua sebagai laporan riwayat pola pernapasan. Sebagai bentuk notifikasi dini, sistem akan mengirimkan peringatan otomatis melalui platform perpesanan digital, apabila terdeteksi bahwa anak sedang dalam mode pernapasan mulut. Notifikasi ini mencakup informasi waktu kejadian

1.2.2.3 Alat deteksi berupa smart vest

Solusi yang diusulkan menggabungkan teknologi pemantauan pernapasan berbasis sensor non-invasif yang digunakan anak saat tidur. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi pola aliran udara dari saluran pernapasan dan gerakan dada anak untuk memantau aktivitas pernapasan secara real-time. Dengan mengenali apakah aliran udara berasal dari hidung atau mulut, serta mencocokkannya dengan gerakan pernapasan di area dada, sistem mampu mengidentifikasi pola *mouth breathing* secara akurat tanpa mengganggu aktivitas tidur anak. Metode yang digunakan adalah Metode RIP menggunakan dua sabuk yang ditempatkan di sekitar toraks dan

perut dan sensor ini memungkinkan penilaian semi-kuantitatif terhadap perubahan volume melalui pengukuran gerakan toraks dan perut.

Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan kemampuan untuk mendeteksi suara dengkur sebagai salah satu indikator tambahan dari kebiasaan mouth breathing. Dengkur yang muncul saat tidur sering kali berkaitan dengan hambatan saluran napas dan menjadi tanda adanya pernapasan mulut. Data yang diperoleh dari sensor diproses secara lokal untuk mengklasifikasi jenis pernapasan yang terjadi, dan ketika terdeteksi bahwa anak bernapas melalui mulut dalam durasi yang melebihi ambang batas atau menunjukkan pola mendengkur yang berulang, sistem akan secara otomatis mengirimkan notifikasi kepada orang tua melalui aplikasi mobile atau perangkat pemantau yang terhubung. Notifikasi ini disertai informasi waktu kejadian dan durasi, memungkinkan orang tua melakukan tindak lanjut segera..

1.2.3 Analisis usulan solusi

Berikut ini merupakan analisa usulan masalah menggunakan metode *House Of Quality*:

Tabel 1 2 *House of Quality*

		▲	▲	▲	
		sensing capability	computing capability	notifikasi	jumlah
user friendly	5				
Monitoring capability	4	○	●	●	
Low power consumption	2	○	●	△	
estimasi harga dibawah 7 juta	2	●	●	△	
selesai dalam 6 bulan	5	○	○		
		43	55	24	122
		35,24%	45,08%	19,67%	
solusi 1		○	△	●	2,49
solusi 3		●	●	●	5
solusi 4		●	○	●	4,09

Keterangan :

⦿: Berhubungan erat (poin 5)

○: Berhubungan normal (poin 3)

△: Berhubungan rendah(poin 1)

$$\text{Solusi 1} = 35,24\% \times 3 + 45,08\% \times 1 + 19,67\% \times 5 = 2,49$$

$$\text{Solusi 2} = 35,24\% \times 5 + 45,08\% \times 5 + 19,67\% \times 5 = 5$$

$$\text{Solusi 3} = 35,24\% \times 5 + 45,08\% \times 3 + 19,67\% \times 5 = 4,09$$

Dari hasil analisis House of Quality (HoQ), Solusi 2 memperoleh skor tertinggi dengan nilai 5. Namun, untuk memastikan solusi yang paling optimal, dilakukan analisis lanjutan berdasarkan fitur tambahan.

Solusi 1, yaitu klip hidung pintar, memiliki keunggulan dalam hal presisi deteksi aliran udara dan pemrosesan berbasis machine learning. Namun, alat ini bersifat invasif karena langsung terpasang pada hidung anak. Hal ini dapat menimbulkan ketidaknyamanan, terutama ketika digunakan saat tidur. Selain itu, penggunaan klip pada wajah anak yang masih kecil berisiko menimbulkan resistensi atau gangguan dalam pemakaian jangka panjang.

Solusi 2, yaitu deteksi dengan kamera termal berbasis AI, menunjukkan performa unggul dari segi akurasi, kenyamanan, dan teknologi non-kontak. Sistem ini mampu mendeteksi pola suhu di sekitar mulut dan hidung tanpa menyentuh tubuh anak, Teknologi edge computing memungkinkan pemrosesan lokal, menjaga privasi data dan mengurangi kebutuhan koneksi internet terus-menerus. Meski biaya perangkat keras seperti kamera termal lebih tinggi, fitur monitoring visual yang komprehensif dan otomatisasi deteksi menjadikannya solusi paling efektif secara fungsional.

Solusi 3, yaitu smart vest, menawarkan pendekatan non-invasif yang nyaman digunakan oleh anak saat tidur. Dengan kombinasi sensor gerakan dan mikrofon untuk mendeteksi dengkur, solusi ini cukup efektif dalam mengenali pola mouth breathing. Namun, smart vest memerlukan kontak langsung dengan tubuh anak serta pengelolaan data dari beberapa sensor sekaligus, yang berpotensi mengurangi efisiensi energi dan meningkatkan kompleksitas sistem.

1.2.4 Solusi yang dipilih

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *House of Quality* serta evaluasi mendalam terhadap fitur tambahan. Solusi 2, yaitu sistem deteksi kebiasaan bernafas melalui mulut menggunakan kamera termal berbasis AI, dipilih sebagai solusi terbaik yang dapat diimplementasikan. Solusi ini dipilih karena mampu memenuhi berbagai kebutuhan teknis dan non-teknis secara optimal. Kelebihan yang dimiliki oleh solusi ini dibandingkan dengan solusi lain, yaitu :

a. Keunggulan deteksi non kontak sehingga lebih nyaman digunakan

Berbeda dengan solusi lain yang bersifat invasive seperti klip hidung pintar atau *smart vest*. kamera termal menawarkan pendekatan *non-invasif* dan non-kontak, sehingga tidak mengganggu aktivitas anak.

b. Pemrosesan Lokal melalui *Edge Computing*

Kelebihan dari pemrosesan lokal adalah privasi data anak terjaga karena tidak seluruh data dikirim ke *cloud*. Selain itu, waktu respon sistem lebih cepat. Hal ini menjadikan sistem lebih stabil, efisien, dan cocok diterapkan di lingkungan rumah

c. Fitur Notifikasi Otomatis dan Integrasi Aplikasi Seluler

Sistem dilengkapi dengan kemampuan untuk mengirimkan notifikasi otomatis kepada orang tua terkait dengan mode pernafasan anak. Notifikasi ini dikirimkan ke aplikasi seluler.

d. Fleksibilitas Pengembangan Lanjutan

Sistem ini memiliki fleksibilitas tinggi untuk dikembangkan lebih lanjut, misalnya dengan penambahan modul pelatihan pernapasan. Hal ini membuka peluang besar bagi peningkatan performa alat serta adaptasi terhadap kebutuhan pengguna di masa depan.