

TESIS

**SISTEM HIDUNG ELEKTRONIK UNTUK MENDETEKSI
GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE**

Electronic Nose System To Detect Gastroesophageal Reflux Disease

**ADE MOEHAMMAD FAJRIN
D08202019**



PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



PENGAJUAN TESIS
SISTEM HIDUNG ELEKTRONIK UNTUK MENDETEKSI
GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Magister Teknik Informatika

Disusun dan diajukan oleh

ADE MOEHAMMAD FAJRIN
D082202019

Kepada

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



TESIS

**SISTEM HIDUNG ELEKTRONIK UNTUK MENDETEKSI
GASTROESOPHAGEAL REFLUX DISEASE****ADE MOEHAMMAD FAJRIN
D082202019**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 29 November 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.InfoTech.
NIP. 19730922 199903 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Adv Wahyudi Paundu, S.T., M.T.
NIP. 19750313 200912 1 003

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, M.T., IPM., ASEAN.Eng.
NIP. 19730926 200012 1 002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Informatika

Dr.Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.
NIP. 19640427 198910 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ade Mochammad Fajrin

Nomor Mahasiswa : D082202019

Program Studi : Teknik Informatika

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis yang berjudul “Sistem Hidung Elektronik Untuk Mendeteksi *Gastroesophageal Reflux Disease*” adalah karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing (Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.InfoTech. dan Dr. Eng. Ady Wahyudi Paundu, S.T., M.T.) Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka tesis ini. Sebagian dari tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal/Prosiding (*24th International Seminar on Intelligent Technology and its Application (ISITIA) 2023*) sebagai artikel dengan judul “*Implementation of Modified K-Nearest Neighbor Algorithm in Electronic Nose System to Detect Gastroesophageal Reflux Disease*”.

Dengan ini saya limpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 24 Januari 2024
Yang Menyatakan,



Ade Mochammad Fajrin



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga tesis yang berjudul “**Sistem Hidung Elektronik Untuk Mendeteksi *Gastroesophageal Reflux Disease***” ini dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-2 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan laporan tesis ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai dengan masa penyusunan tesis. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua Orang tua penulis, Bapak Alimuddin dan Ibu Bungawati yang selalu menjadi motivasi terbesar dalam penyelesaian perkuliahan ini yang tidak pernah putus memberikan dukungan, doa, dan semangat serta selalu sabar dalam mendidik penulis sejak kecil.
2. Saudara saya, Susanti, S.Kep., Susanna, S.E., Sartika, A.Md.Keb., yang memberikan support dan semangat kepada penulis selama penyusunan tesis.
3. Istri saya, drg. Ika Shabrina, M.Kes., dan anak saya Clemira Azzahrah, yang senantiasa menemani dan memberikan support kepada penulis selama penyusunan tesis.
4. Bapak Dr. Eng. Muhammad Niswar, S.T., M.IT. selaku pembimbing I dan Bapak Dr. Eng. Ady Wahyudi Paundu, S.T., M.T. selaku pembimbing II yang telah memberikan waktu, tenaga, pikiran, dukungan moril maupun materil serta perhatian yang luar biasa untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis.
5. Ibu Mukarramah Yusuf, B.Sc., M.Sc. Ph.D., Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. dan Bapak Prof. Dr. Ir. H. Ansar Suyuti, MT. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun sehingga laporan tesis ini di lebih baik.

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. selaku Ketua Departemen Teknik



Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan semangatnya selama masa perkuliahan penulis.

7. Ibu Yuanita S.Kom., M.Pd. serta segenap Staf Departemen Magister Teknik Informatika yang telah banyak membantu penulis selama pengurusan administrasi.
8. Teman-teman *Lab Computer Based System* dan *Lab Cloud Computing* atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini;
9. Teman-teman Magister Teknik Informatika atas dukungan dan semangat yang diberikan selama ini.
10. Orang-orang terkasih yang tidak sempat dituliskan oleh penulis.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT. Senantiasa berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu. Semoga Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu. Aamiin ya Rabbal Alamin.

Gowa, 24 Januari 2024



Ade Moehammad Fajrin



ABSTRAK

Ade Moehammad Fajrin. Sistem hidung elektronik untuk mendeteksi *gastroesophageal reflux disease*. (dibimbing oleh **Muhammad Niswar** dan **Ady Wahyudi Paundu**).

Pada penelitian ini telah dirancang sebuah sistem hidung elektronik yang digunakan untuk mendeteksi *GERD (Gastroesophageal Reflux Disease)* menggunakan metode *K-NN (K-Nearest Neighbor)*. Perancangan sistem hidung elektronik menggunakan 3 buah sensor gas, *Mq-136* (Hidrogen Klorida), *Mq-135* (Amonia), *Mq-7* (Karbon Dioksida), dan *Esp-32* sebagai mikrokontroler. Penggunaan sistem hidung elektronik bertujuan untuk mendapatkan data respon sensor terhadap udara pernafasan pasien *GERD* dan pasien sehat, kemudian hasil data respon sensor akan diolah oleh mikrokontroler dan diklasifikasikan menggunakan metode *K-NN*. Penelitian ini menggunakan 50 data (30 data pasien *GERD* dan 20 data pasien sehat). Pada saat pengujian dilakukan split data latih sebesar 70%, 80%, dan 90% dan selebihnya digunakan sebagai data uji. Hasil pengujian sistem hidung elektronik menggunakan metode *K-NN* menunjukkan nilai akurasi klasifier 92%, ketepatan 94,00% *GERD*, dan ketepatan 92.00% *Non-GERD*, serta nilai K terbaik adalah 5.

Kata Kunci : *Gastroesophageal Reflux Disease, K-Nearest Neighbor, Hidung elektronik, Esp-32, Sensor gas.*



ABSTRACT

Ade Moehammad Fajrin. *Electronic nose system for detecting gastroesophageal reflux disease (Supervised by Muhammad Niswar and Ady Wahyudi Paundu).*

In this study an Electronic Nose system has been designed to detect GERD (Gastroesophageal Reflux Disease) using the K-NN (K-Nearest Neighbor) method. The design of the Electronic Nose system uses 1 gas sensors, namely, Mq-136 (Hydrogen Chloric), Mq-135 (Ammonia), Mq-7 (Carbon Dioxide), and Esp-32 as a microcontroller. The use of the Electronic Nose system aims to obtain a sensor response to the breathing air of GERD patients and healthy patients, then the sensor response results will be processed by the microcontroller and classified using the K-NN method. This study used 50 data (30 GERD patient data and 20 healthy patient data). When testing, the training data are split by 70%, 80% and 90%, and the rest is used as test data. The results of testing the Electronic Nose system using the K-NN method show a classifier accuracy of 92 %, an accuracy of 94 % GERD, and 92.00% accuracy Non-GERD, and the best K value is 5.

Keywords : *Gastroesophageal Reflux Disease, K-Nearest Neighbour, Electronic Nose, Esp-32, Gas Sensors.*



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUNG	i
PENGANTARAN TESIS	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Kajian Pustaka	5
2.1.1. <i>Gastroesophageal reflux disease</i>	5
2.1.2. <i>Mikrokontroler</i>	6
2.1.3. <i>Esp-32</i>	7
2.2. Sensor gas	7
2.3. Nilai konsentrasi gas	8



2.1.6. <i>Ground truth data</i>	10
2.1.7. Karakteristik kandungan gas pasien <i>GERD</i>	10
2.1.8. Praproses data	11
2.1.9. <i>K-Nearest neighbor</i>	11
2.1.10. Metode evaluasi	12
2.1.11. <i>State of the art</i>	16
2.1.12. <i>Gastroesophageal reflux disease</i>	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian.....	24
3.2 Tahapan Penelitian	24
3.3 Waktu Dan Lokasi Penelitian	25
3.4 Alat Dan Bahan Penelitian.....	26
3.5 Perangkaian <i>E-Nose</i>	26
3.6 Pengujian <i>E-Nose</i>	29
3.7 Pengumpulan <i>Ground Truth Data</i>	31
3.8 Gambaran Umum Sistem.....	32
3.9 Rancangan Sistem <i>E-Nose</i>	34
3.10 Metode Evaluasi.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Analisis Permasalahan	36
4.2 Analisis Respon Sensor Gas Terhadap Napas Pasien <i>GERD</i>	37
3 <i>Pre-Processing</i> Sampel	39
4 Hasil Pengujian	40
5 Evaluasi Pengujian	41



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	48



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 <i>K-Fold cross validation</i>	13
Gambar 2 Kerangka pikir.....	23
Gambar 3 Desain rangkaian <i>E-Nose</i>	27
Gambar 4 Perangkat keras <i>E-Nose</i>	27
Gambar 5 <i>Flowchart</i> pengujian <i>E-Nose</i>	29
Gambar 6 Kode program kalibrasi sensor.....	30
Gambar 7 Perhitungan nilai <i>PPM</i>	30
Gambar 8 <i>Serial monitor</i>	30
Gambar 9 Tahapan pengambilan data.....	31
Gambar 10 <i>Flowchart</i> gambaran umum system.....	32
Gambar 11 <i>Flowchart pre-processing</i> data.....	33
Gambar 12 Diagram alir <i>KNN</i>	34
Gambar 13 <i>Diagram blok E-Nose</i>	35
Gambar 14 Respon sensor terhadap pasien <i>Mild GERD</i>	37
Gambar 15 Respon sensor terhadap pasien <i>Moderate GERD</i>	38
Gambar 16 Respon sensor terhadap pasien <i>Severe GERD</i>	38
Gambar 17 Respon sensor terhadap pasien <i>Healthy</i>	39
Gambar 18 Hasil pengujian <i>performance metrics</i>	43
Gambar 19 Hasil pengujian <i>performance metrics</i>	43
Gambar 20 Hasil pengujian <i>performance metrics</i>	44



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daftar sensor gas pada sistem <i>E-Nose</i>	7
Tabel 2 Parameter <i>VC</i> , <i>RL</i> , dan <i>RO</i> sensor gas	9
Tabel 3 <i>Data ground truth</i>	10
Tabel 4 Struktur <i>confusion matrix</i>	14
Tabel 5 <i>State of the art</i>	16
Tabel 6 Koneksi pin <i>breadboard</i> ke mikrokontroler	28
Tabel 7 Koneksi pin sensor ke mikrokontroler	28
Tabel 8 Data sampel sebelum normalisasi	40
Tabel 9 Data sampel setelah normalisasi	40
Tabel 10 Pengujian <i>classifier K-NN</i>	41
Tabel 11 <i>Confusion matrix (K=3)</i>	42
Tabel 12 <i>Confusion matrix (K=5)</i>	42
Tabel 13 <i>Confusion matrix (K=7)</i>	42



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

GERD (*gastroesophageal reflux disease*) terjadi akibat melemahnya katup *LES* (*lower esophageal sphincter*) sehingga mengakibatkan cairan asam lambung naik ke kerongkongan. Hal tersebut dapat menyebabkan beberapa gejala, misalnya rasa terbakar di dada, mulut terasa asam, dada terasa nyeri dan nafas berbau. Apabila gejala tersebut dibiarkan maka akan mengakibatkan lapisan kerongkongan menjadi iritasi atau bahkan terjadi peradangan (Siti Khadijah, 2019).

Untuk menghindari komplikasi *GERD* yang lebih parah, dipandang penting untuk mengenali gejala *GERD* dan segera mungkin untuk melakukan langkah penanganan sejak dini untuk mengatasinya. Tegaknya diagnosa untuk masalah pencernaan, terlebih pada penderita *GERD* hanya didasarkan pada gejala-gejalanya saja, sedangkan hal tersebut belum tentu bisa menjadi acuan bahwa seseorang mengidap *GERD*, ditambah lagi *GERD* memiliki klasifikasi berdasarkan tingkat keparahannya yang bisa saja terjadi pada seseorang. Metode pemeriksaan yang dapat dilakukan untuk memeriksa tingkat keparahan *GERD* adalah dengan cara endoskopi. Endoskopi merupakan pemeriksaan dengan metode *invasif* dengan memasukan alat ke dalam tubuh seseorang untuk melihat kelainan pada mukosa saluran pencernaan serta untuk mengukur *pH* asam lambung yang ada didalam tenggorokan seseorang (Taufan dkk, 2017). Namun, metode pemeriksaan secara *invasif* untuk mendeteksi *GERD* membuat seseorang merasa takut karna dilakukan secara *invasif* dan juga biaya pemeriksaan relatif mahal. Berdasarkan hal tersebut, kami tertarik untuk melakukan penelitian dengan membuat sebuah alat non-*invasif* yang bertujuan untuk mengukur tingkat konsentrasi gas seseorang penderita *GERD* berdasarkan tingkat keparahannya.

Seiring dengan perkembangan teknologi telah ditemukan Instrumen yang dengan *electronic nose* (*E-Nose*) yang dapat digunakan untuk mendeteksi secara non-*invasif* atau melalui gas pernafasan manusia. *Electronic nose* elektronik merupakan instrumen yang terdiri dari larik sensor gas yang



mampu memberikan respon terhadap aroma. Sehingga *E-Nose* memiliki kemampuan yang mirip dengan sistem kerja indera penciuman manusia. Sistem *E-Nose* akan bekerja dengan merespon sinyal yang dideteksi oleh sensor, kemudian hasil deteksi sensor tersebut akan dianalisa dan diidentifikasi menggunakan perangkat lunak.

Penerapan *E-Nose* telah banyak dilakukan pada bidang makanan, minuman, kimia, dan kesehatan. Dalam bidang makanan *E-Nose* digunakan untuk mendeteksi zat-zat yang terkandung pada makanan, seperti pendeteksian kandungan formalin dalam makanan (Sahwal dkk, 2014). Pada bidang kesehatan *E-Nose* diterapkan untuk mendeteksi penyakit diabetes (Hariyanto, 2017). Namun, dalam bidang kesehatan belum ditemukan penelitian yang membahas tentang *E-Nose* untuk mendeteksi *GERD* (*Gastroesophageal Reflux Disease*) berdasarkan tingkat keparahannya. Oleh sebab itu, dibutuhkan sebuah sistem *E-Nose* yang bertujuan untuk mendeteksi *GERD* dengan menggunakan teknik dan metode yang tepat.

Pada penelitian ini menggunakan suatu metode klasifikasi yaitu metode *K-Nearest Neighbor* (*K-NN*). *K-NN* merupakan suatu metode yang menggunakan algoritma supervised dimana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada *KNN* (Sikki, 2009). Prinsip kerja *KNearest Neighbor* adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan di evaluasi dengan k tetangga (*neighbor*) dalam data pelatihan (Whidhiah et al., 2013). Tujuan dari algoritma *KNN* adalah untuk mengklasifikasi objek baru berdasarkan atribut dan *training samples*. Dimana hasil dari sampel uji yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada *KNN* (Krisandi et al, 2013).

Perancangan sistem *electronic nose* (*E-Nose*) dengan implementasi metode *K-Nearest Neighbor* untuk mendeteksi *GERD* dirancang dengan menggunakan 3 buah sensor gas yaitu, *Mq-136* (Hidrogen Klorida), *Mq-135* (Amonia), *Mq-7* (Karbon Dioksida), dan *ESP-32* sebagai mikrokontroler. Jenis sensor yang digunakan merupakan sensor semikonduktor yang memiliki tingkat responsif

berbagai gas yang mampu mengubah sinyal aroma menjadi sinyal analog. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah model sistem *E-nose* at membedakan sampel udara pernafasan seseorang yang menderita *GERD*



berdasarkan tingkat keparahannya dengan seseorang yang sehat, sehingga sistem *E-nose* ini dapat diterapkan sebagai alat kesehatan mandiri atau alat pendeteksian dini terhadap *GERD*.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah

1. Bagaimana merancang sistem *electronic nose (E-Nose)* untuk mendapatkan data kandungan gas dalam nafas seseorang yang menderita *GERD (Gastroesophageal Reflux Disease)* berdasarkan tingkat keparahannya?
2. Bagaimana kinerja model yang dihasilkan dalam mengklasifikasikan data gas ekspirasi seseorang yang direkam oleh *electronic nose (E-Nose)*?

1.3 Tujuan penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sistem *electronic nose (E-Nose)* yang dibuat mampu mendeteksi kandungan gas dalam nafas seseorang yang menderita *gastroesophageal reflux disease* tingkat keparahannya.
2. Model yang dihasilkan mampu mengklasifikasikan data gas ekspirasi seseorang yang direkam oleh *electronic nose (E-Nose)*

1.4 Manfaat penelitian

1. Membangun alat kesehatan mandiri yang dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi *GERD (Gastroesophageal Reflux Disease)* dan tingkat keparahannya secara dini.
2. Menjadi referensi ilmiah bagi para mahasiswa atau peneliti pada bidang penelitian serupa.



rumusan masalah

rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Data kandungan gas dalam napas pasien dikumpulkan secara mandiri dari pasien GERD berdasarkan diagnosa dan pemeriksaan lanjutan oleh dokter di Puskesmas Tabang, Kabupaten Mamasa, Sulawesi Barat.
2. Penelitian ini hanya difokuskan untuk mendeteksi tingkat konsentrasi gas asam yang terkandung pada seseorang penderita *GERD (Gastroesophageal Reflux Disease)*.
3. Perancangan alat *Electronic Nose (E-Nose)* menggunakan sensor gas tipe *MQ-136* (Hidrogen Klorida), *MQ-135* (Amonia), *MQ-7* (Karbon Dioksida) serta menggunakan *Esp-32* sebagai mikrokontroler.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian pustaka

2.1.1 *Gastroesophageal reflux disease*)

Gastroesophageal reflux disease adalah suatu keadaan patologis yang disebabkan oleh kegagalan dari mekanisme antireflux untuk melindungi mukosa esophagus terhadap *refluks* asam lambung dengan kadar yang abnormal dan paparan yang berulang. bila terjadi *refluks* yang berulang-ulang sehingga menyebabkan esophagus bagian distal terkena pengaruh isi lambung untuk waktu yang lama. Kerusakan esophagus tersebut dikarenakan *refluks* cairan lambung, seperti erosi dan *ulserasi epitel skuamosa esophagus* (Amaliaturrahmah, 2011). *Gastroesophageal reflux disease* dibagi 2 klasifikasi :

1. *Non erosive reflux disease (NERD)*, merupakan jenis *gastroesophageal reflux disease* yang dimana pada pemeriksaan penunjang tidak ditemukan kerusakan mukosa pada esofagus.
2. *Erosive esophagitis (EE)*, jenis *gastroesophageal reflux disease* yang pada pemeriksaan penunjang seperti endoskopi, ditemukan kerusakan mukosa pada esofagus.

Dalam konteks *gastroesophageal reflux disease (GERD)*, gejala dan tingkat keparahan (*mild, moderate, severe*) *GERD* dapat memengaruhi kandungan gas dalam lambung dan kerongkongan. Berikut adalah beberapa perbedaan yang dapat terjadi pada tingkat keparahan *GERD* (Sergius Melashchenko, 2020):

1. *Mild GERD (Ringan)*: Pada tingkat ini, gejala *GERD* mungkin terjadi sesekali atau dalam keparahan yang rendah. Ini mungkin tidak memiliki pengaruh besar pada kandungan gas dalam lambung. Gejala seperti refluks asam ringan atau regurgitasi mungkin terjadi sesekali setelah makan tertentu, tetapi kandungan gas dalam lambung biasanya dalam rentang normal. Refluks asam lambung ke kerongkongan terjadi dalam jumlah yang relatif kecil dan jarang. Ini berarti dengan *pH* asam lambung mungkin lebih dekat ke rentang normal (*pH* >3,5) untuk sebagian besar waktu, meskipun masih ada periode refluks.



2. *Moderate GERD* (Sedang): Pada tingkat ini, gejala *GERD* mungkin lebih sering dan mengganggu aktivitas sehari-hari. Refluks asam yang lebih sering dapat menyebabkan peningkatan kandungan gas dalam lambung. Peningkatan asam lambung juga bisa menyebabkan gejala seperti perut kembung atau sensasi gas di kerongkongan. Refluks asam lambung terjadi lebih sering dan dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan *GERD* ringan. Kandungan *pH* asam lambung mungkin lebih rendah atau lebih asam (*pH* 2-3,5) dan terjadi lebih sering selama periode tertentu.
3. *Severe GERD* (Berat): Pada tingkat ini, gejala *GERD* sangat mengganggu dan berdampak signifikan pada kualitas hidup. Refluks asam yang parah bisa menghasilkan kandungan gas yang lebih tinggi dalam lambung, dan ini dapat mempengaruhi perasaan perut pasien secara signifikan. Kandungan gas lambung yang tinggi dalam kombinasi dengan asam lambung yang kuat dapat menyebabkan gejala seperti sensasi perut terasa penuh. Refluks asam lambung terjadi sangat sering dan dalam jumlah besar, bahkan bisa terjadi hampir setiap hari atau secara kronis. Kandungan *pH* asam lambung mungkin cenderung sangat rendah atau sangat asam (*pH* <2) dan konstan selama sebagian besar waktu.

2.1.2 Mikrokontroler

Sebuah komputer mikro memiliki tiga komponen utama yaitu, unit pengolahan pusat *Central Processing Unit (CPU)*, memori dan sistem *input/output (I/O)* untuk dihubungkan dengan perangkat luar. *Central Processing Unit (CPU)*, yang mengatur sistem kerja komputer mikro, dibangun oleh sebuah mikroprosesor. Memori terdiri atas *EEPROM* untuk menyimpan program dan *RAM* untuk menyimpan data. Sistem I/O bisa dihubungkan dengan perangkat luar misalnya sebuah keyboard dan sebuah monitor, bergantung pada aplikasinya. Apabila *Central Processing Unit (CPU)*, memori dan sistem I/O dibuat dalam sebuah chip

luktur, maka inilah yang dinamakan mikrokontroler (Bagus, 2017).



2.1.3 Esp-32

Esp-32 merupakan salah satu mikrokontroler keluaran *espressif*. *Esp-32* ini memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh arduino, diantaranya yaitu memiliki fitur *Wi-Fi* dan *Bluetooth 4.2* yang sudah tertanam di dalam *board* itu sendiri. Kemudian *Esp-32* ini memiliki kecepatan prosesor yang cukup cepat yang sudah *Dual-Core 32-bit* dengan kecepatan *160/240MH* (Bagus, 2017).

Esp-32 sendiri telah banyak digunakan untuk pemrograman berbasis *IoT* karena memiliki konektivitas yang sudah ada di dalam *board Esp-32* tersebut sehingga tidak perlu modul tambahan lagi untuk penggunaan *Wi-Fi* ataupun *Bluetooth*. Selain itu terlihat pada Gambar 2.16 *Esp-32* memiliki *GPIO* sebanyak 36 pin, *GPIO* sendiri merupakan *General Purpose Input Output* yang berfungsi sebagai pin *input* dan *output analog* maupun digital.

2.1.4 Sensor gas

Sensor gas merupakan peralatan pendeteksi polutan gas yang bekerja berdasarkan reaksi antara komponen sensor dengan analit yang dapat berupa gas atau *ion* kemudian menghasilkan sinyal elektrik yang setara dengan konsentrasi analit. Jenis sensor elektrokimia yang akan dihubungkan dengan *Esp-32* untuk mendeteksi adanya kandungan gas dalam napas seseorang. Pada penelitian ini, digunakan 3 buah sensor elektrokimia untuk mendeteksi kandungan gas *karbon monoksida*, gas *ammonia* dan gas *hidrogen sulfida*. Sensor yang digunakan merupakan sensor *analog* yang mengeluarkan *output* berupa *analog to digital conversion (ADC)*.

Tabel 1 Daftar sensor gas sistem hidung elektronik.

Sensor	Fungsi
<i>MQ-136</i>	Gas hidrogen klorida (<i>HCl</i>)
<i>MQ-135</i>	Gas amonia (<i>NH3</i>)
<i>MQ-7</i>	Gas karbon dioksida (<i>CO2</i>)



2.1.4.1 Sensor gas MQ-136

Sensor MQ-136 adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas yang mudah terbakar di udara serta asap dan output terbaca sebagai tegangan analog. Sensor gas asap MQ-136 dapat langsung diatur sensitifitasnya dengan memutar trimpotnya. Gas yang dapat dideteksi diantaranya *hidrogen chloride*, *LPG*, *butane*, *propane*, *methane*, *alkohol*, *hidrogen* dan asap pada konsentrasi gas mudah terbakar dari 300 sampai 10.000 ppm dan beroperasi pada suhu dari -20°C sampai 50°C dan mengkonsumsi arus kurang dari 150 mA pada 5V, (Monster Arduino Vol.3, 2017).

2.1.4.2 Sensor MQ -135

MQ-135 adalah sensor udara untuk mendeteksi gas amonia (NH_3), *natrium-(di)oksida* (NO_x), *alkohol / ethanol* (C_2H_5OH), *benzena* (C_6H_6), karbon dioksida (CO_2), gas belerang / sulfur-hidroksida (H_2S) dan gas - gas lainnya yang ada di atmosfer. Sensor ini melaporkan hasil deteksi kualitas udara berupa perubahan nilai resistansi analog di pin keluarannya. Sensor ini bekerja pada tegangan 5 Volt dan menghasilkan sinyal keluaran analog.

2.1.4.3 Sensor MQ-7

Sensor MQ-7 merupakan sensor gas yang digunakan dalam peralatan untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO) dalam kehidupan sehari-hari, industri, atau mobil. Fitur dari sensor gas MQ-7 ini adalah mempunyai sensitivitas yang tinggi terhadap karbon monoksida (CO), stabil, dan berumur panjang. Sensor ini menggunakan catu daya heater : 5V AC/DC dan menggunakan catu daya rangkaian : 5V DC, jarak pengukuran : 0 - 2000 ppm untuk ampuh mengukur gas karbon monoksida.

2.1.5 Perhitungan Nilai Respon dan Konsentrasi Gas dalam Sensor



nsor elektrokimia (*MOS Sensor*) yang dipakai merupakan sensor analog nilai respon dari sensor merupakan hasil dari *analog to digital conversion*

(ADC). Untuk menghitung resistansi sensor (R_s) dapat dicari dengan nilai ADC menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$R_s = \left(\frac{V_c}{V_{RL}} - 1 \right) \times R_L \quad (1)$$

$$V_{RL} = \frac{V_c}{1023} \quad (2)$$

Dimana :

V_c = Tegangan mikrkontroller

V_{RL} = Tegangan sensor

R_L = Beban sensor (Ω ohm)

Untuk mencari konsentrasi gas maka diturunkan rumus dari datasheet masing-masing sensor dengan parameter nilai resistansi sensor sebenarnya (R_s) dan nilai resistansi sensor pada udara bersih (R_0). Rumus yang dapat digunakan untuk mengukur kosentrasi gas berdasarkan resistansi sensor, yaitu persamaan (3) dan (4).

$$R_0 = \frac{R_s}{R_o} \quad (3)$$

$$ppm = 10^{\{[\log(ratio)-b]/m\}} \quad (4)$$

Parameter nilai V_c dan R_L masing-masing sensor yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Nilai parameter V_c , R_L , dan R_0 sensor gas

Parameter	Nilai
V_c (volt)	5
R_L (ohm)	10
R_o	3.6
b	0.425
m	-0.417



2.1.6 Ground truth data

Pada penelitian ini, tidak terdapat dataset pasien *GERD* dengan tingkat keparahannya berdasarkan respon sensor *E-Nose* yang tersedia di internet, Maka dari itu, data *ground-truth* yang dipakai adalah data yang diambil secara mandiri menggunakan *E-Nose* yang dirangkai dengan bekerjasama dengan dokter dan institusi kesehatan untuk menentukan seseorang masuk ke kelas pasien sehat atau pasien *GERD* berdasarkan derajat keasaman *pH* (*potential of Hydrogen*) pada saliva seseorang. Penentuan kelas data *ground truth* berdasar keasaman pH pada saliva dapat dilihat pada Tabel 2.2 (Taufan dkk, 2017).

Tabel 3 Penentuan data ground truth keasaman *pH* saliva

Kadar Keasaman pH Saliva	Kelas
>5	<i>Healthy</i>
2,5-4,5	<i>Mild GERD</i> (GERD Ringan)
1,5-2,5	<i>Moderate GERD</i> (GERD Sedang)
<1,5	<i>Severe GERD</i> (GERD Berat)

2.1.7 Karakteristik kandungan gas dalam nafas pasien *GERD*

Pasien penderita *GERD* hingga komplikasi menjadi *esofagus barrett* memiliki mikrobioma pada mulut yang sangat berbeda dengan pasien sehat. Pasien *GERD* dan *esofagus barrett* mengalami peningkatan jumlah *Firmicutes* dan penurunan *Proteobacteria*. *Firmicutes* adalah kelompok bakteri dalam mikrobiota usus yang merupakan komponen penting dalam pencernaan manusia. *Firmicutes* menghasilkan gas secara langsung sebagai karakteristik utama dan memiliki peran dalam proses fermentasi dalam saluran pencernaan yang dapat menghasilkan gas (Erik J. Snider dkk, 2018).



umumnya dihasilkan oleh cairan asam lambung adalah :
 gen Klorida (*HCl*) adalah komponen utama dalam gas asam lambung.
 asam lambung dicerna dalam proses pencernaan, asam hidroklorida

membantu dalam pencernaan makanan dan pembunuhan mikroorganisme patogen yang mungkin masuk bersama makanan.

2.1.8 Praproses data

Praproses data merupakan tahapan yang penting dalam pengolahan data untuk membantu meningkatkan kualitas data yang berdampak pada hasil akhir klasifikasi, karena sangat berpengaruh terhadap proses yang lain dalam klasifikasi. Pada penelitian ini tahap praproses data dilakukan dengan cara normalisasi data menggunakan *Z-Score Normalization* (Hariyanto, 2017). Normalisasi data bertujuan untuk menyamakan atribut data sehingga tidak ada atribut data yang terlalu dominan atas atribut yang lain.

Feature Scaling menggunakan normalisasi skor dilakukan agar data sinyal yang dihasilkan memiliki properti seperti sebuah distribusi normal (Hariyanto, 2017). Hal ini dikarenakan, output setiap sensor yang kadar *parts per million (ppm)* yang di deteksi untuk setiap gas berbeda. Berikut adalah persamaan 5 untuk menghitung nilai standar (*Z-Score*) setiap respon sensor dalam sinyal. Perhitungan nilai *Z-Score Normalization* dapat dilihat pada persamaan 5.

$$Z\ Score = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (5)$$

Dimana :

Z Score = nilai standar

X = nilai data asli

μ = nilai rata-rata

σ = nilai standar deviasi data.

2.1.9 K-Nearest neighbor

K-Nearest Neighbor (K-NN) adalah suatu metode yang menggunakan algoritma supervised dimana hasil dari *query instance* yang baru diklasifikasi ke dalam mayoritas dari kategori pada *KNN* (Sikki, 2009). Prinsip kerja *K-Nearest Neighbor* adalah mencari jarak terdekat antara data yang akan di evaluasi dengan tetangga (neighbor) dalam data pelatihan (Whidhiasih et al., 2013).



Tujuan dari algoritma *KNN* adalah untuk mengklasifikasi objek baru berdasarkan atribut dan *training samples*. Dimana hasil dari sampel uji yang baru diklasifikasikan berdasarkan mayoritas dari kategori pada *KNN* (Krisandi et al, 2013). Pada penelitian ini perhitungan jarak yang digunakan adalah jarak Euclidean Distance. Jarak Euclidean adalah jarak yang paling umum digunakan pada data numeric. *Euclidean distance* didefinisikan pada persamaan 6 sebai berikut (Krisandi et al., 2013).

$$d(x_i, y_i) = \sqrt{\sum_{i=0}^n (x_i - y_i)^2} \quad (6)$$

Dimana :

x_i = data latih

y_i = data uji

i = variabel data

d = jarak ecludian

p = dimensi data.

Algoritma *KNN* adalah algoritma yang menentukan nilai jarak pada pengujian data testing dengan data training berdasarkan nilai terkecil dari nilai ketetanggaan terdekat (Goujon G et al., 2007)

2.1.10 Metode evaluasi

Pada penelitian ini metode evaluasi bertujuan untuk mengukur kinerja klasfier yang digunakan.

2.1.10.1K-fold cross validation

K-fold cross validation adalah salah satu metode untuk mengevaluasi kinerja *classifier*, metode ini dapat digunakan apabila memiliki jumlah data yang terbatas (instance tidak banyak). *K-fold cross validation* merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui rata-rata keberhasilan dari suatu sistem dengan melakukan perulangan dengan mengacak atribut masukan sehingga dapat diuji untuk beberapa atribut input yang acak (Romantika, 2022). *K-*



fold cross validation diawali dengan membagi data sejumlah *n-fold* yang diinginkan. Dalam proses *cross validation* data akan dibagi dalam *n* buah partisi dengan ukuran yang sama $D_1, D_2, D_3 \dots D_n$ selanjutnya proses uji dan latih dilakukan sebanyak *n* kali. Dalam iterasi ke-*i* partisi D_i akan menjadi data uji dan sisanya akan menjadi data latih. Untuk penggunaan jumlah *fold* terbaik untuk uji validitas, dianjurkan menggunakan *10-fold cross validation* dalam model. Contoh pembagian dataset dalam proses *10-fold cross validation* terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 1 Pembagian dataset *10-fold cross validation*

1. *Fold* ke-1 adalah ketika bagian ke-1 menjadi data uji (*testing data*) dan sisanya menjadi data latih (*training data*). Selanjutnya, hitung akurasi berdasarkan porsi data tersebut.
2. *Fold* ke-2 adalah ketika bagian ke-2 menjadi data uji (*testing data*) dan sisanya menjadi data latih (*training data*). Selanjutnya, hitung akurasi berdasarkan porsi data tersebut.
3. Demikian seterusnya hingga mencapai *fold* ke-*K*. Hitung rata-rata akurasi dari *K* buah akurasi di atas. Rata-rata akurasi ini menjadi akurasi final.



2.1.10.2 Confusion matrix

Confusion matrix berisikan informasi mengenai hasil klasifikasi aktual dan telah di prediksi oleh sistem klasifikasi. Performa dari sistem tersebut biasanya dievaluasi menggunakan data dalam sebuah matrix (Heriyanto, 2017). Pada penelitian ini *confusion matrix* menyimpan informasi klasifikasi pasien *GERD* dan pasien sehat. Dibawah ini menampilkan tabel struktur *confusion matrix*

Tabel 4 Struktur *confusion matrix*

	<i>Predicted : Non-GERD</i>	<i>Predicted: GERD</i>
<i>Actual : Non-GERD</i>	<i>True Positive (TP)</i>	<i>False Negative (FN)</i>
<i>Actual : GERD</i>	<i>False Positive (FP)</i>	<i>True Negative (TN)</i>

Keterangan :

1. *True positive* (TP) yaitu jumlah pasien hasil prediksi klasifier sebagai pasien sehat adalah pasien yang benar-benar sehat.
2. *True negative* (TN) yaitu jumlah pasien hasil prediksi klasifier sebagai pasien *GERD* adalah pasien yang benar-benar *GERD*.
3. *False positive* (FP) yaitu jumlah pasien yang *GERD* tetapi hasil prediksi klasifier sebagai pasien sehat.
4. *False negative* (FN) yaitu jumlah pasien yang sehat tetapi hasil prediksi klasifier sebagai pasien *GERD*.

Dari *confusion matrix* bisa didapatkan berbagai informasi mengenai performa dari klasifier yaitu *accuracy*, *precision*, *recall*, dan kappa statistik.

2.1.10.3 Akurasi

Akurasi merupakan jumlah total data yang diprediksi kelas hasil klasifikasinya sesuai dengan data latih. Rumus perhitungan akurasi ditunjukkan dengan rumus 7.



$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \times 100\% \quad (7)$$

2.1.10.4 Presisi

Presisi merupakan proporsi pasien yang diprediksi sebagai pasien *GERD* yang benar-benar mengidap penyakit *GERD*. Rumus perhitungan presisi ditunjukkan pada persamaan 8.

$$\textit{Precision of GERD} = \frac{TP}{TP + FP} \times 100\% \quad (8)$$

2.1.10.5 Recall

Sensitivity atau recall merupakan proporsi pasien yang benar-benar mengidap penyakit *GERD* hasil prediksi oleh klasifier sebagai pasien *GERD*. Rumus perhitungan recall ditunjukkan pada persamaan 2.11.

$$\textit{Recall of GERD} = \frac{TP}{FN + TP} \times 100\% \quad (9)$$



2.1.11 State of the art

Tabel 5 State of The Art

No	Referensi	Permasalahan	Metode	Kinerja
Penyakit GERD dan karakteristik gas pada penderita GERD				
1	<i>Assessment of gastric acidity by short-duration intragastric pH-monitoring with standardised breakfast in functional and some other dyspepsias</i> (Sergius Melashchenko, 2020)	Untuk mengembangkan tes pH-metrik yang disederhanakan dengan makanan standar, dan atas dasar itu untuk melakukan penilaian keadaan fungsional sekresi lambung pada dispepsia yang paling umum.	pemeriksaan medis, Pemantauan pH intragastrik dilakukan selama 45 menit	Ada 3 tingkatan keparahan penderita <i>GERD</i> (<i>GERD</i> ringan, <i>GERD</i> sedang, <i>GERD</i> berat) Dan terjadi perbedaan pH asam lambung ditiap tingkat keparahan <i>GERD</i>
2	<i>Halitosis and gastroesophageal reflux disease: a possible association</i> (M Moshkowitz, 2019)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi hubungan antara kondisi penyakit <i>refluks gastroesophageal (GERD)</i> dengan halitosis.	pemeriksaan medis, pemeriksaan kesehatan mulut, wawancara terkait	Halitosis adalah gejala <i>GERD</i> yang sering dan dapat dianggap sebagai manifestasi <i>ekstra-esofagus</i> dari <i>GERD</i> .



3 <i>Self-reported Halitosis and Gastro-esophageal Reflux Disease in the General Population</i> (Franziska Struch ,et al.,2019)	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara GERD dan halitosis	pemeriksaan medis, pemeriksaan kesehatan mulut, wawancara terkait kesehatan, dan kuesioner terkait kesehatan dan faktor risiko	Hubungan antara GERD dan halitosis secara biologis masuk akal karena 3 alasan. Pertama, bahwa bau dari dorsum lidah posterior terutama berasal dari tetesan postnasal yang terkumpul di sana. Kedua, gangguan fungsi <i>sfincter esofagus</i> bagian bawah pada subjek dengan <i>GERD</i> memungkinkan gas usus dan isi lambung untuk refluks ke kerongkongan yang dapat menghasilkan bau tidak sedap. Ketiga, halitosis dapat dihasilkan oleh cedera asam-peptik langsung ke jaringan <i>supraesophageal</i> yang rentan.
--	---	--	--



4	<i>Oral manifestations in patients with gastro-oesophageal</i>	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai terjadinya manifestasi oral pada populasi pasien yang terkena <i>GERD</i> .	Analisis statistik, <i>chi-kuadrat</i> , dan <i>rasio odds</i>	Analisis univariat menunjukkan bahwa xerostomia, asam oral Dan sensasi terbakar, halitosis subjektif, dan mukosa langit-langit lunak dan keras dan eritema uvula lebih sering terjadi pada pasien dengan <i>GERD</i> , namun Penelitian ini gagal menemukan hubungan yang signifikan antara <i>GERD</i> dan erosi gigi, sedangkan beberapa gejala dan perubahan mukosa mulut lainnya ditemukan secara signifikan terkait dengan GERD
---	--	---	--	--

Sensor E-Nose dan model klasifikasi – Machine Learning



5	<p><i>An Electronic Nose System for Rapid Detection of Ketamine Smoke</i></p> <p>(Cheng-Chun Wu, et al., 2019)</p>	<p>Mengembangkan metode yang efektif dan nyaman untuk mendeteksi dan mengidentifikasi asap ketamin</p>	<p>Sistem E-Nose yang diterapkan untuk deteksi ketamin menggunakan array sensor terdiri dari lima sensor oksida logam Figaro TGS: TGS-2600, TGS-2610, TGS-2611, TGS-2612, dan TGS-2620 dengan menggunakan algoritma <i>K-Nearest Neighbors (KNN)</i></p>	<p>Algoritma KNN dengan validasi silang <i>leave-one-out</i> dilakukan untuk klasifikasi. 47 dari 49 titik data diklasifikasikan dengan benar, menghasilkan akurasi 95,92%.</p>
6	<p><i>A Model Transfer Learning Framework With Back-Propagation Neural Network for Wine and Chinese Liquor Detection by Electronic Nose</i></p> <p>(Yan Yang, et al., 2020)</p>	<p>Membedakan anggur dan minuman keras Cina melalui teknik pembelajaran mesin</p>	<p>Jaringan Syaraf Tiruan <i>Back-Propagation multi-hidden</i></p>	<p>Hasil eksperimen mengungkapkan bahwa model berbasis BPNN dilakukan dengan akurasi 98,27% dalam mengidentifikasi anggur yang berbeda, dan kerangka kerja transfer-learning berbasis BPNN dilakukan dengan akurasi 93,4% dalam mengidentifikasi minuman keras Cina</p>
7	<p>Bangun Electronic (E-Nose) Untuk deteksi Penyakit Lambung Dan Dispepsia</p>	<p>Mendeteksi Penyakit Lambung (Gastritis Dan Dispepsia) Melalui Saluran Pernapasan</p>	<p>Menggunakan metode Jaringan Syaraf Tiruan</p>	<p>Kinerja topik yang diusulkan menunjukkan tingkat keakuratan <i>output</i> dengan target ditunjukkan dengan nilai</p>



Melalui Saluran Pernapasan

(Miranda, 2021)

koefisien korelasi (R) sebesar 0,94913. Nilai R yang hampir mencapai nilai 1 menunjukkan bahwa proses pengolahan JST berjalan dengan baik, dengan nilai akurasinya 99,5%.

8	Rancang bangun sistem <i>electronic nose</i> menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode back propagation untuk mendeteksi penyakit diabetes militus	Bagaimana cara untuk mendeteksi penyakit diabetes militus melalui saluran pernafasan	Menggunakan metode <i>Back Propagation</i>	Sistem e-nose menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan metode back propagation mampu mendeteksi gas aseton dan etanol dengan error pelatihan sebesar 2,649%, nilai standar deviasi sebesar 12,952 ppm dan nilai ketidakpastian relatifnya sebesar 18,166%. Sistem juga mampu membedakan penderita penyakit diabetes dan orang normal dengan error pelatihan sebesar 4,713% dengan nilai standar deviasi sebesar 22,385 ppm dan nilai ketidakpastian relatifnya sebesar 13,151%.
---	---	--	--	--

Rizky Fadhlillah, 2019)



1 Penderita Diabetes
s Melalui Bau Mulut
1 Menggunakan
mic Nose

Bagaimana Menganalisa
Penderita Diabetes
Mellitus Melalui Bau
Mulut

Menggunakan metode
*Principal Componant
Analysis (PCA)*

Berdasarkan hasil eksperimen dari enose dengan 5 sensor gas (TGS 822, TGS 2602, TGS 825, Tgs 2620, TGS 2600) yang telah dibuat diperoleh

(Danang Lelono, S.Si., M.T., 2019)

variabilitas komponen utama PC1 sebesar 96,9% dan PC2 sebesar 2.5%. Total variabilitas enose dapat mengklasifikasi responden non DM dan DM sebesar 99,4 %.

10	Pendeteksi Asam Lambung Dengan Menggunakan Sistem Sensor Ph (Karolin Adhisty, 2021)	Bagaimana Menganalisa Penderita Diabetes Mellitus Melalui Bau Mulut	Siklus <i>development research</i> yang terdiri dari sepuluh langkah, yakni; 1) analisis kebutuhan dan studi literature, 2) perencanaan produk, 3) pengembangan proptotipe produk, 4) pengujian terbatas, 5) revisi produk utama, 6) pengujian lapangan, 7) penyempurnaan produk, 8) uji coba lapangan, 9) revisi produk final, dan 10) diseminasi dan implementasi	Pengembangan prototype alat kesehatan ini dapat menjadi alat bantu tenaga kesehatan dalam mendukung diagnostic medis dan pengobatan pasien pasca kemoterapi. selain itu, prototype jenis ini juga memberikan alasan yang tepat dalam memberikan intervensi baik komplementer maupun farmakologi.
11	 <i>Classification and Correlation asurements With "Tea" Marks.</i> un Bhattacharyya, 2018)	Mengembangkan model komputasi khusus perasa untuk prediksi objektif skor kualitas teh menggunakan hidung elektronik.	<i>Back-Propagation Multilayer Perceptron (BP-MLP) dan Radial Basis Function (RBF) Models.</i>	persentase akurasi prediksi dengan model <i>BP-MLP</i> adalah 81%-85%, dan model <i>RBF</i> adalah 86%-91% dengan mengacu pada skor yang diberikan oleh pencicip teh

12	<i>Evaluation of an Electronic Nose to Assess Fruit Ripeness</i> (Jesús Brezmes, et al., 2018)	Apakah sistem penciuman buatan dapat digunakan sebagai instrumen untuk mengukur kematangan buah sehingga membantu menebak tanggal panen optimal yang sesuai dengan yang diperoleh dengan teknik kualitas buah	Menggunakan metode <i>Principal Component Analysis (PCA) dan PLS</i>	Penggunaan algoritma <i>PCA</i> dan <i>PLS</i> membantu mengompresi vektor yang menggambarkan untuk setiap pengukuran dan memperoleh hasil yang dapat disajikan dalam plot dua dimensi
----	---	---	--	--



2.1.12 Kerangka pikir

Kerangka pikir dapat dilihat pada dibawah, yang menjelaskan mengenai alur penelitian yang akan dilakukan.

Latar Belakang	Referensi	Masalah	Solusi	Kontribusi
<ol style="list-style-type: none"> Bau mulut seseorang seringkali diabaikan tetapi bisa saja itu merupakan tanda munculnya penyakit Pentingnya melakukan pencegahan dini terhadap penyakit GERD. Angka presentase seseorang menderita penyakit GERD cukup tinggi Diagnosis penyakit GERD pada umumnya dilakukan secara invasif 	<ol style="list-style-type: none"> Halitosis and gastroesophageal reflux disease: a possible association Self-reported Halitosis and Gastro-esophageal Reflux Disease in the General Population Oral manifestations in patients with gastro-oesophageal Rancang bangun sistem e-nose untuk mendeteksi penyakit diabetes melitus Pendeteksi Asam Lambung Dengan Menggunakan Sistem Sensor Ph Deteksi multilevel diabetes secara non-invasive dengan analisis napas manusia menggunakan breathalyzer Volatile Sulfur Compounds Produced by Helicobacter pylori 8. Endogenous Production of H₂S in the Gastrointestinal Tract: Still in Search of a Physiologic Function 	<ol style="list-style-type: none"> 2 3 Diagnosis penyakit GERD dilakukan secara invasif yang dimana tidak semua orang ingin melakukan diagnosis secara invasif 1 2 3 Teknik pengumpulan data dengan menggunakan kuisioner 4 penggunaan tipe sensor yang kurang sensitif terhadap gas yang ingin dideteksi 6 masih menggunakan PC untuk melakukan komputasi dan klasifikasi terhadap data input 5 hanya melakukan perekaman data melalui data logger tanpa melakukan analisis 7 menggunakan metode elektrokimia untuk mengetahui kandungan gas dalam organ pencernaan manusia. 8 Menggunakan metode analisis Kromatografi Gas untuk mengetahui kandungan senyawa sulfur volatile yang diproduksi oleh Helicobacter pylori. 	<ol style="list-style-type: none"> Penggunaan sensor yang lebih sensitif terhadap gas yang ingin dideteksi Penggunaan Raspberrypi untuk komputasi dan analisa Menggunakan metode Modified K-Nearest Neighbor untuk melakukan klasifikasi 	<ol style="list-style-type: none"> Membanun sistem yang mampu melakukan diagnosis penyakit GERD secara non-invasif Menggunakan metode Modified K-Nearest Neighbor untuk melakukan klasifikasi
<p>Kajian Metode</p> <ol style="list-style-type: none"> Hubungan antara penyakit GERD dan Bau mulut Karakteristik gas yang dihasilkan oleh penderita penyakit GERD Perancangan E-nose sebagai alat untuk diagnosis penyakit secara non-invasif 				



Gambar 2 Kerangka pikir penelitian