

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PENGUKUR KEKUATAN TARIKAN
BIBIR DAN PENGUKUR TEKANAN LIDAH
UNTUK TEKNOLOGI KESEHATAN GIGI**

Disusun dan diajukan oleh:

**AFIF FAHMI MISBAHUDDIN
D041 171 504**

*Disusun dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Strata Satu Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Makassar*



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2021

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**RANCANG BANGUN PROTOTIPE PENGUKUR KEKUATAN TARIKAN
BIBIR DAN PENGUKUR TEKANAN LIDAH UNTUK TEKNOLOGI
KESEHATAN GIGI**

Disusun dan diajukan oleh:

AFIF FAHMI MISBAHUDDIN


D041171504

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 09 Agustus 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan


Menyetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Intan Sari Areni, S.T., M.T

NIP. 19750203 200012 2 002


Azran Budi Arief, ST., M.T.

NIP. 198902012019031007

**Ketua Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin**



Dr. Eng. Ir. Dewiani, MT.

NIP. 19691026 199412 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : AFIF FAHMI MISBAHUDDIN
NIM : D041171504
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
JENJANG : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya yang berjudul

RANCANG BANGUN PROTOTIPE PENGUKUR KEKUATAN TARIKAN BIBIR DAN PENGUKUR TEKANAN LIDAH UNTUK TEKNOLOGI KESEHATAN GIGI

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 17 Agustus 2021

Yang menyatakan,



AFIF FAHMI MISBAHUDDIN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Tujuan utama penulisan tugas akhir ini sebagai persyaratan untuk memenuhi kelulusan pada Program Strata-1 Departemen Elektro, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari adanya kekurangan dari tugas akhir ini, olehnya penulis terbuka untuk menerima masukan dan perbaikan.

Secara singkat, tugas akhir ini merancang alat yang digunakan untuk pengambilan data kekuatan tarikan bibir dan pengukur tekanan lidah pada pasien dan mencari keterkaitan korelasi antara kekuatan tarikan bibir atau tekanan lidah pada pasien normal maupun tidak normal serta mencari nilai ambang antara pasien normal dan tidak normal.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat membawa manfaat sebesar-besarnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi kesehatan gigi. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik langsung maupun tidak langsung sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Afif Fahmi Misahudin

ABSTRACT

The tongue and lips actively participate in the process of suck, chew, and swallow, which it is important in maintaining the quality of life. However, tongue and lips disorders easy to attack humans, especially for children, such as dysphagia, malocclusion, speech disorders and dentofacial disorders. To overcome these disorders, tongue pressure and lips force can be evaluated and measured through measuring instruments, so the tongue and lips can be function properly and can not cause interference. This study aims to measure the pulling strength of the lips and tongue pressure. This research method is a tools design that using a pressure sensor for tongue pressure and a load cell sensor as a lips traction force sensor. The sample of this study are patients who were at the Watu Rua Orphanage, Makassar. Based on the data from the test results of this tools, it was found that the threshold range of lips strength values for normal patients ranged from 0.474 - 1.342 N, and for patients with abnormalities (malocclusion) the value range was 0.198 - 0.378 N. For tongue pressure normal patients the average pressure value was 50, 36 – 61.94 KPa at the 5 mm point from the incisive papilla and 31.9 KPa for patients with abnormalities (dysphagia). For the third posterior between the incisive papilla and the indentation of the right hamstring, in normal patients the pressure range is 33.22- 52.42 KPa and for patients with abnormalities the pressure value is 22.5 KPa. For the point in the third posterior between the sharp papilla and the hammer notch on the left side, the pressure values for normal patients range from 38.98 - 48.02 KPa and for patients with abnormalities the average pressure value was 26,725 KPa. So that based on the performance of the Lips and Tongue Pressure tools, we can see the application of the tools that has been successfully used in measuring the strength of the lips and tongue according to the validation from Dentistry. This lips traction and tongue pressure measuring device successfully shows the value of the lips traction strength and the value of the tongue pressure in the form of a graph on the display of the tools.

Keywords: Tongue Pressure, Lips Pulling, Dysphagia, Mocclusion, Tongue Disorder

ABSTRAK

Lidah dan bibir secara aktif berpartisipasi dalam proses mengisap, mengunyah, dan menelan, yang sangat penting dalam menjaga kualitas hidup. Namun, tidak sedikit gangguan lidah dan bibir yang dapat menyerang manusia khususnya anak seperti *disfagia*, *maloklusi*, gangguan bicara dan gangguan *dentofacial*. Untuk mengatasi gangguan tersebut, tekanan lidah (*tongue pressure*) dan kekuatan bibir (*lip force*) dapat dievaluasi dan diukur melalui instrumen pengukuran agar lidah dan bibir dapat berfungsi dengan baik dan tidak menimbulkan gangguan, Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan tarikan bibir dan mengukur tekanan lidah. Metode penelitian ini berupa perancangan alat menggunakan sensor tekanan untuk tekanan lidah dan sensor *loadcell* sebagai sensor kekuatan tarikan bibir. Sampel penelitian ini adalah pasien yang berada di Panti Asuhan Watu Rua, Makassar. Dari data hasil pengujian alat ini didapatkan rentang ambang nilai kekuatan bibir pasien normal berkisar antara 0,474 – 1,342 N, dan untuk pasien penderita kelainan (*Maloklusi*) rentang nilainya sebesar 0,198 – 0,378 N. Untuk tekanan lidah pasien normal nilai rata-rata tekanan sebesar 50,36 – 61,94 KPa pada titik 5 mm dari *papilla invisius* dan 31,9 KPa untuk pasien dengan kelainan (*disfagia*). Untuk titik sepertiga posterior antara *incisive papilla* dan lekukan *hamuler* sisi kanan, pada pasien normal rentang tekanannya sebesar 33,22-52,42 KPa dan untuk pasien penderita kelainan nilai tekanannya sebesar 22,5 Kpa. Untuk titik pada sepertiga *posterior* antara papilla tajam dan *takik hamuller* disisi kiri ditemukan nilai tekanan untuk pasien normal rentangnya sebesar 38,98 - 48,02 KPa dan untuk pasien penderita kelainan nilai tekanan rata-ratanya sebesar 26,725 KPa. Sehingga Berdasarkan unjuk kerja pada alat kita dapat melihat pengaplikasian alat yang berhasil digunakan dalam melakukan pengukuran kekuatan bibir dan lidah sesuai validasi dari Kedokteran Gigi. Alat pengukur kekuatan tarikan bibir dan tekanan lidah ini berhasil menunjukkan nilai dari kekuatan tarikan bibir dan nilai dari tekanan lidah dalam bentuk grafik pada tampilan display alat.

Kata Kunci : Tekanan Lidah, Tarikan Bibir, Disfagia, Moklusi, Gangguan Lidah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	x
BAB 1 PENDAHULUAN... ..	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Moloklusi	6
2.2 Kekuatan Bibir	8
2.3 FSR (Force Sensitive Resistor)	8
2.4 Keuntungan dan kekurangan FSR	11
2.5 Sensor Load Cell.....	12
2.6 Modul Amplifier HX 711	12
2.7 Raspberry Pi	13
2.8 Raspberry Pi 3	14
2.9 Konfigurasi Pin GPIO Raspberry Pi 3	16

2.10	Sistem Operasi Raspberry Pi	17
2.11	MCP 3008	17
2.12	Strain Gauge.....	18
2.13	Tkinter.....	19
2.14	Matplotlib.....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		21
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	21
3.2	Tahapan Penelitian.....	21
3.3	<i>Flowchart</i> Pengambilan data	24
3.4	Alat Dan Bahan	25
3.5	Rancangan Perangkat Keras.....	25
	1. Rancangan Driver Alat Pengukur Kekuatan Tarikan Bibir dan Tekanan Lidah.....	25
	2. Rancangan Box Alat Pengukur Kekuatan Tarikan Bibir dan Tekanan Lidah.....	27
3.6	Metode Pengambilan Data	27
3.7	Tahapan Pengujian Alat.....	29
	1. Pengujian Sensor FSR.....	29
	2. Pengujian Sensor <i>Loadcell</i>	30
3.8	Tahapan Pengambilan Data	31
	1. Pengambilan Data Pengukur kekuatan Tarikan Bibir.....	32
	2. Pengambilan Data Pengukur Tekanan Lidah.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Hasil Uji Coba Prototipe.....	38
4.2	Pembahasan	39
	1. Pengukuran Kekuatan tarikan Bibir.....	39
	2. Pengukuran Kekuatan Tekanan Lidah.....	40
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		41
5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	42
DAFTAR PUSTAKA		43
LAMPIRAN.....		4

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pasien Onklusi Normal	6
Gambar 2.2 Pasien Maloklusi Kelas I Angle	7
Gambar 2.3 Pasien Maloklusi Kelas II Angle.....	7
Gambar 2.4 FSR Penempatan Elektroda.....	9
Gambar 2.5 Skematik FSR.....	10
Gambar 2.6 Amplifier HX771	12
Gambar 2.7 Arsitektur Raspberry Pi Model B.....	15
Gambar 2.8 Konfigurasi Pin Raspberry Pi.....	16
Gambar 2.9 MCP 3008.....	18
Gambar 2.10 Strain Gauge	19
Gambar 3.1 Diagram Tahapan Penelitian	22
Gambar 3.2 Tahapan Pembuatan Alat	23
Gambar 3.3 Alur Pengambilan Data	24
Gambar 3.4 Desain Rangkaian Driver alat pengukur kekuatan tarikan bibir dan tekanan lidah	26
Gambar 3.5 Tampak Atas dan Tampak Bawah Box	27
Gambar 3.6 Ilustrasi pengujian untuk untuk kekuatan tarikan bibir	28
Gambar 3.7 Ilustrasi pengujian untuk pengukur tekanan lidah	28
Gambar 3.8 Grafik perbandingan nilai sensor dengan alat ukur.....	30
Gambar 3.9 Grafik perbandingan nilai sensor dengan alat ukur.....	31
Gambar 3.10 Alat Pengukur kekuatan Tarikan Bibir	32
Gambar 3.11 Pengambilan Data Kekuatan Bibir	3

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi Raspberry PI 3	14
Table 3.1 Pengujian Sensor FSR	30
Tabel 3.2 Pengujian Sensor <i>Loadcell</i>	31
Tabel 4.1 Data Pasien Kekuatan tarikan Bibir.....	35
Tabel 4.2 Hasil perhitungan data kekuatan bibir	35
Tabel 4.3 5mm Posterior Papilla Insisivus.....	36
Tabel 4.4 Sepertiga Posterior incisive Papilla dan Lekukan Hammuler disisi kanan	36
Tabel 4.5 Sepertiga Posterior Papilla Tajam dan Takik Hammuler disisi kiri	37
Tabel 4.6 Nilai Rata-Rata Tekanan Bibir.....	37
Gambar 3.12 Alat Pengukur Tekanan Lidah	33
Gambar 3.13 Pengambilan Data untuk Tekanan Lidah	34
Gambar 4.1 Data mentah berupa grafik dari Driver format .png.....	35
Gambar 4.2 Data mentah berupa nilai dari Driver format .odf.....	35
Gambar 4.3 Posisi 3 titik lidah.....	37

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang / Singkatan	Arti dan Keterangan
FSR	<i>Force Sensitif Resistor</i>
GUI	<i>Graphic User Interface</i>
ITO	<i>Indium-Tin-Oksida</i>
ADC	<i>Analog Digital Converter</i>
Soc	<i>System on a Chip</i>
RAM	<i>Random Acces Memmory</i>
GPU	<i>Graphic Processing Unit</i>
SD Card	<i>Secure Digital Card</i>
OS	<i>Operating System</i>
GPIO	<i>General-purpose input/output</i>
I2C	<i>Inter Integrated Circuit</i>
DNL	<i>Nonlinear Differensial</i>
INL	<i>Nonlinear Integral</i>
SOIC	<i>Small Outline Integrated Circuit</i>
Kg	<i>Kilogram</i>
KPa	<i>Kilopascal</i>
N	<i>Newton</i>
FSR	<i>Force sensing Resistor</i>
ARM	<i>Advance RISK Machine</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kedokteran gigi di Indonesia memiliki peluang pertumbuhan yang sangat besar dan terus meningkat. Berdasarkan Data Riset Kesehatan Dasar tahun 2018, dari 57,6% penduduk Indonesia yang mengalami masalah kesehatan gigi dan mulut hanya 10% yang mendapatkan pelayanan dari tenaga medis. Hal ini disebabkan belum meratanya pelayanan dari tenaga medis untuk masalah kesehatan gigi dan mulut di Indonesia dan ketersediaan teknologi kesehatan gigi yang masih kurang [1].

Lidah, bersama dengan struktur sistem *stomatognatik*, memiliki peranan penting dan membawa fungsi vital dalam proses mengunyah, menelan dan menghisap, serta membawa sensasi pengecapan, menginduksi *salivasi*, pembentukan *bolus* dan mendorongnya ke dalam *faring*. Selain itu memiliki fungsi adaptif, seperti berbicara [2]. Pada studi Sleiman menyatakan bahwa postur lidah yang tidak memadai akan menyebabkan kelainan *dentafacial* [2].

Anak yang bernafas secara kronis melalui mulut dapat mengalami gangguan bicara, postur tubuh yang tidak memadai, perubahan sistem pernapasan, kelainan bentuk wajah dan posisi gigi yang buruk, yang mengakibatkan perubahan struktural pada wajah termasuk bibir, lidah, langit-langit dan rahang bawah, yang akan terjadi beradaptasi dengan pola pernapasan baru. Dengan ini, keseimbangan lidah-vestibular dihilangkan, mengubah keseimbangan otot-otot wajah dan menghasilkan defisiensi fungsional yang penting. Karena kurangnya aliran udara hidung, tekanan lidah pada langit-langit berkurang, mengalihkan ke bawah

mandibula dan mundur relatif terhadap dasar tengkorak [3].

Lidah dicirikan oleh organ yang pada dasarnya berotot, yang menempati ruang fungsional rongga mulut, dibentuk oleh jaringan otot lurik, yang secara aktif berpartisipasi dalam proses seperti mengisap, mengunyah, menelan, dan fonasi, yang sangat penting dalam menjaga kualitas hidup. Mengingat pentingnya organ ini, banyak peneliti memasukkan pengukuran kekuatan bahasa sebagai cara untuk mengevaluasi fungsi secara kuantitatif. Dengan demikian, penilaian kuantitatif meningkatkan kemungkinan diagnosis yang tepat dari ketegangan lidah dalam kasus perubahan gaya ringan, menjadi lebih sensitif untuk mendeteksi perbedaan kekuatan kecil yang diamati dengan perkembangan terapi atau penyakit[3].

Kekuatan tekanan lidah (*tongue pressure*) dapat dievaluasi dan diukur melalui instrumen pengukuran yang digunakan untuk berbagai terapi lanjutan. Pengukuran tekanan lidah yang tepat, sangat penting agar dapat berfungsi dengan baik dan tidak menimbulkan gangguan lainnya, seperti *disfagia*, *Maloklusi*, gangguan bicara dan gangguan *dentofacial* [1,4].

Disfagia merupakan suatu kondisi yang dicirikan dengan kondisi kesulitan menelan karena penurunan kemampuan tekanan lidah. *Disfagia* selain menimbulkan kondisi ketidaknyamanan bagi pasien, juga dapat menyebabkan komplikasi lainnya, seperti malnutrisi, dehidrasi dan aspirasi *pneumonia* yang dapat menyebabkan kematian. Selain itu kualitas hidup pasien penderita *disfagia* akan menurun [5].

Sejak tahun 1980, para peneliti telah membuat peralatan yang dapat mengukur tekanan lidah dan bibir. Sejak saat ini, beberapa peralatan telah dikembangkan untuk tujuan ini. Pada tahun 2011, terdapat sekitar 30 peralatan yang dapat mengukur

tekanan lidah dan bibir. Penelitian ini tetap berkembang dengan memperbaiki peralatan pengukur agar lebih efisien dan *portable* [2].

Karena pentingnya dalam pengukuran tekanan bibir dan lidah dalam bidang kesehatan gigi, maupun dalam kualitas hidup pasien yang memiliki gangguan tertentu akibat pengaruh tekanan lidah, maka sangat dibutuhkan peralatan yang dapat mengukur tekanan bibir dan lidah yang lebih baik.

Penelitian ini membuat PROTOTIPE PENGUKUR KEKUATAN TARIKAN BIBIR DAN PENGUKUR TEKANAN LIDAH dengan menggunakan sensor tekanan dan sensor *loadcell* sebagai sensor tarikan. Dimana prototipe peralatan ini diharapkan dapat dipabrikasi dan digunakan oleh fasilitas kesehatan gigi di Indonesia secara merata dengan harga yang lebih terjangkau.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang menjadi landasan tugas akhir ini, maka permasalahan yang akan menjadi objek penelitian adalah:

1. Bagaimana unjuk kerja prototipe alat pengukur kekuatan tarikan bibir dan pengukur tekanan lidah yang dibuat.
2. Bagaimana menentukan nilai ambang tekanan untuk membedakan kondisi normal dan tidak normal dari prototipe alat pengukur kekuatan tarikan bibir dan pengukur tekanan lidah.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui unjuk kerja dari prototipe pengukur tekanan lidah dan bibir dengan tampilan grafis pada monitor.
2. Menentukan nilai ambang tekanan pada kondisi normal dan tidak normal dari prototipe alat Pengukur Kekuatan Tarikan Bibir Dan Pengukur Tekanan Lidah.

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil akhir yang lebih terperinci dan lebih fokus, maka pembahasan permasalahan dibatasi dengan ketentuan berikut:

1. Kelainan yang dimaksud adalah *Dysfagia* dan *Malloclusi*
2. Sensor dalam penelitian, di pergunakan hanya sekali pakai dan terbatas.
3. Pengukuran pada alat, hanya pada titik-titik tertentu.
4. Jumlah pasien yang terbatas.
5. Metode pengambilan data yang terbatas

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan kontribusi pada teknologi kedokteran gigi dan tenaga medis di Indonesia dengan pembuatan prototipe alat yang dapat berfungsi dengan baik dan menampilkan hasil dalam bentuk grafis pada layar monitor alat.
2. Menjadi acuan atau sumber referensi dalam pengembangan sistem alat pengukuran kekuatan Lidah dan Bibir

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan gambaran umum penelitian yang dilakukan meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tentang teori yang diambil sebagai bahan referensi terkait dengan penelitian yang dilakukan.

BAB 3 METODOLOGI PENULISAN

Pada bab ini membahas mengenai jenis penelitian, waktu dan lokasi penelitian, teknik pengujian dan diagram alir (*flowchart*) penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai hasil penelitian dan pemecahannya.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh pada bab sebelumnya dan saran-saran yang dapat berguna dalam pengembangan studi kasus pada tugas akhir ini di masa akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Maloklusi*

Maloklusi adalah suatu kondisi yang menyimpang dari relasi normal gigi terhadap gigi lainnya dalam satu lengkung dan terhadap gigi pada lengkung rahang lawannya. *Maloklusi* merupakan keadaan yang tidak menguntungkan dan meliputi ketidakaturan lokal dari gigi geligi seperti gigi berjejal, *protrusif*, *malposisi* atau hubungan yang tidak harmonis dengan gigi lawannya.

Klasifikasi maloklusi *Angle* terdiri dari yaitu kelas I, kelas II dan kelas III. Perawatan kelas I *Angle* berbeda-beda tergantung pada kelainan gigi geliginya (tipe maloklusinya) [6].

1. Oklusi Normal: Hubungan gigi molar pertama rahang atas dan molar pertama rahang bawah yaitu puncak bonjol mesio bukal gigi molar pertama rahang atas terletak pada bukal groove gigi molar pertama rahang bawah. Puncak bonjol kaninus gigi rahang atas terletak pada titik pertemuan antara kaninus bawah dengan premolar satu rahang bawah. Contoh oklusi normal diperlihatkan pada Gambar 2.1.

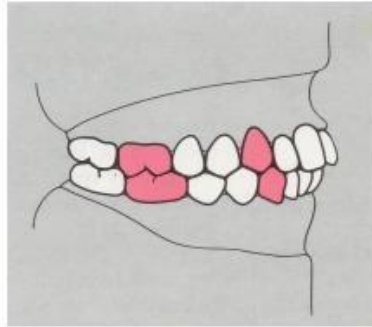


Gambar 2.1 Pasien *Oklusi Normal*

(Sumber: Proffit et al. 2000)

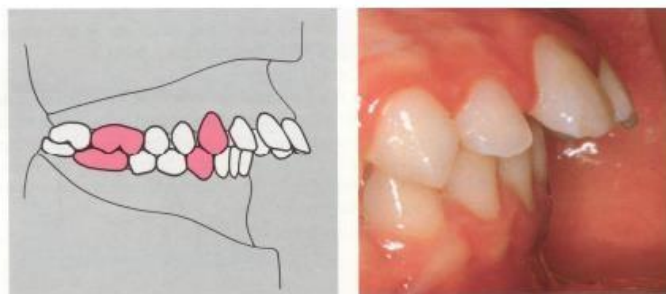
2. Maloklusi kelas I *Angle* (*Neutroclusion*) : Puncak bonjol mesiobukal gigi molar pertama tetap rahang atas berada pada *buccal groove* dari molar pertama tetap

rahang bawah. Gigi molar hubungannya normal, dengan satu atau lebih gigi anterior malposisi. *Crowding* atau *spacing* mungkin terlihat. Ketidakteraturan gigi paling sering ditemukan di regio rahang bawah anterior, erupsi bukal dari kaninus atas, rotasi insisif dan pergeseran gigi akibat kehilangan gigi. Contoh oklusi normal diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Pasien Maloklusi kelas I *Angle*
(Sumber: Proffit et al. 2000)

3. Maloklusi kelas II *Angle* (*Distoclusion*) : Molar pertama tetap rahang atas terletak lebih ke mesial daripada molar pertama tetap rahang bawah atau puncak bonjol mesiobukal gigi molar pertama tetap rahang atas letaknya lebih ke anterior daripada *buccal groove* gigi molar pertama tetap rahang bawah. Contoh oklusi normal diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pasien Maloklusi kelas II *Angle*
(Sumber: Proffit et al. 2000)

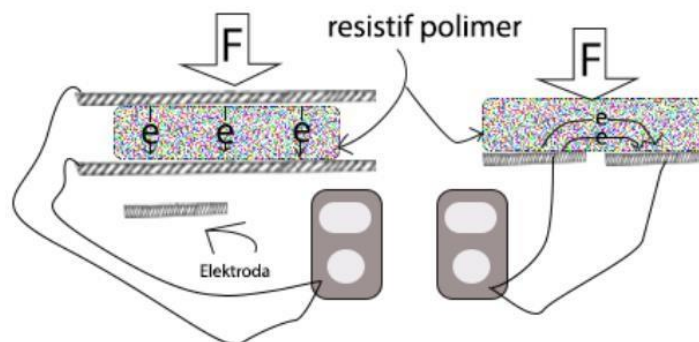
2.2 Kekuatan Bibir

Kekuatan bibir berhubungan dengan kemampuan otot perioral untuk menghasilkan tekanan yang cukup untuk menutup rapat bibir dan menjaganya tetap tertutup. Dalam tindakan menelan, meniup, mengisap, mengunyah, dan mengucapkan vokal, *orbicularis oris*, *buccinators*, dan otot-otot konstriktor superior berfungsi sebagai satu kesatuan [7]. Kekuatan bibir sangat penting untuk mengeluarkan makanan dari sendok dan untuk menghindari kebocoran makanan dan cairan [8]. Gangguan kekuatan bibir dapat menyebabkan air liur, retensi makanan di vestibulum dan mempengaruhi menelan. Selain menjadi cacat sosial yang cukup besar, ini bisa menjadi komplikasi yang parah dan mengancam jiwa, karena aspirasi air liur yang terkontaminasi dalam banyak kasus menyebabkan pneumonia [9]. Penurunan kemampuan untuk menghilangkan makanan dari rongga mulut karena disfungsi otot mulut meningkatkan risiko terjadinya karies. Telah terbukti bahwa tingkat keparahan air liur berkorelasi positif dengan waktu pembersihan gula [10]. Air liur dan keluarnya makanan dari mulut membuat makan bersama teman dan kerabat menjadi pengalaman yang memalukan dan terkadang bahkan traumatis [11]. Menggigit bibir dan lidah secara tidak sengaja dilaporkan sering terjadi pada pasien dengan fungsi motorik mulut yang buruk akibat kerusakan otak [12]. Selanjutnya, penutupan bibir sangat penting dalam artikulasi saat menghasilkan suara bilabial [13].

2.3 FSR (*Force Sensitive Resistor*)

Force Sensitive Resistor (FSR) adalah sensor yang melakukan perlawanan antara 2 pin berdasarkan gaya yang diberikan oleh resistansi yang turun sebagai kekuatan meningkat. FSR adalah salah satu sensor yang paling mudah untuk

digunakan. Meskipun semua sensor terlihat sangat berbeda, mereka memiliki sejumlah kesamaan. Pertama, memiliki tubuh yang terdiri dari isolator dan konduktor. Dalam Sensor CUI (*Corrosion Under Insulation*), yaitu kapton strip dengan konduktor tembaga, hal yang sama yang digunakan untuk papan sirkuit fleksibel. Untuk sisanya, mereka menggunakan plastik tipis dengan dicetak jejak (biasanya Indium-Tin-Oksida (ITO) atau tinta perak). Kesamaan lainnya adalah sepasang elektroda. Ini dapat menjadi cakram di kedua sisi bahan FSR, seperti yang ditunjukkan pada *Flexi Force* FSR di atas, atau dengan bergantian jejak pada sisi yang sama menggunakan sensor *Interlink*. Bagian akhir adalah bahan FSR sendiri, yang merupakan polimer resistif di sensor komersial. Sebuah penampang melintang dari kedua gaya ini ditampilkan di bawah ini [14].

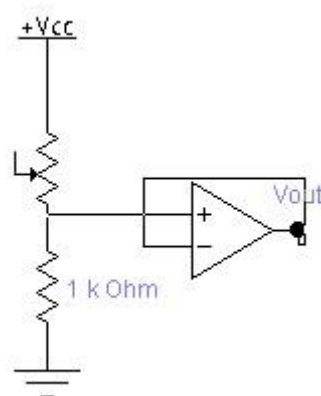


Gambar 2.4 FSR penempatan elektroda : kiri-menentang sisi (*FlexiForce*), kanan-sisi yang sama (*Interlink*) (Sumber: Dio lah sendiri)

Interlink FSR memiliki fitur unik yaitu polimer resistif yang terpasang dengan pita sisi ganda di tepi. Ini berarti bahwa bahan FSR tidak menghubungi elektroda saat tidak ada gaya yang diterapkan dan karenanya perlawanan tak terbatas. Hal ini memungkinkan untuk deteksi kontak yang mudah/ tidak-kontak dan konsisten off-state. Hal ini juga memungkinkan untuk mengambil materi off dengan mudah, jika

ingin membuat elektroda dan FSRs kustom sendiri.

Sensor *Force Sensitive resistor* (FSR) 402 merupakan sebuah sensor gaya (*Force*) atau beban (*load*), sensor ini berbentuk *printed circuit* yang sangat tipis dan fleksibel. Sensor ini sangat mudah diimpletasikan untuk mengukur gaya tekan antara 2 permukaan dalam berbagai aplikasi. Sensor FSR bersifat resistif dan nilai konduktansinya berbanding lurus dengan gaya/beban yang diterimanya. Semakin besar tekanan yang diberikan maka semakin kecil output resistansi dari sensor ini. Saat tidak diberikan tekanan biasanya resistansi sensor ini lebih dari 1 mega ohm, sedangkan pada saat diberikan tekanan penuh resistansinya bisa mencapai 1 kilo ohm. FSR 402 memiliki ketebalan 0,30 mm dengan area aktif sensor diameter 5,0.



Gambar 2.5 Skematik FSR
(Sumber: Diolah sendiri)

Force sensitive resistor memiliki prinsip seperti resistor (tahanan) pada rangkaian listrik yang sederhana yang mana tekanan pada permukaan sensor merupakan tahanan bagi tegangan yang masuk. Semakin berat beban yang dihasilkan maka semakin kecil nilai tahanan dan tegangan keluaran semakin besar.

FSR moderen menggunakan polimer resistif untuk mendapatkan efek yang sama, tetapi karena ukuran kecil “butiran” dalam polimer, mereka mencapai

perubahan resistansi yang jauh lebih seragam dengan tekanan. FSR dapat dibangun sendiri dari busa konduktif jenis sirkuit terpadu yang bisa dikirim dalam perlindungan *anti-static*. Di sepotong busa ini dapat dilihat semua rongga ketika tidak di kompresi. Jika ditempatkan elektroda di kedua sisi (atau dua pada satu sisi), maka dapat dibuat drop perlawanan dengan mengompresi semua rongga dari busa. Dengan busa yang ditunjukkan dibawah, perlawanan tak terbatas dengan tidak ada tekanan [14].

2.4 Keuntungan dan Kekurangan FSR

FSR hanya resistor, sehingga mudah untuk bekerja ke sirkuit dan terkadang tidak memerlukan sirkuit dukungan. FSR juga relatif murah dan banyak tersedia. Kelemahan FSR adalah hasil dari komponen yang berada di pusat bahan resistif penekuk di tengah. Sama seperti *spoons*, dibutuhkan waktu untuk mengembang kembali setelah dikompresi. Waktu re-inflasi adalah fungsi dari berapa lama dan seberapa keras saat menekan atasnya. Setelah dilepaskan, nilai FSR akan kembali ke 95% dari nilai awal hampir seketika dan kemudian melayang 5% selama 10 detik berikutnya [14].

Bahan ini juga sensitif terhadap bagaimana jika di tekan. Memiliki respon tekanan non-linear yang bervariasi dengan waktu, suhu, kelembaban dan bahkan antara bagian-bagian dari *batch* produksi yang sama. Hal ini membuat FSR bukan pilihan karena akurasi dan sering dilakukan pengulangan terutama di berbagai unit. Untungnya, banyak aplikasi musik dalam loop umpan balik yang cukup dengan hanya menekan lebih keras atau lembut untuk mendapatkan efek yang diinginkan.

2.5 Sensor Load Cell

Load Cell merupakan komponen inti yang terdapat pada timbangan digital. Secara umum *load cell* digunakan untuk menghitung massa dari suatu benda. Sebuah sensor *load cell* tersusun dari beberapa konduktor, *Strain Gauge*, dan jembatan *wheatstone* [15]. Sensor *load cell* yang dipakai dalam penelitian ini memiliki kapasitas berat maksimum 2 kg.

2.6 Modul Amplifier HX 711

Modul HX711 merupakan modul *amplifier* yang biasa digunakan dalam rangkaian timbangan digital sebagai modul konversi sinyal *analog* ke *digital* pada *load cell*. Memiliki presisi tinggi 24 ADC *high gain input* yang didesain untuk berbagai sensor berjenis *bridge*. Terdapat dua channel A dan B (*fix gain 32*) yang berkomunikasi secara multipleks, modul ini dapat diprogram untuk gain 128 atau 64 (20 mV atau 40 mV). Prinsip kerja dari modul HX711 ini yaitu sebagai penguat tegangan pada *load cell* pada saat *load cell* bekerja. Modul HX711, yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, memiliki presisi 24-bit *analog to digital converter* (ADC) [15].



Gambar 2.6. Amplifier HX711
(Sumber: Nuryanto. R, 2015)

2.7 Raspberry Pi

Raspberry Pi adalah sebuah komputer papan tunggal SBC (*single-board computer*) berukuran kartu kredit. Raspberry Pi telah dilengkapi dengan semua fungsi layaknya sebuah komputer lengkap, menggunakan SoC (*system-on-a-chip*) ARM (*advanced RISC machines*) yang dikemas dan diintegrasikan di atas PCB (*process control board*). Perangkat ini menggunakan kartu SD (*secure digital*) untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang [16].

Raspberry Pi memiliki dua model yaitu model A dan model B. Perbedaan model A dan B terletak pada memori yang digunakan, model A menggunakan memori 256 MB dan model B 512 MB. Selain itu model B juga sudah dilengkapi dengan *ethernet port* (kartu jaringan) yang tidak terdapat di model A. Desain Raspberry Pi didasarkan seputar SoC (*System-on-a-Chip*) *Broadcom BCM2835*, yang telah menanamkan prosesor ARM1176JZF-S dengan 700 MHz, *VideoCore IV GPU*, dan *256 Megabyte RAM* (model B).

Penyimpanan data di disain tidak untuk menggunakan *hard disk* atau *solid-state drive*, melainkan mengandalkan kartu SD (*SD memory card*) untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang. Hardware Raspberry Pi tidak memiliki *real-time clock*, sehingga OS (*Operating System*) harus memanfaatkan *timer* jaringan server sebagai pengganti. Namun komputer yang mudah dikembangkan ini dapat ditambahkan dengan fungsi *real-time* (seperti DS1307), melalui saluran GPIO (*General-purpose input/output*) melalui antarmuka *I²C* (*Inter-Integrated Circuit*) [16].

Raspberry Pi bersifat *open source* (berbasis Linux), Raspberry Pi bisa dimodifikasi sesuai kebutuhan penggunaannya. Sistem operasi utama Raspberry Pi menggunakan Debian GNU/Linux dan bahasa pemrograman Python [17].

2.8 Raspberry Pi 3

Raspberry Pi 3 adalah generasi ketiga dari Raspberry Pi, menggantikan Raspberry Pi 2 Model B pada Februari 2016. Raspberry Pi3 memiliki bentuk yang identik dengan Raspberry Pi 2 sebelumnya (dan Pi 1 Model B+) dan memiliki kompatibilitas lengkap dengan Raspberry Pi 1 dan 2. Pada perangkat terbaru ini Raspberry menambahkan fitur *built-in wireless* dan processor yang lebih bertenaga yang belum pernah dimiliki pada versi sebelumnya. Spesifikasi dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Raspberry Pi 3

Spesifikasi	Keterangan
SoC	BCM2837
Processor	1.2GHz 64-bit quad-core
Memory/RAM	1 GB SDRAM 400 MHz
GPU	VideoCore IV 3D graphics core
Wireless Adapter/LAN	802.11n Wireless LAN
Bluetooth	Bluetooth 4.1 (built in)
GPIO	40 pin
Port USB	4 USB port
Card Storage	Micro SD card slot
Jaringan	Ethernet Port
External Audio & Video	Full HDMI port, CSI, DSI, Combine 3.5mm audio jack
Sistem Operasi	Debian GNU/Linux, Fedora, Arch Linux, ARM, RISC

Raspberry Pi ini memiliki kelebihan dan kelemahan sebagai berikut [16]:

· Kelebihan Raspberry Pi :

- Raspberry Pi ini menggunakan Micro SD Card untuk menyimpan data, baik itu data *Operating System* ataupun untuk media penyimpanan data jangka panjang.
- Memiliki keunggulan pada grafis 3D dan tampilan *Blue-ray* pada video.
- Mendukung *overclock* dan *overvolting* dengan cara mengedit file config.txt

- Dapat menjalankan program - program perkantoran
- Kelemahan Raspberry Pi :
 - Raspberry Pi ini cukup sensitive dengan listrik statis sehingga jika ingin menggunakan perangkat ini harus berhati – hati dalam memegangnya.
 - Jika mengedit file config.txt untuk membuat Raspberry Pi agar bisa overclock dan overvolting maka dapat memperpendek usia perangkat SoC (*System On Chip*).

Arsitektur Raspberry Pi didasarkan pada SoC (*System-on-a-chip*) Broadcom BCM2837, yang telah menanamkan prosesor 1.2GHz 64-bit quad-core ARMv8, VideoCore IV 3D Graphics Core GPU, dan 1 Gigabyte RAM. Penyimpanan data didesain tidak untuk menggunakan *hard disk* atau *solid-state drive*, melainkan mengandalkan kartu SD (*SD memory card*) untuk *booting* dan penyimpanan jangka panjang sebagaimana pada gambar 2.8 berikut[8].



Gambar 2.7 Arsitektuk Raspberry Pi Model B
(Sumber : Bambang. Y., Pulong Nugroho. S., Herianto, 2015)

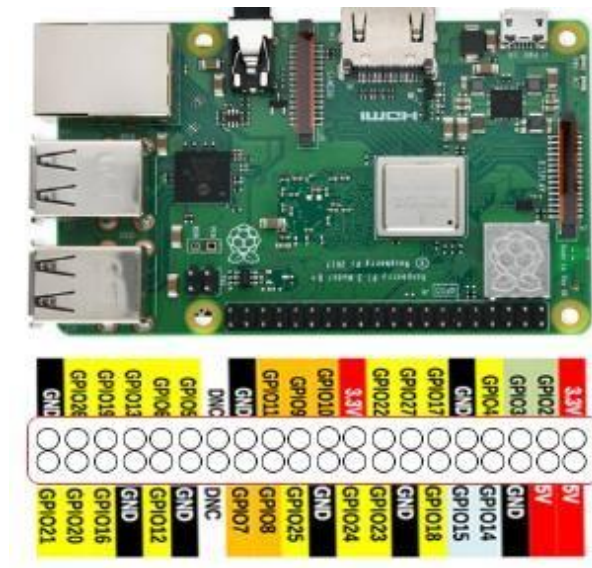
Keterangan dari gambar 2.7 sebagai berikut:

1. Pin GPIO (40 Pin)

2. *On Board Bluetooth 4.1 and BCM 43143 Wi-fi*
3. *DSI Display Port*
4. *BCM2837 1.2GHz -64-bit quad-core ARMv8 CPU dan 1GB RAM*
5. *Micro USB Power Input Up to 2,5A*
6. *HDMI Video Output*
7. *CSI Camera Port*
8. *3.5 mm 4-pole Composite Video and Audio Output Jack*
9. Ethernet Port 10. : 4 Usb Port .

2.9 Konfigurasi Pin GPIO Raspberry Pi 3

Jumlah pin GPIO berbeda untuk Raspberry Pi dengan Raspberry Pi 2 dan 3. Raspberry Pi 1 memiliki 26 pin, sedangkan Raspberry Pi 2 dan 3 memiliki 40 pin. Berikut Konfigurasi Pin GPIO pada gambar [18].



Gambar 2.8 Konfigurasi Pin Raspberry Pi
sumber: Diolah Sendiri

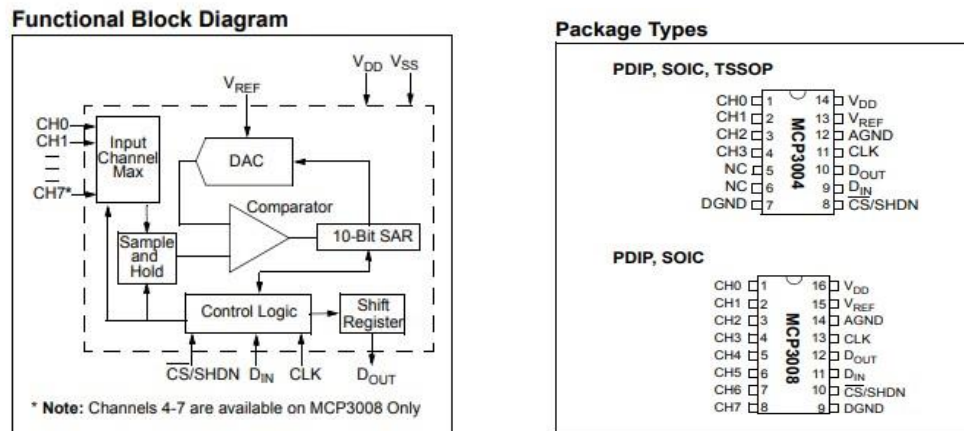
2.10 Sistem Operasi Raspberry Pi

Sistem operasi yang digunakan oleh Raspberry Pi biasa disebut Rasbian. Merupakan sistem operasi bebas berbasis Debian GNU / LINUX dan dioptimalkan untuk perangkat keras Raspberry Pi (arsitektur prosesor ARMHF). Raspbian dilengkapi dengan lebih dari 35.000 paket, atau perangkat lunak precompiled paket dalam format yang bagus untuk kemudahan instalasi pada Raspberry Pi. Awal mulai di rilis sejak Juni 2012, yang terus aktif dikembangkan dengan penekanan pada peningkatan stabilitas dan kinerja sebaik mungkin. Meskipun Debian menghasilkan distribusi untuk arsitektur lengan, Rasbian hanya kompatibel dengan versi yang lebih baru dari versi yang digunakan pada Raspberry Pi (ARMv7 CPU-A dan vs Raspberry Pi ARMv6 CPU yang lebih tinggi) [18].

2.11 MCP 3008

Perangkat *Microchip Technology Inc.* MCP3004/3008 adalah konverter Analog to-Digital (A/D) 10-bit aproksimasi berturut-turut dengan sampel terpasang dan sirkuit penahan. MCP3004 dapat diprogram untuk menyediakan dua pasangan input diferensial semu atau empat input ujung tunggal. MCP3008 dapat diprogram untuk menyediakan empat pasangan masukan diferensial semu atau delapan masukan ujung tunggal. Nonlinier Diferensial (DNL) dan Nonlinier Integral (INL) ditentukan pada ± 1 LSB. Komunikasi dengan perangkat dilakukan dengan menggunakan antarmuka serial sederhana yang kompatibel dengan protokol SPI. Perangkat mampu tingkat konversi hingga 200 ksps. Perangkat MCP3004/3008 beroperasi pada rentang tegangan yang luas (2.7V - 5.5V). Desain arus rendah memungkinkan operasi dengan arus siaga tipikal hanya 5 nA dan arus aktif tipikal

320 A. MCP3004 ditawarkan dalam paket PDIP 14-pin, SOIC 150 mil dan TSSOP, sedangkan MCP3008 ditawarkan dalam paket PDIP dan SOIC 16-pin [19].



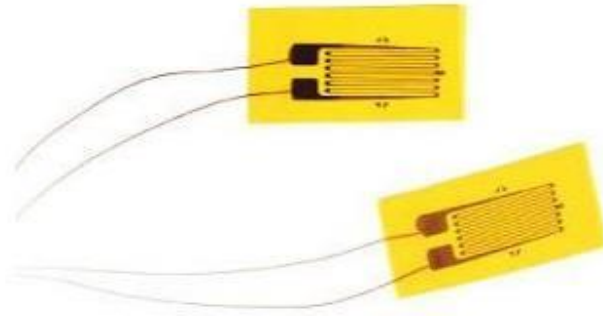
Gambar 2.9 MCP 3008

sumber: <https://cdn.shop.adafruit.com/datasheets/MCP3008.pdf>

2.12 Strain Gauge

Pengertian *Strain Gauge* adalah komponen elektronika yang biasa digunakan untuk mengukur suatu *deformasi* maupun *strain*. Alat ini berbentuk foil berupa logam yang mempunyai sifat isolasi yang ditempelkan pada benda uji yang akan diukur tekanannya, dan tekanan yang dihasilkan didapat dari pembebanan. Cara kerjanya adalah jika tekanan yang terjadi pada benda mengalami perubahan, maka kawat logam akan mengalami deformasi, dan nilai tahanan pada alat pun berubah. Perubahan pada tahanan selanjutnya dimasukkan ke dalam rangkaian listrik berupa jembatan *Wheatstone*. Setelah itu akan diketahui berapa besarnya tahanan pada *Strain Gauge*.

Sensor *Strain Gauge* pada dasarnya adalah tipe kawat logam, dimana konfigurasi dari grid terbentuk melalui proses *photoetching*. Karena proses yang mudah, maka dapat dibentuk ukuran dari gauge yang bermacam macam. Gambar *Strain Gauge* ditunjukkan dibawah ini [20].



Gambar 2.10. *Strain Gauge*
sumber: Yuwono et all. 2019

2.13 TKinter

TKinter (TK *Interface*) adalah suatu pustaka GUI (alat penghubung pemakai grafis) *widget* standar pembuatan *interface python* untuk TK GUI *Toolkit*. *TKinter* merupakan pustaka yang secara langsung dipaketkan di dalam *python* dan bekerja berdasarkan *toolkit* yang terdapat pada *python* itu sendiri. *Tkinter* merupakan antarmuka grafis dari TCL (*Tool Command Language*), yang memberikan kemudahan bagi para *programmer* dalam pembuatan programnya.

TKinter dapat memberikan kemudahan dalam pembuatan program berbasis grafis. Setiap GUI *Toolkit* menyediakan *widget*, yaitu objek *user interface* seperti *button*, *scrollbar*, *listbox*, *checkboxbutton*, *radiobutton*, *label text* dan lain sebagainya. *Widget* mengkapsulasi detail implementasi dan untuk setiap *widget* telah didefinisikan perilaku *default*-nya sehingga mempermudah pemrograman GUI [17].

2.14 Matplotlib

Matplotlib adalah library pada pemrograman Python untuk menampilkan data atau grafik. Pada awalnya library ini di temukan oleh *John D. Hunter* dan saat ini telah di kembangkan oleh tim yang jauh lebih besar. Penggunaan awal library matplotlib yaitu untuk menampilkan grafik berdasarkan publikasi ilmiah. Matplotlib

mampu berfungsi pada skrip Python, Python dan IPython shell, server aplikasi web, dan beberapa toolkit *graphical user interface* (GUI) lainnya [21].