

# **SKRIPSI**

## **SIMULASI PEMBANGKITAN SAMPAH MENGGUNAKAN TEMPAT SAMPAH CERDAS DENGAN METODE MONTE CARLO (STUDI KASUS : KECAMATAN BIRINGKANAYA KOTA MAKASSAR)**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**GIYANI RAYANI**

**D121171002**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**SIMULASI PEMBANGKITAN SAMPAH MENGGUNAKAN  
TEMPAT SAMPAH CERDAS DENGAN METODE MONTE CARLO  
(STUDI KASUS: KECAMATAN BIRINGKANAYA KOTA  
MAKASSAR)”**

Disusun dan diajukan oleh

**GIYANI RAYANI  
D121 17 1002**

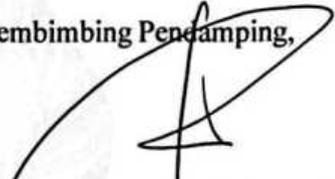
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian  
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 31 Mei 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.  
NIP 196404271989101002

  
Dr. Eng. Ady Wahyudi, S.T., M.T.  
NIP 197503132009121003

Ketua Program Studi,

  
Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., MT., M.Bus Sys., IPM, ASEAN. Eng.  
NIP 197507162002121004



## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;  
Nama : Giyani Rayani  
NIM : D121171002  
Program Studi : Teknik Informatika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Simulasi Pembangkitan Sampah Menggunakan Tempat Sampah Cerdas Dengan Metode Monte Carlo (Studi Kasus: Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar)

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

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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.

Gowa, 31 Mei 2024

Yang Menyatakan

  
  
Giyani Rayani



## ABSTRAK

**GIYANI RAYANI** . *Simulasi Pembangkitan Sampah Menggunakan Tempat Sampah Cerdas Dengan Metode Monte Carlo (Studi Kasus Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar)* (dibimbing oleh Zahir Zainuddin dan Ady Wahyudi Paundu)

Sampah merupakan konsekuensi langsung dari kehidupan sehingga dapat dikatakan bahwa sampah muncul sejak adanya kehidupan manusia. Munculnya sampah bersamaan dengan aktivitas manusia dimulai dari usaha pengambilan sumber daya alam sebagai bahan baku yang berlanjut menjadi bahan yang siap digunakan untuk energi, bahan setengah jadi untuk pembuatan suatu barang dan aktivitas jasa dalam mengosumsi barang-barang tersebut untuk mencapai kesejahteraan hidup manusia.

Sampah itu sendiri karena sifatnya yang tidak terpakai lagi cenderung memberikan masalah yang sifatnya jangka panjang terutama ketika jumlahnya mencapai dalam skala besar. Terdapat pada data rumah langganan sampah yang terdapat di Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar berjumlah 550 data.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mensimulasi pembangkitan sampah menggunakan tempat sampah cerdas metode monte carlo yang dapat digunakan oleh masyarakat Kecamatan Biringkanaya. Penelitian ini menggunakan tempat sampah cerdas sistem pembacaan volume sampah ketika keadaan 100%, pengujian sistem pembacaan volume sampah ketika 50% dan pengujian sistem pembacaan volume sampah ketika 0%.

Melalui tempat sampah cerdas, penelitian ini berhasil memudahkan petugas kebersihan dan meminimalisir waktu, simulasi ini diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web. Aplikasi ini dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan pengguna dapat hasil secara langsung. Metode monte carlo dimana kita dapat melihat hasil simulasi dengan nilai rata-rata (18,22) dan standar deviasi (2,57)

Kata Kunci : Sampah, Simulasi, Monte Carlo, Nilai Rata-Rata, Standar



## ABSTRACT

**GIYANI RAYANI** . *Simulation of waste generation using smart trash bins with the Monte Carlo method in the (Case Study of and Mapping of the Biringkanaya District)* (supervised by Zahir Zainuddin dan Ady Wahyudi Paundu)

Waste is a direct consequence of life so it can be said that waste has appeared since the existence of human life. The emergence of waste coincides with human activities starting from efforts to extract natural resources as raw materials which continue to become materials ready to be used for energy, semi-finished materials for making goods and service activities in consuming these goods to achieve a prosperous human life.

Because of its unusable nature, waste itself tends to cause long-term problems, especially when the amount reaches a large scale. There are 550 data on waste subscription houses in Biringkanaya District, Makassar City.

The main objective of this research is to simulate waste generation using smart trash bins using the Monte Carlo method which can be used by the people of Biringkanaya District. This research uses an intelligent trash bin with a waste volume reading system when it is 100%, testing a waste volume reading system when it is 50% and testing a waste volume reading system when it is 0%.

Through smart trash cans, this research succeeded in making things easier for cleaning staff and minimizing time. This simulation was integrated into a web-based application. This application is designed in such a way that it allows users to get results directly. Monte Carlo method where we can see the simulation results with the average value (18.22) and standard deviation (2.57)

*Keywords:* Garbage, Simulation, Monte Carlo, Mean Value, Standard Deviation.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iiv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	13
1.1    Latar Belakang.....	14
1.2    Rumusan Masalah.....	15
1.3    Tujuan Penelitian.....	15
1.4    Manfaat Penelitian.....	15
1.5    Ruang Lingkup.....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	17
2.1    Perumahan.....	17
2.2    Sampah.....	18
2.3    Tempat Sampah.....	18
2.4    Tempat Pembuangan Akhir.....	20
2.5    Simulasi.....	21
2.5.1  Simulasi <i>Monte Carlo</i> .....	23
2.6    Codeigniter.....	26
2.7    Boostrap.....	26
2.8    PHP.....	27
2.9    Xampp.....	27
Mysql.....	27
Visual Studio Code.....	27
NodeMCU.....	30



2.13	Sensor ir <i>proximity</i> .....	31
2.14	Modul12c.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....		35
3.1	Tahapan Penelitian .....	35
3.2	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	37
3.3	Instrumen Penelitian.....	37
3.4	Teknik Pengambilan Data .....	37
3.5	Tahap Perancangan Sistem.....	40
3.5.1	Tahap Perancangan Hardware Alat .....	40
3.5.2	Tahap Perwujudan Alat .....	40
3.6	Tahap Perwujudan Software .....	40
3.6.1	Perancangan Software Alat .....	40
3.6.2	Perancangan Simulasi Monte Carlo .....	42
3.7	Tahap Alur Komunikasi Sistem .....	45
3.8	Tahap Usecase Sistem .....	46
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		48
4.1	Hasil Perancangan Sistem .....	48
4.1.1	Hasil Perancangan Sistem <i>ir proximity</i> .....	48
4.2	Pembahasan Website .....	52
4.2.1	Website.....	52
4.3.	Simulasi Hasil Pembangkitan Monte Carlo.....	55
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN.....		59
5.1	Kesimpulan.....	59
5.2	Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA.....		60
Lampiran Listing Program .....		64



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Codeigniter.....	25
Gambar 2 Bootstrap... ..	25
Gambar 3 Php.....	26
Gambar 4 Xampp.....	27
Gambar 5 MySql.....	28
Gambar 6 Visual studio code .....	29
Gambar 7 NodeMCU .....	30
Gambar 8 Sensor <i>ir proximity</i> .....	31
Gambar 9 Modul 12c .....	33
Gambar 10 Diagram Alur Penelitian.....	37
Gambar 11 Data Warga Kecamatan Biringkanaya .....	38
Gambar 12 Skema Desain.....	39
Gambar 13 Perwujudan Alat.....	40
Gambar 14 <i>Flowchart software</i> alat.....	40
Gambar 15 <i>Flowchart</i> simulasi monte carlo.....	42
Gambar 16 Data Warga Kecamatan Biringkanaya .....	43
Gambar 17 Hasil dari sebelum data cleaning.....	43
Gambar 18 Hasil data cleaning... ..	43
Gambar 19 Tahap alur komunikasi sistem.....	45
Gambar 20 Tahap usecase sistem.....	46
Gambar 21 Pengujian sistem pembacaan volume sampah ketika (100%).....	48
Gambar 22 Menunjukkan keadaan tempat sampah saat mencapai (100%.....	49
Gambar 23 Pengujian sistem pembacaan volume sampah ketika (50%).....	50
Gambar 24 Menunjukkan keadaan tempat sampah saat (50%).....	50
Gambar 25 Pengujian sistem pembacaan volume sampah ketika (0%).....	52
Gambar 26 Menunjukkan keadaan tempat sampah ketika (0%).....	52
Gambar 27 Website.....	52
Gambar 28 Histogram data asli.....	55



Gambar 26 Histogram distribusi hasil simulasi... ..56  
Gambar 27 Grafik hasil simulasi.....58



## DAFTAR TABEL

Tabel 1. DatasetWarga Kecamatan Biringkanaya.....	43
Tabel 2. Sebelum Data Cleaning.....	43
Tabel 3. Hasil Setelah di Cleaning .....	43



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Listing Program Tempat Sampah Cerdas .....	65
Lampiran 2. Program Import Libraries .....	65
Lampiran 3. Listing Program Input Data Lokasi Perumahan .....	65
Lampiran 4. Listing Program Menerima Data dari Sensor .....	65
Lampiran 5. Listing Program Kondisi Tempat Sampah Masih Kosong .....	66
Lampiran 6. Listing Program Kondisi Tempat Sampah Masih Setengah .....	66
Lampiran 7 Listing Program Kondisi Tempat Sampah Masih Terisi Penuh .....	66
Lampiran 8. Listing Program Simulasi Pembangkitan Monte Carlo .....	67
Lampiran 9. Menampilkan Grafik Hasil Pembangkitan .....	68
Lampiran 10. Hasil Distribusi Hasil Simulasi .....	71



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
KBBI	<i>Kamus Besar Bahasa Indonesia</i>
LPA	<i>Lokasi Pembuangan Akhir</i>
RW	<i>Rukun Warga</i>
RT	<i>Rukun Tetangga</i>
TPA	<i>Tempat Pembuangan Akhir</i>
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
MySql	<i>My Structured query Language</i>
LCD	<i>Liquid Crsystal Display</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>



## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala*, yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Simulasi Pembangkitan Sampah Menggunakan Tempat Sampah Cerdas Dengan Metode Monte Carlo (Studi Kasus : Kecamatan Biringkanaya Kota Makassar)**

Penulis menyadari bahwa penyusunan dan penulisan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, bimbingan serta ukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu , penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih banyak kepada

1. Allah *subhanahu wa ta'ala*, atas segala rahmat bantuan serta karunianya diberikan kepada penulis hingga saat ini.
  2. Kedua orang tua penulis, Bapak Udin Hi Idris dan Ibu Herlina Ramli yang selalu memberikan dukungan, doa, dan semangat yang tiada hentinya.
  3. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc., selaku pembimbing I dan bapak Dr. Eng. Ady Wahyudi Paundu, S.T., M.T selaku pembimbing II, yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian yang luar biasa dalam mengarahkan penulis menyelesaikan tugas akhir.
  4. Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, ST., MT., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng. selaku ketua departemen teknik informatika Universitas Hasanuddin.
  5. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu kelancaran penyelesaian tugas akhir.
  6. Adik penulis Herdianty Putri Ramadhani dan Muh. Raskha Bhayangkara yang telah memberikan dukungan kepada penulis untuk tetap semangat dalam menyusun tugas akhir.
- Rehabilitasi penulis sejak SMP hingga saat ini selalu setia yang mendengar keluhan kesah penulis, dan serta mendukung penulis dan menghibur penulis bersama Alifiah dan Nur April Yanti.



8. Sahabat penulis Kak Nurul Sudarman, Andi Khalisa, Andi Azzra yang selalu menyemangati penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dan menghibur penulis
9. Andi Priska Saskia, Suci Amaliyah yang selalu membantu penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.
10. Nurina Rahayu, Muh Bishram , Achmad Asjar dan Wahyu Faisal yang selalu kebersamaidi setiap proses dan moment selama masa perkuliahan di Teknik Informatika.
11. Penghuni Lab UBICON dan Lab CBS yang senantiasa membantu dan mendengar keluhan penulis selama menyelesaikan tugas akhir.
12. Teman-teman RECOGNIZER atas dukungan, bantuan, dan semangat yang diberikan selama ini.
13. Serta berbagai pihak atas segala dukungan dan bantuannya yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini baik isi maupun penyajian. Oleh karena itu penulis mengharapkan adanya saran serta masukan yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca dan semua pihak. Amiin.

Makassar, 11 Mei 2024

Penulis,  
Giyani Rayani



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Sampah adalah barang atau benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi dan sebagainya (KBBI2021). Sampah merupakan konsekuensi langsung dari kehidupan, sehingga dapat dikatakan bahwa sampah muncul sejak adanya kehidupan manusia. Munculnya sampah bersamaan dengan aktivitas manusia, dimulai dari usaha pengambilan sumber daya alam sebagai bahan baku yang berlanjut menjadi bahan yang siap digunakan untuk energi, bahan setengah jadi untuk pembuatan suatu barang, dan aktivitas jasa dalam mengonsumsi barang-barang tersebut untuk mencapai kesejahteraan hidup manusia (Salintung,2015).

Namun sampah itu sendiri, karena sifatnya yang tidak terpakai lagi cenderung memberikan masalah yang sifatnya jangka panjang, terutama ketika jumlahnya mencapai dalam skala besar. Oleh karena itu, diperlukan penanganan serius dalam pengelolaan sampah, terutama pada volume sampah yang signifikan dan melebihi kapasitas lahan pembuangan di wilayah kecamatan dan kelurahan (KK), termasuk di Lahan Pembuangan Akhir (LPA). Bertambahnya jumlah populasi, peningkatan kemampuan ekonomi, produksi, dan konsumsi masyarakat menyebabkan peningkatan jumlah sampah secara proporsional (Ni Komang,2008).

Model penanganan sampah perkotaan saat ini menggunakan sistem pengangkutan sampah berdasarkan penjadwalan dan rute yang telah ditetapkan oleh pemerintah setempat. Namun, kendaraan pengangkutan sampah tetap beroperasi tanpa memperhatikan kondisi sampah yang sebenarnya. Hal ini berpotensi menyebabkan pemborosan sumber daya, terutama jika kendaraan tersebut berjalan di rute tertentu tanpa adanya sampah pada tempat-tempat yang dilaluinya.

Optimisasi penanganan sampah perkotaan perlu diupayakan dengan mengimplementasikan sistem sampah cerdas. Konsep dari sistem sampah cerdas ini mengintegrasikan sistem tempat sampah cerdas dan rute optimal utan sampah dari rumah hingga ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).



Sistem sampah cerdas memiliki kemampuan untuk memberikan informasi tentang kondisi sampah di setiap rumah- rumah. Informasi ini diteruskan kesuatu sistem dashboard informasi sampah perkotaan. Berdasarkan informasi yang diterima oleh dashboard ini, sistem rute optimal dapat beroperasi secara efisien mengingat faktor-faktor seperti jumlah kendaraan pengangkutan sampah dan sumber daya lainnya yang tersedia.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari pengerjaan tugas akhir ini adalah :

Bagaimana menerapkan simulasi monte carlo pada pembangkitan sampah menggunakan tempat sampah cerdas di Kecamatan Biringkanaya

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan informasi keadaan sampah berupa keterisian tempat sampah di setiap rumah pada daerah yang telah ditentukan sebagai contoh studi kasus adalah Kecamatan Biringkanaya

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan manfaat yang didapatkan yaitu memberikan informasi terkait simulasi pembangkitan sampah perumahan kepada petugas kebersihan Kecamatan Biringkanaya.

## 1.5 Ruang Lingkup

Untuk bagian ruang lingkup pada penelitian ini, penulis membagi menjadi beberapa poin:

1. Pengambilan data dilakukan di Kecamatan Biringkanaya



mulasi Pembangkitan sampah menggunakan monte carlo  
ariabel-variabel penelitian terdiri dari :

Nama Warga

- b. Alamat
- c. RW/RT
- d. Jumlah Retribusi



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Perumahan

Perumahan adalah salah satu kebutuhan dasar manusia yang berhubungan dengan tempat tinggal. Perumahan memiliki berbagai fungsi, antara lain sebagai tempat berlindung, beristirahat, berkumpul, dan beraktivitas. Perumahan juga berpengaruh terhadap kesehatan, kenyamanan, dan kesejahteraan penghuninya (Fansuri & Firmansyah, 2017).

Perumahan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, seperti rumah tapak, rumah susun, apartemen, kondominium, dan lain-lain. Jenis perumahan biasanya disesuaikan dengan kebutuhan, kemampuan, dan selera penghuni. Faktor-faktor yang mempengaruhi pilihan jenis perumahan antara lain adalah luas lahan, biaya, lokasi, fasilitas, keamanan, dan lingkungan (Fansuri & Firmansyah, 2017).

Perumahan tidak hanya terdiri dari bangunan rumah saja, tetapi juga meliputi prasarana, sarana, dan utilitas umum yang mendukung kehidupan penghuni. Prasarana adalah infrastruktur dasar yang berupa jalan, saluran air, listrik, telepon, dan lain-lain. Sarana adalah fasilitas penunjang yang berupa tempat ibadah, pendidikan, kesehatan, olahraga, rekreasi, dan lain-lain. Utilitas umum adalah pelayanan publik yang berupa pengelolaan sampah, kebersihan, kebakaran, keamanan, dan lain-lain (Mentari, 2018).

Perumahan dapat dibangun oleh pihak swasta maupun pemerintah. Pihak swasta biasanya membangun perumahan untuk dijual atau disewakan kepada masyarakat. Pihak pemerintah biasanya membangun perumahan untuk menyediakan rumah yang layak huni bagi masyarakat berpenghasilan rendah atau miskin. Perumahan yang dibangun oleh pemerintah disebut juga perumahan rakyat atau perumahan subsidi (Mentari, 2018).



rumahan harus memenuhi beberapa persyaratan agar dapat dikatakan umah yang layak huni. Persyaratan tersebut antara lain adalah legalitas, 1, ketersediaan, keterjangkauan, dan keberlanjutan. Legalitas berarti

perumahan harus memiliki izin dan sertifikat yang sah. Kelayakan berarti perumahan harus memenuhi standar kualitas dan kuantitas yang ditetapkan. Ketersediaan berarti perumahan harus dapat memenuhi permintaan dan kebutuhan masyarakat. Keterjangkauan berarti perumahan harus memiliki harga dan biaya yang sesuai dengan kemampuan masyarakat. Keberlanjutan berarti perumahan harus ramah lingkungan dan dapat bertahan dalam jangka panjang (Mentari, 2018).

## 2.2 Sampah

Sampah adalah Sampah adalah barang atau benda yang dibuang karena tidak terpakai lagi dan sebagainya (KBBI, 2021). Sampah adalah hasil langsung dari kehidupan manusia, menandakan keberadaanya sejak awal kehidupan manusia. Muncul seiring dengan aktivitas manusia, dimulai dari usaha pengambilan sumber daya alam sebagai bahan baku yang kemudian diolah menjadi energi, bahan setengah jadi untuk pembuatan barang dan melibatkan aktivitas jasa dalam mengonsumsi produk-produk tersebut untuk meningkatkan kesejahteraan hidup manusia (Rahmawati,2018) .

Berdasarkan asal atau sumbernya, sampah padat dapat digolongkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

- a. Sampah Organik, adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan hayati yang didapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat *biodegradable*. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. Sampah rumah tangga sebagian besar merupakan bahan organik. Termasuk sampah organik, misalnya sampah dari dapur, sisa-sisa makanan, pembungkus (selain kertas, karet dan plastik), tepung, sayuran, kulit buah dan ranting. Selain itu, tradisional juga banyak menyumbangkan sampah organik seperti sampah sayuran, buah-buahan dan lain-lain.
- b. Sampah non organik atau anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan non hayati, baik berupa produk sintetis maupun hasil proses teknologi olahan bahan tambang. Sampah anorganik dibedakan menjadi sampah organik dan produk-produk olahannya, sampah plastik, sampah kertas, sampah keramik dan keramik. Sebagian besar anorganik tidak dapat diuraikan oleh



alam/*mikroorganisme* secara keseluruhan (*unbiodegrabele*). Sementara, sebagian lainnya hanya dapat diuraikan dalam waktu yang lama. Sampah jenis ini pada tingkat rumah tangga misalnya botol plastik, botol gelas, tas plastik, dan kaleng. (Bambang, 2018)

Beberapa dampak apabila sampah tidak dikelola dengan baik adalah sebagai berikut

- a. Sampah dapat menjadi sumber penyakit lingkungan menjadi kotor. Hal ini akan menjadi tempat yang subur bagi mikroorganisme patogen yang berbahaya bagi kesehatan manusia dan juga menjadi tempat sarang lalat, tikus dan hewan liar lainnya.
- b. Pembakaran sampah dapat berakibat pencemaran udara yang dapat mengganggu kesehatan masyarakat dan memicu terjadinya pemanasan global
- c. Pembusukan sampah dapat menimbulkan bau yang tidak sedap dan berbahaya bagi kesehatan. Cairan yang dikeluarkan dapat meresap ke tanah dan dapat menimbulkan pencemaran sumur, air tanah dan yang dibuang ke badan air akan mencemari sungai.
- d. Pembuangan sampah ke Sungai atau ke badan air dapat menimbulkan pendangkalan sungai, sehingga dapat memicu terjadinya banjir (Bambang, 2018).

### 2.3 Tempat Sampah

Tempat sampah adalah wadah atau alat yang digunakan untuk menampung sampah sementara sebelum dibuang atau diolah. Tempat sampah biasanya terbuat dari bahan plastik, logam, kayu atau kertas. Tempat sampah memiliki berbagai bentuk, ukuran, warna, dan fungsi sesuai dengan jenis dan sumber sampah yang ditampung (Prahastiwi, 2019)

Tempat sampah sangat penting untuk menjaga kebersihan dan kesehatan lingkungan. Dengan menggunakan tempat sampah, kita bisa mengurangi penyebaran sampah yang bisa membantu kita untuk memilah sampah sesuai dengan jenis dan potensi daur ulangnya (Prahastiwi, 2019).



Tempat sampah yang umumnya digunakan di rumah tangga adalah tempat sampah organik dan anorganik. Tempat sampah organik berfungsi untuk

menampung sampah yang berasal dari makhluk hidup, seperti sisa makanan, kulit buah, daun kering dan kotoran hewan. Tempat sampah anorganik berfungsi untuk menampung sampah yang berasal dari benda mati seperti plastik, kertas, kaca dan logam (Prahastiwi,2019).

Tempat sampah organik dan anorganik biasanya memiliki warna yang berbeda untuk memudahkan pengenalan. Tempat sampah organik biasanya berwarna hijau, sedangkan tempat sampah anorganik biasanya warna kuning. warna- warna ini sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pemerintah dan organisasi lingkungan (Cahyawati,2016).

Tempat sampah organik dan anorganik harus diangkut dan diolah secara teratur agar tidak menumpuk dan menimbulkan masalah. Tempat sampah organik bisa diolah menjadi pupuk kompos yang bermanfaat untuk pertanian dan perkebunan. Tempat sampah anorganik bisa diolah menjadi produk daur ulang yang bermanfaat untuk industri dan konsumsi.

Tempat sampah yang umum digunakan di tempat umum adalah tempat sampah residu dan tempat sampah khusus. Tempat sampah residu berfungsi untuk menampung sampah yang tidak bisa didaur ulang atau dimanfaatkan, seperti popok, pembalut, permen karet, dan rokok. Tempat sampah khusus berfungsi untuk menampung sampah yang berbahaya atau memerlukan perlakuan khusus, seperti baterai, obat-obatan, dan jarum suntik (Cahyawati, 2016).

Tempat sampah residu dan tempat sampah khusus biasanya memiliki warna yang berbeda untuk memudahkan pengenalan. Tempat sampah residu biasanya berwarna abu-abu, sedangkan tempat sampah khusus biasanya berwarna merah. Warna-warna ini sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pemerintah dan organisasi lingkungan (Cahyawati, 2016).

Tempat sampah residu dan tempat sampah khusus harus diangkut dan diolah secara khusus agar tidak mencemari lingkungan. Tempat sampah residu bisa diolah menjadi bahan bakar alternatif yang bermanfaat untuk pembangkit listrik. Tempat sampah khusus bisa diolah menjadi bahan baku baru yang bermanfaat untuk industri



msi (Cahyawati, 2016).

Tempat sampah yang umum digunakan di sekolah dan kantor adalah tempat sampah kertas berfungsi untuk menampung sampah yang

berasal dari kertas, seperti buku, koran, majalah, dan dokumen. Tempat sampah kertas biasanya berwarna biru sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh pemerintah dan organisasi lingkungan. (Cahyawati, 2016).

Tempat sampah kertas harus diangkut dan diolah secara teratur agar tidak menumpuk dan menimbulkan masalah. Tempat sampah kertas bisa diolah menjadi bubur kertas yang bermanfaat untuk membuat kertas baru. Tempat sampah kertas juga bisa diolah menjadi produk daur ulang lainnya, seperti kertas kerajinan, kertas seni, dan kertas kado (Cahyawati, 2016).

## 2.4 Tempat Pembuangan Akhir

TPA adalah tempat untuk membuang sampah dan bahan limbah lainnya yang dirancang untuk meminimalkan dampak sampah terhadap kesehatan manusia dan lingkungan TPA harus memenuhi syarat teknis seperti tersedia tempat yang luas tanah untuk menimbun lokasi yang mudah di akses tidak mencemari lingkungan dan tidak mengganggu estetika dan lalu lintas (Wassalawa, 2018).

TPA dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan sistem operasionalnya yaitu *sanitary landfill*, *controlled landfill*, dan *open dumping*. *Sanitary landfill* adalah sistem pemusnahan sampah yang dilakukan dengan cara menimbun sampah dengan tanah yang ditimbun selapis demi selapis *Controlled landfill* adalah sistem pemusnahan sampah yang dilakukan dengan cara menimbun sampah dengan tanah yang ditimbun secara berkala. *Open dumping* adalah sistem pemusnahan sampah yang dilakukan dengan cara menumpuk sampah di suatu tempat tanpa penutup sampah (Wasslaw, 2018).

TPA membutuhkan lahan yang cukup besar dan jauh dari pemukiman sehingga sering menimbulkan sosial dan ekonomi bagi masyarakat sekitar. Beberapa contoh masalah yang muncul adalah konflik lahan, penurunan kualitas hidup, dan hilangnya mata pencarian (Badrianto & Ekshsan, 2021).

TPA merupakan hierarki terbawah dalam pengelolaan sampah sehingga harus meminimalisir penggunaannya. Salah satu cara untuk mengurangi jumlah

yang masuk ke TPA adalah menerapkan konsep 3R (*reduce, reuse, recycle*) yang berarti mengurangi menggunakan kembali dan mendaur ulang sampah (Badrianto & Ekshsan, 2021).



TPS 3R adalah tempat penampungan sampah sementara yang melayani suatu kelompok masyarakat untuk mengelompokkan, memilih, dan mengolah sampah menjadi produk yang bernilai ekonomis. TPS 3R berfungsi untuk mengurangi kuantitas dan memperbaiki karakteristik sampah yang akan diolah lebih lanjut di TPA (Lawa *et al.*, 2021).

TPST adalah tempat pengumpulan, pemilahan, penggunaan ulang, pendauran ulang, pengolahan, dan pemrosesan akhir sampah. TPST adalah singkatan dari Tempat Pengolahan Sampah Terpadu. TPST merupakan salah satu solusi untuk mengatasi masalah sampah di perkotaan, dengan mengintegrasikan berbagai teknologi pengolahan sampah (Lawa *et al.*, 2021).

## 2.5 Simulasi

Simulasi adalah suatu cara untuk meniru atau menggambarkan suatu proses atau sistem yang ada di dunia nyata dengan menggunakan model matematis, statistik, atau komputer. Simulasi digunakan untuk mempelajari, menganalisis, atau menguji perilaku dan karakteristik dari proses atau sistem tersebut dalam berbagai kondisi atau situasi (Giyantoro, 2018).

Simulasi memiliki banyak manfaat dan tujuan, di antaranya adalah (Yulianti, 2020):

- a. Menghemat biaya, waktu, dan sumber daya yang dibutuhkan untuk melakukan eksperimen atau pengujian pada proses atau sistem yang asli (Yulianti, 2020).
- b. Mengurangi risiko, kesalahan, atau kerugian yang mungkin terjadi akibat dari eksperimen atau pengujian pada proses atau sistem yang asli.
- c. Meningkatkan pemahaman, pengetahuan, dan keterampilan tentang proses atau sistem yang disimulasikan.
- d. Membantu dalam pengambilan keputusan, perencanaan, desain, optimasi, kontrol, atau evaluasi dari proses atau sistem yang disimulasikan.



Simulasi memiliki beberapa jenis, di antaranya adalah (Yulianti, 2020):  
simulasi statis dan dinamis

Simulasi statis adalah simulasi yang tidak memperhatikan faktor waktu sedangkan simulasi dinamis adalah simulasi yang memperhatikan faktor waktu.

b. Simulasi deterministik dan stokastik

Simulasi deterministik adalah simulasi yang tidak melibatkan unsur ketidakpastian, sedangkan simulasi stokastik adalah simulasi yang melibatkan unsur ketidakpastian.

c. Simulasi diskrit dan kontinu

Simulasi diskrit adalah simulasi yang menganggap bahwa perubahan pada proses atau sistem terjadi pada titik-titik tertentu, sedangkan simulasi kontinu adalah simulasi yang menganggap bahwa perubahan pada proses atau sistem terjadi secara terus-menerus.

d. Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo adalah simulasi yang menggunakan metode pengambilan sampel acak untuk menghasilkan distribusi probabilitas dari hasil yang mungkin terjadi pada proses atau sistem.

Simulasi memiliki beberapa tahapan, di antaranya adalah (Yulianti, 2020):

a. Tahap perumusan masalah

Tahap ini meliputi identifikasi tujuan Batasan asumsi dan variabel yang berkaitan dengan proses atau sistem yang akan disimulasikan.

a. Tahap pembuatan model

Tahap ini meliputi pembentukan struktur hubungan dan persamaan matematis yang menggambarkan proses atau sistem yang akan disimulasikan.

b. Tahap pengkodean model

Tahap ini meliputi penerjemahan model matematis menjadi bahasa pemrograman yang dapat dijalankan oleh komputer

c. Tahap verifikasi dan validasi model

Tahap ini meliputi pengecekan kebenaran dan kesesuaian model dengan proses

1 sistem yang asli

tiap pengujian dan analisis model

tiap ini meliputi pengaturan parameter, skenario, dan kriteria yang

gunakan untuk menjalankan mengamati dan mengevaluasi hasil dan

ulasi



e. Tahap dokumentasi dan pelaporan model

Tahap ini meliputi penyusunan laporan yang berisi deskripsi hasil dan kesimpulan dari simulasi.

### 2.5.1 Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *Monte Carlo* didasarkan pada konsep probabilitas dan statistika. Probabilitas adalah ukuran seberapa sering suatu peristiwa terjadi dalam jangka panjang. Statistika adalah ilmu yang mempelajari cara mengumpulkan, menganalisis, dan menyajikan data. Simulasi *Monte Carlo* menggunakan data historis atau asumsi untuk menghasilkan distribusi probabilitas dari variabel yang mempengaruhi hasil yang diinginkan (Lubis, 2020).

Simulasi Monte Carlo menggunakan bilangan acak untuk merepresentasikan variabel yang tidak pasti. Bilangan acak adalah angka yang dipilih secara acak dari suatu rentang nilai. Misalnya, jika kita ingin memodelkan lemparan koin, kita bisa menggunakan bilangan acak 0 atau 1 untuk merepresentasikan kepala atau ekor. Simulasi Monte Carlo menghasilkan banyak bilangan acak untuk setiap variabel dan menghitung hasil yang sesuai (Lubis, 2020).

Simulasi Monte Carlo mengulangi proses penghitungan hasil berdasarkan bilangan acak berkali-kali. Setiap pengulangan disebut sebagai iterasi atau percobaan. Jumlah iterasi yang dilakukan tergantung pada kompleksitas masalah dan tingkat akurasi yang diinginkan. Semakin banyak iterasi yang dilakukan, semakin akurat hasil simulasi. Hasil dari setiap iterasi disimpan dalam suatu tabel atau grafik untuk kemudian dianalisis (Lubis, 2020).

Simulasi Monte Carlo menganalisis hasil dari semua iterasi untuk menghasilkan informasi yang berguna bagi pengambilan keputusan. Informasi ini bisa berupa rata-rata, median, modus, standar deviasi, rentang, persentil, atau nilai-nilai ekstrem dari hasil yang dihasilkan. Informasi ini bisa digunakan untuk mengukur risiko, ketidakpastian, sensitivitas, atau skenario alternatif dari hasil yang

n (Lubis, 2020).

Simulasi Monte Carlo memiliki beberapa keuntungan dibandingkan metode lainnya. Pertama, simulasi Monte Carlo bisa menangani masalah yang



melibatkan banyak variabel yang saling berhubungan dan memiliki distribusi probabilitas yang kompleks. Kedua, simulasi Monte Carlo bisa memberikan gambaran yang lebih realistis dan komprehensif tentang kemungkinan hasil yang bisa terjadi. Ketiga, simulasi Monte Carlo bisa memberikan informasi tentang probabilitas dan dampak dari hasil yang ekstrem atau jarang terjadi (Hasugian *et al.*, 2022).

Simulasi Monte Carlo memiliki beberapa langkah umum yang harus dilakukan untuk melaksanakan metode ini. Langkah-langkah umum tersebut adalah sebagai berikut (Hasugian *et al.*, 2022):

- a. Menentukan tujuan dan hasil yang ingin dicapai dari simulasi
- b. Mengidentifikasi variabel yang mempengaruhi hasil dan menentukan distribusi dari masing-masing variabel
- c. Menentukan jumlah iterasi yang dilakukan dan menyiapkan tabel atau grafik untuk menyimpan hasil
- d. Menghasilkan bilangan acak untuk setiap variabel dan menghitung hasil yang sesuai untuk setiap iterasi
- e. Mengalisis hasil dari semua iterasi dan menginterpretasikan informasi yang diperoleh dari simulasi.

Simulasi Monte Carlo adalah teknik yang berguna dan populer untuk memodelkan fenomena atau sistem yang tidak pasti. Simulasi Monte Carlo bisa memberikan informasi yang berguna bagi pengambilan keputusan yang melibatkan risiko, ketidakpastian, sensitivitas, atau skenario alternatif. Simulasi Monte Carlo membutuhkan data yang cukup dan valid, waktu dan sumber daya yang cukup, dan pengetahuan dan keterampilan yang cukup untuk melaksanakan metode ini. Simulasi Monte Carlo memiliki banyak aplikasi dalam berbagai bidang dan industri dan bisa dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak atau program komputer yang sesuai. (Hasugian *et al.*, 2022):



## 2.6 Codeigniter



Gambar 1 Codeigniter

*CodeIgniter* adalah aplikasi *open-source* yang didasarkan pada kerangka kerja PHP dengan model MVC atau biasa disebut *model view controller* yang berfungsi membangun sebuah situs web dinamis menggunakan kode PHP. Codeigniter juga dapat memudahkan *developer* untuk membuat aplikasi web berbasis PHP, karena *framework* sudah ada jadi tidak perlu menulis semua kode program dari awal (Ridwan & Tantri Hidayati ,2022).

*Codeigniter* diciptakan dengan tujuan memfasilitasi pengembangan proyek secara lebih cepat daripada menulis kode dasar atau kode struktural. Framework ini menyediakan berbagai pustaka yang komprehensif serta contoh implementasi kode yang mendalam, menjadikan dokumentasinya sebagai salah satu alasan utama mengapa banyak yang memilih *Codeigniter* sebagai kerangka kerja pilihan mereka. (Ridwan & Tantri Hidayati ,2022).

## 2.7 Bootstrap



Gambar 2 Bootstrap

Bootstrap adalah platform CSS (Cascading Style Sheet) yang digunakan mendesain situs web. Bootstrap adalah alat hebat yang dapat digunakan pemrograman saat membangun situs web. Contoh, CSS di Bootstrap menyediakan tool, navigasi dan elemen lain yang bersama dengan JavaScript. Membuat antarmuka menjadi lebih mudah dan lebih stabil. Bootstrap juga memiliki banyak kelas dan plugin CSS siap pakai untuk membantu



pengembang membuat tampilan dan nuansa situs web. Oleh karena itu, bootstrap adalah salah satu *framework front-end* yang paling banyak digunakan (Gede Agus,2022)

## 2.8 PHP



Gambar 3 Php

PHP atau (*Hypertext Preprocessor*) Bahasa pemrograman yang berfungsi untuk website dinamis. Berbeda dengan HTML yang hanya bisa menampilkan konten statis, PHP bisa berinteraksi dengan *database, file* dan *folder*, contohnya Toko Online, CMS, Forum dan *Website Social Networking*. PHP adalah bahasa *scripting*, bukan bahasa *tag-based* seperti HTML, PHP termasuk bahasa *cross-platform*, ini artinya PHP bisa berjalan di sistem operasi yang berbeda-beda seperti Windows, Linux ataupun MAC (Istiono,Hijrah &Sutarya,2016).

## 2.9 XAMPP



Gambar 4 XAMPP



XAMPP adalah sebuah paket perangkat lunak yang berisi Apache, MariaDB, dan Perl. XAMPP merupakan singkatan dari X (berbagai sistem operasi), server web), MariaDB (basis data), PHP (bahasa pemrograman), dan Perl

(bahasa pemrograman). XAMPP adalah perangkat lunak *open source* dan gratis yang dapat digunakan untuk pengembangan web (Nurrizki, 2021).

XAMPP memiliki beberapa keunggulan, antara lain adalah mudah di instal, mudah digunakan, fleksibel, portabel, dan memiliki kinerja yang baik. XAMPP dapat dijalankan di berbagai sistem operasi, seperti Windows, Linux, Mac OS, dan lain-lain. XAMPP juga memiliki fitur yang lengkap, seperti *phpMyAdmin*, *OpenSSL*, *Webalizer*, *Mercury Mail*, *FileZilla FTP*, *Tomcat*, dan lain-lain (Nurrizki, 2021).

XAMPP bekerja dengan model *client-server*, yang berarti terdapat dua komponen utama, yaitu server dan *client*. Server adalah program yang menjalankan layanan web, basis data, dan lain-lain. *Client* adalah program yang mengirimkan permintaan atau perintah ke server melalui protokol tertentu, seperti *HTTP*, *FTP*, *SMTP*, dan lain-lain. Contoh *client* adalah *browser web*, aplikasi *mobile*, atau program lain yang berkomunikasi dengan server (Pratama & Muhoiri, 2018).

XAMPP dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti belajar, menguji, atau mendemonstrasikan aplikasi web. XAMPP dapat membantu pengembang web untuk membuat dan menjalankan aplikasi web tanpa perlu menginstal dan mengkonfigurasi setiap komponen secara terpisah. XAMPP juga dapat digunakan untuk membuat server lokal atau server offline yang dapat di akses tanpa koneksi internet (Pratama & Muhoiri, 2018).



## 2.10 MySQL



Gambar 5 MySQL

MySQL adalah sistem manajemen basis data relasional (RDBMS) yang berbasis pada bahasa *SQL* (*Structured Query Language*). *MySQL* adalah perangkat lunak open source dan gratis dibawah lisensi GNU. *MySQL* didukung oleh perusahaan *Oracle* (Saputro, 2018).

*MySQL* bekerja dengan model client-server, yang berarti terdapat dua komponen utama, yaitu server dan *client*. Server adalah program yang bertanggung jawab untuk menyimpan, memproses, dan mengelola basis data. *Client* adalah program yang berkomunikasi dengan server untuk mengakses atau memanipulasi basis data (Saputro, 2018).

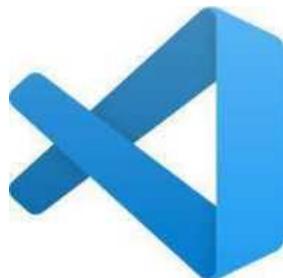
*MySQL* memiliki berbagai fitur, alat, dan layanan yang menawarkan kemampuan untuk pengelolaan data, analisis data, pembelajaran mesin, dan lain-lain. Salah satu layanan yang baru diperkenalkan adalah *MySQL HeatWave*, yang merupakan layanan basis data terkelola untuk transaksi, analisis *real-time*, dan pembelajaran mesin di *OCI*, *AWS*, dan *Azure* (Adi, 2020).

*MySQL* dapat digunakan untuk berbagai keperluan, seperti pengembangan web, aplikasi *mobile*, sistem informasi, data *warehouse*, *data lake*, dan lain-lain. *MySQL* dapat berinteraksi dengan berbagai bahasa pemrograman, seperti *PHP*, *Java*, *Python*, *C#*, dan lain-lain. *MySQL* juga dapat diintegrasikan dengan berbagai platform, seperti Windows, Linux, Mac OS, dan lain-lain (Adi, 2020).

*MySQL* memiliki beberapa kelebihan, antara lain adalah mudah digunakan, fleksibel, skalabel, portabel, dan memiliki kinerja yang tinggi. *MySQL* juga memiliki komunitas yang besar dan aktif yang memberikan dukungan, sumber daya, dan kontribusi bagi pengguna dan pengembang *MySQL* (Adi, 2020).



## 2.11 Visual Studio Code



Gambar 6 Visual Studio Code

Visual Studio Code pertama kali rilis pada tahun 2015 oleh Microsoft sebagai bagian dari keluarga Visual Studio. Visual studio code dibangun berdasarkan *Electron*, sebuah kerangka kerja yang memungkinkan pengembangan aplikasi desktop menggunakan teknologi web seperti *HTML*, *CSS*, dan *JavaScript*. Visual Studio Code juga menggunakan komponen-komponen dari proyek-proyek bersumber terbuka lainnya, seperti *Monaco editor*, *TypeScript*, dan *Node.js*. *VisualStudio Code* terus dikembangkan dan diperbaiki oleh Microsoft dan komunitas pengembang, dengan rilis stabil setiap bulan dan rilis insider setiap hari (Wahyuda,2014).

Visual Studio Code mendukung banyak bahasa pemrograman, baik yang populer maupun yang kurang populer, seperti *JavaScript*, *Python*, *Java*, *C#*, *PHP*, *Ruby*, *Go*, *Rust*, dan lain-lain. Visual Studio Code juga mendukung bahasa penandaan dan gaya, seperti *HTML*, *CSS*, *Markdown*, *YAML*, dan lain-lain. *Visual Studio Code* dapat memberikan fitur-fitur seperti sintas sorotan, pengecekan kesalahan, pemformatan kode, dan reaktor kode untuk bahasa-bahasa tersebut, baik secara bawaan maupun dengan menggunakan ekstensi (Ningsih *et al.*, 2022).

*Visual Studio Code* memungkinkan pengembang untuk menyesuaikan tampilan dan nuansa dari editor sesuai dengan selera mereka. *Visual Studio Code* memiliki beberapa tema bawaan yang dapat dipilih, baik yang terang maupun yang gelap. *Visual Studio Code* juga mendukung tema kustom yang dapat diunduh dari Marketplace *Visual Studio Code* atau dari sumber lain. *Visual Studio Code* juga memungkinkan pengembang untuk membuat tema mereka sendiri dengan akan *JSON* atau *CSS* (Kurniawan, 2019).



## 2.12 NodeMCU



Gambar 7 NodeMCU

Gambar 7 merupakan nodeMCU. NodeMCU dibuat pada tahun 2014, seorang developer dari China yang mengunggah file pertama dari firmware NodeMCU ke Github. *Firmware* ini dibuat berdasarkan proyek eLua dan SDK Non-OS dari Espressif. Pada bulan yang sama Huang R, *developer* lainnya, mengunggah file gerber dari papan NodeMCU yang disebut *devkit v0.9*. Kemudian banyak *developer* lain yang berkontribusi untuk menambahkan fitur-fitur seperti *MQTT*, *u8glib*, *SPIFFS*, dan lain-lain. Pada tahun 2015 pencipta asli NodeMCU meninggalkan proyek firmware ini dan kelompok kontribusi independent mengambil alih. Pada tahun 2016, NodeMCU mendukung lebih dari 40 modul berbeda. Pada tahun 2017, NodeMCU juga mendukung mikrokontroller EPS32 (Aditya,20202).

*Firmware* NodeMCU adalah perangkat lunak yang diinstal pada mikrokontroler ESP8266 atau ESP 32 yang memungkinkan pengguna untuk memprogramnya menggunakan bahasa Lua. Bahasa Lua adalah bahasa skrip yang ringan mudah dipelajari dan mendukung paradigma pemrograman fungsional NodeMCU juga menyediakan berbagai modul yang dapat diimpor ke dalam kode Lua, seperti *gpio*, *pwm*, *i2c*, *onewire*, *adc*, *wifi*, *http*, *mqtt*, *dht*, *ws2812*, *u8g*, dan lain-lain. Modul-modul ini memudahkan pengguna untuk mengakses fungsi-fungsi dasar dari mikrokontroler, seperti mengontrol pin, mengirim data, atau untkan dengan internet. *Firmware NodeMCU* dapat diunduh dari situs *deMCU* atau dibuat sendiri menggunakan *NodeMCU custom builds* (Haq,



Perangkat keras NodeMCU adalah papan sirkuit yang berfungsi sebagai modul yang dapat dipasang pada *breadboard* atau *protoboard*. Perangkat keras NodeMCU biasanya menggunakan mikrokontroler ESP8266 atau ESP32 yang memiliki kemampuan wifi dan antena terintegrasi. Perangkat keras *NodeMCU* juga memiliki beberapa pin *GPIO* (*General Purpose Input Output*) yang dapat digunakan untuk menghubungkan dengan sensor, aktuator, atau komponen lain. Selain itu, perangkat keras *NodeMCU* juga memiliki *USB controller* yang dapat digunakan untuk menghubungkan dengan komputer, mengisi daya, atau mengunggah kode. Perangkat keras *NodeMCU* tersedia dalam beberapa versi, seperti v0.9, v1.0, v2.0, v3.0, dan lain-lain (Haq, 2020).

### 2.13 Sensor *ir proximity*



Gambar 8 Sensor *ir proximity*

Sensor *ir proximity* adalah sebuah perangkat yang dapat mendeteksi keberadaan atau ketiadaan sebuah objek dalam jarak tertentu menggunakan cahaya inframerah. Sensor ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu infrared transmitter dan *infrared receiver*. Infrared transmitter adalah bagian yang memancarkan radiasi inframerah, yang biasanya berbentuk LED inframerah. *Infrared receiver* adalah bagian yang menerima radiasi inframerah yang dipantulkan atau diserap oleh objek, yang biasanya berbentuk *photodiode* atau *phototransistor* inframerah (Fathurahman, 2021).

Sensor *IR proximity* dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, seperti sistem keamanan, otomatisasi, dan lain-lain. Sensor ini dapat mendeteksi objek dengan berbagai bentuk, warna, dan bahan, asalkan objek tersebut memiliki tingkat pantulan atau penyerapan cahaya inframerah dengan latar



belakang. Sensor ini juga tidak mudah terganggu oleh cahaya tampak, karena hanya sensitif terhadap cahaya inframerah (Fathurahman, 2021).

Jarak deteksi sensor *IR proximity* tergantung pada beberapa faktor, seperti intensitas cahaya inframerah yang dipancarkan, sudut antara *transmitter* dan *receiver*, sensitivitas *receiver*, ukuran dan posisi objek, dan pengaturan potensiometer pada modul sensor. Potensiometer adalah komponen yang dapat mengubah nilai resistansi sesuai dengan putaran yang diberikan. Dengan mengatur potensiometer, kita dapat mengubah tegangan referensi yang masuk ke rangkaian komparator pada modul sensor (Fathurahman, 2021).

Rangkaian komparator adalah rangkaian yang dapat membandingkan dua tegangan *input* dan menghasilkan *output* berupa tegangan tinggi atau rendah. Pada modul sensor *IR proximity*, rangkaian komparator menggunakan IC LM393, yang merupakan IC dengan dua komparator independen. Pada modul ini, salah satu komparator digunakan untuk memproses sinyal dari *receiver* inframerah (Rahmatullah, 2019).

## 2.14 Modul I2C



Gambar 9 Modul I2C

Gambar 9 merupakan sebuah modul yang memungkinkan komunikasi serial dua arah antara perangkat-perangkat elektronik menggunakan dua saluran, yaitu *serial Data*) dan SCL (*Serial Clock*). Modul I2C dapat digunakan untuk berbagai perangkat, seperti LCD, sensor, EEPROM, dan lain-lain,



dengan mikrokontroler atau mikroprosesor seperti Arduino, ESP 32, Raspberry Pi, dan lain-lain (Wiyudha,2017).

Untuk menggunakan modul I2C, diperlukan pengetahuan mengenai Alamat I2C dari setiap perangkat yang terhubung pada bus I2C. Alamat I2C adalah sebuah kode biner 7 bit atau 10 bit yang digunakan untuk mengidentifikasi perangkat pada bus I2C. Alamat I2C biasanya ditentukan oleh produsen perangkat, tetapi beberapa perangkat juga dapat mengubah Alamat I2C -nya dengan menggunakan *jumper* atau *switch*. Alamat I2C dapat dilihat pada *datasheet* perangkat, atau dapat dicari dengan menggunakan program *scanner I2C* (Dede,2016).

Menurut Kusna *et al.*, (2018), untuk mengirim dan menerima data dengan modul I2C, kita perlu menggunakan protokol I2C yang terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

- a. *Start condition*: kondisi awal yang menandakan permulaan komunikasi. Start condition terjadi ketika saluran SDA berubah dari tinggi ke rendah, sementara saluran SCL tetap tinggi.
- b. *Address frame*: *frame* yang berisi alamat I2C dari perangkat tujuan dan bit R/W (*Read/Write*) yang menentukan arah transfer data. Bit R/W bernilai 0 jika master ingin mengirim data ke slave, dan bernilai 1 jika master ingin menerima data dari slave.
- c. *Acknowledge bit*: *bit* yang dikirim oleh perangkat penerima setelah menerima address frame atau data frame. *Acknowledge* bit bernilai 0 jika perangkat penerima mengakui penerimaan data, dan bernilai 1 jika perangkat penerima menolak penerimaan data.
- d. *Data frame*: *frame* yang berisi data yang ingin ditransfer. *Data frame* terdiri dari 8 bit data dan 1 bit *acknowledge*.

