

**KINERJA BIOFERMENTOR TERKENDALI *FUZZY LOGIC* DAN
MONITORING IOT DALAM PROSES PEMBUATAN VCO DENGAN
METODE PENAMBAHAN RAGI**

DYLAN WIELFRED PAELONGAN

G041 18 1305



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

**KINERJA BIOFERMENTOR TERKENDALI *FUZZY LOGIC* DAN
MONITORING IOT DALAM PROSES PEMBUATAN VCO DENGAN
METODE PENAMBAHAN RAGI**

DYLAN WIELFRED PAELONGAN

G041 18 1305



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2023

LEMBAR PENGESAHAN

KINERJA BIOFERMENTOR TERKENDALI *FUZZY LOGIC* DAN
MONITORING IOT DALAM PROSES PEMBUATAN VCO DENGAN
METODE PENAMBAHAN RAGI

Disusun dan diajukan oleh

DYLAN WILFRED PAELONGAN

G041181305

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas
Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 06 April 2023 dan dinyatakan
telah memenuhi syarat kelulusan

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping

Dr. Ir. Abdul Waris, M.T.
NIP. 19601101-198903 1 002

Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si.
NIP. 19840716 201212 1 002

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian

Divah Yameina, S.TP., M. Agr., Ph.D.
NIP. 19810129 200912 2 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dylan Wielfred Paelongan
NIM : G041 18 1305
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Kinerja Biofermentor Terkendali *Fuzzy Logic* dan Monitoring IoT dalam Proses Pembuatan VCO dengan Metode Penambahan Ragi adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 6 April 2023

Yang Menyatakan



Dylan Wielfred Paelongan

ABSTRAK

DYLAN WIELFRED PAELONGAN (G041 18 1305). Kinerja Biofermentor Terkendali *Fuzzy Logic* dan Monitoring IoT dalam Proses Pembuatan VCO dengan Metode Penambahan Ragi. Pembimbing: ABDUL WARIS dan MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Virgin coconut oil merupakan minyak kelapa murni yang berasal dari olahan santan buah kelapa dengan beberapa proses kemudian difermentasi hingga mendapatkan minyak kelapa murni. Biofermentor tipe lab telah dirancang dan diuji menggunakan metode penambahan ragi menunjukkan kadar air nya cukup rendah dan rendemen yang tinggi dibanding metode konvensional. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui kinerja biofermentor hasil (scale up) yang terkendali sistem kontrol *fuzzy* dan monitoring IoT dengan metode penambahan ragi. Metode yang digunakan: mempelajari biofermentor, pembuatan *software*, uji presisi sistem IoT, uji kinerja biofermentor pada suhu 35 °C dengan penambahan ragi. Parameter yang diamati yaitu kadar air VCO, rendemen, daya dan energi listrik yang digunakan dalam memproduksi VCO. Berdasarkan hasil penelitian bahwa menunjukkan sistem IoT dari arduino ke esp ke thingspeak menunjukkan pembacaan nilai suhu yang sama sehingga data yang diperoleh cukup valid. Uji kinerja biofermentor menunjukkan *overshoot* 0,43 °C (1,2%), *settling time* pendek, stabil dan *error steady state* yang masih dalam *range* (0,65-2,82%) yang diinginkan. Rendemen dan kadar air yang dihasilkan dari pengoperasian biofermentor dengan metode penambahan ragi adalah 36,12% dan 0,18%, dan pada metode konvensional yaitu 26,23% dan 0,12%. Kadar air dari kedua metode pembuatan ini sudah sesuai dengan SNI maksimum 0,2%. Penggunaan sistem kontrol *fuzzy* pada biofermentor dapat mengendalikan daya dengan penggunaan energi listrik maksimum pada awal fermentasi dan berangsur-angsur turun saat suhu mencapai *setting point* (35 °C). Sehingga energi listrik yang digunakan pada proses produksi VCO 0,614 kWh, jika biofermentor dioperasikan pada golongan tarif R1 dimana harga per kWh adalah 1,440 rupiah maka biaya penggunaan listriknya 884,16 rupiah.

Kata Kunci: Biofermentor, *Fuzzy*, IoT, Minyak, Suhu.

ABSTRACT

DYLAN WIELFRED PAELONGAN (G041 18 1305). *Performance of Biofermentor controlled by Fuzzy Logic and IoT Monitoring in making Virgin Coconut Oil with Addition Yeast Method*. Supervisors: ABDUL WARIS and MUHAMMAD TAHIR SAPSAL.

Virgin coconut oil is pure coconut oil that comes from processed coconut milk with several processes then fermented to get pure coconut oil. The lab-type biofermentor has been designed and tested using the yeast addition method, the results show that the water content is quite low and the yield is high compared to the conventional method. The purpose of this study was to determine the performance of a controlled biofermentor (scale up) controlled by a fuzzy control system and IoT monitoring using the yeast addition method. Methods used: studying biofermenters, making software, testing the precision of IoT systems, testing the performance of biofermenters at 35 °C with the addition of yeast. Parameters observed were VCO water content, yield, power and electrical energy used in producing VCO. Based on the results of the research that shows the IoT system from arduino to esp to thingspeak shows the reading of the same temperature value so that the data obtained is quite valid. Biofermentor performance tests showed an overshoot of 0.43 °C (1.2%), short settling time, stability and steady state error which was still within the desired range (0.65 -2.82%). The yield and water content resulting from the operation of the biofermentor with the yeast addition method were 36.12% and 0.18%, and the conventional method was 26.23% and 0.12%. The water content of these two manufacturing methods is in accordance with the maximum SNI of 0.2%. The use of a fuzzy control system on biofermentor can control power by using maximum electrical energy at the start of fermentation and gradually decreasing when the temperature reaches the setting point (35 °C). So that the electrical energy used in the VCO production process is 0.614 kWh, if the biofermentor is operated in the R1 class where the price per kWh is 1.440 rupiah, the cost of using electricity is 884.16 rupiah

Keywords: *Biofermentor, Fuzzy, IoT, Oil, Temperature*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia nya saya dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa-doa serta semangat oleh berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Orang tua yaitu Papa **Frederik S. Paelongan** dan Mama **Wiwiek E. Langsa** serta untuk adik-adik saya **Meisa Angelica** dan **Damian Rafael** atas setiap dukungan, material dan doa yang senantiasa dipanjatkan serta nasehat dan motivasi yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dan sampai pada tahap ini.
2. **Dr. Ir. Abdul Waris, M.T** dan **Muhammad Tahir Sapsal, S.TP, M.Si** selaku dosen pembimbing yang meluangkan banyak waktunya untuk memberikan bimbingan, saran, kritikan, petunjuk, dan segala arahan yang telah diberikan dari tahap penyusunan proposal, pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi hingga selesai.
3. **Prof. Dr. Ir. Mursalim IPU., ASEAN.Eng** dan **Dr. Ir. Mahmud Achmad, M.P** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran terhadap skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
4. **Kak Wina, Kak Ayusari, Ridwan, Musda, dan Tasyaa** yang sangat membantu dalam proses, penyiapan alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan biofermentor yang saya gunakan dalam penelitian ini serta dukungan moral *booster* dalam melakukan pengerjaan skripsi sehingga penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan baik.



Malassar, 6 April 2023
Dylan Wiefred Paelongan

RIWAYAT HIDUP



Dylan Wielfred Paelongan lahir di Palopo pada tanggal 30 Agustus 2000, anak pertama dari ketiga bersaudara dari pasangan bapak Frederik S. Paelongan dan Ibu Wiwiek Evita Langsa. Jenjang pendidikan formal yang pernah dilalui adalah:

1. Memulai pendidikan di SDN 26 Pattene, pada tahun 2006 sampai tahun 2012.
2. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah pertama di SMP Negeri 1 Palopo pada tahun 2012 sampai tahun 2015.
3. Melanjutkan pendidikan di jenjang menengah atas di SMA Negeri 3 Palopo, pada tahun 2015 sampai tahun 2018.
4. Melanjutkan pendidikan di Universitas Hasanuddin Makassar, Fakultas Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian pada tahun 2018 sampai tahun 2023.

Selama menempuh pendidikan di dunia perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi kampus yaitu sebagai pengurus di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH) periode 2019/2020. Selain itu, aktif dalam kegiatan Laboratorium yang terhimpun dalam *Agriculture Study Club* (TSC) serta aktif sebagai anggota di Persekutuan Mahasiswa Kristen Fakultas Pertanian dan Kehutanan (PMK FAPERTAHUT) periode 2019/2020.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Kegunaan	2
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Virgin Coconut Oil (VCO)	3
2.2 Biofermentor	5
2.3 Sistem Kontrol	6
2.3.1 Sistem Kontrol Loop Terbuka (<i>Open-loop Control System</i>)	6
2.3.2 Sistem Kontrol Loop Tertutup (<i>Close-loop Control System</i>).....	6
2.4 Sistem <i>Fuzzy Logic</i>	7
2.4.1 Fungsi Keanggotaan dan Representasinya.....	8
2.4.2 Inferensi Sugeno.....	9
2.4.3 Defuzzifikasi	9
2.5 Kontrol <i>Fuzzy Logic</i>	10
2.6 Internet of Things (IoT)	11
2.7 Mikrokontroler	12
2.8 Node MCU ESP8266	13

2.9 Sensor Suhu.....	15
2.10 Aplikasi Internet of Things	16
3. METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Waktu dan Tempat	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Prosedur Penelitian.....	18
3.3.1 Mempelajari <i>hardware</i> Biofermentor	18
3.3.2 Pembuatan Sistem Kontrol dan Monitoring	20
3.3.3 Konfigurasi Sistem Kontrol dan Monitoring pada Biofermentor.....	21
3.3.4 Membuat Program	21
3.3.5 Uji Fungsional.....	23
3.3.6 Uji Kinerja.....	24
3.3.7 Membuat VCO	24
3.3.8 Metode Pengamatan.....	25
3.3.9 Analisis Data.....	26
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Biofermentor (Scale Up)	27
4.2 Uji Fungsional	28
4.3 Uji Kinerja	30
4.4 Rendemen	31
4.5 Kadar Air	32
4.6 Energi yang Digunakan.....	33
5. PENUTUP.....	35
Kesimpulan	35

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Sistem <i>loop</i> Terbuka.....	6
Gambar 2. Sistem <i>loop</i> Tertutup.....	7
Gambar 3. Grafik Fungsi Segitiga.....	8
Gambar 4. Contoh Inferensi Sugeno	9
Gambar 5. Diagram blok kontrol <i>fuzzy logic</i> pada DC-DC Converter	10
Gambar 6. (A) Fungsi Keanggotaan Input Error dan Delta Error, (b) Fungsi Keanggotaan Output PWM	11
Gambar 7. Penyusunan <i>Rule</i>	11
Gambar 8. Datasheet chip ATMega 328.....	13
Gambar 9. NodeMCU ESP8266.....	14
Gambar 10. Fungsi Pin modul ESP8266	14
Gambar 11. Pin Sensor LM35.....	16
Gambar 12. Aplikasi ThingSpeak	17
Gambar 13. Bagan alir penelitian	19
Gambar 14. Diagram blok sistem kontrol dan monitoring.....	20
Gambar 15. Diagram alir program sistem pengontrolan <i>fuzzy</i>	21
Gambar 16. Uji biofermentor menggunakan air.....	28
Gambar 17. Monitoring suhu air pada Thingspeak.....	29
Gambar 18. Hubungan antar <i>input</i> (<i>e</i> & <i>de</i>) dengan <i>output</i> (PWM)	29
Gambar 19. Monitoring suhu pada <i>setting point</i> 35 °C.....	30
Gambar 20. Suhu santan pada <i>setting point</i> 35°C diawal proses fermentasi .	31
Gambar 21. Hubungan daya dengan suhu bahan pada awal fermentasi.....	33
Gambar 22. Monitoring daya pada proses fermentasi	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Persyaratan mutu <i>Virgin Coconut Oil</i>	4
Tabel 2. Spesifikasi biofermentor (scale up).....	27
Tabel 3. Rendemen VCO dengan Penambahan ragi.....	31
Tabel 4. Kadar air VCO dengan Penambahan ragi.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Suhu air dalam Biofermentor Uji Fungsional.....	38
Lampiran 2. Data Suhu Bahan dalam Biofermentor Uji Kinerja	38
Lampiran 3. Data Nilai Rendemen.....	39
Lampiran 4. Data Hasil Pengukuran Kadar Air	39
Lampiran 5. Tabel Data Terkirim dan Data Hilang Monitoring IoT	40
Lampiran 6. Data Hasil Pengukuran Daya Biofermentor	40
Lampiran 7. Dokumentasi Saat Penelitian	40
Lampiran 8. Dokumentasi Monitoring Suhu pada Thingspeak.....	43

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

VCO atau *Virgin coconut oil* merupakan minyak kelapa murni yang berasal dari olahan santan buah kelapa segar dengan beberapa proses kemudian di suling hingga mendapatkan minyak kelapa dengan kualitas unggul dan jernih. VCO selain bermanfaat menjaga kesehatan kulit dan mencegah obesitas juga berperan penting dalam penurunan kolestrol dan dapat meningkatkan stamina serta daya tahan tubuh karena kandungannya yang mudah diserap oleh tubuh dan diubah menjadi energi.

Beberapa metode pembuatan VCO seperti metode pengasaman, metode tradisional fermentasi, enzimatik, pendinginan, sentrifugasi. Secara umum VCO dibuat dengan metode konvensional di berbagai daerah dan VCO yang dihasilkan beragam karena pemanasan yang dilakukan tidak terkontrol mengakibatkan proses fermentasi menjadi tidak stabil dan berakibat VCO yang dihasilkan tidak bertahan lama dan beraroma tengik. Maka perlu dilakukan pengontrolan suhu agar fermentasi dapat terkontrol dan menghasilkan minyak jernih yang berkualitas.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Safitri (2018) menunjukkan bahwa rendemen dan mutu VCO yang dihasilkan melalui proses fermentasi menggunakan metode penambahan ragi pada biofermentor skala laboratorium (berkapasitas 5L) lebih baik dibanding metode konvensional. Saat ini alat biofermentor tersebut telah diperbesar (*scale up*) oleh dosen Teknik Pertanian, hingga 30L namun belum diketahui kinerjanya.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu diteliti kinerja biofermentor hasil *scale up* dengan menggunakan sistem kontrol *fuzzy* dan dimonitoring dengan *Internet of Things* (IoT) pada laptop. Akan tetapi untuk memastikan bahwa kinerja alat ini sama dengan biofermentor sebelumnya, maka uji dilakukan secara bertahap. Dalam penelitian yang akan dilakukan ini, proses pembuatan VCO pada kapasitas 15L dengan metode penambahan ragi kemudian dilakukan serangkaian uji untuk mengetahui kinerjanya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Bagaimana bentuk sistem kontrol *fuzzy* dan monitoring IoT pada biofermentor scale up?
2. Bagaimana kaidah kontrol *fuzzy* yang dapat mengendalikan biofermentor hasil scale up?
3. Apakah kinerja biofermentor scale up sama dengan biofermentor sebelum scale up?
4. Apakah mutu dan rendemen VCO yang dihasilkan oleh biofermentor scale up sama dengan biofermentor sebelumnya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Volume santan kelapa yang digunakan 15 L.
2. Metode *fuzzy* yang digunakan adalah Sugeno.
3. Suhu fermentasi yang digunakan adalah suhu 35 °C.
4. Mutu yang diamati adalah kadar air.

1.4 Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari penelitian adalah untuk melihat kinerja biofermentor hasil (scale up) yang terkendali sistem kontrol dan monitoring IoT dengan metode penambahan ragi terhadap rendemen dan kadar air VCO.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan informasi bagi petani pengusaha VCO dan dapat menjadi model dalam pengembangan mesin-mesin kontrol pertanian yang canggih dan presisi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Virgin Coconut Oil (VCO)*

Virgin Coconut Oil (VCO) adalah minyak yang dihasilkan dari buah kelapa segar. Berbeda dengan minyak kelapa biasa, VCO dihasilkan tidak menggunakan panas yang tinggi. VCO bermanfaat bagi kesehatan tubuh, hal ini disebabkan VCO mengandung banyak asam lemak rantai menengah yang mudah diserap dan akan meningkatkan metabolisme tubuh. Selain itu dalam pembuatan VCO ada beberapa metode seperti metode pengasaman, sentrifugasi, fermentasi, pendinginan, dan metode tradisional. Umumnya masyarakat menggunakan metode tradisional tapi karena suhu sangat berpengaruh dalam pertumbuhan mikroorganisme dalam proses pembuatan VCO maka menggunakan metode tradisional menghasilkan kualitas VCO yang rendah dan tidak bertahan lama (Hapsari dan Welasih 2013).

Proses pembuatan VCO menggunakan metode fermentasi menggunakan enzim proteolitik yang dapat dihasilkan dari mikroorganisme yang dijumpai di tanaman pepaya maupun nanas sehingga mudah digunakan. Krim santan dari cara fermentasi ini dapat dicampurkan oleh laru dan ragi. Adapun proses pembuatan VCO secara umum diawali dengan penyortiran buah kelapa tua yang berumur panen 10-12 bulan, setelah itu daging buah di parut, dan ditambahkan air lalu diperas sehingga ekstrak (santan) dan minyak nya bisa keluar (Wiranda 2019).

Krim santan menjadi salah satu bahan utama dalam proses pembuatan VCO. Krim santan terdiri dari air, protein dan minyak. Fungsi dari protein sebagai emulgator yang memiliki sifat hidrofobik dan hidrofilik. Dengan adanya penambahan enzim *papain*, protein yang berfungsi sebagai emulgator tadinya akan terdegradasi sehingga tidak akan menjadi sebagai emulgator lagi, sehingga rendemen yang dihasilkan dari VCO yang dihasilkan lebih banyak. Setelah dilakukan pendiaman selama 24 jam antara air dan minyak akan terpisah, dimana pada lapisan paling atas terdapat VCO (minyak), di lapisan tengah terdapat blondo dan lapisan bawah yaitu air (Wiranda, 2019).

Setelah krim santan menjadi minyak kelapa murni, mutu dari VCO dapat diketahui melalui beberapa analisis. Kualitas dari VCO dapat dinilai dari beberapa standar yang telah ditetapkan. Standar VCO dapat diketahui berdasarkan sifat

hidrolisis dan oksidasi dari pengukuran kadar asam lemak bebas yang terkandung Kriteria mutu standar VCO diantaranya berwarna bening, asam lemak bebas rendah, dan beraroma khas kelapa. Analisis sifat fisik dari VCO meliputi analisis warna, rasa dan bau dilakukan dengan metode organoleptik, yaitu analisis menggunakan panca indera penglihatan (warna), pengecap (rasa) dan penciuman (bau). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), ada syarat mutu VCO yang baik diantaranya beraroma khas kelapa dan tidak tengik, warnanya tidak berwarna atau bening hingga kuning pucat, dan kadar air yang terkandung dalam VCO kurang dari 0,2% setelah dilakukan pengurangan kadar air (pengovenan) hingga konstan (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Tabel 1. Persyaratan mutu *Virgin Coconut Oil*.

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		Khas kelapa segar, tidak tengik
	1.1 Bau		Normal, khas
	1.2 Rasa		minyak kelapa
	1.3 Warna		Tidak berwarna hingga kuning pucat.
2	Air dan senyawa yang menguap	%	Maksimal 0,2
3	Bilangan iod	g iod/100 g	4,1 – 11,0
4	Asam lemak bebas(asam laurat)	%	Maksimal 0,2
5	Bilangan peroksida	mg ek/kg	Maksimal 0,2
6	Asam lemak:		
	6.1 Asam caproat (C6:0)	%	ND – 0,7
	6.2 Asam kaprilat (C8:0)	%	4,6 – 10,0
	6.3 Asam kaprat (C10:0)	%	5,0 – 8,0
	6.4 Asam laurat (C12:0)	%	45,1 – 53,2
	6.5 Asam mirisrat (C14:0)	%	16,8 - 21
	6.6 Asam palmitat (C16:0)	%	7,5 – 10,2
	6.7 Asam stearat (C18)	%	2,0 – 4,0
	6.8 Asam oleat (C18:1)	%	5,0 – 10,0
	6.9 Asam linoleat (C18:2)	%	1,0 – 2,5
	6.10 Asam linolenat (C18:3)	%	ND – 0,2

Lanjutan Tabel 1. Persyaratan Mutu *Virgin Coconut Oil*.

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
7	Cemaran mikroba	Koloni/ml	Maksimal 10
	7.1 Angka lempeng total	mg/kg	Maksimal 0,1
8	Cemaran logam		
	8.1 Timbal (Pb)	mg/kg	Maksimal 0,4
	8.2 Tembaga (Cu)	mg/kg	Maksimal 0,5
	8.3 Besi (Fe)	mg/kg	Maksimal 0,1
	8.4 Cadmium (Cd)	mg/kg	Maksimal 0,1
9	Cemaran arsen (As)		

*Catatan ND = *No Detection* (tidak terdeteksi).

(Sumber: Badan Standardisasi Nasional 2008).

2.2 Biofermentor

Bioreaktor/Biofermentor adalah suatu sistem yang dipergunakan untuk melangsungkan reaksi biologis dari suatu proses bioteknologi. Tujuan utama merancang bioreaktor adalah untuk menekan biaya produksi dan meningkatkan kualitas produk. Ukuran suatu bioreaktor tergantung pada konsentrasi produk yang diinginkan dan jenis operasi yang akan dilakukan. Biofermentor terbuat dari bahan yang sesuai (gelas, akrilik atau *stainless steel*) bersifat aseptis atau bebas kontaminan dan desain yang sudah bisa dimonitor dan dikontrol sehingga bisa mengendalikan variabel seperti pH, suhu, oksigen dan fisik bahan (Sri, 2012).

Prinsip kerja fermentor yaitu tempat berlangsungnya bioproses yang didesain untuk memberikan lingkungan biologis yang baik untuk pertumbuhan dan aktivitas metabolisme dari mikroorganisme yang optimal sehingga terjadi reaksi biokimia dari bahan mentah menjadi bahan yang dikehendaki. Mikroorganisme dapat tumbuh dengan menggunakan oksigen yang terdapat dalam fermentor (Sri, 2012).

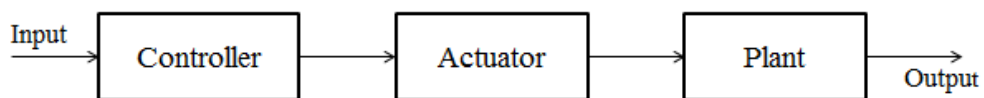
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Safitri (2018) proses pembuatan VCO menghasilkan rendemen yang paling baik dengan menggunakan biofermentor yang dilengkapi dengan sistem pengontrolan dibandingkan dengan menggunakan metode tradisional. Karena dengan menggunakan biofermentor, suhu dapat dikontrol sehingga stabil. Rendeman VCO yang dihasilkan oleh ketiga penelitian tersebut memiliki kualitas yang sangat baik berdasarkan SNI.

2.3 Sistem Kontrol

Sistem kontrol adalah kombinasi dari beberapa komponen yang bekerja bersama-sama secara timbal balik dan membentuk konfigurasi sistem yang akan memberikan suatu hasil yang dikehendaki. Hasil ini sering dinamakan sebagai tanggapan sistem (*system response*). Sistem kendali juga dapat diartikan sebagai proses pengaturan/pengendalian terhadap satu atau beberapa besaran (variabel, parameter) sehingga berada pada suatu harga (*range*) tertentu. ada dua konsep dasar dalam sistem kontrol yang dikenal yaitu sistem kontrol lup tertutup (*Closed-loop control system*) atau umpan-balik dan sistem kontrol lup terbuka (*Open-loop control system*) atau umpan-maju (Tjahjono dan Santoso, 2019).

2.3.1 Sistem Kontrol Loop Terbuka (*Open-loop Control System*)

Sistem kontrol *loop* terbuka adalah suatu sistem yang keluarannya tidak mempunyai pengaruh terhadap aksi kontrol. Artinya, sistem kontrol terbuka keluarannya tidak dapat digunakan sebagai umpan balik dalam masukan dengan masukan dalam suatu sistem kontrol terbuka, keluaran tidak dapat dibandingkan dengan masukan acuan. Jadi untuk setiap masukan acuan berhubungan ketetapan dari sistem tergantung kalibrasi. Sistem kontrol terbuka dapat digunakan hanya jika hubungan antara masukan dan keluaran diketahui dan tidak terdapat gangguan internal dan eksternal. Adapun didalam sistem loop terbuka memiliki kelebihan seperti kemudahan pemeliharaan, konstruksi sederhana dan harga pembuatan lebih ekonomis sedangkan kelemahannya adalah tidak bisa dikontrol dan perlu dikalibrasi berulang ketika menjaga kualitas (Tjahjono dan Santoso, 2019).

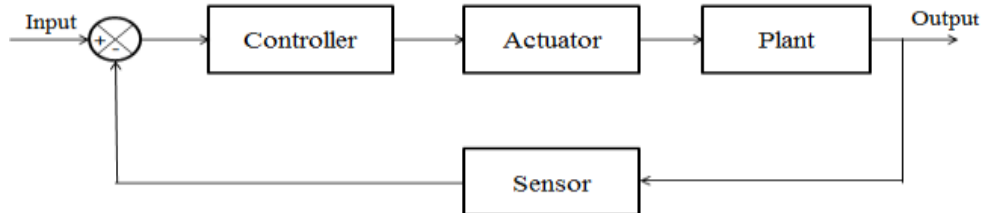


Gambar 1. Sistem *loop* Terbuka.
(Sumber: Tjahjono dan Santoso, 2019).

2.3.2 Sistem Kontrol Loop Tertutup (*Closed-loop Control System*)

Sistem kontrol loop tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan. Sistem kontrol loop tertutup juga merupakan sistem kontrol berumpan balik dimana di sistem loop

tertutup memiliki kelebihan tingkat kesalahan kecil bila terdapat gangguan, kestabilan kualitas konstan dan ketelitian terjaga sedangkan kelemahan loop tertutup komponen biaya mahal dan lebih rumit dalam perakitan (Tjahjono dan Santoso, 2019).



Gambar 2. Sistem *loop* Tertutup.
(Sumber: Tjahjono dan Santoso, 2019).

2.4 Sistem *Fuzzy Logic*

Sistem *fuzzy Logic* merupakan pengembangan logika boolean dengan nilai kebenaran yang berada di antara dua nilai mutlak (biner), misalnya: ya atau tidak, hitam atau putih. Algoritma ini digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dengan nilai yang relatif secara bahasa, seperti: sedang, banyak, atau sedikit. Konsep *fuzzy Logic* pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh pada 1965. Hal yang mendasar dari *fuzzy logic* adalah teori himpunan *fuzzy*. Nilai fungsi keanggotaan atau derajat keanggotaan atau *membership function* merupakan hal utama dari penalaran logika *fuzzy*. Sistem ini tercipta karena logika aljabar boolean yang mencakup logika 0 dan 1 tidak memberikan ketelitian yang tinggi, sehingga untuk membuat sistem yang mempunyai ketelitian tinggi, maka digunakan boolean *logic* (Ferdian, 2020).

Menurut Ferdian, secara umum, tahapan dalam fuzzy logic adalah sebagai berikut (Ferdian, 2020).

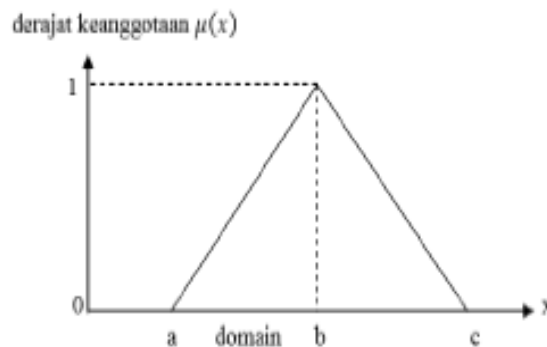
- Tahapan Input yang menerima nilai input pasti (*crisp* input),
- Tahapan Fuzzifikasi (*fuzzification*) yang mengubah nilai input pada tahap (a) menjadi fuzzy input menggunakan fungsi keanggotaan tertentu,
- Tahapan Inferensi (*inference*) untuk menghasilkan *fuzzy* output dari *fuzzy* input dengan menggunakan suatu *rule base*,

- d. Tahapan Defuzzifikasi (*defuzzification*) untuk mengubah fuzzy output pada tahap (c) menjadi nilai output pasti (*crisp* output),
- e. Tahapan Output dimana hasil akhir output yang pasti telah didapatkan

2.4.1 Fungsi Keanggotaan dan Representasinya

Fungsi Keanggotaan digunakan untuk memetakan suatu nilai input ke dalam nilai keanggotaan yang berada pada interval 0.0 sampai dengan 1.0, dimana nilai keanggotaan ini menunjukkan derajat hubungan nilai input tersebut dengan keanggotaan tersebut. Salah satu cara untuk memetakan nilai tersebut adalah dengan menggunakan pendekatan fungsi yang memiliki tiga jenis yaitu fungsi linear, fungsi trapezium dan fungsi segitiga. Pada penelitian kali ini lebih berfokus ke grafik fungsi segitiga (Ferdian, 2020).

Fungsi Segitiga dimana fungsi ini merupakan gabungan dua garis linier (naik dan turun) sehingga membentuk gambar segitiga. Pada mulanya, semakin tinggi nilai input yang diberikan, maka semakin dekat derajat keanggotaannya dengan 1.0. Namun, mulai pada batas tertentu, semakin nilai input yang diberikan justru menurunkan derajat keanggotaan hingga menuju 0.0. Gambar fungsi ini ditunjukkan dengan Gambar 3. dan rumus fungsi keanggotaannya ditunjukkan dengan rumus dibawah ini.



Gambar 3. Grafik Fungsi Segitiga
(Sumber: Ferdian, 2020).

Adapun rumus fungsi keanggotaannya ditunjukkan dengan rumus dibawah ini,

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x < a \text{ atau } x > c \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (1)$$

2.4.2 Inferensi Sugeno

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan Fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Michio Sugeno mengusulkan penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. Singleton adalah sebuah himpunan Fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut (Rahakbauw, 2015).

Ada 2 model Fuzzy metode Sugeno yaitu sebagai berikut :

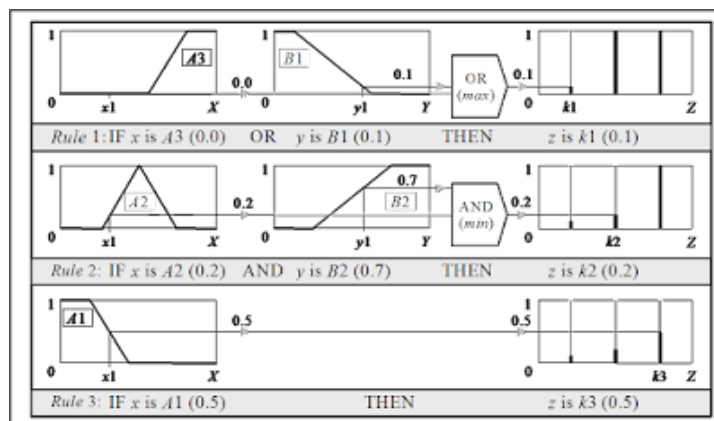
2.4.2.1. Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model Fuzzy Sugeno Orde Nol adalah :

IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $z = k$ dengan A_i adalah himpunan Fuzzy ke- i sebagai antesenden, dan k adalah suatu konstanta konsekuen.

2.4.2.2. Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model Fuzzy Sugeno Orde-Satu adalah: IF $(x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ (x_3 \text{ is } A_3) \circ \dots \circ (x_N \text{ is } A_N)$ THEN $z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q$ dengan A_i adalah himpunan Fuzzy ke- i sebagai antesenden, dan p_i adalah suatu konstanta ke- i dan q juga merupakan konstanta konsekuen (Rahakbauw, 2015).



Gambar 4. Contoh Inferensi Sugeno.

(Sumber: Wibowo, 2015).

2.4.3 Defuzzifikasi

Input dari proses defuzzifikasi adalah himpunan Fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi dan output adalah sebuah nilai. Untuk aturan IF THEN Fuzzy dalam persamaan $RU(k) = \text{IF } x_1 \text{ is } A_{1k} \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_{nk} \text{ THEN } y \text{ is } B_k$, dimana A_{1k}

dan B_k berturut-turut adalah himpunan Fuzzy dalam $U_i R$ (U dan V adalah domain fisik), $i = 1, 2, \dots, n$ dan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n) U$ dan $y V$ berturut-turut adalah variabel input dan output (linguistik) dari sistem Fuzzy. Defuzzifier pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan Fuzzy B ke dalam $V R$ (yang merupakan output dari inferensi Fuzzy) ke titik tegas $y * V$. Pada metode Sugeno *defuzzification* dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA):

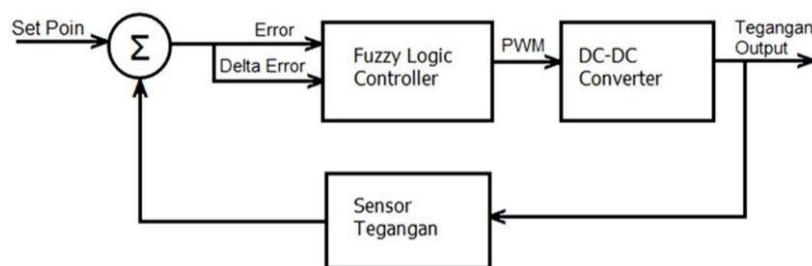
$$WA = \frac{\alpha_1 z_1 + \alpha_2 z_2 + \alpha_3 z_3 + \dots + \alpha_n z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n} \quad (2)$$

Keterangan: WA = Nilai rata-rata, α_n = nilai predikat aturan ke-n, dan z_n = indeks nilai output (konstanta) ke-n (Rahakbauw, 2015).

2.5 Kontrol Fuzzy logic

Penerapan *fuzzy logic* biasanya diterapkan diberbagai bidang terutama di bidang Teknik listrik dan Teknik informatika. Contoh penerapannya pada perancangan perangkat lunak untuk mengontrol tegangan keluaran termoelektrik generator.

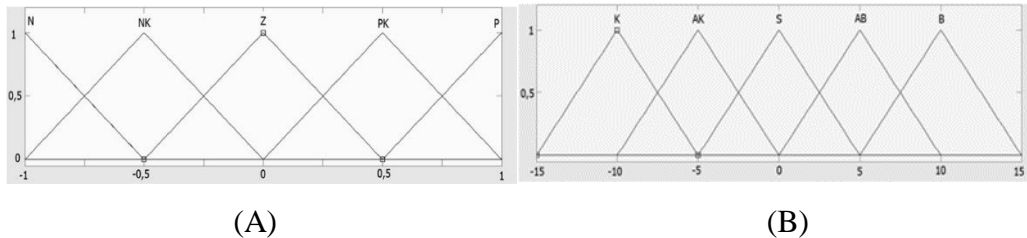
Sistem kontrol yang digunakan dengan algoritma fuzzy logic. Pengendali logika fuzzy digunakan sistem kontrol loop tertutup seperti yang terlihat pada Gambar 5, keluaran kontroler logika fuzzy merupakan nilai PWM yang digunakan untuk mengatur tegangan DC-DC konverter. Input masukan fuzzy merupakan nilai error dan delta error. Nilai error merupakan selisih antara tegangan keluaran aktual dengan tegangan set poin. Delta error merupakan selisih error sekarang dengan error sebelumnya (Setiawan dkk, 2021).



Gambar 5. Diagram blok kontrol *fuzzy logic* pada DC-DC Converter (Sumber: Setiawan dkk, 2021).

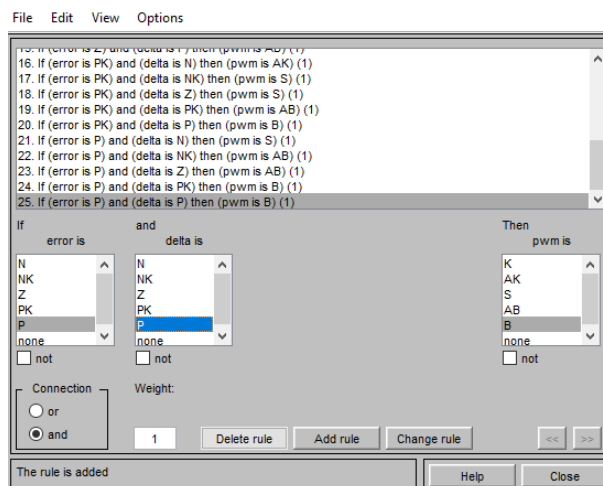
Pemetaan fungsi keanggotaan input error dan delta error dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan yaitu N=negatif, NK=negatif kecil, Z=zero, PK=positif kecil dan

P=positif. Sedangkan pemetaan fungsi keanggotaan output dibagi menjadi 5 fungsi keanggotaan yaitu K=kecil, AK=agak kecil, S=sedang, AB=agak besar dan B=besar. Penentuan fungsi keanggotaan input dilakukan untuk merubah nilai *crisp* input menjadi masukan fuzzy (Setiawan dkk, 2021).



Gambar 6. (A) Fungsi Keanggotaan Input Error dan Delta Error, (b) Fungsi Keanggotaan Output PWM.
(Sumber: Setiawan dkk, 2021).

Setelah ditentukan *fuzzy set* masukan error dan delta error, kemudian sistem diberikan aturan-aturan terhadap *antecedent* untuk menentukan keluaran yang diharapkan. Sedangkan *evaluasi rule* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Penyusunan *rule*.
(Sumber: Setiawan dkk, 2021).

2.6 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah sistem dimana benda-benda di dunia fisik dapat dihubungkan ke internet oleh sensor, IoT mengacu pada penggunaan perangkat dan sistem cerdas yang terhubung untuk memanfaatkan data yang dikumpulkan oleh sensor dan aktuator yang tertanam di mesin dan benda fisik lainnya. Untuk dapat memaksimalkan tingkat produktivitas tanaman aeroponik, dibutuhkan informasi tentang kondisi lingkungan di sekitar lahan tanam seperti

tingkat kelembapan dan temperatur untuk membuat keputusan tentang apa yang harus dilakukan pada tanaman. Jaringan sensor yang terhubung lewat sistem *Internet of Things* ini dapat digunakan untuk menyediakan informasi tentang tingkat kelembapan dan temperatur tersebut kepada pengguna di manapun mereka berada, sehingga dapat dibuat sebuah keputusan tindakan apa yang harus dilakukan setelah data telah ada (Siregar, 2018).

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep perangkat yang mampu mentransfer data tanpa terhubung dengan manusia, melainkan internet sebagai medianya. Kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer. *Internet of Things* (IoT) merupakan perkembangan teknologi yang menjanjikan dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor-sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan internet (Siregar, 2018).

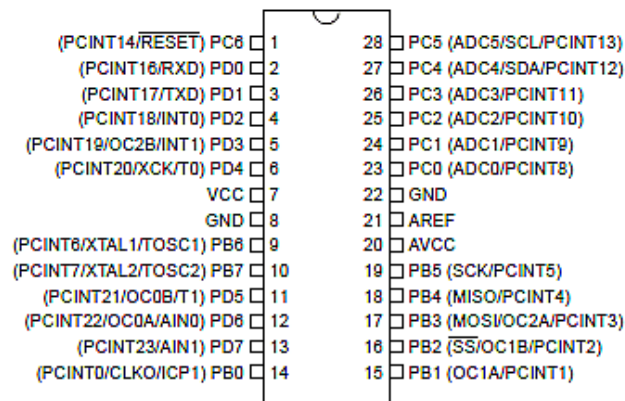
2.7 Mikrokontroler

Salah satu jenis pengontrol yang kerap digunakan oleh masyarakat adalah Arduino. Arduino adalah suatu perangkat *prototype* elektronika berbasis mikrokontroler yang bersifat *open source* dan mudah digunakan baik dari segi perangkat keras maupun lunaknya, dimana perangkat kerasnya memiliki prosesor Atmel AVR dan perangkat lunaknya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino berfungsi sebagai pengendali mikro *single-board* yang dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang (Iskandar et al, 2017).

Arduino adalah perangkat keras komputer bersifat *opensource* yang mendesain dan memproduksi kit berbasis mikrokontroler untuk membangun perangkat digital dan objek interaktif yang dapat merasakan dan mengontrol objek di dunia fisik. Sistem ini menyediakan set pin I/O analog digital, antarmuka komunikasi serial, port USB untuk memuat program dari komputer pribadi. Untuk pemrograman mikrokontroler, ini menyediakan *Integrated Development Environment* (IDE) berdasarkan proyek pemrosesan yang mendukung bahasa pemrograman Java C, C++. Fitur utamanya meliputi Atmega 328, memori flash 32 KB yang 0,5 KB digunakan oleh *bootloader*, 2 KB SRAM, 1 KB EEPROM, kecepatan clock 16

MHz, *header* ICSP, colokan listrik, 6 pin I/O analog, 14 I/O digital pin, 6 pin output PWM, tegangan input 7–12 volt dan adalah 5 volt (Sindhuja dan Krithiga, 2017).

ATMega328 memiliki 3 buah PORT utama yaitu PORTB, PORTC dan PORTD dengan total pin *input/output* sebanyak 23 pin. PORT tersebut dapat difungsikan sebagai *input/output* digital atau difungsikan sebagai periperhal lainnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8. (Ginting, 2020).



Gambar 8. Datasheet chip ATMega 328.
(Sumber: Ginting, 2020).

2.8 Node MCU ESP8266

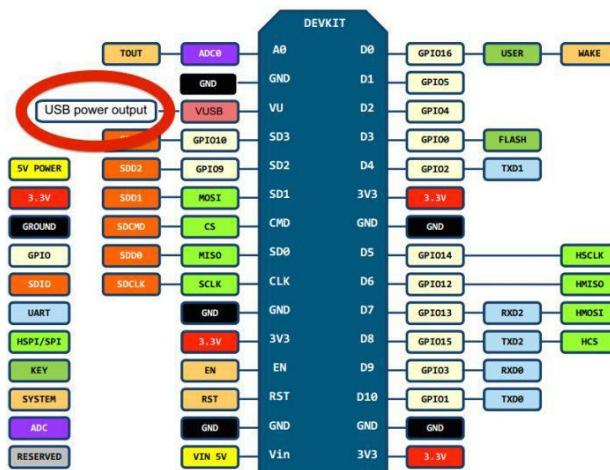
NodeMCU ESP8266 *development board* pada dasarnya adalah pengembangan dari SoC (System on Chip) ESP8266-12E dengan *firmware* berbasis e-Lua. Pada NodeMCU dilengkapi dengan microUSB port yang berfungsi untuk pemrograman maupun suplai daya. Selain itu juga pada NodeMCU di lengkapi dengan tombol push button reset dan flash. Konfigurasi pin NodeMCU ESP8266 ini dapat dilihat pada Gambar 9. NodeMCU menggunakan bahasa pemrograman Lua yang merupakan package dari ESP8266 (Siregar, 2018).

NodeMCU ESP8266 menawarkan kemudahan bagi pengguna untuk melakukan pengembangan perangkat seperti yang ditawarkan oleh development board yang sudah terlebih dahulu dikenal dan banyak digunakan, yaitu Arduino Uno dan Nano, namun ditambah modul Wi-Fi yang sudah terintegrasi dalam satu papan sehingga sangat memudahkan pengguna untuk mengembangkan perangkat berbasis *Internet of Things* (Siregar, 2018).



Gambar 9. NodeMCU ESP8266.
(Sumber: Siregar, 2018).

Kelebihan lain ESP8266 adalah memiliki *deep sleep mode*, sehingga penggunaan daya akan relatif jauh lebih efisien dibandingkan dengan modul WiFi. Catatan penting yang harus di garis bawah ialah, ESP8266 beroperasi pada tegangan 3,3V



Gambar 10. Fungsi Pin modul ESP8266.
(Sumber: Siregar, 2018).

Fitur fitur yang dimiliki oleh gambar NodeMCU ESP8266 di atas adalah sebagai berikut (Siregar, 2018).

- a) Berbasis ESP8266 serial WiFi SoC (System on Chip) dengan onboard USB to TTL. Wireless yang digunakan adalah IEEE 802.11b/g/n.
- b) 2 tantalum capacitor 100 micro farad dan 10 micro farad.
- c) 3,3v LDO regulator.
- d) CP2102 (dalam beberapa model menggunakan CH340) USB to UART bridge sebagai jembatan penghubung USB dengan mikrokontroler.
- e) Tombol reset, port usb, tombol flash, dan LED biru sebagai indikator.

- f) Terdapat 9 GPIO yang di dalamnya ada 3 pin PWM, 1 x ADC Channel, dan pin RX TX.
- g) S3 dan S2 sebagai pin GPIO.
- h) S1 MOSI (Master Output Slave Input) yaitu jalur data dari master dan masuk ke dalam slave, sc cmd/sc
- i) S0 MISO (Master Input Slave Input) yaitu jalur data keluar dari slave dan masuk ke dalam master.
- j) SK yang merupakan SCLK dari master ke slave yang berfungsi sebagai clock.
- k) Pin Vin sebagai masukan tegangan dengan 3 pin ground.
- l) Prosesor: L106 32-bit RISC microprocessor core based on the Tensilica Xtensa Diamond Standard 106 Micro (80 MHz).

2.9 Sensor Suhu

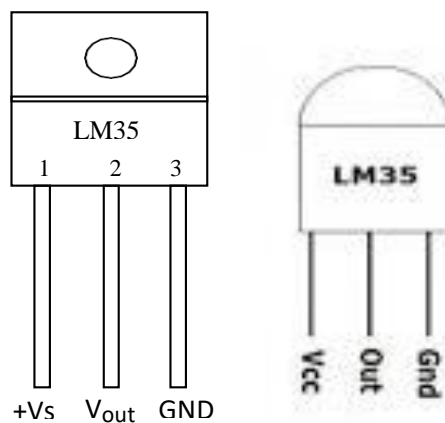
Sensor suhu ialah salah satu komponen yang dapat mengubah besaran panas menjadi listrik sehingga dapat mendeteksi gejala terjadinya perubahan suhu pada objek tertentu. Sensor suhu akan memulai pengukuran terhadap jumlah energi panas/dingin yang dihasilkan oleh suatu obyek sehingga memungkinkan kita mengetahui atau mendeteksi gejala perubahan terhadap suhu tersebut dalam bentuk output analog maupun digital, sensor suhu yang biasa digunakan antara lain RTD, DHT 11, Thermostat, Thermocouple dan LM35 (Nasrullah dkk, 2011).

Sensor LM35 jenis ini digunakan untuk mengukur suhu di suatu daerah. LM35 merupakan sensor suhu yang hasilnya cukup linier. LM35 tidak memerlukan kalibrasi eksternal ataupun timing khusus. Sensor ini mempunyai karakteristik yang linear yaitu pada $+10,0 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$. Sensor suhu LM35 langsung terkalibrasi mendeteksi suhu dalam derajat Celcius. Berikut ini merupakan spesifikasi dari sensor suhu LM35:

- Dikalibrasi langsung dalam celcius.
- Faktor skala linear $+10,0 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$.
- Biaya sangat terjangkau.
- Cocok untuk penggunaan aplikasi jarak jauh.
- Range deteksi $-55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $+150 \text{ }^{\circ}\text{C}$

- Dioperasikan pada tegangan 4V sampai dengan 30 V (LM35 Datasheet).

Pembacaan suhu dimulai dengan pengiriman sinyal analog ke Arduino Uno R3. Program akan mengkonversi nilai yang dibaca oleh sensor suhu LM35 yang masih berupa sinyal analog dan akan dikonversikan ke sinyal digital dengan bantuan ADC (Analog to Digital Converter) yang terdapat pada Arduino Uno R3. Nilai suhu dapat dihasilkan dengan pengkonversian terlebih dahulu terhadap data hasil pembacaan sensor LM35 sebelum ditampilkan di LCD 2x16. Pengkonversian data hasil pembacaan sensor LM35 sebelum ditampilkan (Nasrullah dkk, 2011).



Gambar 11. Pin Sensor LM35.
(Sumber: LM35 Datasheet).

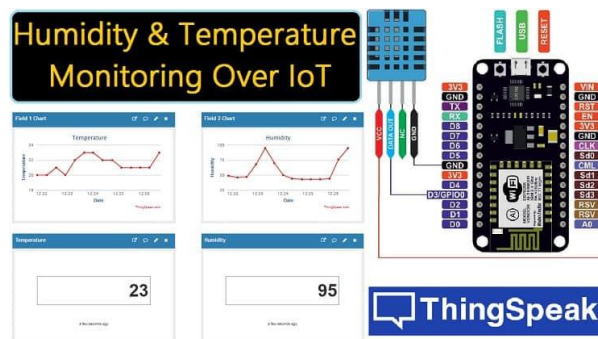
Gambar 11 menunjukkan bentuk dari LM35 tampak bawah. Tiga pin LM35 menunjukkan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau V_{out} dengan jangkauan kerja dari 0 Volt hingga 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antar 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap satu derajat *celcius* (Nasrullah dkk, 2011).

2.10 Aplikasi *Internet of Things*

Platform IoT adalah suatu alat atau suatu program yang digunakan sebagai penghubung antara sensor-sensor yang digunakan dalam perangkat IoT dengan jaringan data. Adapun platform yang sering dijumpai dalam penggunaan IoT seperti *Firestore*, *Ubidots*, *ThingSpeak*, *Blynk*, *Thingier.io* dan lainnya. *ThingSpeak* adalah platform *free open source* IoT yang terdiri dari *open data platform* dan *application*

programming interface (API) untuk IoT yang memungkinkan pengguna mengumpulkan, menyimpan data, menganalisis, memvisualkan data secara *realtime* dan bertindak atas pembacaan data sensor dan aktuator. Data yang masuk pada Thingspeak juga dapat disimpan dan diambil dengan berbagai perangkat menggunakan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) melalui koneksi internet atau *Local Area Network* Thingspeak dapat mendukung beberapa perangkat seperti Arduino, *Raspberry Pi* hingga ESP. (Setiawan dkk, 2019).

Unsur utama dari Thingspeak adalah saluran (Channel), yang berisi bidang data, bidang lokasi, dan bidang status. Setelah membuat saluran Thingspeak, semua data yang diketik dan ditulis akan masuk ke saluran dan diproses dan dapat dilihat hasil data lewat Matlab. sehingga dapat dilihat reaksi terhadap data dengan *tweet* dan *alert* lainnya. Selain fitur gratis, Thingspeak juga memiliki kelebihan dalam memvisualisasi data sensor secara *realtime*, penggunaan aplikasi tidak sulit dengan tampilan *interface* yang memudahkan dan agregasi data dari penyedia pihak ketiga memungkinkan pengguna dapat mengambil data tersebut tanpa harus membayar jasa. (Setiawan dkk, 2019).



Gambar 12. Aplikasi ThingSpeak.
(Sumber: Google Image, 2022).