

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jenis kandungan dan komposisi larutan	7
Tabel 2. 2 Kebutuhan pH dan ppm pada tanaman.....	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi Wemos D1 Mini	23
Tabel 3. 2 Spesifikasi Pompa Peristaltik	24
Tabel 3. 3 Skala jarak nilai error larutan	30
Tabel 3. 4 Skala jarak Output pompa peristaltik pH+ dan pH-	30
Tabel 3. 5 Tabel Rule Fuzzy PH	31
Tabel 3. 6 Tabel Input dan Output fuzzy Ketinggian.....	33
Tabel 4. 1 Perbandingan Nilai Sensor Ultraonik dengan Penggaris	36
Tabel 4. 2 Pembacaan Kalibrasi Sensor pH	37
Tabel 4. 3 Hasil perbandingan PWM	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hidroponik merupakan sebuah metode budidaya tumbuhan menggunakan media air yang kaya akan larutan nutrisi[1]. Pengaliran airnya menggunakan pompa yang disulang dari bak air berisi kandungan nutrisi dan pH air yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Dalam pengaturan pH diperlukan pengecekan setiap jamnya secara teratur agar penyerapan nutrisi pada tanaman tetap optimal. pH optimal untuk nutrisi pengairan hidroponik antara 5.5 - 6.5[2]. Apabila pH melebihi satuan tersebut maka penyerapan nutrisi oleh akar tanaman akan terganggu. Sehingga diperlukan sebuah instrumentasi alat yang mampu mengatur pH pada air hidroponik agar tetap stabil.

Pada alat pengatur pH, dibutuhkan alat peninjau ketinggian tangki penyuplai dari pipa tanaman hidroponik. Apabila alat mengatur pH tanpa meninjau ketinggian tangki maka dapat menyebabkan air dalam tangki akan meluap. Dalam sebuah sistem pengaturan pH dan peninjauan ketinggian larutan juga diperlukan sistem *monitoring* jarak jauh sebagai pemantau kondisi alat. Pada peninjauan ketinggian larutan ini diasumsikan maksimal volume larutan dalam tangki $\frac{3}{4}$ volume tangki agar tidak melebihi kapasitas tangki. Diperlukan juga sistem otomatis yang mampu memompa larutan berlebih keluar tangki apabila ketinggian sudah melebihi batas namun pH optimal belum tercapai. Sementara sistem *monitoring* jarak jauhnya diperlukan tempat penyimpanan data dari alat yang nantinya akan dikirim ke dalam gawai para petani untuk mengetahui kondisi tanaman hidroponik petani. Penelitian sebelumnya [3] menitik beratkan pada sistem kendali dengan *setpoint* yang tetap dan sistem *monitoring*. Pada penelitian ini *setpoint* pada sistem kendali dapat diatur dalam sistem *monitoring*.

Dengan terciptanya sistem otomasi dalam pengaturan pH dan ketinggian larutan yang berbasis *Internet of Things* ini diharapkan mampu mempermudah pekerjaan petani hidroponik dalam melakukan budidaya tanaman tanpa harus melakukan pemantauan secara berkala setiap hari.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dipaparkan, maka rumusan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir ini meliputi:

1. Bagaimana mengatur pH agar tetap stabil?
2. Bagaimana mengatur ketinggian larutan di dalam tangki agar tidak melebihi kapasitasnya?
3. Bagaimana cara menampilkan hasil *monitoring* pH dan ketinggian larutan pada tangki?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang alat yang mampu mengatur kadar pH larutan antara 5.5 - 6.5 dalam tangki hidroponik.
2. Membuat sebuah sistem yang mampu mengatur ketinggian larutan di bawah $\frac{3}{4}$ volume tangki.
3. Membuat sebuah sistem yang berisi informasi tentang pH dan ketinggian larutan pada tangki melalui gawai petani.

Manfaat yang didapat pada penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Perubahan kadar pH larutan akan akurat sehingga pertumbuhan tanaman menjadi optimal.
2. Mempermudah petani dalam melakukan pengawasan pada tanaman, karena tidak harus melakukan pemantauan secara langsung.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah diperlukan dalam penelitian ini agar penelitian fokus dalam masalah yang ditetapkan. Selain itu untuk menghindari kesalahan pemahaman dan meluasnya pembahasan. Batasan masalah tersebut adalah:

1. Tanaman yang ditanam adalah kangkung air
2. Tampilan *monitoring* hanya dapat dilihat apabila sistem tersambung internet.
3. Sistem pengendali dapat bekerja apabila suplai air dan larutan pengatur pH terpenuhi.
4. Kendali pH akan diaktifkan setelah ketinggian mencapai set poin yang telah ditentukan.
5. Tangki larutan memiliki ukuran 25 x 10 x 25cm.

1.5 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah

Masalah yang ada pada penelitian ini ditemukan dari membaca penelitian serupa.

2. Pengumpulan data

Metode ini dilakukan dengan membaca referensi dari berbagai sumber informasi.

3. Studi Literatur

Metode ini untuk mengidentifikasi masalah sehingga sistem yang dibangun sesuai dengan kebutuhan

4. Konsultasi

Metode ini dilakukan dengan pembimbing mengenai permasalahan-permasalahan yang sulit terselesaikan.

5. Perancangan Sistem dan Implementasi

Merancang sistem yang akan dibangun dan dikerjakan sesuai dengan perencanaan sistem.

6. Pengujian sistem dan analisa

Melakukan percobaan sistem yang telah dibuat, menemukan kesalahan yang dapat meningkatkan pengujian alat sehingga sistem akan berjalan dengan baik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- BAB I PENDAHULUAN

Bab ini memberikan gambaran mengenai topik yang akan dibahas, yang berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan, batasan permasalahan, dan sistematika penulisan.

- BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan teori yang digunakan pada penelitian ini seperti kebocoran, alat ukur debit, dan lain-lain.

- BAB III PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi alur kerja, alur perancangan dari sistem pengukur debit, serta analisa perancangan dan pemilihan komponen yang digunakan.

- **BAB IV HASIL PENGUJIAN DAN ANALISA**

Bab ini berisi hasil pengujian yang dilakukan dan analisis dari hasil pengujian yang didapat.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

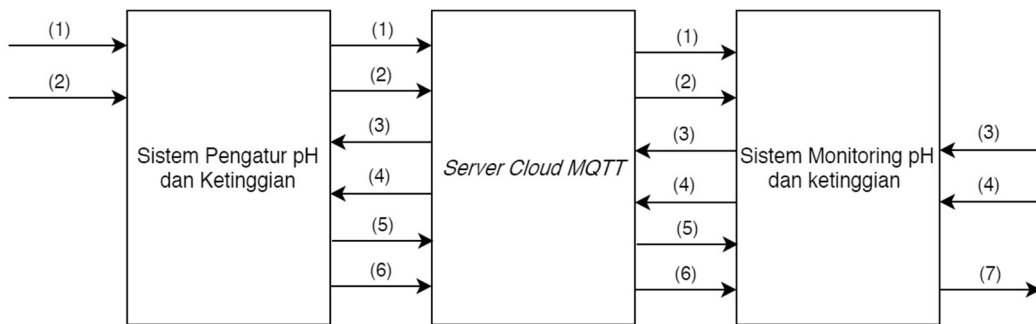
Bab ini berisi kesimpulan yang didapat dari hasil analisis dan saran untuk meningkatkan performa sistem.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Prinsip Kerja Solusi

Kendali pH dan ketinggian larutan tangki hidroponik berbasis IoT merupakan alat yang mampu mengatur kondisi keasaman dan ketinggian larutan di dalam tangki nutrisi hidroponik ditinjau dari pembacaan sensor. Mengacu pada penjelasan dari pihak petani hidroponik Cipanas, Kabupaten Cianjur, perubahan pH yang terjadi pada larutan ditentukan dari jumlah nutrisi berlebih pada tangki nutrisi. Sementara perubahan ketinggian larutan di dalam tangki ditentukan oleh banyaknya air dan nutrisi yang ditambahkan ke dalam tangki. Pada tugas akhir ini, penulis akan mengerjakan pengatur kendali dan derajat keasaman sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan.

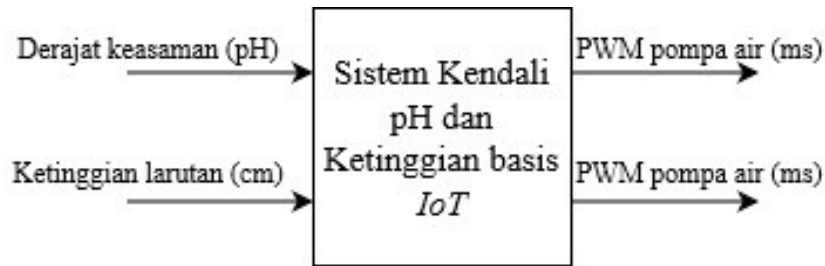


Gambar 2. 1 Diagram Fungsi Sistem

Gambar 2.1 merupakan diagram fungsi sistem, dengan keterangan sebagai berikut.

- 1) Derajat keasaman larutan (pH)
- 2) Ketinggian larutan (cm)
- 3) *Set point* derajat keasaman (pH)
- 4) *Set point* ketinggian (cm)
- 5) PWM pompa peristaltik
- 6) PWM pompa air
- 7) Informasi data harian

Diagram fungsi yang merupakan bagian penulis dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 2 Diagram Fungsi Sub Sistem

Prinsip kerja dari sistem kendali pH dan ketinggian tangki hidroponik berbasis IoT yang ditunjukkan oleh Gambar 2.2 Diagram fungsi sub sistem yaitu :

- a. Larutan nutrisi untuk tanaman hidroponik dimasukkan ke dalam tangki larutan.
- b. Derajat keasaman larutan nutrisi dibaca oleh sensor pH.
- c. Ketinggian larutan terhadap tangki dibaca oleh sensor ultrasonik.
- d. Mikrokontroler mengonversi data nilai tegangan yang dibaca oleh sensor menjadi data derajat keasaman dan ketinggian larutan.
- e. Mikrokontroler mengirim data ke server dan mengirim sinyal ke aktuator (Pompa peristaltik & *Drain System*) sebagai *output* lanjutan.
- f. Server akan menerima data dan mengolah agar dapat disajikan dalam bentuk tabel.
- g. Pompa peristaltik akan memompa peningkat/penurun pH ke dalam larutan.
- h. pH Larutan nutrisi akan naik/turun sesuai dengan rentang *set point* (5.8-6,3) yang sudah diatur.
- i. *Drain* akan aktif mengeluarkan larutan.

2.2 Nutrisi Hidroponik

Secara teknis, Hidroponik merupakan metode budidaya tumbuhan menggunakan larutan kaya mineral yang terlarut dalam air tanpa media tanah. Namun, sistem ini tetap membutuhkan sebuah media pengganti tanah sehingga sistem akarnya dibantu dengan diberi medium *perlite*, *rockwool*, serat kelapa, dan lain sebagainya[1].

Pada budidaya tanaman dengan sistem hidroponik pemberian air dan pupuk memungkinkan dilaksanakan secara bersamaan. Dalam sistem hidroponik pengelolaan air dan hara difokuskan terhadap cara pemberian yang optimal sesuai dengan umur tanaman dan kondisi lingkungan sehingga tercapai hasil yang maksimum[4].

Diperlukan 16 unsur hara sebagai nutrisi untuk pertumbuhan tanaman. Unsur-unsur tersebut adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo), dan khlorin (Cl) [5]. Unsur-unsur C, H, dan O biasanya disuplai dari udara dan air dalam jumlah yang cukup. Unsur hara lainnya didapatkan melalui pemupukan atau pemberian larutan nutrisi [6]. Larutan nutrisi untuk pertumbuhan tanaman diformulasikan sesuai dengan kebutuhan kombinasi garam yang perlu diserap oleh tanaman. Jumlah nutrisi yang diberikan disesuaikan dengan kebutuhan optimal tanaman. Pemupukan tanaman melalui hidroponik walaupun kelihatannya sama untuk berbagai jenis tanaman sayuran, akan tetapi terdapat perbedaan kebutuhan setiap tanaman terhadap nutrisi. Pupuk yang dapat digunakan dalam sistem hidroponik harus mempunyai tingkat kelarutan yang tinggi [4]. Teknologi hidroponik sistem terapung komposisi larutan nutrisi yang digunakan adalah sebagai berikut: [7]

Tabel 2. 1 Jenis kandungan dan komposisi larutan

Larutan Nutrisi	Komposisi larutan nutrisi (ppm)
Ca ²⁺	177.00
Mg ²⁺	24.00
K ⁺	210.00
NH ₄ ⁺	25.00
NO ₃ ⁻	233.00
SO ₄	113.00
PO ₄	60.00
Fe	2.14
B	1.20
Zn	0.26
Cu	0.048
Mn	0.18
Mo	0.046

Kualitas dan tingkat keasaman larutan dapat ditentukan dari apa yang terkandung di dalam tangki. Uji kualitas larutan dapat berupa pengukuran derajat keasaman (pH). Tumbuhan hidroponik memiliki penyerapan terbaik pada pH 5,5-6,5 dengan angka optimum 6,0. Di bawah angka 5,5 atau di atas angka 6,5 beberapa unsur akan mulai mengendap sehingga tidak dapat diserap oleh akar dan berakibat defisiensi penyerapan unsur terkait pada tanaman. Pada pH optimal, semua unsur berada dalam kondisi kelarutan yang baik sehingga mudah diserap oleh akar[8]. Setiap tanaman hidroponik memiliki kebutuhan pH dan konduktivitas tersendiri. Jumlah pH dan konduktivitas aneka jenis tanaman hidroponik adalah sebagai berikut: [9]

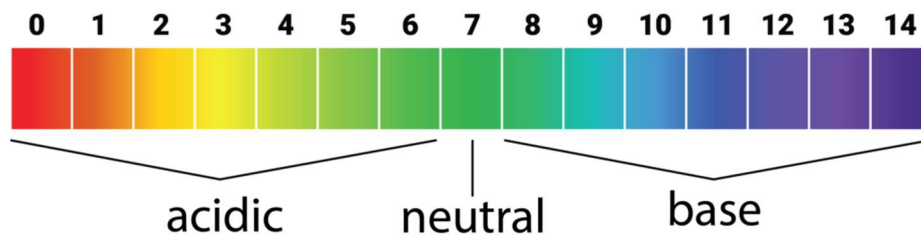
Tabel 2. 2 Kebutuhan pH dan ppm pada tanaman

Tanaman	pH	EC
Asparagus	6.0-6.8	0.8-1.8
Brokoli	6.0-6.8	3.0-3.5
Brussel sprout	6.0-6.5	2.5-3.0
Kubis	6.5-7.0	2.5-5.0
Cabai	6.0-6.5	1.8-2.2
Kubis bunga	6.5-7.0	1.5-2.0
Seledri	6.0-6.5	2.5-3.0
Mentimun	5.5-6.0	1.0-2.5
Terung jepang	5.8-6.2	2.5-3.5
Endive	5.5-6.0	0.8-1.5
Bawang daun	6.5-7.0	2.0-3.0
Lettuce	6.0-6.5	2.0-3.0
Lettuce head	6.0-6.5	0.9-1.6
Bawang merah	6.0-7.0	2.0-3.0
Pakcoi	6.5-7.0	1.5-2.0
Pumpkin	5.5-7.5	1.7-2.5
Bayam	6.0-7.0	1.4-1.8
Jagung manis	6.0-6.5	1.6-2.5
Tomat	5.5-6.5	2.0-5.0

Tanaman	pH	EC
Turnip	6.0-6.5	1.8-2.4
Zucchini	6.0-6.5	1.2-1.5
Kacang-kacangan	5.5-6.2	2.0-4.0
Kangkung	5.5-6.5	2.0-2.01

2.3 Derajat keasaman (pH)

pH adalah besaran nilai yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Secara bahasa pH berasal dari kata “*power of Hydrogen*” yang berarti tingkat konsentrasi hidrogen (H^+) dalam larutan. Didefinisikan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Pengukuran pH dapat menunjukkan larutan bersifat asam atau basa. pH disebut juga sebagai derajat keasaman.

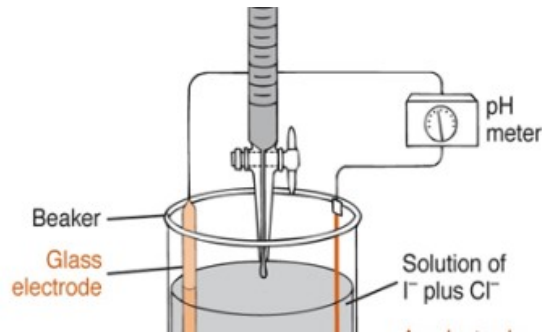


Gambar 2. 3 Skala Derajat Keasaman[10]

Pada **Gambar 2. 3** dijelaskan skala dalam pH. Sementara keadaan asam basa ditentukan oleh jumlah ion hidrogen [H^+] dan ion hidroksida [OH^-] di dalam larutan. Konsentrasi hidrogen [H^+] tinggi maka larutan akan bersifat asam sedangkan jika konsentrasi hidroksida [OH^-] tinggi maka larutan akan bersifat basa[3].

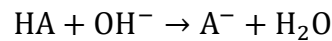
2.4 Pengasaman Larutan

Istilah pengasaman mengacu pada proses perubahan larutan dari pH netral menuju pH asam (1 - 6,9). Dalam proses pengasaman biasa dilakukan dengan menambah titran ke dalam larutan secara terus-menerus dengan menggunakan pipet tetes. Hal ini dilakukan agar mendapat hasil yang lebih akurat untuk mencapai titik titrasi. Dalam penelitian kali ini titrasi dilakukan untuk mengatur derajat keasaman larutan agar tetap optimal dalam pertumbuhan tanaman hidroponik.

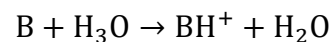


Gambar 2. 4 Proses Pengasaman pada Larutan[11]

Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. 4, dalam pengaturan derajat keasaman, pengasaman menggunakan reaksi kimia asam-basa. Terdapat sejumlah besar asam dan basa yang dapat ditentukan oleh titrimetri. Jika HA mewakili asam dan B mewakili basa, reaksinya adalah sebagai berikut:



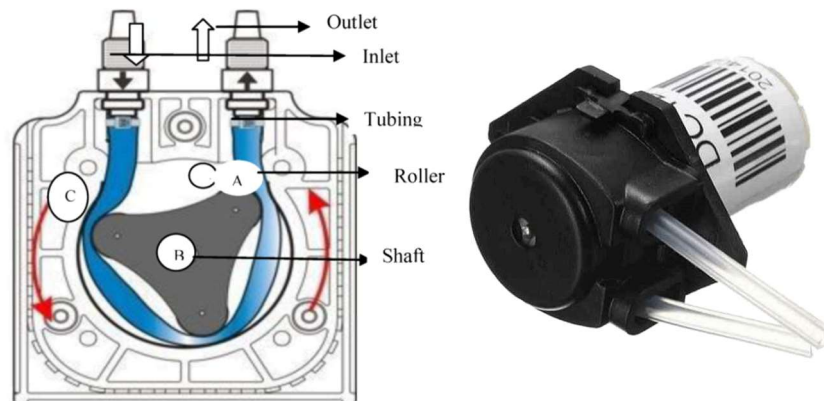
Dan



Titran pada umumnya adalah larutan standar dari elektrolit kuat, seperti natrium hidroksida dan asam klorida. Pada penelitian ini titran yang digunakan adalah Kalium Hidroksida (KOH) sebagai peningkat pH dan asam fosfat (H_3PO_4) sebagai penurun pH. Penulis menggunakan pompa peristaltik dan sensor pH dalam titrasi larutan agar dapat dilakukan secara otomatis.

Pompa peristaltik adalah sebuah jenis pompa perpindahan positif yang digunakan untuk memompa berbagai cairan. Pompa peristaltik tidak pernah bersentuhan langsung dengan fluida, berbeda dengan pompa lain di mana bagian dari pompa lain benar-benar masuk ke dalam dan bersentuhan langsung dengan fluida. Mekanisme non kontak alat diperlukan untuk menjaga fluida tetap steril.

Pompa peristaltik beroperasi dengan memungkinkan fluida menuju ke selang. Sebuah baling-baling selang fleksibel bekerja memompa larutan secara peristaltik tanpa ada kontak langsung dengan larutan yang dipompa.



Gambar 2. 5 Pompa Peristaltik[12][13]

Berdasarkan pada teori laju fluida yang bergantung pada parameter didapatkan:

- Diameter dalam selang (laju fluida lebih cepat dengan diameter dalam lebih besar).
- RPM kepala pompa

Teori laju fluida (ml/min):

$$Q = V * L * n * RPM$$

Dimana:

V = Volume dalam selang (m³)

L = Panjang selang (m)

n = Jumlah putaran pada rotor (n)

RPM = rotasi per menit dari pompa (rads/s)

Dengan menggunakan pompa peristaltik, titrasi pada larutan akan lebih akurat dan presisi sehingga penyerapan nutrisi oleh tumbuhan akan berjalan secara optimal[11].

2.5 Algoritma Logika Fuzzy

Fuzzy secara bahasa diartikan sebagai kabur atau samar-samar. Sebuah nilai dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Dalam *fuzzy* dikenal istilah derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai 1 atau 0 yang berarti ya atau tidak[14].

Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Metode pengendalian berbasis logika

fuzzy yang dikenal dengan istilah *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dapat diterapkan, baik dengan konsep *open-loop*[15],[16] maupun *closed-loop* [17]. Kelebihan dari teori logika *fuzzy* adalah kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa (*linguistic reasoning*), sehingga dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematik dari objek yang akan dikendalikan. Beberapa alasan digunakannya *fuzzy logic*:

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti.
2. *Fuzzy logic* sangat fleksibel.
3. *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap data yang kurang tepat.

Pada dasarnya teori himpunan *fuzzy* merupakan perluasan dari teori himpunan klasik (*crisp*). Dalam teori himpunan *crisp* ini batasan-batasan antara anggota dan bukan anggota jelas sekali. Himpunan pada logika *fuzzy* menggunakan 3 parameter untuk membentuk keanggotaan dalam himpunannya. Parameter yang digunakan adalah:

a. Variabel Linguistik

Variabel yang digunakan pada logika *fuzzy* untuk menggantikan variabel kuantitatif yang digunakan pada logika *crisp*. Variabel linguistik mempunyai nilai yang dinyatakan dengan kata-kata, misalnya untuk variabel linguistik suhu udara akan mempunyai nilai berupa nilai linguistik seperti: Asam (A), Setengah Asam (SA) dan Netral (N).

b. Derajat keanggotaan

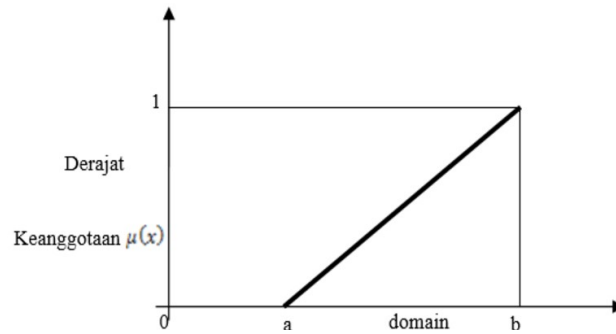
Derajat keanggotaan, yaitu nilai-nilai yang terdapat pada variabel linguistik yang dipetakan ke interval $[0,1]$. Nilai pemetaan inilah yang disebut sebagai nilai keanggotaan μ atau derajat keanggotaan.

c. Fungsi keanggotaan

Hubungan-hubungan pemetaan pada nilai linguistik dan nilai keanggotaan (dari 0 sampai 1) yang digambarkan ke dalam grafik fungsi sehingga didapatkan suatu fungsi. Fungsi inilah yang disebut sebagai fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*. Berikut ini adalah fungsi-fungsi yang biasa digunakan dalam *fuzzifikasi* [18] :

- 1) Representasi linear

Pada representasi linear, pemetaan *input* ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan dari representasi linear yaitu representasi linear naik dan representasi linear turun.



Gambar 2. 6 Representasi Linear Naik

Persamaan Garis (a,0) dan (b,1):

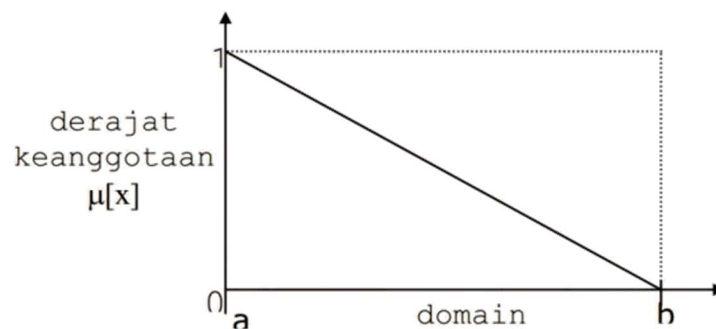
$$\frac{\mu(x) - \mu(x)_1}{\mu(x)_2 - \mu(x)_1} = \frac{x - a}{b - a}$$

$$\frac{\mu(x) - 0}{1 - 0} = \frac{x - a}{b - a}$$

$$\mu(x) = \frac{x - a}{b - a}$$

Persamaan *fuzzifikasi* linear naik:

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



Gambar 2. 7 Representasi Linear Turun

Persamaan garis (a,1) dan (b,0):