

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan pH dan Nutrisi Hidroponik [14].	9
Tabel 2.2 Suhu Bandung tahun 2020 [15].....	10
Tabel 4.1 Pengujian Sistem Kendali Fuzzy Logic Pada Sistem.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) merupakan tanaman yang berasal dari Cina dengan bentuk seperti tanaman sawi dan kembang kol serta masih termasuk dalam famili kubis-kubisan (*Brassicaceae*) dengan kandungan gizi yang tinggi. Kandungan gizi yang terdapat pada sayuran kailan yaitu Vitamin A, Vitamin B, Vitamin C, serat, dan mineral, seperti S, F, Na, Fe Ca, P dan C1 [1]. Dari kandungan tersebut kailan dapat berfungsi sebagai antioksidan untuk mencegah kanker, sumber zat besi, mencegah infeksi dan dapat menghaluskan kulit. Kandungan gizi serta rasanya yang enak menjadikan tanaman kailan sebagai salah satu produk pertanian yang sangat diminati oleh masyarakat dan memiliki potensi nilai komersial yang tinggi [2]. Tingginya permintaan pasar tanpa diimbangi dengan penyediaan yang cukup akan berdampak pada kurangnya terpenuhi kebutuhan masyarakat, terutama sayuran kailan. Hal ini disebabkan oleh kurangnya dan rendahnya penyediaan kailan dengan kualitas produk yang tidak sesuai dengan kebutuhan konsumen [3].

Untuk meningkatkan ketersediaan tanaman kailan, metode bercocok tanam dapat diubah dari metode konvensional (lahan tanah terbuka) menjadi metode hidroponik. Hidroponik merupakan metode bertanam tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya dimana keseluruhan keperluan makanan sudah terkandung di dalam larutan nutrisi yang tersedia. Hidroponik memiliki banyak kelebihan yaitu tidak membutuhkan banyak lahan, tanaman dapat tumbuh lebih cepat, hemat pemakaian pupuk, penggunaan air lebih optimum, terbebas dari hama dan pestisida serta menjadikan hasil keluaran dari tanaman dengan metode hidroponik baik untuk dikonsumsi bagi tubuh. Disamping itu, metode ini dapat diaplikasikan oleh masyarakat yang mempunyai keterbatasan lahan seperti diperkotaan [4].

Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam bercocok tanam menggunakan metode hidroponik yakni suhu, kelembaban, pH, nutrisi, dan lain-lain. Jika terjadi kelalaian dalam pengontrolan faktor-faktor tersebut maka dapat dipastikan

pertumbuhan tanaman akan terhambat bahkan mengalami kegagalan. kailan dapat hidup dan tumbuh dengan baik pada ketinggian 700-1500 meter di atas permukaan laut sehingga menjadikan kailan cocok ditanam pada dataran rendah ataupun dataran tinggi dengan kelembapan 80-90% serta mendapatkan sinar matahari yang cukup [3]. Kemudian pertumbuhan kailan bergantung pada suhu lingkungan dimana pertumbuhan dan hasil yang maksimal kailan memerlukan temperatur minimum sekitar 23-35°C. Untuk derajat keasaman tanah (pH tanah) kailan dapat tumbuh pada pH antara 5.5-6.5. Tanaman kailan menyukai tanah yang memiliki kandungan Garam *Natrium*, *calcium*, dan *Boron* [5].

Seiring dengan penerapan hidroponik muncul beberapa masalah baru seperti hasil tanaman yang kurang optimal. faktor yang mempengaruhi yaitu pH dan nutrisi. Nilai kadar pH yang terkandung dalam air akan mempengaruhi unsur hara mikro dan makro nutrisi karena tanaman akan menyerap asupan makanan yang diperlukan untuk pertumbuhannya melalui zona perakaran sehingga nutrisi dan pH dalam air akan menentukan kualitas dari tanaman.

Pada tugas akhir ini melakukan perancangan sebuah sistem kontrol TDS (*total dissolved solid*) dan pH hidroponik menggunakan *Fuzzy Logic Controller* (FLC) dengan *setpoint* pH dan nutrisi berdasarkan kebutuhan tanaman yakni untuk pH 5.5-6.5 dan TDS 500-600 ppm di minggu pertama hari setelah semai (HSS). Mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini yaitu Arduino Mega 2560 dengan menghubungkan analog pH Meter, analog TDS meter sebagai *input* dan menghubungkan pompa air DC 12 volt dan pompa peristaltic DC 12 volt sebagai aktuator dengan menggunakan relay. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat mengetahui seberapa efektif tanaman kailan tumbuh dan hidup menggunakan sistem kontrol *fuzzy logic* serta menghasilkan kualitas tanaman kailan yang lebih baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan merujuk pada latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan masalah yang akan dibahas pada tugas akhir yaitu:

1. Bagaimana rancangan sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* untuk mengontrol larutan nutrisi dan kadar pH tanaman hidroponik?
2. Bagaimana respon sistem ketika diberikan simulasi laju penyerapan pH dan nutrisi oleh tanaman hidroponik?
3. Bagaimana hubungan antara pH dengan nutrisi?
4. Bagaimana perbedaan hasil pengukuran pada sensor pH dan sensor TDS dengan pH meter dan TDS Meter?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini yaitu:

1. Mengetahui rancangan sistem kontrol berbasis *fuzzy logic* untuk mengontrol larutan nutrisi dan kadar pH tanaman hidroponik
2. Menganalisis respon sistem ketika diberikan simulasi laju penyerapan nutrisi oleh tanaman hidroponik.
3. Menganalisis hubungan antara pH dengan nutrisi.
4. Menganalisis perbedaan hasil pengukuran pada sensor pH dan sensor TDS dengan pH meter dan TDS meter.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini memiliki batasan masalah diantaranya adalah:

1. Perancangan sistem kontrol digunakan untuk tanaman hidroponik dengan metode NFT (*Nutrient Film Technique*).
2. Sistem kontrol yang digunakan hanya untuk mengendalikan nilai pH dan TDS.
3. Sistem ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560.
4. Tanaman yang digunakan dalam satu sistem harus tanaman sejenis yaitu tanaman kailan.
5. Pemberian larutan pH dan nutrisi berdasarkan kebutuhan tanaman yang digunakan.
6. Larutan yang digunakan yaitu 10% *Asam Fosfat* (H_3PO_4) untuk pH *down*, 10% *Kalium Hidroksida* (KOH) untuk pH *up* dan nutrisi AB *mix*.

1.5 Metode Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Studi Literatur

Tahap pertama dilakukan untuk mendapatkan pemahaman mengenai penggunaan arduino mega dan Arduino IDE. Selain itu belajar mengenai perancangan sistem, akan dibutuhkan juga pembelajaran cara mengoperasikan sensor pH, sensor *total dissolved solid* (TDS), pompa air DC 12 volt dan pompa peristaltik.

2. Studi Lapangan

Tahap kedua adalah studi lapangan, hal ini diperlukan untuk memperjelas hal-hal yang telah didapat pada studi literatur. Studi lapangan dilakukan dengan cara berkonsultasi dengan orang-orang yang berpengalaman dengan sistem kontrol menggunakan *fuzzy logic*, sensor pH, sensor TDS, pompa air DC 12 volt, pompa peristaltik dan sistem hidroponik secara umum.

3. Perancangan sistem

Tahap ketiga adalah perancangan sistem, pada tahap ini dilakukan perancangan sistem mekanik, sistem elektrik, dan sistem kontrol menggunakan *fuzzy logic*.

4. Pengambilan Data dan Analisa

Tahap keempat adalah pengambilan data dan analisa. Pada tahap ini dilakukan pengambilan data berupa respon sistem terhadap variasi *setting point* yang diberikan, kemudian dilakukan juga evaluasi respon terhadap sistem kontrol dengan diberikan gangguan berupa simulasi aktual penurunan dan kenaikan jumlah air pada bak pencampuran, jumlah nutrisi dan kadar pH.

5. Kesimpulan

Tahap terakhir dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah penarikan kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan terhadap data yang diperoleh dari hasil penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kailan

Kailan (*Brassica oleracea var alboglabra*) jenis sayuran yang termasuk kedalam kelas *dicolymenoeae*. Sistem perakaran kailan yaitu akar tunggang dengan cabang-cabang akar yang kokoh. Cabang akar (akar sekunder) tumbuh dan menghasilkan akar tertier yang akan berfungsi menyerap unsur hara dari dalam tanah [6]. Tanaman ini banyak ditanam di dataran tinggi. Namun, tanaman ini dapat tumbuh dan hidup di dataran rendah dan mudah berbunga serta menghasilkan biji secara alami pada kondisi iklim tropis Indonesia. Kailan (*Brassiceca oleracea var. alboglabra.*) merupakan sayuran dan tumbuhan obat yang biasa digunakan sebagai lalap dan sup. Seluruh bagian pada kailan dapat dimanfaatkan seperti daun, tangkai daun, dan umbinya [5].

Kailan dikenal dengan daun roset yang tersusun spiral ke arah pucuk tak berbatang mirip seperti caisim [1]. Tanaman kailan sebagian memiliki bentuk serta ukuran daun yang lebih besar dan permukaan serta sembir daun yang rata. Kemudian pada batang tanaman kailan kebanyakan berukuran pendek dan banyak mengandung air namun ukuran tanaman kailan dapat lebih besar jika asupan nutrisinya terpenuhi dengan baik [5]. Kailan termasuk ke dalam tanaman yang memiliki banyak manfaat. kandungan pada setiap 100 g berat kailan yakni mengandung 7540 IU Vitamin A, 115 mg Vitamin C, dan 62 mg Ca, 2.2 mg Fe. Oleh karena itu, kailan sangat diminati oleh masyarakat Indonesia dan memiliki nilai ekonomi yang tinggi [1].

Kailan dapat tumbuh pada ketinggian 700-1500 meter di atas permukaan laut. Tetapi kailan dapat juga tumbuh di daerah tropis dengan ketinggian 250 meter di atas permukaan laut dan untuk pertumbuhan serta produksinya suhu yang dikehendaki berkisar antara 23-30°C dan maksimumnya 35°C. Kailan akan tumbuh maksimal jika daerah sekitar memiliki kelembapan antara 80%-90% dan diimbangi dengan sinar matahari yang cukup dan pH tanah berkisar antara 5.5-6.5 dan nutrisi 1040-1400 ppm [5].

2.2 Hidroponik

Hidroponik merupakan metode bercocok tanam yang tepat untuk dilakukan sekarang ini. Dalam bercocok tanam, hidroponik tidak memerlukan banyak lahan karena untuk bercocok tanamnya tanpa menggunakan tanah sebagai media tanamnya. Kata hidroponik atau *hydroponics* berasal dari bahasa Yunani, yaitu *hydro* (air) dan kata *ponos* (kerja) sehingga hidroponik dimaksudkan sebagai air yang bekerja. Budidaya hidroponik biasanya dilaksanakan di dalam rumah kaca (*greenhouse*) yang bertujuan agar tanaman dapat tumbuh secara optimal dan terlindungi dari pengaruh unsur luar seperti hama penyakit, hujan, iklim, dan lain-lain sehingga tanaman yang tumbuh dengan menggunakan hidroponik baik untuk dikonsumsi [4].

Bertanam menggunakan metode Hidroponik akan menghasilkan pertumbuhan tanaman menjadi sehat serta memiliki masa panen yang tergolong cepat karena cara ini memiliki banyak kelebihan. Hal ini disebabkan karena pemberian makanan yang cukup dan merata yang terdapat pada larutan nutrisi yang tersirkulasi secara terus-menerus sepanjang hari. Nutrisi terbagi menjadi dua jenis untuk hidroponik yaitu nutrisi A dan nutrisi B atau nutrisi AB Mix. Faktor utama yang perlu di perhatikan dalam bercocok tanam menggunakan metode hidroponik yaitu pengecekan kualitas larutan nutrisi dan pH dimana jika kandungan larutan tersebut kurang dari nilai standar kebutuhan suatu tanaman dapat dipastikan tanaman dapat tumbuh tidak sehat bahkan bisa menyebabkan tanaman mati. Selain itu, sirkulasi udara dan sinar matahari juga menjadi faktor pendukung agar tanaman tumbuh menjadi sehat dan optimal [4].

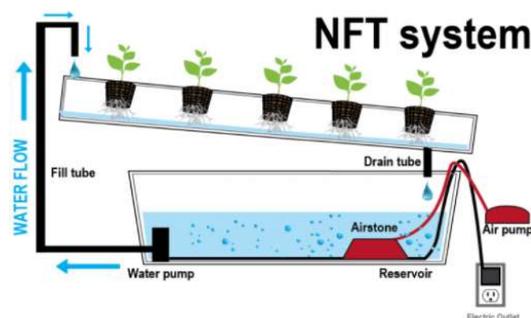
2.2.1 *Nutrient Film Technique* (NFT)

Sistem NFT terlihat pada Gambar 2.1 merupakan metode akar tanaman tumbuh dan hidup melalui lapisan nutrisi yang tersirkulasi secara terus menerus sepanjang hari menggunakan pompa air sehingga tanaman mendapatkan asupan air, nutrisi dan oksigen yang cukup . terdapat banyak kelebihan bercocok tanaman menggunakan sistem NFT. Yaitu [4]:

1. Sistem NFT sangat cocok untuk digunakan pada tanaman yang membutuhkan banyak asupan air. Air akan terus mengalir dengan mudah, stabil dan baik dengan dibantu oleh pompa air untuk mendorong air menuju zona perakaran tanaman.
2. Sistem NFT akan mempengaruhi masa tanam tanaman dimana masa tanam akan menjadi lebih singkat dibandingkan sistem hidroponik konvensional.
3. Mudahnya perawatan dan pemantauan aliran maupun kondisi nutrisi karena disimpan dalam satu tempat atau wadah.
4. Sistem NFT menghasilkan aliran yang stabil sehingga nutrisi yang masuk menuju zona perakaran tanaman akan diserap oleh tanaman dengan merata dan akan memperoleh hasil pertanian dengan kondisi yang optimal.

Adapun kekurangan dari sistem NFT. Yaitu [4] :

1. Untuk membuat media tanaman hidroponik sistem NFT memerlukan biaya yang tergolong mahal karena komponen dan peralatan untuk merancang sistem NFT cukup banyak.
2. Sistem NFT tidak cocok untuk pemula karena perlunya pengetahuan dalam merawat dan memantau kondisi aliran air, nutrisi, oksigen.
3. Sistem NFT sangat bergantung pada listrik karena untuk meng sirkulasi larutan nutrisi perlu menggunakan pompa air. Jika pompa air mati maka tanaman akan mengalami kekurangan asupan nutrisi karena larutan nutrisi tidak tersirkulasi pada zona perakaran tanaman.
4. Sistem NFT rentan terhadap penyakit. Apabila satu tanaman terkena penyakit besar kemungkinan tanaman lain akan terkena juga dikarenakan kesamaan aliran nutrisi yang terintegrasi pada masing-masing tanaman.



Gambar 2. 1 Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) [4].

2.2.2 pH

Pada tanaman dengan sistem hidroponik, peran pH memiliki dampak yang sangat kuat. Pengaruh pentingnya pH pada tanaman dengan sistem hidroponik yaitu tanaman tidak dapat menyerap nutrisi dari larutan jika pH larutan tidak sesuai dengan yang dibutuhkan. Setiap tanaman memiliki nilai pH yang berbeda-beda, namun pH normal yang baik untuk kebanyakan tanaman bernilai antara 5.5-6.5 [4]. Jika kondisi pH pada media tumbuh tanaman bersifat asam, maka penyerapan unsur hara yang terdapat pada larutan nutrisi akan terhambat sehingga mengakibatkan pertumbuhan tanaman terlambat atau menjadi kerdil. Sebaliknya, jika kondisi pH berada pada kondisi normal, maka penyerapan unsur hara oleh tanaman tidak mengalami hambatan, sehingga pertumbuhan tanaman dapat menjadi meningkat [9].

Pada penelitian ini pH yang digunakan untuk menurunkan atau menaikkan kadar pH yaitu larutan pH *up* dan pH *down*. Dimana masing-masing *buffer* pH sebanyak 1 liter terdiri dari 10% *Kalium Hidroksida* (KOH) untuk pH dan 10% *Asam Fosfat* (H₃PO₄) untuk pH *down*. Molaritas untuk kedua larutan adalah [10]:

$$M \text{ KOH } 10\% = \frac{\text{massa KOH}}{(\text{Massa Relatif KOH}) \times \text{Volume KOH}} \quad (2.1)$$

$$= \frac{10\% \times 1000}{(39+16) \times 1} \quad (2.2)$$

$$= 1,785 \text{ M} \quad (2.3)$$

$$M \text{ H}_3\text{PO}_4 \text{ } 10\% = \frac{\text{massa H}_3\text{PO}_4}{(\text{Massa Relatif H}_3\text{PO}_4) \times \text{Volume H}_3\text{PO}_4} \quad (2.4)$$

$$= \frac{10\% \times 1000}{(3+31+64) \times 1} \quad (2.5)$$

$$= 1,02 \text{ M} \quad (2.6)$$

Pemberian kedua larutan tersebut yaitu dengan cara mengalirkannya dari masing-masing *buffer* menuju bak penampungan air dan dilakukan pencampuran larutan yang dibantu oleh baling-baling *mixer*. Proses pencampuran larutan dilakukan agar kadar pH yang ada pada bak penampungan air menjadi merata dan memudahkan sensor untuk membaca kadar pH sebenarnya.

2.2.3 Nutrisi

Nutrisi pada hidroponik terbagi menjadi dua yaitu nutrisi dengan mengandung unsur makro dan mikro. Nutrisi dengan unsur makro merupakan nutrisi yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang cukup banyak. Seperti *K, S, N, P Ca,* dan *Mg*. Sedangkan nutrisi yang mengandung mikro dibutuhkan dalam jumlah sedikit bagi tanaman seperti *Mn, Cu, Zn, Cl, Cu, Na* dan *Fe* [11]. AB mix adalah larutan hara yang terdiri dari stok A yang berisi unsur hara makro dan stok B berisi unsur hara mikro [12]. Namun keduanya menjadi hal penting dalam keberlangsungan hidup tanaman yang menggunakan metode hidroponik karena tanaman mendapatkan asupan makanan yang cukup dan baik jika unsur hara makro dan mikro sesuai dengan kebutuhan tanaman. Berdasarkan Tabel 2.1 merupakan nilai dari kebutuhan masing-masing tanaman [13].

Tabel 2. 1 Kebutuhan pH dan Nutrisi Hidroponik [14].

PH DAN PPM SAYURAN DAUN			
No	Nama Sayuran	pH	PPM
1	Artichoke	6.1-75	560-1260
2	Asparagus	6.0-6.8	960-1200
3	Bawang Pre	6.5-7.0	980-1210
4	Bayam	6.0-70	1960-2450
5	Brokoli	6.0-6.8	1750-2100
6	Brusell Kecambah	6,5	1400-1680
7	Endive	5,5	1050-1400
8	Kailan	5.5-6.5	1050-1400
9	Kangkung	5.5-6.5	1050-1400
10	Kubis	6.5-7.0	1750-2100
11	Kubis Bunga	6.5-7.0	1750-2100
12	Pakcoy	7	1050-1400
13	Sawi Manis	5.5-6.5	1050-1400
14	Sawi Pahit	6.0-6.5	840-1680
15	Seledri	6,5	1260-1680
16	Selada	6	560-840

Pada tanaman kailan kebutuhan nutrisinya berbeda-beda berdasarkan dari Per minggu Setelah Tanam / *Transplanting*. Yaitu [14]:

- a. Minggu pertama 500 ppm (1,5 ml Nutrisi A + 1.5 ml Nutrisi B)/liter
- b. Minggu kedua 700 ppm (3 ml Nutrisi A + 3 ml Nutrisi B)/liter
- c. Minggu ketiga 900 ppm (4 ml Nutrisi A + 4 ml Nutrisi B)/liter
- d. Minggu keempat 1200 ppm (5 ml Nutrisi A + 5 ml Nutrisi B)/liter
- e. Minggu Kelima 1200 ppm (5 ml Nutrisi A + 5 ml Nutrisi B)/liter
- f. Minggu Keenam 1300 ppm (5.5 ml Nutrisi A + 5.5 ml Nutrisi B)/liter

2.2.4 Kondisi Lingkungan

Dalam budidaya tanaman kailan faktor utama dalam pertumbuhan dipengaruhi oleh suhu sekitar. Suhu dapat menentukan kualitas pada tanaman seperti ukuran, warna dan rasa dimana suhu optimal tanaman kailan berkisar 23-35° C. Pada suhu dibawah optimal tinggi, lebar daun dan luas daun tanaman mengalami perlambatan. Sedangkan ketika suhu diatas optimal perubahan tanaman kailan tidak mengalami perubahan yang signifikan. Berdasarkan data statistik untuk suhu Bandung tahun 2020 (BPS, Jabar 2020) terlihat pada tabel 2.2 [3]. maka dapat disimpulkan tanaman kailan dapat tumbuh dengan optimal dengan dibantu pengontrolan pH dan nutrisi agar kebutuhan tanaman dapa terpenuhi.

Tabel 2. 2 Suhu Bandung tahun 2020 [15].

No	Bulan	Temperatur (°C)
		Rata-rata
1	Januari	25,69
2	Februari	25,22
3	Maret	25,22
4	April	25,91
5	Mei	25,94
6	Juni	25,95
7	Juli	25,42
8	Agustus	25,42
9	September	26,22
10	Oktober	25,77
11	November	25,77
12	Desember	25,39

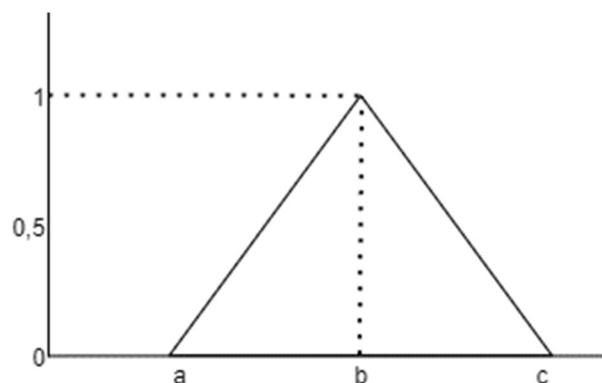
2.3 Fuzzy Logic

Fuzzy logic adalah metodologi matematika yang diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh yang mengembangkan boolean ke nilai riil. *Fuzzy Logic Control* (FLC) mengacu pada konsep *fuzzy set*, variabel linguistik dan fungsi penalaran. Metode ini dapat meniru kemampuan operasi manusia menjadi linguistik atau berdasarkan aturan mesin. Elemen kunci sistem kontrol *fuzzy* adalah himpunan *fuzzy* dan aturan *fuzzy* [16]. *Fuzzy logic* dengan logika matematika memiliki perbedaan dimana logika matematika hanya mengenal dua nilai; 0 atau 1, benar atau salah, *high* atau *low*, hitam atau putih, *fuzzy logic* memiliki jumlah nilai tak hingga dengan rentang 0 sampai 1 [17]. Dalam *Fuzzy logic* memungkinkan satu keadaan memiliki dua nilai yang berbeda. Kelebihan dari penerapan *Fuzzy logic* yaitu mampu untuk digunakan dalam permasalahan-permasalahan yang masih samar-samar atau yang tidak dapat diselesaikan dengan penurunan rumus secara matematis biasa [16].

Sistem berbasis aturan fuzzy logic terdiri dari empat komponen utama yakni fuzzifikasi (*fuzzification*), Inferensi (*interference*), dan Defuzzifikasi (*Defuzzification*). Ketika komponen tersebut jika di terapkan dengan benar akan mendapatkan sistem kontrol yang baik.

2.3.1 Fuzzifikasi

Masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp input*) dikonversi ke dalam bentuk *input fuzzy* berupa nilai linguistik yang semantiknya ditentukan berdasarkan *membership function*. *Membership function* memiliki nilai dari 0 sampai 1 yang disebut derajat keanggotaan, dilambangkan dengan simbol $\mu(x)$ [18].



Gambar 2. 2 Fungsi Keanggotaan Segitiga.