

RANCANG BANGUN SISTEM DETEKSI KUALITAS KAPUR PERTANIAN BERBASIS FUZZY LOGIC PADA MIKROKONTROLER STM32F4 DI UNIT ZA2 PT. PETROKIMIA GRESIK

1) Muhammad Nizam, 2) Misbah, 3) Denny Irawan

1,2,3) Jurusan Teknik Elektro– Universitas Muhammadiyah Gresik

JL. Sumatra No 101, Gresik 61121, Jawa Timur

Email : 1)muhnizaamm@gmail.com, 2)misbah.grs@gmail.com, 3)den2mas@gmail.com

ABSTRAK

Kapur pertanian (KAPTAN) merupakan hasil produk dari unit ZA2 PT. Petrokimia Gresik. KAPTAN sendiri memiliki kandungan kadar air dan kadar ammonia yang menentukan kualitas dari KAPTAN itu sendiri. Kelemahan dari sistem saat ini yaitu terlalu lama untuk menganalisa KAPTAN tersebut. Untuk mengantisipasi hal tersebut, dibuatlah alat yang dapat menentukan kualitas KAPTAN berbasis fuzzy logic pada mikrokontroler STM32F4

Teknologi ini menggabungkan dua jenis sensor yaitu sensor kadar ammonia (TGS2602) dan sensor kadar air (Soil Moisture Sensor) untuk menentukan kualitas KAPTAN. Pengambilan keputusan pada alat ini menggunakan logika fuzzy sugeno orde nol. Selain itu alat ini juga didesain untuk dapat berkomunikasi secara serial dengan PC dan LCD untuk monitoring kualitas KAPTAN.

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa alat yang telah dibuat dapat mendeteksi kualitas KAPTAN. Dalam pengujian sampel KAPTAN yang berbeda, Alat dapat mendeteksi kualitas KAPTAN dengan baik pada suhu ruangan yang berbeda dan memudahkan pihak produksi dalam mengetahui kualitas KAPTAN dengan cepat.

Kata Kunci : KAPTAN, Fuzzy Sugeno, STM32F4.

1. PENDAHULUAN

Kapur pertanian (KAPTAN) merupakan hasil produk dari unit ZA2 selain pupuk ZA yang bahan bakunya berasal dari gypsum, amoniak (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2). KAPTAN dihasilkan pada proses filtrasi. Pada proses filtrasi ini terjadi pemisahan strong liquor dan chalk cake. Strong liquor sendiri akan diproses lagi untuk menghasilkan pupuk ZA sedangkan chalk cake sendiri akan dikirim ke pengantongan untuk hasil produk KAPTAN PT PETROKIMIA GRESIK.

KAPTAN sendiri mempunyai banyak manfaat dalam pertanian atau perikanan. Dalam hal pertanian, KAPTAN berfungsi meningkatkan PH tanah menjadi netral serta memacu pertumbuhan akar. Sedangkan dalam hal perikanan, berfungsi untuk mempertinggi PH tambak yang rendah serta mempercepat proses penguraian bahan organik [5].

KAPTAN berguna untuk bahan baku industry semen yaitu sebagai campuran dalam proses pembuatan semen.

KAPTAN setiap harinya dianalisa oleh unit laboratorium, agar kandungan-kandungannya dapat diketahui. salah satu kandungan yang di analisa adalah kadar air serta kandungan NH_3 pada KAPTAN. dari kandungan tersebut akan sangat mempengaruhi kualitas KAPTAN. Kualitas kapur pertanian yang buruk tidak bisa masuk pada proses pengantongan diakibatkan tidak sesuai dengan standart oleh pihak produksi. Adapun kelemahan dari laboratorium yaitu terlalu lama untuk menganalisa KAPTAN tersebut. Hal ini disebabkan karena banyaknya sampel yang dianalisa laboratorium dalam satu shift, akibatnya pihak produksi terlambat mengetahui kualitas KAPTAN serta resiko seringnya

kualitas KAPTAN yang tidak bagus masuk kedalam pengantongan dan tidak disimpan terlebih dulu di gudang storage.

Memandang dari pentingnya kualitas KAPTAN yang harus termonitor pihak produksi di unit ZA2 PT PETROKIMIA GRESIK, penulis tertarik untuk memberikan informasi kualitas KAPTAN dengan metode fuzzy logic berdasarkan kandungan kadar air serta NH_3 yang bisa dipantau di control room. Maka penulis mengambil judul “Rancang Bangun Sistem Deteksi Kualitas Kapur Pertanian (KAPTAN) berbasis Fuzzy Logic pada Mikrokontroler STM32F4 di Unit ZA2 PT.PETROKIMIA GRESIK”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapur Pertanian (KAPTAN)

Kapur pertanian (KAPTAN) merupakan hasil produk dari unit ZA2 selain pupuk ZA yang bahan bakunya berasal dari gypsum, amoniak (NH_3) dan karbon dioksida (CO_2). KAPTAN dihasilkan pada proses filtrasi. Pada proses filtrasi ini terjadi pemisahan strong liquor dan chalk cake. Strong liquor sendiri akan diproses lagi untuk menghasilkan pupuk ZA sedangkan chalk cake sendiri akan dikirim ke pengantongan untuk hasil produk KAPTAN PT PETROKIMIA GRESIK. Chalk cake atau CaCO_3 yang dihasilkan pada proses filtrasi tersebut mempunyai komposisi CaCO_3 85% , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ maks 4% , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ maks 2% yaitu dari kadar amonia dan asam sulfat dari ZA yang tercampur dan H_2O maks 20%. Standart tersebut diterapkan oleh produksi agar kualitas kapur pertanian tetap terjaga.

2.2 Mikrokontroler STM32F4 Discovery

STM32F4 *discovery* adalah salah satu jenis dari penggunaan prosesor ARM. Fitur yang terdapat pada STM32F4 *discovery* membantu untuk mempermudah dan mengembangkan aplikasi. Rangkaian Ini mencakup segala sesuatu yang diperlukan untuk pengguna pemula dan pengguna berpengalaman untuk mengaplikasikan dengan cepat dan mudah.

Berdasarkan STM32F407VGT6, terdapat alat ST-LINK/V2 tertanam debug, dua ST MEMS, accelerometer digital dan mikrofon

digital, satu DAC audio dengan sopir D speaker kelas terpadu, LED, tombol push button dan konektor micro-AB USB OTG.Board STM32F4 Discovery

2.3 Sensor Kadar Air dan Kadar Amonia

Sensor kadar air yang digunakan adalah capacitive soil moisture yaitu dengan mengukur tingkat moisture tanah dengan penginderaan kapasitif. Sensor ini terbuat dari korosi bahan tahan yang memberikan kehidupan pelayanan prima. Modul ini mencakup regulator tegangan on-board yang memberikannya rentang tegangan operasi 3,3 ~ 5.5V. ini cocok untuk tegangan rendah MCUs, baik 3.3V dan 5V.

Sedangkan Sensor amonia menggunakan TGS2602 yang mempunyai sinyal analog dan sinyal output pada tingkat yang sama, kisaran sinyal keluaran analog 0-5V, sinyal analog dapat langsung terhubung dengan akuisisi AD. Sinyal keluaran sinyal tingkat digital yang valid rendah, lampu led, dapat dihubungkan langsung ke port IO mikrokontroler. Sensitivitas sensor bisa disesuaikan, Anda bisa mengatur sensor ambang batas output gas rendah, bisa langsung terhubung ke mikrokontroler.

2.4 Fuzzy Logic

Fuzzy berarti samar, kabur atau tidak jelas. Fuzzy istilah yang dipakai oleh Lotfi A Zadeh pada bulan Juli 1964 untuk menyatakan kelompok / himpunan yang dapat dibedakan dengan himpunan lain berdasarkan derajat keanggotaan dengan batasan yang tidak begitu jelas (samar), tidak seperti himpunan klasik yang membedakan keanggotaan himpunan menjadi dua, himpunan anggota atau bukan anggota. Struktur dasar pengendalian Fuzzy. Dalam tahapan-tahapan analisa yang akan dikembangkan untuk membangun Logika Fuzzy ini meliputi: Fuzzifikasi , Basis Pengetahuan Fuzzy, Defuzzifikasi.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada rancang bangun sistem deteksi kualitas kapur pertanian berbasis fuzzy logic pada

mikrokontroler STM32F4 di unit ZA2 PT. Petrokimia Gresik dibagi menjadi 2 bagian yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan perangkat lunak (*software*). Perangkat keras terdiri dari modul *STM32F4 Discovery*, sensor kadar air tanah, sensor amonia, LCD (*Liquid Crystal Display*), modul USB to TTL dan juga beberapa perangkat penunjang elektronika. Sedangkan Perancangan perangkat lunak dilakukan setelah mengetahui karakteristik kualitas kapur pertanian yang di produksi unit ZA2 PT. Petrokimia Gresik yaitu berdasarkan kandungan kadar air dan gas NH₃, setelah itu dilakukan perhitungan untuk menentukan algoritma Logika Fuzzy. Setelah didapatkan algoritma, kemudian dibuat program untuk mikrokontroler dengan software program aplikasi STM32CubeMX dan Keil Uvison5. Aplikasi ini berfungsi sebagai aplikasi programing dari STM32F4 Discovery. Sebagai otak utama dalam alat rancang bangun sistem deteksi kualitas kapur pertanian berbasis fuzzy logic pada mikrokontroler STM32F4 di unit ZA2 PT. Petrokimia Gresik. Perancangan dimulai dari pembuatan *flowchart*, kemudian penulisan *listing code*.

3.2 Basis Algoritma Fuzzy Logic

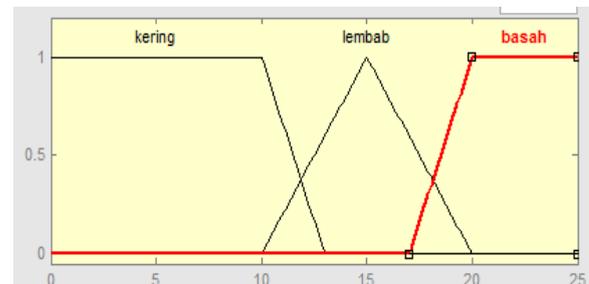
Pada basis pengetahuan berisi kriteria pengambilan keputusan dan himpunan *fuzzy* masing-masing kriteria. Kriteria tersebut digolongkan menjadi :

1. Kadar Air : Kering, Lembab, dan Basah.
2. Kadar NH₃ : Zero, Positif Kecil, dan Positif Besar.

Fungsi keanggotaan Kadar Air diambil berdasarkan nilai kadar air kapur pertanian tersebut dari rentang 0-25% Sedangkan F Fungsi keanggotaan Kadar NH₃ diambil berdasarkan nilai kadar NH₃ kapur pertanian tersebut dari rentang 0-30PPM. Fungsi keanggotaan kadar air dan NH₃ dapat dilihat pada tabel 1 dan tabel 2 sedangkan grafik fungsi keanggotaanya seperti pada gambar 1 dan gambar 2.

Tabel 1. Fungsi Keanggotaan Kadar Air

Fungsi Keanggotaan	Rentang Nilai
Kering	0-13%
Lembab	10-20%
Basah	17-25%



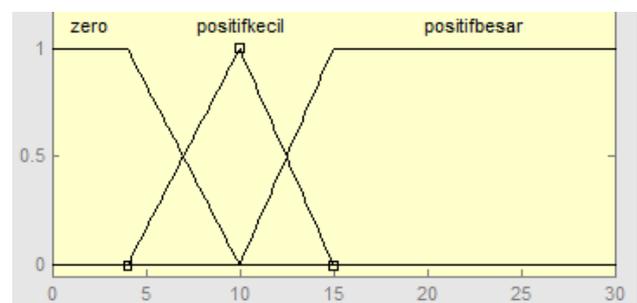
Gambar 1. Grafik Fungsi Keanggotaan Kadar Air

Fungsi Keanggotaan Kadar Air:

$$\begin{aligned} \mu[\text{Kering}] &= 1; x \leq 10 \\ &= (13-x)/(13-10); 10 < x \leq 13 \\ &= 0; x \geq 13 \\ \mu[\text{Lembab}] &= 0; x \leq 10 \text{ atau } x \geq 20 \\ &= (x-10)/(15-10); 10 < x \leq 15 \\ &= (20-x)/(20-15); 15 < x < 20 \\ \mu[\text{Basah}] &= 0; x \leq 17 \\ &= (x-17)/(20-17); 17 < x \leq 20 \\ &= 1; x \geq 20 \end{aligned}$$

Tabel 2. Fungsi Keanggotaan Kadar NH₃

Fungsi Keanggotaan	Rentang Nilai
Zero	0-10PPM
Positif Kecil	4-15PPM
Positif Besar	10-30PPM



Gambar 2. Grafik Fungsi Keanggotaan Kadar NH₃

Fungsi Keanggotaan Kadar NH₃:

$$\begin{aligned} \mu[\text{Zero}] &= 1; x \leq 4 \\ & (10-x)/(10-4); 4 < x \leq 10 \\ & 0; x \geq 10 \\ \mu[\text{Positif Kecil}] &= 0; x \leq 4 \text{ atau } x \geq 15 \\ & (x-4)/(10-4); 4 < x \leq 10 \\ & (15-x)/(15-10); 10 < x < 15 \\ \mu[\text{Positif Besar}] &= 0; x \leq 10 \\ & (x-10)/(15-10); 10 < x \leq 15 \\ & 1; x \geq 15 \end{aligned}$$

3.3 Model Algoritma Fuzzy Logic

Dalam sistem manajemen model ini akan dibahas mengenai langkah-langkah yang digunakan dalam metode Fuzzy Sugeno [1]. Berikut langkah-langkahnya :

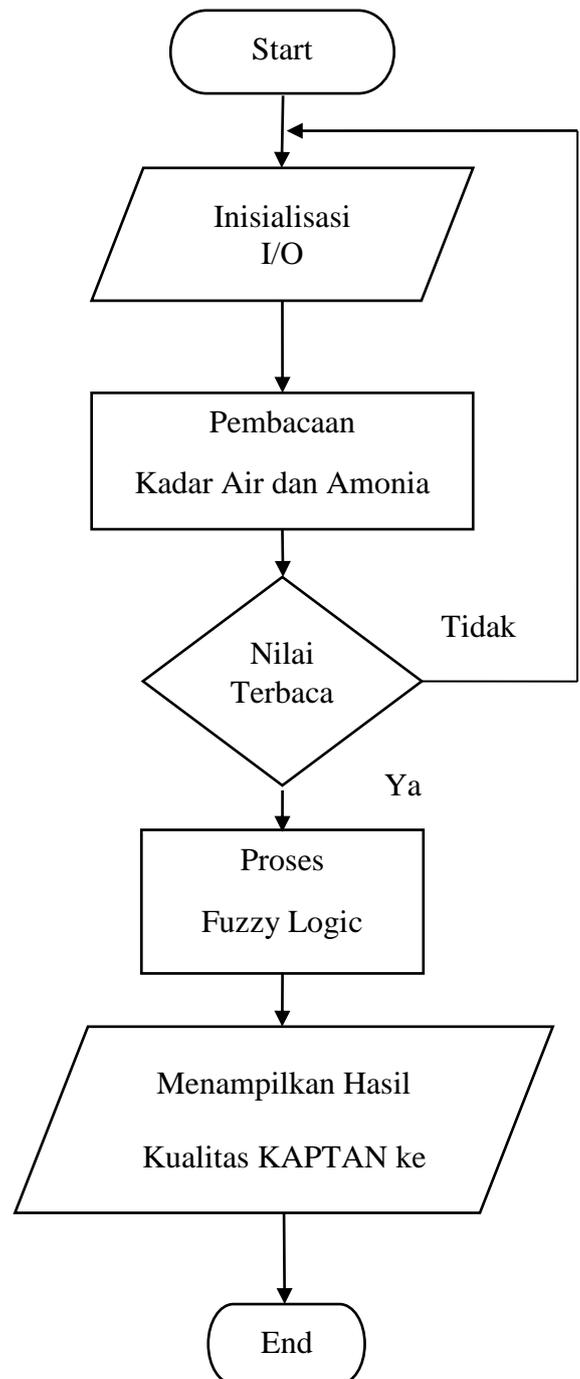
- Fuzzifikasi : Mengubah masukan-masukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti (*crisp* input) ke dalam bentuk fuzzy input.
- Inferensi : Melakukan penalaran menggunakan fuzzy Sugeno dilakukan dengan . penggunaan singleton sebagai fungsi keanggotaan dari konsekuen. Singleton adalah sebuah himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan: pada titik tertentu mempunyai sebuah nilai dan 0 di luar titik tersebut. Output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear.
- Defuzzifikasi : Mengubah fuzzy output menjadi *crisp* value berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan dengan rumus :

$$z = \frac{\alpha_{pred_1} * z_1 + \alpha_{pred_2} * z_2 + \alpha_{pred_3} * z_3 + \alpha_{pred_4} * z_4}{\alpha_{pred_1} + \alpha_{pred_2} + \alpha_{pred_3} + \alpha_{pred_4}}$$

3.4 Arsitektur Alat Dan Cara Kerja

Dalam proses rancang bangun sistem deteksi kualitas kapur pertanian berbasis fuzzy logic pada mikrokontroler STM32F4 di unit ZA2 PT. Petrokimia Gresik didesain untuk memonitoring kualitas kapur pertanian yang dihasilkan unit ZA2 PT. Petrokimia Gresik dengan metode Fuzzy Logic Sugeno berdasarkan variable kadar air dan NH₃ .

Melalui data dari pihak produksi bagaimana kualitas kapur pertanian yang baik dari kandungan kadar air dan NH₃ yang dideteksi oleh sensor. Dengan program interfacing Delphi maka secara otomatis akan memberikan informasi kepada pihak produksi tentang kualitas kapur pertanian yang dihasilkan. Hal itu telah diatur dalam program STM32F4. Dapat dijelaskan pada gambar 3.



Gambar 3. Flowchart desain sistem deteksi kualitas kapur pertanian berbasis fuzzy logic

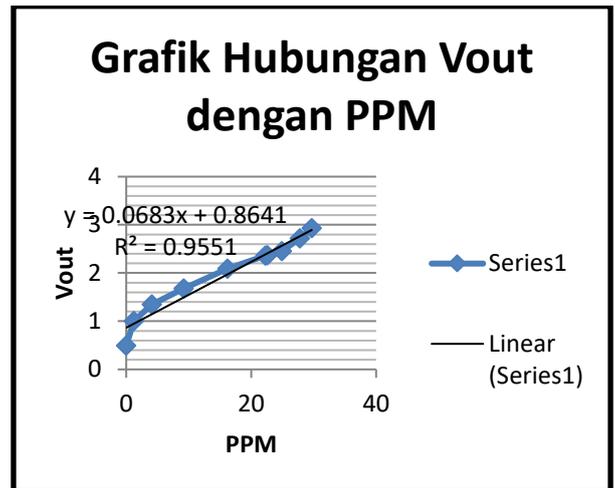
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor Kadar Amonia

Sebelum menguji sensor, sensor gas TGS2602 perlu dilakukan kalibrasi. Pengujian pada sensor gas TGS2602 dilakukan untuk mengetahui sensor tersebut dapat menerima interuksi pada saat diberikan gas ammonia (NH₃). Sebelum melakukan proses kalibrasi terlebih dahulu disiapkan 10 sampel KAPTAN. Proses kalibrasi sensor TGS2602 dilakukan dengan alat pembanding yaitu alat gas analyzer Multiwarn II sebagai pengukuran kadar amonia dalam satuan PPM. Prosedur kalibrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan berupa rangkaian sensor TGS2602.
2. Meletakkan rangkaian sensor TGS2602 pada tabung gas 10 sampel KAPTAN.
3. Meletakkan gas analyzer NH₃ (Multiwarn) pada tabung gas 10 sample KAPTAN yang sama.
4. Mengamati dan mencatat data yang tertulis yaitu hasil nilai ADC sensor TGS2602 dan hasil nilai PPM pada alat gas analyzer NH₃ (Multiwarn) dalam bentuk tabel.
5. Mengolah data dalam grafik dan menggunakan model regresi antara kedua variabel tersebut, dan diketahui koefisien determinasi yang membuktikan variabel PPM ammonia dipengaruhi oleh variabel nilai ADC dan kemudian menuliskan rumus pada program.

Pada **Gambar 4** menunjukkan grafik hubungan antara nilai pembacaan PPM analyzer gas amonia Multiwarn dan nilaiADC keluaran sensor sebanyak 10 kali percobaan. Grafik tersebut sesuai dengan karakteristik sensor gas TGS2602, terlihat pada gambar tersebut nilai $y = 0.0683x + 0.8641$ merupakan model regresi linier antara kedua variabel tersebut, sedangkan nilai $R^2 = 0.9551$ disebut sebagai koefisien determinasi yang berarti variabel PPM amonia dipengaruhi oleh variabel nilai ADC sebesar 95,51%.



Gambar 4 Grafik Hubungan Vout Dengan PPM Amonia

Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian sensor TGS2602 menggunakan regresi linear pada **Gambar 4** beserta nilai error yang dihasilkan dengan pada alat tugas akhir.

Tabel 3 Pengujian Sensor Kadar Amonia Pada Sampel KAPTAN

Sam pel KA PT AN	PPM Multi warm II	Vout	PPM Hasil Alat Tugas Akhir	Deviasi
1	0	0.49	0.4375	0.4375
2	1.2	1	1.6402	0.4402
3	4.1	1.35	6.4562	2.3562
4	9.2	1.68	10.9698	1.7698
5	16.2	2.09	16.6706	0.4706
6	22.3	2.36	20.4226	-1.8774
7	22.6	2.37	20.557	-2.043
8	24.9	2.45	21.677	-3.223
9	27.8	2.72	25.5634	-2.2366
10	29.7	2.93	28.4866	-1.2134

Keterangan :

X1 = Nilai rata-rata PPM Multiwarn II

X2 = Nilai rata-rata PPM Alat Tugas Akhir

D = Nilai rata-rata Deviasi

Error = $|(X2 - X1) / X1| \times 100\%$

= $|-0.51191 / 15.8| \times 100\%$

= 3.23 %

4.2 Pengujian Sensor Kadar Air

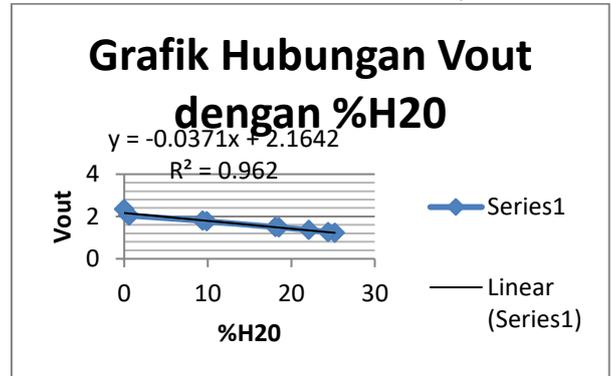
Kalibrasi dibutuhkan sebelum melakukan pengujian terhadap sensor kadar air, sama seperti kalibrasi sensor kadar amonia, tetapi dengan membandingkan nilai ADC sensor capacitive soil moisture dengan hasil laboratorium unit ZA2. Media yang diukur langsung menggunakan kapur pertanian dalam proses kalibrasi.

Prosedur kalibrasi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan berupa rangkaian sensor capacitive soil moisture.
2. Meletakkan rangkaian sensor capacitive soil moisture pada tabung gas 10 sampel KAPTAN.
3. mencatat data yang tertulis yaitu hasil nilai ADC pada sensor capacitive soil moisture.
4. menyerahkan 10 sampel kaptan pada laboratorium unit ZA2.
5. mencatat data yang tertulis yaitu hasil nilai ADC pada sensor capacitive soil moisture dan hasil nilai %H₂O pada hasil laboratorium dalam bentuk tabel.
6. Mengolah data dalam grafik dan menggunakan model regresi power antara kedua variable tersebut, dan diketahui koefisien determinasi yang membuktikan variabel %H₂O dipengaruhi oleh variabel nilai ADC dan kemudian menuliskan rumus pada program.

Pada **Gambar 5** menunjukkan grafik hubungan antara nilai pembacaan %H₂O pada hasil laboratorium dan nilai ADC keluaran sensor sebanyak 10 kali percobaan. Grafik tersebut sesuai dengan karakteristik sensor capacitive soil moisture terlihat pada gambar tersebut nilai $y = -0.0371x + 2.1642$ merupakan model

regresi linier antara kedua variabel tersebut, sedangkan nilai $R^2 = 0.962$ disebut sebagai koefisien determinasi yang berarti variabel %H₂O dipengaruhi oleh variabel nilai ADC sebesar 96,2%.



Gambar 5. Grafik Hubungan Vout Dengan %H₂O

Berikut ini data yang diperoleh dari pengujian soil moisture sensor menggunakan regresi linear pada **Gambar 5** beserta nilai error yang dihasilkan dengan pada alat tugas akhir.

Tabel 4 Pengujian Sensor Kadar Air Pada Sampel KAPTAN

Sam pel KA PT AN	%H ₂ O Labor atoriu m	Vou t	%H ₂ O Hasil Alat Tugas Akhir	Deviasi
1	25.2	1.23	23.673	-1.527
2	24.4	1.26	23.0042	-1.3958
3	22.1	1.36	20.5798	-1.5202
4	18.5	1.48	17.194	-1.306
5	18.1	1.5	16.6924	-1.4076
6	9.9	1.77	9.7536	-0.1464
7	9.4	1.8	9.1057	-0.2943
8	0.6	2.05	2.4386	1.8386
9	0.5	2.07	2.0415	1.5415
10	0	2.35	1.0742	1.0742

Keterangan :

$X1$ = Nilai rata-rata %H2O Laboratorium

$X2$ = Nilai rata-rata %H2O Alat Tugas Akhir

D = Nilai rata-rata Deviasi

$$\begin{aligned} \text{Error} &= |(X2 - X1) / X1| \times 100\% \\ &= |-0.3143 / 12.87| \times 100\% \\ &= 2.44\% \end{aligned}$$

4.3 Pengujian Fuzzy Logic

Pada pengujian alat selanjutnya adalah pengujian Fuzzy Logic. Dari hasil pembacaan nilai ADC kedua sensor tersebut akan diproses menggunakan logika fuzzy untuk menghasilkan nilai tengah yang pada program dilambangkan "zt". Nilai tengah ini nantinya dimasukkan pada beberapa *range* dan *range* tersebut tergolong pada kondisi kualitas kapur pertanian (KAPTAN). Metode fuzzy yang digunakan pada alat ini yaitu menggunakan metode fuzzy Sugeno orde satu.

4.3.1 Fuzzification

Tahapan awal proses Fuzzifikasi adalah menentukan parameter-parameter fungsi keanggotaan pada setiap himpunan Fuzzy masukan. Pada pemrograman Fuzzifikasi ini digunakan parameter fungsi keanggotaan masukan berupa variabel kadar air dan variabel kadar amonia pada KAPTAN. Fungsi keanggotaan ini diperoleh dari pengujian langsung pada KAPTAN oleh pihak produksi, pada saat KAPTAN sangat sesuai sampai tidak sesuai kemudian data yang diperoleh dibuat kedalam fungsi keanggotaan fuzzy.

4.3.2 Rule Fuzzy

Tabel 5 Rule Fuzzy

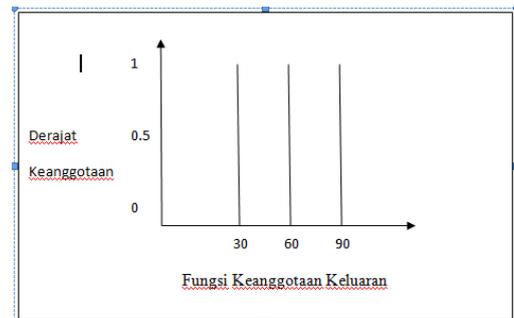
Sensor II/I	Kering	Lembab	Basah
Zero	Sangat Sesuai	Sangat Sesuai	Tidak Sesuai
Positif kecil (PK)	Sesuai	Sesuai	Tidak Sesuai
Positif Besar (PB)	Sesuai	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai

Keterangan Sensor I = Kadar Air dan Sensor II = Kadar Amonia.

4.3.3 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi, yaitu mengubah himpunan Fuzzy keluaran menjadi keluaran tegas (*crisp*). Perubahan ini diperlukan karena konstanta keputusan daginghanya mengenal nilai tegas sebagai variabel parameter. Perancangan ini, menggunakan sebuah himpunan Fuzzy keluaran dengan fungsi keanggotaannya berupa *singleton*.

Nilai tegas (*crisp*) keluaran diperoleh dari himpunan-himpunan Fuzzy keluaran dengan menggunakan metode rata-rata terbobot. Pada perancangan digunakan nilai 10 sampai 90 agar keluaran *crisp* (z_t) mempunyai range mendekati 0 sampai 100 dengan nilai 30 yaitu Tidak sesuai, 60 yaitu Sesuai, dan 90 yaitu Sangat Sesuai. Fungsi anggota keluaran dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6 Fungsi keanggotaan keluaran pada program.

4.3.4 Fuzzy decision index

Dari nilai defuzzifikasi yang ada kemudian dibuat range keputusan kedalam nilai linguistik dengan logika dalam satuan persen nilai kualitas KAPTAN sangat sesuai, sesuai atau tidak sesuai sebagai berikut :

- if ($z_t > 75$) then kualitas = $(60 - z_t) / (60 - 90) \times 100\%$ sangatsesuai
- else if ($z_t \geq 60 \ \&\& \ z_t < 75$) then kualitas = $((90 - z_t) / (90 - 60)) \times 100\%$ sesuai
- else if ($z_t \geq 45 \ \&\& \ z_t < 60$) then kualitas = $((30 - z_t) / (30 - 60)) \times 100\%$ sesuai
- else if ($z_t \geq 30 \ \&\& \ z_t < 45$) then kualitas = $((60 - z_t) / (60 - 30)) \times 100\%$ tidaksesuai

4.4 Pengujian Alat dalam informasi kualitas kapur pertanian

Pada proses ini dilakukan pencatatan data hasil kualitas KAPTAN dengan algoritma fuzzy logic sugeno. Dari mengelompokkan nilai kadar air dan NH₃, maka akan didapat output dari kategori persen kualitas KAPTAN yaitu %TS (Tidak Sesuai), %S (Sesuai), dan %SS (Sangat Sesuai). Dari 5 sampel yang diujikan akan diketahui kategori kualitas masing-masing sampel melalui LCD dan Delphi. Proses pengambilan sampel data ini dilakukan pada 3 tempat berbeda berdasarkan suhu ruangan pengambilan sampel untuk dibandingkan. Hasil dari tampilan LCD dan Delphi juga akan dibandingkan apakah sama atau tidak.

Tabel 6 Nilai Informasi Kualitas KAPTAN pada LCD dan Delphi Pada Suhu Ruangan 30° Celcius

Sam pel KAP TAN	Ka dar Air	Kad ar NH ₃	Z t	Nil ai Kua litas Pad a LC D	Nil ai Kua litas Pad a Del phi	Nil ai LC D da n De lph i	Nilai Dari Pro duk si ZA 2
1	22.1 %	29.8 PP M	3 0	100 % TS	100 % TS	Sa ma	Bur uk
2	13.5 %	15.7 PP M	3 0	100 % TS	100 % TS	Sa ma	Bur uk
3	7.6 %	22.1 PP M	6 0	100 % S	100 % S	Sa ma	Bai k
4	2.2 %	10.8 PP M	6 0	100 % S	100 % S	Sa ma	Bai k
5	2.3 %	7.4P PM	7 3	56. 7% S	56. 7% S	Sa ma	Bai k

Tabel 7 Nilai Informasi Kualitas KAPTAN pada LCD dan Delphi Pada Suhu Ruangan 25° Celcius

Sam pel KA	Ka da r	Kad ar NH ₃	Z t	Nil ai Ku	Nil ai Ku	Nil ai LC	Nilai Dar
------------------	---------------	------------------------------	--------	-----------------	-----------------	-----------------	--------------

PTA N	Ai r			alit as Pad a LC D	alit as Pad a Del phi	D da n De lph i	i Pro duk si ZA 2
1	22.3 %	28.2 PP M	3 0	100 % TS	100 % TS	Sa ma	Bur uk
2	13.7 %	15.5 PP M	3 0	100 % TS	100 % TS	Sa ma	Bur uk
3	7.7 %	21.5 PP M	6 0	100 % S	100 % S	Sa ma	Bai k
4	2.4 %	10.6 PP M	6 0	100 % S	100 % S	Sa ma	Bai k
5	2.4 %	6.9P PM	7 5	51. 7% SS	51. 7% SS	Sa ma	Bai k

Tabel 8 Nilai Informasi Kualitas KAPTAN pada LCD dan Delphi Pada Suhu Ruangan 16° Celcius

Sam pel KA PTA N	Ka da r Air	Kad ar NH ₃	Z t	Nil ai Ku alit as Pad a LC D	Nilai Kua litas Pad a Del phi	Nil ai LC D da n De lph i	Nil ai Dar i Pro duk si ZA 2
1	22.6 %	27.1 PP M	3 0	100 % TS	100 % TS	Sa ma	Bur uk
2	13.9 %	14.5 PP M	3 4	88.6 % TS	88.6 % TS	Sa ma	Bur uk
3	8.0 %	20.4 PP M	6 0	100 % S	100 % S	Sa ma	Bai k
4	2.8 %	9.3P PM	6 5	88.3 % S	88.3 % S	Sa ma	Bai k
5	2.8 %	5.8P PM	8 1	70 % SS	70 % SS	Sa ma	Bai k

Dari pengujian 5 sampel KAPTAN pada ruangan dengan suhu berbeda yaitu pada suhu 30°C, 25°C, dan 16°C yang terdapat pada **Tabel 6**, **Tabel 7**, dan **Tabel 8** dapat dianalisa tidak terjadi perubahan yang signifikan dari nilai sensor kadar air dan ammonia. Dari nilai kadar air, perubahan nilai yg dilakukan di 3 ruangan dengan suhu berbeda mempunyai perubahan nilai sekitar 0.1-0.5% H₂O. Sedangkan pada nilai kadar ammonia, perubahan nilai yg dilakukan di 3 ruangan dengan suhu berbeda mempunyai perubahan nilai sekitar 1-3PPM ammonia. Penyampaian informasi pada LCD dan Delphi untuk pengujian selalu bernilai sama dan perbandingan dengan keputusan dari produksi ZA2 menunjukkan 100% kesamaan hasil.

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini, logika fuzzy dengan metode sugeno orde 0 ini dapat diterapkan sebagai sistem pendukung untuk mengetahui kualitas kapur pertanian (KAPTAN), yang ditunjukkan berdasarkan hasil pengolahan dan pengujian akurasi terhadap data-data yang diteliti. Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Saat dilakukan pengujian pembacaan sensor kadar ammonia mempunyai grafik tersebut sesuai dengan karakteristik sensor gas TGS2602, terlihat pada gambar tersebut nilai $y = 0.0683x + 0.8641$ merupakan model regresi linier antara kedua variabel tersebut dan pengujian sensor ammonia pada alat tugas akhir memiliki error 3.23 %
2. Saat dilakukan pengujian pembacaan sensor kadar air mempunyai Grafik tersebut sesuai dengan karakteristik sensor capacitive soil moisture terlihat pada gambar tersebut nilai $y = -0.0371x + 2.1642$ merupakan model regresi linier antara kedua variabel tersebut dan pengujian sensor ammonia pada alat tugas akhir memiliki error 2.44 %.

3. Dari nilai defuzzifikasi yang ada kemudian dibuat range keputusan kedalam nilai linguistik dengan logika dalam satuan persen nilai kualitas KAPTAN sangat sesuai, sesuai atau tidak sesuai dengan diberikan dalam satuan persen.
4. Dari nilai kadar air, perubahan nilai yg dilakukan di 3 ruangan dengan suhu berbeda yaitu pada suhu 30°C, 25°C, 16°C, mempunyai perubahan nilai sekitar 0.1-0.5% H₂O. Sedangkan pada nilai kadar ammonia, perubahan nilai yg dilakukan di 3 ruangan dengan suhu berbeda mempunyai perubahan nilai sekitar 1-3PPM ammonia. Penyampaian informasi pada LCD dan Delphi untuk pengujian selalu bernilai sama. Dengan kata lain, penyampaian informasi kualitas KAPTAN telah benar.
5. Nilai dari alat memiliki 100% kesamaan hasil dari keputusan produksi ZA2 dalam kualitas KAPTAN.

5.2 Saran

1. Dapat dilakukan perancangan atau penambahan sistem yang lebih baik dengan perubahan fungsi keanggotaan dari parameter kadar air dan amonia yang keluar pada daging serta fungsi keluaran agar memperoleh respon yang lebih baik.
2. Menambahkan parameter lain agar hasil yang diperoleh semakin akurat dengan kordinasi dengan pihak produksi ZA2
3. Mencoba menggunakan algoritma pengambilan keputusan yang lain untuk merancang pengambilan keputusan seperti jaringan saraf tiruan.
4. Penyempurnaan cover/ kemasan untuk menjaga life time alat.
5. Mencoba antarmuka dengan PC melalui kabel serial RS485 sehingga memungkinkan penyampaian informasi yang lebih jauh dalam jarak.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Wahyujati, S. T. (2011). Implementasi metode fuzzy logic untuk pengaturan kelembaban tanah pada tanaman cabai. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [2.] Yudho, Ahmad. 2013. Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan Fuzzy Logic. Jurnal Teknik Elektro Universitas Jember: Jember.
- [3.] Sri Kusuma Dewi dan Hari Purnomo. 2010. Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [4.] www.st.com. [diakses 03 Februari 2018]
- [5.] www.petrokimia-gresik.com/Pupuk/Kapur-Pertanian. [diakses 03 Februari 2018]
- [6.] www.figarosensor/TGS2602. [diakses 03 Februari 2018]
- [7.] www.dfrobot.com/wiki/index.php/Capacitive_Soil_Moisture_Sensor_SKU:SEN0193. [diakses 03 Februari 2018]
- [8.] www.instructables.com/id/USB-to-TTL-Converter-PL2303HX/. [diakses 03 Februari 2018]