

BAB IV

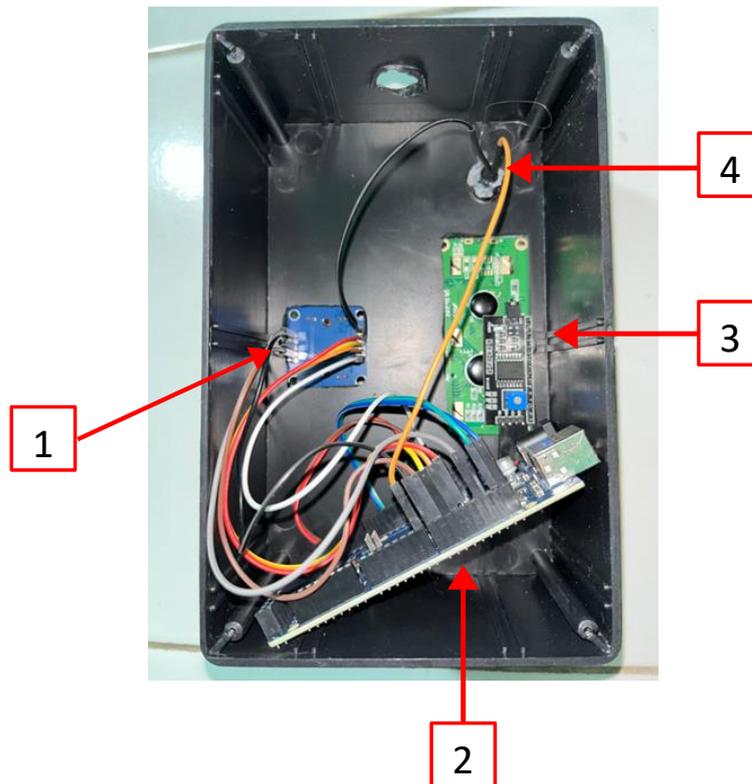
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan pembahasan pada bab empat ini merupakan proses selanjutnya setelah melakukan proses perancangan sistem identifikasi tingkat kematangan pisang dengan menggunakan metode *fuzzy*. Penelitian ini menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol serta *coding* dari sensor TCS3200, LCD, dan *push button*.

4.1 HASIL PERANCANGAN SISTEM

4.1.1 *Hardware System*

Hardware sistem merupakan realisasi dari rancangan perangkat yang telah dibuat yang dimana berisi komponen-komponen yang digunakan dan sudah dirangkai menjadi satu sesuai dengan desain yang dibuat dan dapat berfungsi sesuai dengan rancangan.



Gambar 4.1 Tampak dalam *box hardware*

Pada gambar 4.1, ditunjukkan komponen-komponen yang terdapat di dalam kotak, yang berisi berbagai elemen dan perangkat yang digunakan untuk fungsi-fungsi tertentu. Komponen yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Sensor TCS3200 yang berfungsi untuk menangkap warna pada objek yang digunakan.
2. Arduino Mega 2560 sebagai *mikrokontroler* yang berfungsi memproses *output* dari *input* yang telah diberikan.
3. LCD 16x2 yang berfungsi menampilkan *output* yang telah diproses oleh *mikrokontroler*.
4. *Push button* untuk memulai dan mengakhiri sistem.

4.2 HASIL PENGUJIAN SENSOR

4.2.1 Kalibrasi Sensor TCS3200

Pengujian paling awal yang dilakukan adalah mengkalibrasi sensor warna TCS3200, kalibrasi dilakukan dengan cara mengambil sampel warna pada objek yang diteliti yaitu pisang dan mengambil nilai terendah dan tertinggi pada nilai RGB.

Tabel 4.1 Kalibrasi sensor TCS3200

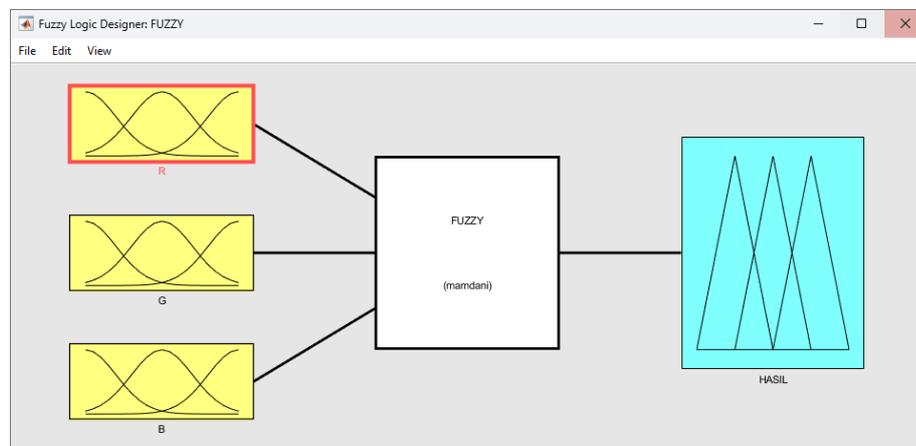
WARNA			KONDISI TCS
R	G	B	
4-23	5-31	23-31	MENTAH
11-28	7-41	29-41	MATANG
16-30	9-48	35-49	TERLALU MATANG

Pada tabel 4.1 merupakan nilai proses kalibrasi. Kalibrasi pertama, ketika buah pisang mencapai tingkat kematangan matang, nilai intensitas warna merah (R) berkisar antara 11 hingga 28, sedangkan intensitas warna hijau (G) berkisar antara 7 hingga 41, dan intensitas warna biru (B) berkisar antara 29 hingga 41. Sebaliknya, pada buah pisang yang masih mentah, nilai intensitas warna merah (R) berkisar antara 4 hingga 23, intensitas warna hijau (G) berkisar antara 5 hingga 31, dan intensitas warna biru (B) berkisar antara 23 hingga 31. Ketika buah pisang terlalu matang, nilai intensitas warna merah (R) berkisar antara 16 hingga 30, intensitas warna hijau (G) berkisar antara 9 hingga 48, dan intensitas warna biru (B) berkisar antara 35 hingga 49. Penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan nilai intensitas warna merah, hijau, dan biru (RGB) dapat dijadikan indikator untuk membedakan tingkat kematangan buah pisang. Nilai-nilai ini merepresentasikan karakteristik visual buah pisang pada berbagai tahap kematangan, yang penting untuk dikalibrasi

agar sistem evaluasi dapat memberikan hasil yang konsisten dan akurat dalam menentukan kualitas buah pisang. Dengan memanfaatkan data ini, diharapkan penelitian dapat menghasilkan model kalibrasi yang dapat diandalkan untuk merancang alat yang dapat membantu dalam industri perkebunan dan pangan.

4.3 PEMBENTUKAN *MEMBERSHIP*

Fungsi pembentukan *membership function* (fungsi keanggotaan) dapat dilihat dalam Gambar 4.2. Fungsi pembentukan *membership function* dalam logika *fuzzy* merupakan fungsi yang memetakan nilai *input* ke dalam derajat keanggotaannya di antara 0 dan 1.



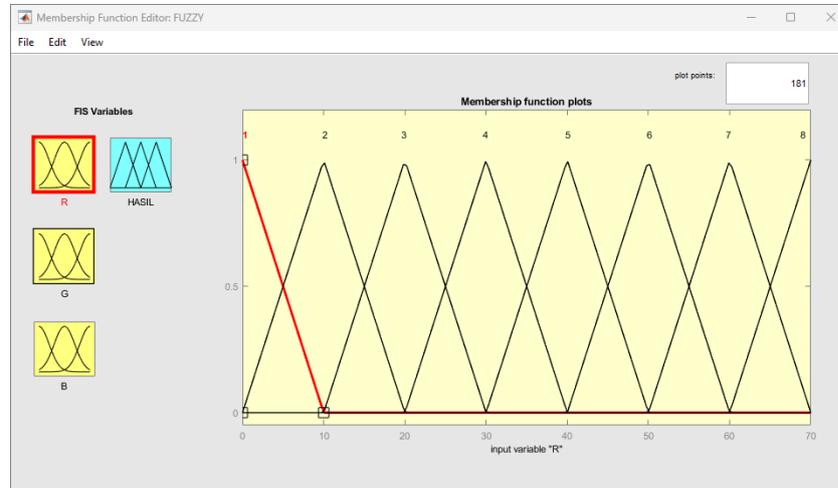
Gambar 4.2 *Membership function* menggunakan *fuzzy mamdani*

Pada Gambar 4.2, ditampilkan proses pembentukan fungsi keanggotaan dengan menggunakan logika *fuzzy* mamdani, yang mencakup tiga fungsi keanggotaan utama, yaitu R (*Red*), G (*Green*), dan B (*Blue*). Setiap fungsi keanggotaan ini akan diberikan himpunan *fuzzy* yang relevan dan domain nilai yang sesuai dengan karakteristik warna yang diukur. Proses ini dimulai dengan pengumpulan data warna dari sampel pisang yang akan dianalisis. Data ini kemudian digunakan untuk menentukan rentang nilai yang akan diwakili oleh masing-masing fungsi keanggotaan.

Setelah rentang nilai ditentukan, fungsi keanggotaan R, G, dan B dikonstruksi dengan menetapkan parameter yang menggambarkan keanggotaan masing-masing nilai dalam himpunan *fuzzy* yang bersangkutan. Proses ini melibatkan penentuan titik-titik potong dan bentuk kurva keanggotaan yang tepat, sehingga setiap nilai warna dapat diinterpretasikan dalam konteks logika *fuzzy* yang nantinya digunakan untuk membuat rules pada *fuzzy*.

4.1.2 Membership input RED

Membership input red pada himpunan keanggotaan fuzzy dapat dilihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Membership input red

Pada Gambar 4.3 diperlihatkan gambar *membership red* dengan semesta pembicaraan memiliki nilai 0-70 dengan delapan domain yang memiliki rentang nilai seperti yang ditampilkan pada tabel 4.2

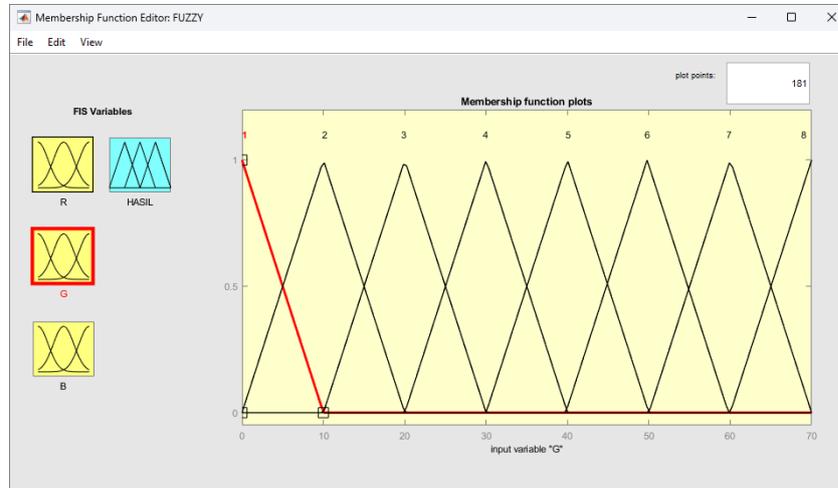
Tabel 4.2 Himpunan keanggotaan fuzzy (red)

Fungsi	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
<i>Red</i>	1	0-70	0-10
	2		0-20
	3		10-30
	4		20-40
	5		30-50
	6		40-60
	7		50-70
	8		60-70

Pada tabel 4.2 diperlihatkan fungsi *red* yang memiliki 8 himpunan dengan semesta pembicaraan dari 0 hingga 70. Sebagai contoh himpunan 3 yang memiliki domain 10-30, yang berarti nilai 10 sampai 20 menjadi anggota penuh dari nilai 3 dan keanggotaannya mulai menurun secara linier sampai nilainya menjadi 0 pada nilai 30.

4.1.3 Membership input GREEN

Membership input green pada himpunan keanggotaan fuzzy dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 4 Membership input green

Pada Gambar 4.3 diperlihatkan gambar *membership input green* dengan semesta pembicaraan memiliki nilai 0-70 dengan delapan domain yang memiliki rentang nilai seperti yang ditampilkan pada tabel 4.3

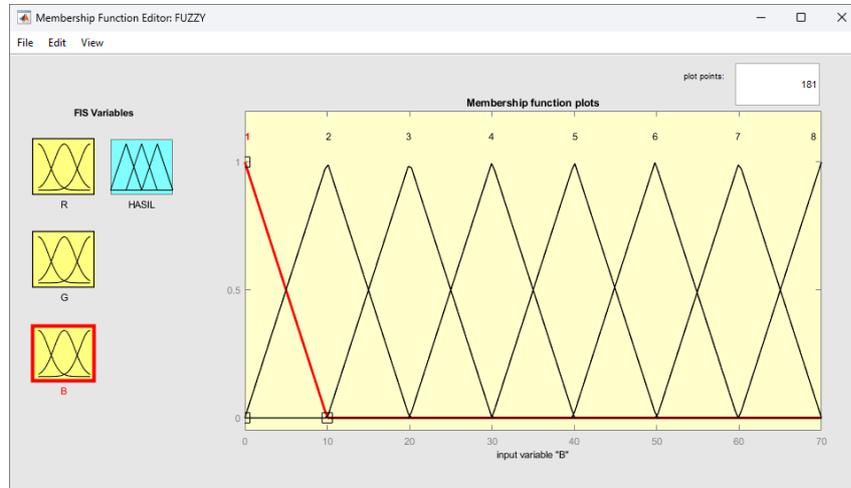
Tabel 4.3 Himpunan keanggotaan fuzzy (green)

Fungsi	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
<i>Green</i>	1	0-70	0-10
	2		0-20
	3		10-30
	4		20-40
	5		30-50
	6		40-60
	7		50-70
	8		60-70

Pada tabel 4.3 diperlihatkan fungsi *green* yang memiliki 8 himpunan dengan semesta pembicaraan dari 0 hingga 70. Dengan contoh lainnya himpunan 4 yang memiliki domain 20-40, yang berarti nilai 20 sampai 30 menjadi anggota penuh dari nilai 3 dan keanggotaannya mulai menurun secara linier sampai nilainya menjadi 0 pada nilai 40.

4.1.4 Membership input BLUE

Membership input blue pada himpunan keanggotaan fuzzy dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.5 Membership input green

Pada Gambar 4.3 diperlihatkan gambar membership input blue dengan semesta pembicaraan memiliki nilai 0-70 dengan delapan domain yang memiliki rentang nilai seperti yang ditampilkan pada tabel 4.4

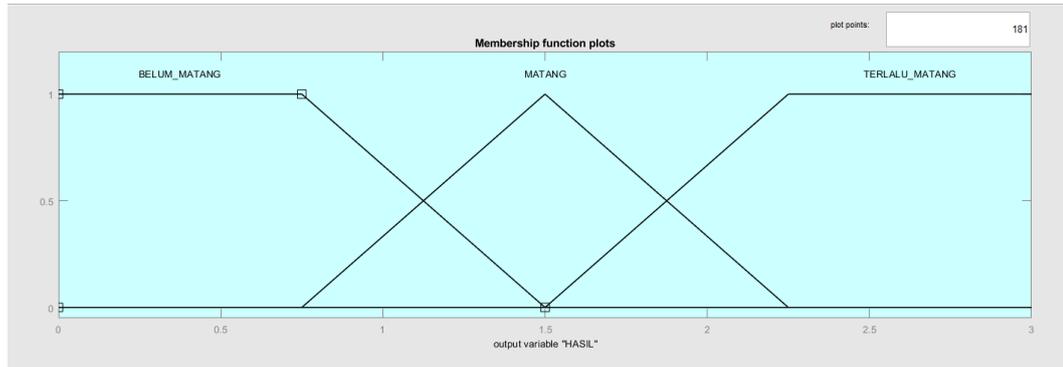
Tabel 4.4 Himpunan keanggotaan fuzzy (blue)

Fungsi	Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
<i>Blue</i>	1	0-70	0-10
	2		0-20
	3		10-30
	4		20-40
	5		30-50
	6		40-60
	7		50-70
	8		60-70

Pada tabel 4.4 diperlihatkan fungsi green yang memiliki 8 himpunan dengan semesta pembicaraan dari 0 hingga 70. Dengan contoh lainnya himpunan 4 yang memiliki domain 20-40, yang berarti nilai 20 sampai 30 menjadi anggota penuh dari nilai 3 dan keanggotaannya mulai menurun secara linier sampai nilainya menjadi 0 pada nilai 40

4.4 MEMBERSHIP OUTPUT

Membership output merupakan fungsi yang menggabungkan hasil inferensi dari *membership input* yang menghasilkan *output* yang nilainya telah di defuzzifikasi, nilai *output* mewakili kesimpulan dari sistem *fuzzy* berdasarkan nilai *input* yang telah diberikan.



Gambar 4.6 Membership output tingkat kematangan

Pada gambar 4.6 menunjukkan *membership output* tingkat kematangan pada pisang dengan himpunan belum matang, matang dan terlalu matang. Dengan semesta pembicaraan 0 sampai 3 dimana saat pisang belum matang *output* nya akan berada di antara nilai 0 sampai 1,5 saat matang nilainya berada di antara 0,75 sampai 1,5 dan saat terlalu matang nilai berada diantara 1,5 sampai 3, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Himpunan keanggotaan (*output*)

		Himpunan	Semesta Pembicaraan	Domain
<i>Output</i>	Keputusan	Mentah	0-3	0-1.5
		Matang		0.75-2.25
		Terlalu Matang		1.5-3

Fungsi keanggotaan *output* berdasarkan tabel 4.5 Jika sebuah pisang dengan domain antara 0-1,5 maka pisang tersebut akan dipdeteksi oleh sistem sebagai pisang yang masuk kedalam himpunan pisang mentah. Jika sebuah pisang dengan domain antara 0,75-2,25 maka pisang tersebut akan dipdeteksi oleh sistem sebagai

pisang yang masuk kedalam himpunan pisang matang. Jika sebuah pisang dengan domain antara 1,5 hingga lebih dari 3 maka pisang tersebut akan dipdeteksi oleh sistem sebagai pisang yang masuk kedalam himpunan pisang terlalu matang. Sebagai contoh jika setelah hasil pengukuran hasil yang didapat adalah 1,75 maka pisang tersebut masuk dalam kategori pisang terlalu matang.

$$\text{Belum matang } [x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0,75 \\ \frac{1,5-x}{1,5-0,75}; & 0,75 \leq x \leq 1,5 \\ 0; & x \geq 1,5 \end{cases}$$

$$\text{Matang } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0,75 \text{ or } x \geq 2,25 \\ \frac{x-0,75}{1,5-0,75}; & 0,75 \leq x \leq 1,5 \\ \frac{1,5-x}{2,25-1,5}; & 1,5 \leq x \leq 2,25 \end{cases}$$

$$\text{Terlalu matang } [x] = \begin{cases} 0; & x \leq 2,25 \\ \frac{x-2,25}{3-2,25}; & 2,25 \leq x \leq 3 \\ 1; & x \geq 3 \end{cases}$$

4.5 PEMBENTUKAN RULES FUZZY

Pembentukan rules merupakan bagian dari metode *fuzzy* untuk mengambil keputusan berdasarkan nilai *input* dan aturan yang digunakan yang dibuat dalam format *IF-AND-THEN*.

Tabel 4.6 Rules fuzzy

	R		G		B	HASIL
<i>IF</i>	5	<i>AND</i>	5	<i>AND</i>	2	BELUM MATANG
	5		5		3	BELUM MATANG
	6		5		2	BELUM MATANG
	6		5		3	BELUM MATANG
	6		6		3	BELUM MATANG
	6		6		2	BELUM MATANG
	5		6		2	BELUM MATANG
	5		6		3	BELUM MATANG
	7		6		2	BELUM MATANG
	7		6		3	BELUM MATANG
	2		3		2	MATANG
	3		3		2	MATANG
	3		4		2	MATANG

	3		5		2	TERLALU MATANG
	3		5		3	TERLALU MATANG
	4		5		2	TERLALU MATANG
	4		5		3	TERLALU MATANG
	4		6		3	TERLALU MATANG
	4		6		2	TERLALU MATANG
	3		6		2	TERLALU MATANG
	3		6		3	TERLALU MATANG

Pada tabel 4.6 diperlihatkan aturan-aturan *fuzzy* yang telah dibuat, aturan tersebut membuat sistem untuk mengolah nilai yang tidak pasti dan dapat mengambil keputusan berdasarkan tingkat keanggotaan.

4.6 PENGUJIAN ALAT

Pengujian ini mencakup semua alat yang sudah saling terhubung, pengujian alat dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah alat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan. Pengujian dilakukan sebanyak 45 kali percobaan.

4.6.1 Pengujian pada pisang belum matang

Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi pisang yang belum matang yang dilakukan sebanyak 15 kali dengan 15 buah pisang yang berbeda.

Tabel 4.7 Hasil pengujian pada pisang belum matang

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
1		22	23	27	BELUM MATANG	BELUM MATANG
2		30	30	33	BELUM MATANG	BELUM MATANG
3		24	24	28	BELUM MATANG	BELUM MATANG

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
4		24	25	29	BELUM MATANG	BELUM MATANG
5		23	24	28	BELUM MATANG	BELUM MATANG
6		22	22	26	BELUM MATANG	BELUM MATANG
7		32	31	34	BELUM MATANG	BELUM MATANG
8		28	28	33	BELUM MATANG	BELUM MATANG
9		22	24	27	MATANG	BELUM MATANG
10		27	28	31	BELUM MATANG	BELUM MATANG
11		24	25	27	BELUM MATANG	BELUM MATANG

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
12		26	27	28	MATANG	BELUM MATANG
13		27	28	31	BELUM MATANG	BELUM MATANG
14		23	24	28	BELUM MATANG	BELUM MATANG
15		24	24	27	BELUM MATANG	BELUM MATANG

Tentu, berikut adalah kalimat yang telah diperpanjang lebih lanjut: Pada tabel 4.7 dilakukan pengujian menyeluruh terhadap 15 pisang yang memiliki karakteristik berbeda-beda, di mana dari keseluruhan 15 percobaan yang dilakukan, sistem mengalami kegagalan dalam membaca tingkat kematangan pisang sebanyak 2 kali. Secara spesifik, hasil data pada percobaan ke-9 dan ke-12 menunjukkan bahwa sistem secara keliru mendeteksi pisang sebagai matang. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa warna RGB pada pisang tersebut masuk ke dalam himpunan matang yang telah ditetapkan berdasarkan aturan fuzzy yang telah dirancang sebelumnya. Dengan mempertimbangkan adanya kegagalan dalam beberapa percobaan ini, akurasi keseluruhan dari percobaan pertama, yang mencerminkan kinerja sistem dalam membaca tingkat kematangan pisang, dihitung sebesar 86,6%.

4.6.3 Pengujian pada pisang matang

Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi pisang matang yang dilakukan sebanyak 15 kali dengan 15 buah pisang yang berbeda.

Tabel 4.8 Hasil pengujian pada pisang pisang matang

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
1		20	23	27	MATANG	MATANG
2		18	21	25	MATANG	MATANG
3		15	18	21	MATANG	MATANG
4		17	20	23	MATANG	MATANG
5		13	17	20	MATANG	MATANG
6		17	20	24	BELUM MATANG	MATANG
7		14	17	20	MATANG	MATANG

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
8		16	21	23	MATANG	MATANG
9		18	22	26	MATANG	MATANG
10		17	21	24	MATANG	MATANG
11		14	18	21	MATANG	MATANG
12		16	20	22	MATANG	MATANG
13		22	25	29	MATANG	MATANG
14		17	21	25	MATANG	MATANG
15		19	22	25	MATANG	MATANG

Pada tabel 4.8 dilakukan pengujian terhadap 15 pisang yang berbeda, dari 15 percobaan yang dilakukan sistem gagal membaca tingkat kematangan pisang sebanyak 1 kali pada data ke-6 warna R, G dan B masuk kedalam himpunan pisang yang belum matang. Sehingga akurasi keberhasilan dari percobaan pertama sebesar 93,3%.

4.6.4 Pengujian pada pisang terlalu matang

Pengujian ini dilakukan pada saat kondisi pisang yang terlalu matang yang dilakukan sebanyak 15 kali dengan 15 buah pisang yang berbeda.

Tabel 4.9 Hasil percobaan pada pisang terlalu matang

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
1		32	38	37	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
2		22	28	29	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
3		27	33	33	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
4		23	29	31	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
5		22	28	30	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
6		24	29	31	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
7		24	31	32	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
8		30	35	35	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
9		29	35	35	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
10		37	45	42	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
11		26	32	33	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
12		33	40	38	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG

NO	Gambar	R	G	B	Hasil Pembacaan Sensor	Kondisi Sebenarnya
13		29	35	33	TERLALU MATANG	TERLALU MATANG
14		17	29	31	MATANG	TERLALU MATANG
15		28	33	35	MATANG	TERLALU MATANG

Pada tabel 4.8 dilakukan pengujian terhadap 15 pisang yang berbeda, dari 15 percobaan yang dilakukan sistem gagal membaca tingkat kematangan pisang sebanyak 2 kali. Pada data ke-14 dan 15 pisang dideteksi sebagai kelompok pisang matang dalam himpunan dikarenakan nilai warna R,G dan B pada aturan yang dibentuk sebagai pisang matang. Sehingga akurasi keberhasilan dari percobaan pertama sebesar 86,6%.

Dari seluruh percobaan yang telah dilakukan sistem berhasil mendeteksi tingkat kematangan pada buah pisang sebanyak 40 kali dan gagal sebanyak 5 kali dengan demikian sistem memperoleh rata-rata akurasi sebesar 88,8%.