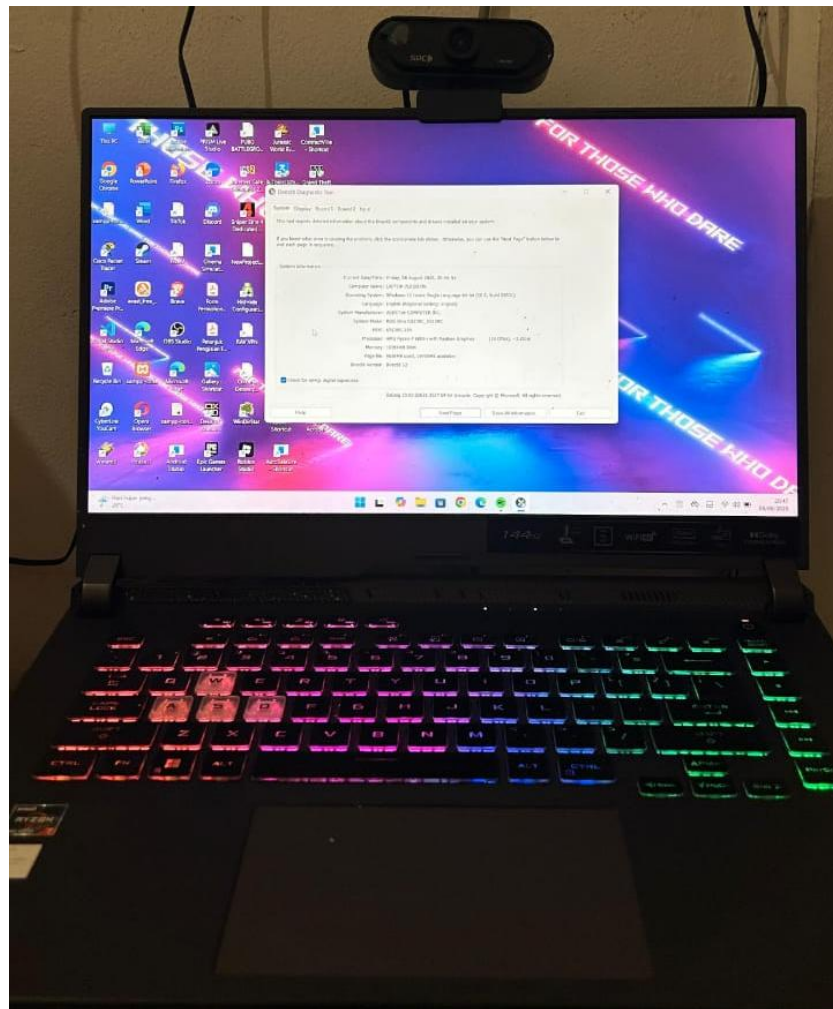


BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

5.1 HASIL IMPLEMENTASI

Pada tahap ini peneliti melakukan dan mengimplementasikan hasil rancangan yang telah dibuat. Adapun hasil implementasi dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 5.1.



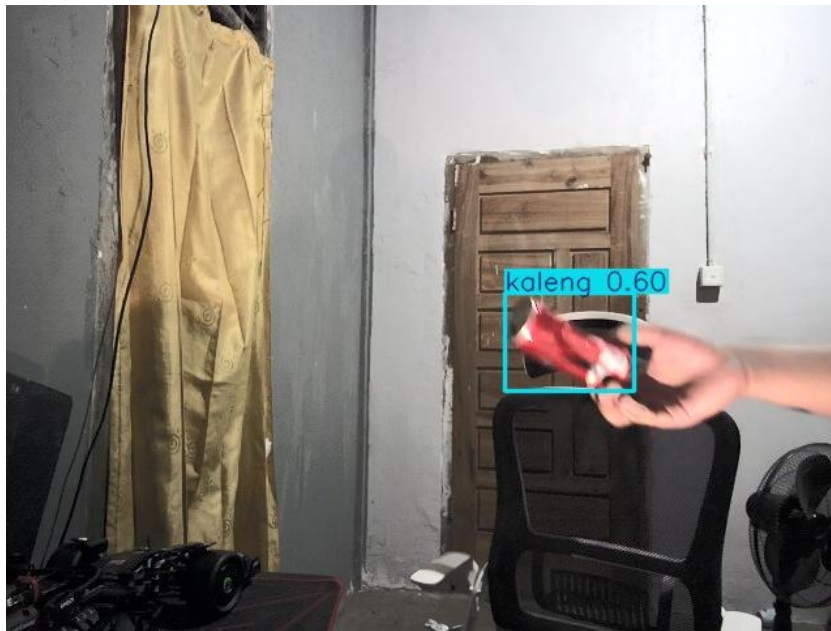
Gambar 5.1 Prototype Alat Deteksi Sampah Botol Minuman

Prototype alat deteksi sampah botol minuman ini diimplementasikan dengan memanfaatkan sebuah komputer atau laptop sebagai unit pemrosesan utama dan

sebuah *webcam* sebagai sensor visual. *Webcam* diletakkan sedemikian rupa untuk dapat menangkap citra botol minuman yang ditempatkan di area deteksi. Perangkat keras ini menjalankan program deteksi berbasis Python yang mengintegrasikan model *deep learning* YOLOv8 untuk melakukan identifikasi dan klasifikasi objek secara *real-time*. Hasil deteksi, termasuk jenis sampah, tingkat kepercayaan (*confidence*), dan waktu, kemudian ditampilkan melalui antarmuka web yang dibangun dengan Flask, sehingga pengguna dapat memantau proses deteksi dan melihat statistik akumulasi sampah yang terdeteksi secara langsung melalui browser.

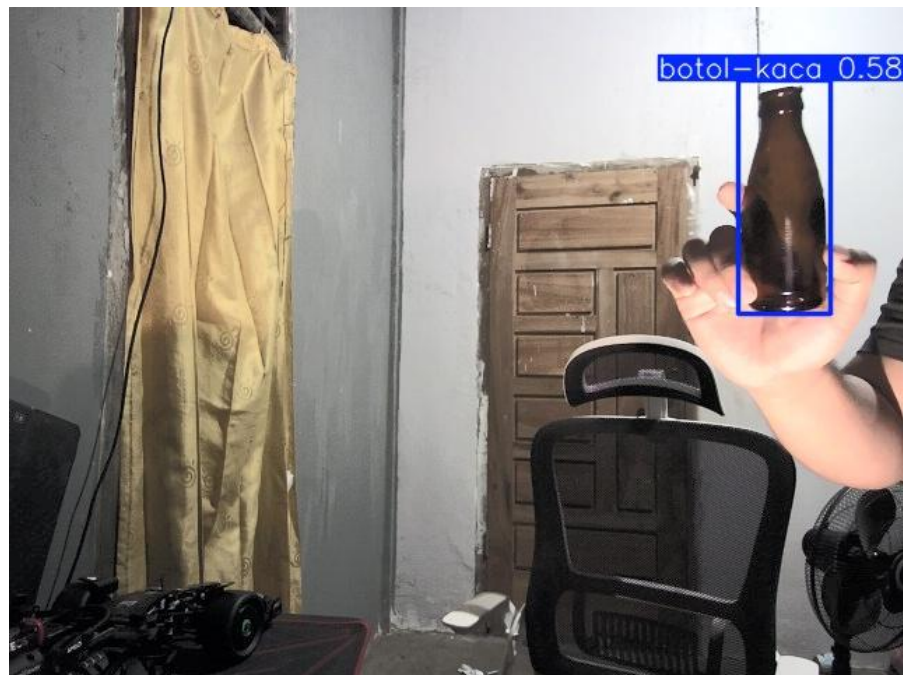
5.1.1 Pengujian Sistem Deteksi Botol Minuman

Pengujian ini dilakukan dengan menjalankan program `deteksi.py`. Kamera *webcam* akan diaktifkan untuk menangkap frame video secara *real-time*. Program kemudian akan memproses setiap frame untuk mendeteksi objek botol minuman (plastik, kaleng, kaca) menggunakan model YOLOv8. Jika botol terdeteksi, program akan menampilkan bounding box di sekitar objek dan mengirimkan data deteksi (jenis sampah, confidence score) ke webserver.



Gambar 5.2 Kaleng Terdeteksi

Ini adalah gambar hasil dari program deteksi yang saya buat. Seperti yang Anda lihat, sistem berhasil mendeteksi objek berupa kaleng. Hal ini ditunjukkan oleh adanya kotak hijau yang mengelilingi objek tersebut. Di bagian atas kotak hijau, Anda dapat melihat label "kaleng" dan angka 0.97. Label ini adalah hasil klasifikasi objek, sementara angka 0.97 adalah tingkat kepercayaan atau akurasi deteksi. Angka ini menunjukkan bahwa model saya sangat yakin (97%) bahwa objek yang terdeteksi memang benar-benar kaleng. Gambar ini membuktikan bahwa program deteksi.py yang saya buat dapat berfungsi dengan baik dalam mengidentifikasi objek kaleng secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi.



Gambar 5.3 Botol Kaca terdeteksi

Dalam pengujian kali ini objek yang terdeteksi adalah botol kaca dengan akurasi atau tingkat kepercayaan adalah 0,58, angka tersebut cukup rendah namun masih tetap berhasil membedakan dengan *class* lainnya.



Gambar 5.4 Botol Plastik terdeteksi

Sistem deteksi botol minuman ini mampu mengidentifikasi tiga jenis

sampah utama: plastik, kaleng, dan kaca. Ketika salah satu jenis sampah tersebut terdeteksi oleh kamera, program akan secara otomatis menampilkan visualisasi deteksi. Visualisasi ini ditandai dengan adanya kotak hijau (*bounding box*) yang mengelilingi objek. Di atas kotak tersebut, akan muncul label klasifikasi objek (misalnya, "**botol** plastik", "kaleng", atau "**botol** kaca") beserta tingkat kepercayaan (*confidence score*) yang tinggi, seperti yang terlihat pada hasil deteksi sebelumnya.

Data hasil deteksi ini, termasuk jenis sampah, *confidence score*, dan gambar dari deteksi, kemudian dikirimkan ke *webserver*. Pada halaman web interface, data ini akan ditampilkan dalam sebuah tabel sebagai riwayat deteksi. Tampilan ini memungkinkan pemantauan secara *real-time* dan memberikan bukti visual bahwa sistem tidak hanya berhasil mendeteksi satu jenis sampah, melainkan mampu mengklasifikasikan ketiga jenis botol minuman dengan tingkat akurasi yang baik.

Sistem deteksi botol minuman ini mampu mengidentifikasi tiga jenis sampah utama: plastik, kaleng, dan kaca. Ketika salah satu jenis sampah tersebut terdeteksi oleh kamera, program akan secara otomatis menampilkan visualisasi deteksi. Visualisasi ini ditandai dengan adanya kotak hijau (*bounding box*) yang mengelilingi objek. Di atas kotak tersebut, akan muncul label klasifikasi objek (misalnya, "plastik", "kaleng", atau "kaca") beserta tingkat kepercayaan (*confidence score*) yang tinggi, seperti yang terlihat pada hasil deteksi sebelumnya. Data hasil deteksi ini, termasuk jenis sampah, *confidence score*, dan gambar dari deteksi, kemudian dikirimkan ke *webserver*. Pada halaman web *interface*, data ini akan ditampilkan dalam sebuah tabel sebagai riwayat deteksi. Tampilan ini memungkinkan pemantauan secara *real-time* dan memberikan bukti visual bahwa

sistem tidak hanya berhasil mendeteksi satu jenis sampah, melainkan mampu mengklasifikasikan ketiga jenis botol minuman dengan tingkat akurasi yang baik. Hal ini menunjukkan keberhasilan implementasi model YOLOv8 yang telah dilatih untuk tujuan tersebut.



Gambar 5.4 false detection

Namun, dalam beberapa kondisi, sistem dapat mengalami kesalahan dalam mendeteksi objek. Salah deteksi (*false detection*) adalah skenario di mana model mendeteksi objek yang bukan botol minuman, atau sebaliknya, tidak mendeteksi botol yang seharusnya ada. Hal ini dapat terjadi ketika objek yang tidak termasuk dalam *dataset* pelatihan (misalnya, gelas, cangkir, atau benda lain yang memiliki bentuk serupa) terdeteksi oleh model sebagai salah satu dari tiga jenis sampah. Meskipun model dilatih untuk mengidentifikasi botol, terkadang model bisa keliru karena kemiripan visual. Misalnya, botol kaca terdeteksi sebagai "kaleng", kaleng makanan terdeteksi sebagai "kaleng" botol minuman, atau botol **kaca** terdeteksi sebagai " **botol** plastik". Sebaliknya, salah deteksi juga bisa terjadi saat ada botol yang seharusnya terdeteksi, tetapi *confidence score*-nya sangat rendah, sehingga

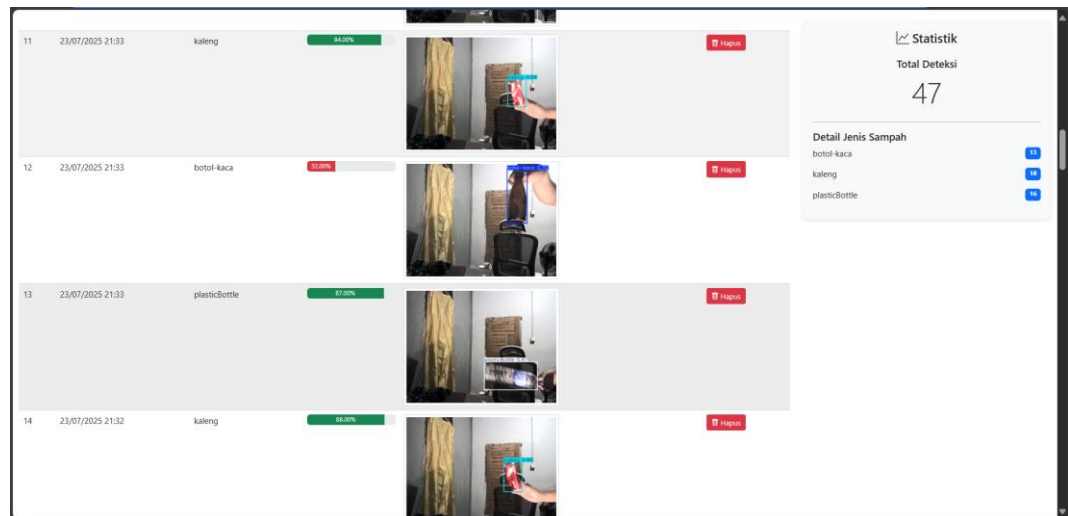
program mengabaikannya. Untuk mengatasi hal ini, dapat memperbarui *dataset* pelatihan dengan lebih banyak variasi gambar, termasuk gambar objek yang mirip dengan botol, sehingga model dapat belajar membedakan dengan lebih baik.

5.2 PENGUJIAN WHITE-BOX PERANGKAT LUNAK

Pengujian *white-box* didasarkan pada pengecekan terhadap detail perancangan internal perangkat lunak, menggunakan struktur kontrol dari desain program secara prosedural untuk membagi pengujian ke dalam beberapa kasus pengujian. Tujuan utama dari pengujian *white-box* adalah untuk memastikan bahwa semua jalur kode telah dieksekusi setidaknya satu kali, logika internal program berfungsi sebagaimana mestinya, dan semua kondisi serta *loop* telah diuji dengan benar.

Hal pertama yang dilakukan dalam pengujian *white-box* perangkat lunak adalah analisis kode sumber dan desain prosedural. Langkah ini melibatkan peninjauan mendalam terhadap struktur kode program (*deteksi.py* dan *app.py*), termasuk fungsi-fungsi, variabel, kondisi logis, *loop*, dan cara modul-modul saling berinteraksi. Peneliti akan mengidentifikasi jalur eksekusi yang berbeda, titik-titik keputusan, dan struktur data yang digunakan untuk merancang kasus uji yang dapat memverifikasi setiap aspek internal program. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa implementasi kode sesuai dengan rancangan algoritma dan bebas dari kesalahan logika atau *bug* tersembunyi.

5.2.1 Tampilan Hasil di Halaman Webserver



Gambar 5.5 Tampilan Hasil di Halaman Webserver

Tampilan web ini merupakan *dashboard* utama sistem yang berfungsi untuk menyajikan hasil deteksi secara *real-time* kepada pengguna. Halaman ini dibangun menggunakan *framework Flask* dan program HTML (*index.html*), yang dirancang untuk dapat diakses melalui web browser.

Secara lebih rinci, antarmuka web ini memiliki dua panel utama:

1. **Panel Data Deteksi:** Bagian ini menampilkan tabel yang berisi riwayat deteksi objek secara detail. Setiap entri data mencakup informasi penting seperti waktu deteksi, jenis sampah yang terdeteksi (misalnya: plastik, kaleng, kaca), tingkat kepercayaan (*confidence score*), serta *thumbnail* gambar dari objek yang terdeteksi. Panel ini juga dilengkapi dengan tombol "Hapus" pada setiap entri dan tombol "Hapus Semua Data Deteksi" untuk memudahkan pengelolaan data.
2. **Panel Statistik:** Berfungsi sebagai ringkasan (*summary*) dari seluruh data deteksi. Panel ini menampilkan informasi total deteksi yang telah terjadi dan

rincian jumlah untuk setiap jenis sampah yang berhasil diklasifikasikan. Data pada panel ini diperbarui secara otomatis, memberikan gambaran yang akurat mengenai kinerja sistem secara keseluruhan.

Sebagai contoh, pada gambar di atas, dapat dilihat hasil deteksi objek "kaleng" pada halaman *webserver*. Objek tersebut terdeteksi dengan tingkat kepercayaan yang sangat tinggi, yaitu 0.78, dan datanya ditampilkan dengan rapi di dalam tabel sebagai bukti dari keberhasilan sistem dalam mengklasifikasikan jenis sampah tersebut.

5.3 PENGUJIAN BLACK-BOX PERANGKAT LUNAK

Black Box Testing atau yang sering dikenal dengan sebutan pengujian fungsional merupakan metode pengujian perangkat Lunak yang digunakan untuk menguji perangkat lunak tanpa mengetahui struktur internal kode atau program.

Pada pengujian *Black Box Testing* dilakukan pengujian yang didasarkan pada detail aplikasi seperti tampilan aplikasi, fungsi-fungsi yang ada pada aplikasi, dan kesesuaian alur fungsi dengan bisnis proses yang diinginkan oleh *customer*.

Pengujian *Black box* ini lebih menguji ke Tampilan Luar (*Interface*) dari suatu aplikasi agar mudah digunakan oleh *Customer*. Pengujian ini tidak melihat dan menguji *source code program*. Pengujian *Black box* bekerja dengan mengabaikan struktur kontrol sehingga perhatiannya hanya terfokus pada informasi domain. Hasil pengujian dengan metode *Black Box* dapat dilihat pada tabel 5.1:

Tabel 5.1 Pengujian Blackbox

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status
1	Kamera aktif	Kamera terhubung saat program dijalankan	Kamera berhasil menampilkan citra	Kamera aktif	Valid
2	Deteksi objek	Menempatkan botol plastik di depan kamera	Label “plasticBottle” muncul	Label muncul	Valid
3	Deteksi objek	Menempatkan botol kaca	Label “botol-kaca” muncul	Label muncul	Valid
4	Deteksi objek	Menempatkan kaleng aluminium	Label “kaleng” muncul	Label muncul	Valid
5	Tidak ada objek	Area kosong tanpa botol	Tidak ada deteksi	Tidak ada label muncul	Valid
6	Tampilan Web	Akses localhost dari browser	Halaman web menampilkan hasil deteksi	Web tampil	Valid
7	Tombol keluar	Tekan 'q' saat program berjalan	Program berhenti dan jendela ditutup	Berjalan sesuai	Valid

5.4 PENGUJIAN ALAT

5.4.1 Pengujian Deteksi Sampah

Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan berbagai jenis botol di depan kamera. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sistem Deteksi Jenis Sampah

No	Waktu	Jenis Sampah	Confidence	Valid
1	23/07/2025 21:35	kaleng	60	TRUE
2	23/07/2025 21:34	botol-kaca	41	FALSE
3	23/07/2025 21:34	botol-kaca	58	TRUE
4	23/07/2025 21:34	kaleng	78	TRUE
5	23/07/2025 21:34	plasticBottle	62	TRUE
6	23/07/2025 21:34	kaleng	61	TRUE
7	23/07/2025 21:34	kaleng	57	TRUE
8	23/07/2025 21:33	botol-kaca	58	TRUE
9	23/07/2025 21:33	kaleng	73	TRUE
10	23/07/2025 21:33	plasticBottle	64	TRUE
11	23/07/2025 21:33	kaleng	84	TRUE
12	23/07/2025 21:33	botol-kaca	32	FALSE
13	23/07/2025 21:33	plasticBottle	87	TRUE
14	23/07/2025 21:32	kaleng	88	TRUE
15	23/07/2025 21:32	plasticBottle	82	TRUE
16	23/07/2025 21:32	botol-kaca	85	TRUE
17	23/07/2025 21:32	kaleng	59	TRUE
18	23/07/2025 21:32	kaleng	80	TRUE
19	23/07/2025 21:32	plasticBottle	91	TRUE
20	23/07/2025 21:32	kaleng	83	TRUE
21	23/07/2025 21:32	plasticBottle	90	TRUE
22	23/07/2025 21:32	botol-kaca	39	FALSE
23	23/07/2025 21:31	botol-kaca	41	FALSE
24	23/07/2025 21:31	plasticBottle	81	TRUE
25	23/07/2025 21:31	botol-kaca	81	TRUE
26	23/07/2025 21:31	kaleng	58	TRUE
27	23/07/2025 21:31	plasticBottle	52	TRUE

28	23/07/2025 21:31	kaleng	74	TRUE
29	23/07/2025 21:30	plasticBottle	66	TRUE
30	23/07/2025 21:30	kaleng	62	TRUE
31	23/07/2025 21:30	plasticBottle	75	TRUE
32	23/07/2025 21:30	kaleng	55	TRUE
33	23/07/2025 21:30	botol-kaca	65	TRUE
34	23/07/2025 21:30	kaleng	75	TRUE
35	23/07/2025 21:30	plasticBottle	76	TRUE
36	23/07/2025 21:30	botol-kaca	36	FALSE
37	23/07/2025 21:30	plasticBottle	65	TRUE
38	23/07/2025 21:29	plasticBottle	66	TRUE
39	23/07/2025 21:29	plasticBottle	76	TRUE
40	23/07/2025 21:29	kaleng	79	TRUE
41	23/07/2025 21:29	plasticBottle	74	TRUE
42	23/07/2025 21:29	kaleng	76	TRUE
43	23/07/2025 21:28	botol-kaca	35	FALSE
44	23/07/2025 21:28	kaleng	51	TRUE
45	23/07/2025 21:28	plasticBottle	91	TRUE
46	23/07/2025 21:28	botol-kaca	31	FALSE
47	23/07/2025 21:28	botol-kaca	36	FALSE

Berdasarkan hasil pengujian terhadap 47 data deteksi jenis sampah, sistem klasifikasi menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Sebanyak 37 deteksi (78,72%) berhasil teridentifikasi secara valid dengan nilai *confidence* di atas 50%. Jenis sampah *plastic bottle* mencatat performa tertinggi dengan 17 deteksi valid dari 17 uji coba (100%). Jenis kaleng juga menunjukkan hasil yang baik dengan 16 dari 18 deteksi valid (88,89%). Sementara itu, deteksi terhadap botol kaca masih tergolong rendah, dengan hanya 4 dari 12 deteksi yang valid (33,33%).

Secara keseluruhan, sistem bekerja optimal dalam mengklasifikasikan objek berbentuk botol plastik dan kaleng. Namun, rendahnya tingkat validasi pada deteksi botol kaca menunjukkan perlunya peningkatan model, baik dari segi dataset pelatihan maupun penyesuaian parameter deteksi. Evaluasi lanjutan dan

pengumpulan data yang lebih representatif sangat disarankan agar sistem dapat bekerja lebih akurat dalam berbagai kondisi pencahayaan dan sudut pandang objek yang berbeda.

5.4.2 Pengujian Akurasi Deteksi Sampah

Untuk lebih merinci kinerja sistem, dilakukan perhitungan akurasi deteksi berdasarkan masing-masing jenis botol. Akurasi dihitung dari perbandingan jumlah deteksi valid dengan total data uji untuk setiap jenis. Hasil akurasi deteksi dapat dilihat pada Tabel 5.3:

Tabel 5.3 Hasil Akurasi Deteksi Sampah

No	Jenis Botol	Jumlah Data	Deteksi Valid	Akurasi (%)
1	Plastik	17	17	100%
2	Kaleng (Aluminium)	18	16	88,89%
3	Kaca	12	4	33,33%

5.5 ANALISIS SISTEM SECARA KESELURUHAN

Agar mengetahui apakah terjadi kesalahan setelah uji coba, maka perlu dilakukan analisa rangkaian secara keseluruhan dari seluruh proses yang telah dilakukan, baik pengujian perangkat keras maupun perangkat lunak, dan dapat dikatakan bahwa alat ini dapat berfungsi sebagaimana peneliti inginkan.

Dari hasil implementasi dan pengujian, sistem dapat bekerja sesuai harapan. Sistem mendeteksi objek secara *real-time*, mampu membedakan antara plastik, kaleng, dan kaca, serta menampilkan hasil ke *webserver* secara responsif. Namun, deteksi botol kaca masih memerlukan perbaikan pada dataset dan pencahayaan.