

BAB V

HASIL DAN ANALISIS

5.1 Hasil Pengujian dan Analisis Sistem

Pengujian sistem monitoring kecepatan dan jumlah kendaraan berbasis sensor *photo beam* ini dilakukan untuk mengetahui kinerja alat secara keseluruhan. Pengujian alat dilakukan secara langsung di pintu masuk parkir atas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro pada tanggal 21 Mei 2026. Pengujian meliputi kemampuan sensor dalam mendeteksi kendaraan, akurasi pembacaan kecepatan, serta kesesuaian data yang ditampilkan pada LCD dengan data yang tercatat pada *spreadsheet*. Pengujian dilaksanakan secara langsung di jalan lingkungan dengan melibatkan kendaraan yang melintas dari dua arah, yaitu arah masuk dan arah keluar.

5.1.1 Kalibrasi Pengujian Sistem

Kalibrasi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa data kecepatan yang terbaca oleh sensor *photo beam* telah sesuai dan konsisten antara tampilan pada LCD dengan data yang tersimpan di *spreadsheet* secara *real-time*. Proses kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan tiga sumber nilai kecepatan secara bersamaan, yaitu speedometer motor sebagai nilai referensi kecepatan sebenarnya, LCD alat sebagai media tampilan sistem, dan *spreadsheet* sebagai media penyimpanan data digital, guna memastikan bahwa ketiga nilai tersebut menunjukkan hasil yang konsisten dan tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi yang telah dilakukan dan didokumentasikan melalui pengujian, sistem menunjukkan bahwa nilai kecepatan yang ditampilkan pada LCD konsisten dengan nilai yang tercatat pada *spreadsheet* serta mendekati nilai yang ditunjukkan oleh speedometer motor. Hal ini membuktikan bahwa proses pengiriman dan penerimaan data pada sistem berjalan dengan baik tanpa adanya perbedaan nilai yang signifikan antara ketiga sumber tersebut. Pengujian kalibrasi dilakukan pada tiga referensi kecepatan yaitu 10 Km/h, 20 Km/h, dan 30 Km/h untuk memastikan konsistensi sistem pada berbagai

rentang kecepatan. Berikut adalah hasil pengujian kalibrasi kecepatan 10km/h yang telah dilakukan pada tabel 5-1 dan 5-2

Tabel 5- 1 Data Kalibrasi Pengujian Sistem Pada Kecepatan 10 Km/h

Kalibrasi kecepatan 10km/h			
Date & Time	Arah	Kecepatan	Presentase Error
2026-05-21 9:57:04	Masuk	9.3 Km/h	0%
2026-05-21 9:57:16	Keluar	9.7 Km/h	0%
2026-05-21 9:57:23	Keluar	10.0 Km/h	0%
2026-05-21 9:57:25	Masuk	13.0 Km/h	0%
2026-05-21 9:57:27	Masuk	10.2 Km/h	0%
2026-05-21 9:57:34	Keluar	11.6 Km/h	0,85%
2026-05-21 9:57:39	Masuk	12.2 Km/h	0%
2026-05-21 9:57:41	Keluar	11.5 Km/h	0%
2026-05-21 9:59:01	Keluar	10.5 Km/h	0%
2026-05-21 9:59:24	Masuk	12.5 Km/h	0%

Tabel 5- 2 Statistik Deskriptif Kalibrasi Kecepatan 10 Km/h

Statistik	Nilai
Rata-Rata	11,05 Km/h
Nilai Maksimum	12.5 Km/h
Nilai Minimum	9.3 Km/h
Standar Deviasi	1,28 Km/h
Rata-Rata Error	0,085%

Berdasarkan hasil pengujian pada kecepatan 10 Km/h, diperoleh rata-rata kecepatan terukur sebesar 11,05 Km/h dengan nilai maksimum 12,5 Km/h dan nilai minimum 9,3 Km/h. Standar deviasi sebesar 1,28 Km/h menunjukkan bahwa variasi hasil pengukuran antar percobaan relatif kecil sehingga sistem memiliki tingkat konsistensi yang baik. Nilai rata-rata error sebesar 0,085% menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor photo beam memiliki perbedaan yang sangat kecil

terhadap kecepatan yang ditunjukkan oleh speedometer kendaraan. Selisih rata-rata pengukuran sebesar 1,05 Km/h terhadap kecepatan target menunjukkan adanya deviasi kecil yang masih dalam batas wajar. Perbedaan antara rata-rata kecepatan terukur dan kecepatan target disebabkan oleh sulitnya pengemudi mempertahankan kecepatan kendaraan secara konstan pada nilai 10 Km/h saat melintasi sensor. Berikut adalah hasil pengujian kalibrasi kecepatan 20km/h yang telah dilakukan pada tabel 5-3 dan 5-4

Tabel 5- 3 Data Kalibrasi Pengujian Sistem Pada Kecepatan 20 Km/h

Kalibrasi kecepatan 20km/h			
Date & Time	Arah	Kecepatan	Presentase Error
2026-05-21 9:59:32	Masuk	18.0 Km/h	0%
2026-05-21 10:00:11	Keluar	20.0 Km/h	0%
2026-05-21 10:00:55	Keluar	21.8 Km/h	0,91%
2026-05-21 10:01:04	Masuk	20.7 Km/h	0,96%
2026-05-21 10:01:31	Keluar	21.1 Km/h	0,96%
2026-05-21 10:01:36	Keluar	19.0 Km/h	0,52%
2026-05-21 10:01:52	Keluar	22.0 Km/h	0%
2026-05-21 10:01:56	Masuk	18.0 Km/h	0%
2026-05-21 10:02:02	Masuk	22.5 Km/h	0%
2026-05-21 10:02:08	Masuk	21.5 Km/h	0,47%

Tabel 5- 4 Statistik Deskriptif Kalibrasi Kecepatan 20 Km/h

Statistik	Nilai
Rata-Rata	20,46 Km/h
Nilai Maksimum	22.5 Km/h
Nilai Minimum	18.0 Km/h
Standar Deviasi	1,64 Km/h
Rata Rata error	0,38%

Berdasarkan hasil pengujian pada kecepatan 20 Km/h, diperoleh rata-rata kecepatan terukur sebesar 20,46 Km/h dengan nilai maksimum 22,5 Km/h dan nilai minimum 18,0 Km/h. Nilai standar deviasi sebesar 1,64 Km/h menunjukkan adanya variasi pengukuran yang masih berada dalam batas yang dapat diterima. Rata-rata error sebesar 0,38% merupakan nilai error terkecil dibandingkan pengujian pada kecepatan lainnya, yang menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor sangat mendekati kecepatan yang ditampilkan oleh speedometer kendaraan. Selisih rata-rata pengukuran sebesar 0,46 Km/h terhadap kecepatan target menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten pada kecepatan menengah. Berikut adalah hasil pengujian kalibrasi kecepatan 30km/h yang telah dilakukan pada tabel 5-5 dan 5-6

Tabel 5- 5 Data Kalibrasi Pengujian Sistem Pada Kecepatan 30 Km/h

Kalibrasi kecepatan 30km/h			
Date & Time	Arah	Kecepatan	Presentase Error
2026-05-21 10:02:14	Masuk	29.5 Km/h	1,67%
2026-05-21 10:02:46	Masuk	30.2 Km/h	0,67%
2026-05-21 10:02:52	Keluar	28.7 Km/h	1,03%
2026-05-21 10:03:06	Masuk	31.4 Km/h	1,29%
2026-05-21 10:03:08	Masuk	30.7 Km/h	0,97%
2026-05-21 10:03:21	Keluar	32.2 Km/h	0,31%
2026-05-21 10:03:26	Keluar	29.7 Km/h	1%
2026-05-21 10:03:35	Keluar	30.2 Km/h	0,67%
2026-05-21 10:04:08	Masuk	28.5 Km/h	1,72%
2026-05-21 10:04:11	Masuk	30.5 Km/h	1,67%

Tabel 5- 6 Statistik Deskriptif Kalibrasi Kecepatan 30 Km/h

Statistik	Nilai
Rata-Rata	30,16 Km/h
Nilai Maksimum	32.2 Km/h
Nilai Minimum	28.5 Km/h

Standar Deviasi	1,14 Km/h
Rata-Rata Error	1,12%

Berdasarkan hasil pengujian pada kecepatan target 30 Km/h, diperoleh rata-rata kecepatan terukur sebesar 30,16 Km/h dengan nilai maksimum 32,2 Km/h dan nilai minimum 28,5 Km/h. Standar deviasi sebesar 1,14 Km/h merupakan nilai terendah dibandingkan pengujian lainnya, yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran memiliki tingkat kestabilan yang paling baik. Rata-rata *error* sebesar 1,12% menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor masih sangat dekat dengan nilai yang ditunjukkan oleh *speedometer* kendaraan. Selisih rata-rata pengukuran yang hanya sebesar 0,16 Km/h terhadap kecepatan target membuktikan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi pada kecepatan 30 Km/h. Meskipun nilai *error* pada pengujian ini mengalami sedikit peningkatan dibandingkan pengujian 10 Km/h dan 20 Km/h, nilai tersebut secara keseluruhan masih berada di bawah ambang batas 2% sehingga tidak memengaruhi performa sistem secara signifikan. Berikut adalah hasil ringkasan dari pengujian kalibrasi pada kecepatan yang telah dilakukan pada tabel 5-7.

Tabel 5- 7 Ringkasan Hasil Kalibrasi

Rata-Rata Terukur	Selisih	Error	Standar Deviasi
11,05Km/h	1,05Km/h	0,085%	1,28 Km/h
20,46Km/h	0,46Km/h	0,38%	1,64 Km/h
30,16Km/h	0,16Km/h	1,12%	1,14 Km/h

Berdasarkan keseluruhan hasil pengujian kalibrasi pada kecepatan 10 Km/h, 20 Km/h, dan 30 Km/h, sistem monitoring kecepatan kendaraan berbasis sensor photo beam menunjukkan performa yang baik dalam mengukur kecepatan kendaraan. Nilai rata-rata error yang diperoleh pada masing-masing pengujian adalah 0,90%, 0,38%, dan 1,10%. Seluruh nilai error berada di bawah 2%, yang menunjukkan bahwa hasil pengukuran sensor memiliki tingkat kesesuaian yang tinggi terhadap pembacaan speedometer kendaraan. Selain itu, nilai standar deviasi yang berkisar antara 1,14 Km/h hingga 1,64 Km/h menunjukkan bahwa sistem

memiliki kestabilan dan konsistensi pengukuran yang baik. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang mampu melakukan monitoring kecepatan kendaraan secara akurat dan layak digunakan sebagai alat pengukuran kecepatan berbasis sensor photo beam.

Dokumentasi proses kalibrasi pengujian sistem ditampilkan pada gambar 5.1 berikut:



Gambar 5. 1 Dokumentasi Kalibrasi Pengujian Sistem

Berdasarkan Gambar 5.1 dan Tabel 5-1, dapat dilihat bahwa LCD alat menampilkan nilai kecepatan sebesar 10,18 Km/h, sedangkan pada *spreadsheet* nilai yang tercatat adalah 10,2 Km/h pada waktu yang sama yaitu pukul 9:57:27. Perbedaan tampilan tersebut bukan merupakan kesalahan pengukuran, melainkan disebabkan oleh perbedaan format pembulatan (*rounding*) yang diterapkan pada masing-masing media tampilan. LCD menampilkan nilai kecepatan hingga dua angka desimal, sedangkan *spreadsheet* hanya menampilkan satu angka desimal. Nilai 10,18 Km/h apabila dibulatkan ke satu angka desimal akan menghasilkan nilai 10,2 Km/h, sehingga secara matematis kedua nilai tersebut adalah sama dan konsisten.

Dengan demikian, perbedaan jumlah digit desimal yang ditampilkan antara LCD dan *spreadsheet* tidak mempengaruhi keakuratan data sistem. Sistem dinyatakan telah terkalibrasi dengan baik dan siap digunakan untuk tahap pengujian selanjutnya.

5.2 Analisis

5.2.1 Analisis Hasil Uji Coba Alat

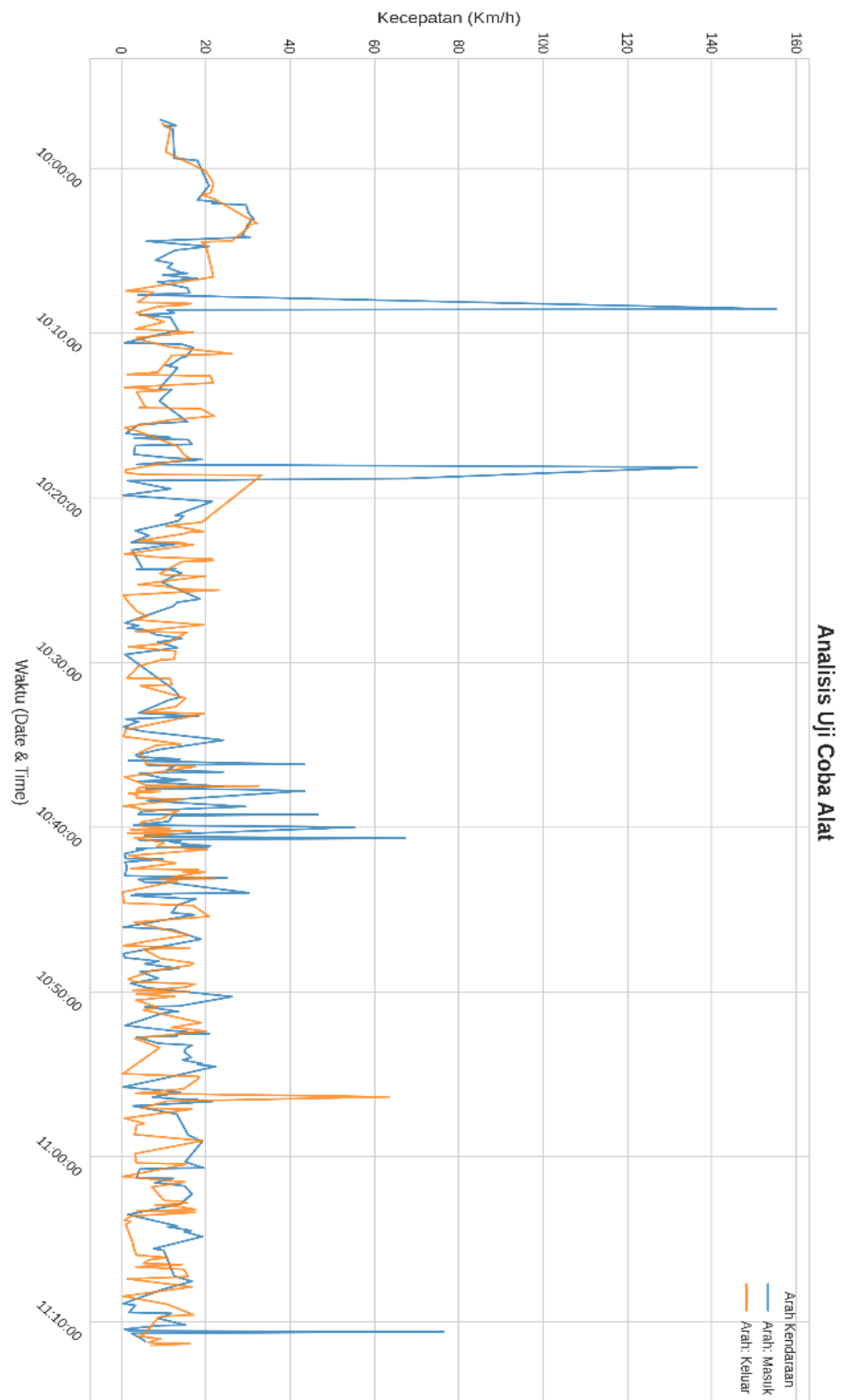
Berdasarkan pengujian lapangan yang telah dilakukan, sistem berhasil mendeteksi setiap kendaraan yang melewati sensor secara akurat. Alat mampu mencatat arah pergerakan kendaraan (masuk/keluar), menghitung selisih waktu

antar sensor, serta menampilkan nilai kecepatan secara otomatis pada layar LCD. Seluruh data hasil deteksi tersimpan secara terstruktur pada *spreadsheet* beserta informasi tanggal, waktu, arah kendaraan, kecepatan yang terukur, dan selisih waktu antara sensor A dan sensor B. Total keseluruhan data yang berhasil direkam selama pengujian adalah sebanyak 500 data kendaraan, yang terdiri dari 254 kendaraan arah masuk dan 246 kendaraan arah keluar.

Berdasarkan keseluruhan data pengujian, sistem mampu merekam kecepatan kendaraan dalam rentang yang bervariasi, mulai dari kecepatan terendah 0,3 Km/h hingga kecepatan tertinggi 155,2 Km/h. Berdasarkan analisis statistik, diperoleh nilai rata-rata kecepatan sebesar 11,98 Km/h dengan standar deviasi sebesar 12,61 Km/h, yang menunjukkan bahwa sebagian besar kendaraan melintas pada kecepatan rendah hingga sedang sesuai karakteristik lalu lintas di jalan lingkungan. Sampel data hasil pencatatan ditampilkan pada tabel berikut:

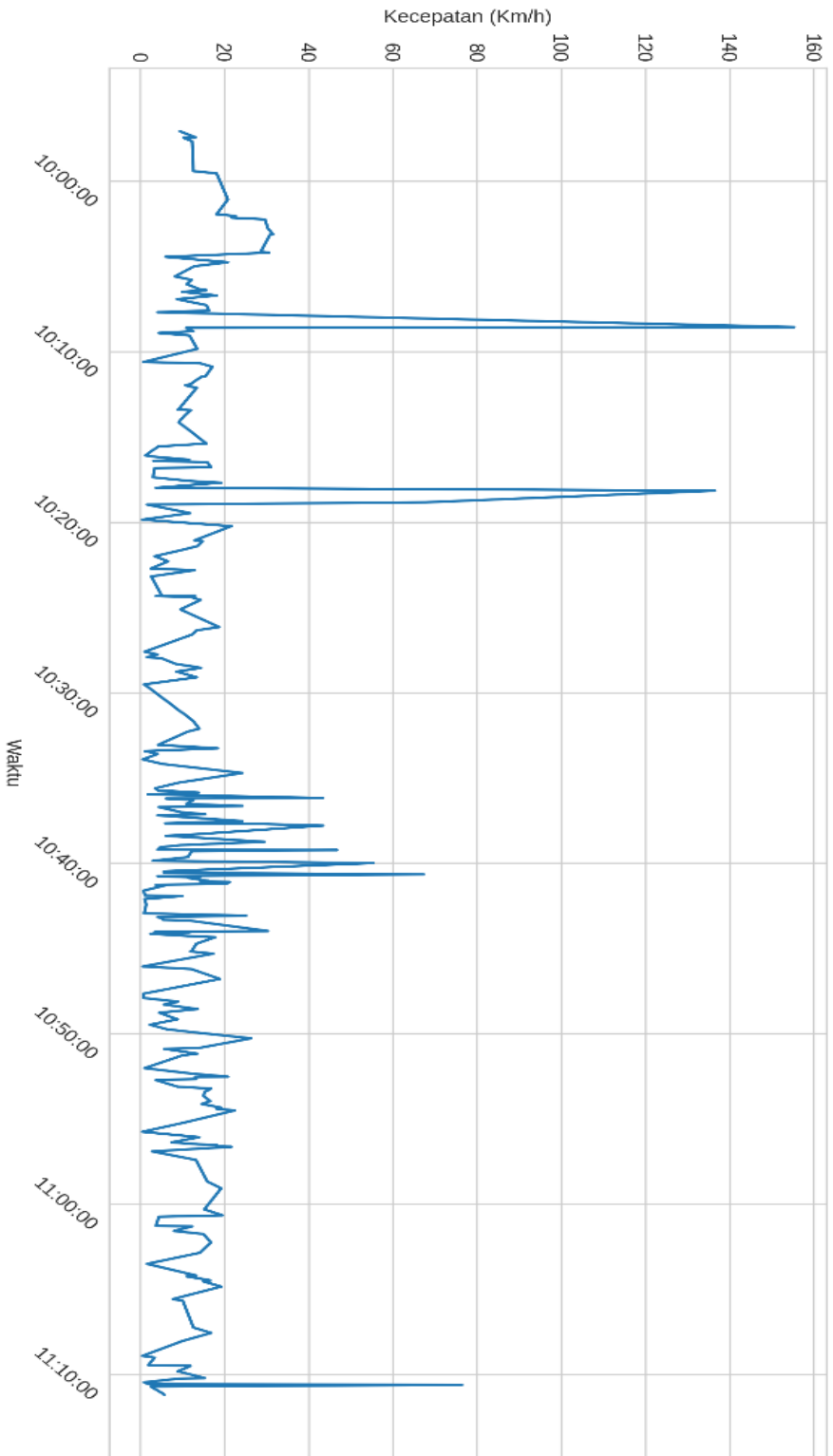
Tabel 5- 8 Analisis Hasil Uji Coba Alat

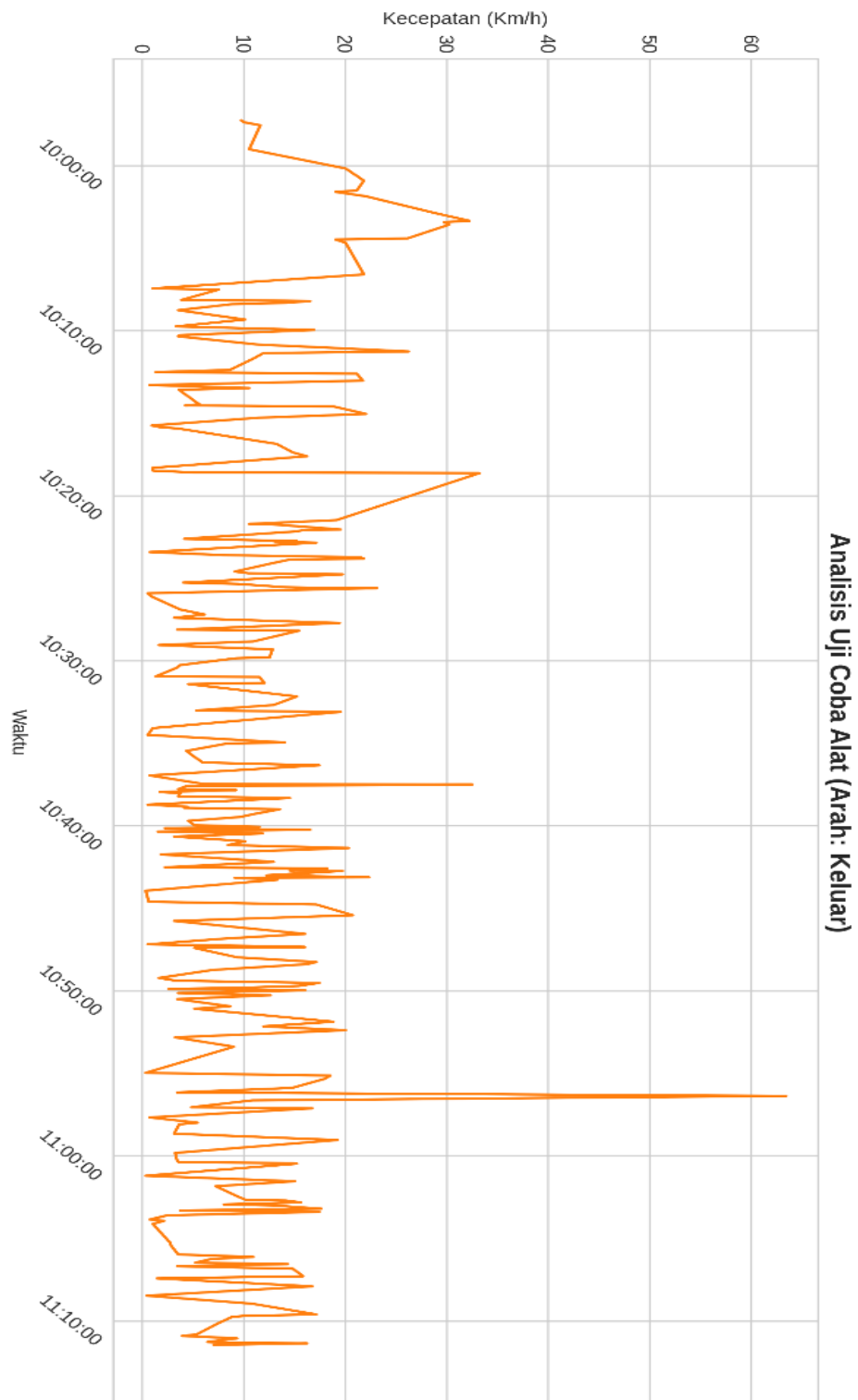
Date & Time	Arah	Kecepatan
2026-05-21 9:57:04	Masuk	9.3 Km/h
2026-05-21 9:57:16	Keluar	9.7 Km/h
2026-05-21 9:57:23	Keluar	10.0 Km/h
2026-05-21 9:57:25	Masuk	13.0 Km/h
2026-05-21 9:57:27	Masuk	10.2 Km/h
2026-05-21 9:57:34	Keluar	11.6 Km/h
2026-05-21 9:57:39	Masuk	12.2 Km/h
2026-05-21 9:57:41	Keluar	11.5 Km/h
2026-05-21 9:59:01	Keluar	10.5 Km/h
2026-05-21 9:59:24	Masuk	12.5 Km/h



Gambar 5. 2 Grafik Analisis Uji Coba Alat

Analisis Uji Coba Alat (Arah: Masuk)





Gambar 5.3 Grafik Jumlah Kendaraan Masuk dan Keluar

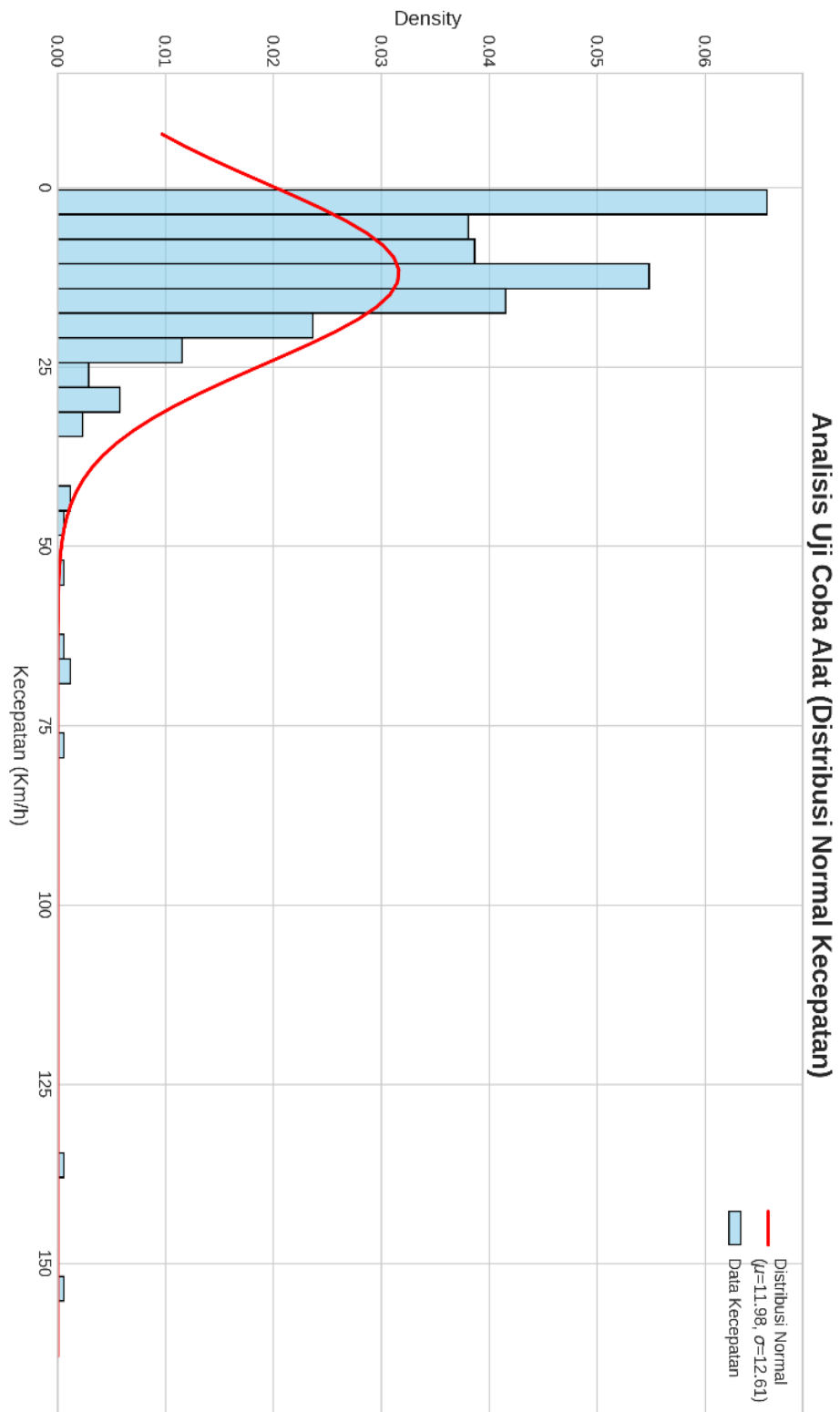
5.2.2 Analisis Statistik Deskriptif

Untuk mengetahui karakteristik distribusi kecepatan kendaraan secara keseluruhan, dilakukan analisis statistik deskriptif terhadap 500 data kecepatan yang telah direkam selama pengujian. Hasil analisis statistik deskriptif ditampilkan pada tabel berikut:

Tabel 5- 9 Statistik Deskriptif Kecepatan Kendaraan

Statistik	Nilai
Rata-Rata	11,98 Km/h
Nilai Maksimum	155.2 Km/h
Nilai Minimum	0,3 Km/h
Standar Deviasi	12,61 Km/h

Berdasarkan tabel di atas, nilai rata-rata kecepatan sebesar 11,98 Km/h menunjukkan bahwa secara umum kendaraan yang melintas di area parkir bergerak pada kecepatan rendah hingga sedang, jauh di bawah batas kecepatan maksimum 30 Km/h yang ditetapkan untuk kawasan lingkungan. Nilai standar deviasi sebesar 12,61 Km/h mengindikasikan adanya variasi kecepatan yang cukup besar antar kendaraan selama pengujian, yang mencerminkan kondisi lalu lintas yang beragam, mulai dari kendaraan yang bergerak sangat lambat saat memasuki area deteksi hingga kendaraan yang melintas dengan kecepatan yang mendekati atau melampaui batas kecepatan 30 Km/h yang telah ditetapkan. Distribusi kecepatan kendaraan dari keseluruhan data pengujian divisualisasikan pada grafik berikut:



Gambar 5. 4 Grafik Distribusi Normal Kecepatan Kendaraan

Berdasarkan grafik distribusi normal, terlihat bahwa sebagian besar data kecepatan terpusat pada rentang 0 hingga 25 Km/h dengan puncak distribusi berada di sekitar nilai rata-rata 11,98 Km/h. Pola sebaran data condong ke kanan (*right-skewed*), yang mengindikasikan bahwa mayoritas kendaraan melintas pada kecepatan rendah dan masih berada jauh di bawah batas kecepatan maksimum yang ditetapkan yaitu 30 Km/h. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum perilaku berkendara di area parkir atas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro sudah sesuai dengan aturan batas kecepatan yang berlaku di jalan lingkungan. Untuk mengidentifikasi data *outlier* secara statistik, digunakan pendekatan batas atas dengan rumus:

$$x_{batas} = \mu + 2\sigma$$

$$x_{batas} = 11,98 + (2 \times 12,61) = 37,2 \text{ Km/h}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, data kecepatan yang melebihi 37,2 Km/h dikategorikan sebagai *outlier* secara statistik. Dari 500 data pengujian, ditemukan sebanyak 10 data (2%) yang teridentifikasi sebagai *outlier* dengan kecepatan di atas 37,2 Km/h. Nilai persentase sebesar 2% ini berada di bawah ambang batas 5% yang umum digunakan dalam statistik, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data kecepatan yang terekam masih berada dalam distribusi normal dan sistem bekerja dengan konsisten.

5.2.3 Analisis Data Melebihi Kecepatan

Dalam menentukan kategori hasil pengujian, penelitian ini mengacu pada batas kecepatan maksimum yang berlaku di jalan lingkungan. Berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan, kecepatan maksimum di kawasan permukiman dan lingkungan adalah 30 Km/h. Data hasil pengujian dikategorikan menjadi dua, yaitu data normal apabila kecepatan kendaraan yang terdeteksi berada pada nilai ≤ 30 Km/h, dan data tidak sesuai apabila kecepatan kendaraan yang terdeteksi melebihi 30 Km/h yang menandakan kendaraan berpotensi membahayakan keselamatan pengguna jalan di area parkir.

Berdasarkan definisi tersebut, dari 500 data pengujian ditemukan 19 data yang melebihi kecepatan 30 Km/h, sedangkan 481 data tercatat normal. Hasil ini juga didukung oleh analisis statistik pada sub bab sebelumnya, di mana batas *outlier* secara statistik berada pada 37,2 Km/h, yang menunjukkan kesesuaian antara pendekatan statistik dan regulasi dalam mengidentifikasi kecepatan kendaraan yang tidak wajar. Data yang melebihi batas kecepatan tersebut ditampilkan pada tabel 5-10 sebagai berikut:

Tabel 5- 10 Data yang Melebihi Batas Kecepatan

No	Date & Time	Arah	Kecepatan
1	2026-05-21 10:02:46	Masuk	30.2 Km/h
2	2026-05-21 10:03:06	Masuk	31.4 Km/h
3	2026-05-21 10:03:08	Masuk	30.7 Km/h
4	2026-05-21 10:03:21	Keluar	32.2 Km/h
5	2026-05-21 10:03:35	Keluar	30.2 Km/h
6	2026-05-21 10:04:11	Masuk	30.5 Km/h
7	2026-05-21 10:08:33	Masuk	155.2 Km/h
8	2026-05-21 10:18:09	Masuk	136.4 Km/h
9	2026-05-21 10:18:38	Keluar	33.2 Km/h
10	2026-05-21 10:18:50	Masuk	67.7 Km/h
11	2026-05-21 10:36:11	Masuk	43.3 Km/h
12	2026-05-21 10:37:30	Keluar	32.5 Km/h
13	2026-05-21 10:37:48	Masuk	43.3 Km/h
14	2026-05-21 10:39:14	Masuk	46.6 Km/h
15	2026-05-21 10:40:00	Masuk	55.2 Km/h
16	2026-05-21 10:40:40	Masuk	67.2 Km/h
17	2026-05-21 10:43:59	Masuk	30.2 Km/h
18	2026-05-21 10:56:22	Keluar	63.4 Km/h
19	2026-05-21 11:10:37	Masuk	76.3 Km/h

Dari 19 data yang melebihi batas kecepatan, sebanyak 17 data merupakan kendaraan yang terdeteksi melintas dengan kecepatan melebihi batas 30 Km/h di area parkir. Sementara itu, 2 data menunjukkan nilai kecepatan yang sangat tidak wajar yaitu 155,2 Km/h dan 136,4 Km/h dengan selisih waktu yang sangat singkat, yang diduga merupakan gangguan sesaat pada sinyal sensor *photo beam* akibat getaran, pantulan cahaya, atau objek non-kendaraan yang secara tidak sengaja memutus sinar sensor, sehingga menghasilkan nilai kecepatan yang tidak representatif.

Secara keseluruhan, dari 500 data pengujian yang direkam, sebanyak 481 data (96,2%) menunjukkan kecepatan normal sesuai batas yang ditetapkan, sementara 19 data (3,8%) terdeteksi melebihi batas kecepatan 30 Km/h. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem monitoring kecepatan berbasis sensor *photo beam* mampu mendeteksi dan mencatat pelanggaran batas kecepatan kendaraan secara otomatis dan *real-time* di jalan lingkungan.