



Optimasi Pengenalan Posisi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Kombinasi Metode MSER Dan Harris Corner

Bagus Sutikno Putra

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email: sutiknoputra96@gmail.com

Eva Yulia Puspaningrum

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email: evapuspaningrum.if@upnjatim.ac.id

Hendra Maulana

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Email: hendra.maulana.if@upnjatim.ac.id

Alamat: Jl. Rungkut Madya No.1, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

Abstract. *The research proposes an innovative approach to identifying and positioning vehicle number plates using a combination of Maximally Stable Extremal Regions (MSER) and Harris Corner methods. The MSER method is used to detect stable regions on the vehicle number plate image. MSER has the ability to recognize areas that have significant contrast intensity, which often represents the characteristic of the number plate. After identifying the potential regions, the Harris Corner method was applied to determine the characteristic angles. The cross points on the number plate. The combination of these two methods allows for more accurate and reliable identification of the position of the number plate. In this study the author performs optimization by changing the preprocessing part and the part of the MSER method. In the preprocessing the author changes the morphological part of a filter, in the section of the method MSER adds input arguments such as ThresholdDelta, RegionAreaRange, and MaxAreaVariation. The results of this study are 99.27% accuracy, 82.73% precision and 83.14% recall. Previous studies were 98.85%, 67.61% and 79.66% recalls. Based on the results of these values, the study has successfully optimized previous studies.*

Keywords: *Maximally Stable Extremal Regions, Harris Corner, License Plate, Detection*

Abstrak. Penelitian ini mengusulkan sebuah pendekatan inovatif untuk mengidentifikasi dan menentukan posisi plat nomor kendaraan menggunakan kombinasi metode Maximally Stable Extremal Regions (MSER) dan Harris Corner. Metode MSER digunakan untuk mendeteksi wilayah yang stabil pada citra plat nomor kendaraan. MSER memiliki kemampuan untuk mengenali daerahdaerah yang memiliki kontras intensitas yang signifikan, yang seringkali mewakili karakteristik plat nomor. Setelah identifikasi wilayah-wilayah yang potensial, metode Harris Corner diterapkan untuk menentukan sudut-sudut yang mencirikan titik-titik krusial pada plat nomor. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan pengenalan yang lebih akurat dan andal terhadap posisi plat nomor. Pada penelitian ini penulis melakukan optimasi dengan cara mengubah bagian preprocessing dan bagian metode MSER. Pada preprocessing penulis mengubah bagian morfologi filter, pada bagian metode MSER menambahkan input argument antara lain ThresholdDelta, RegionAreaRange, dan MaxAreaVariation. Hasil penelitian ini nilai akurasi 99,27%, presisi sebesar 82,73 dan nilai recall sebesar 83,14. Hasil penelitian sebelumnya nilai akurasi 98,85%, presisi sebesar 67,61 dan nilai recall sebesar 79,66. Berdasarkan hasil nilai akurasi tersebut penelitian ini berhasil mengoptimasi penelitian sebelumnya.

Kata kunci: Maximally Stable Extremal Regions, Harris Corner, Plat Nomor, Deteksi

PENDAHULUAN

Saat ini, perkembangan sistem transportasi cerdas tengah mengalami kemajuan yang signifikan, dengan pembagian antara sistem infrastruktur cerdas dan sistem kendaraan cerdas. Sejumlah aplikasi pendukung dalam sistem infrastruktur cerdas mencakup penggunaan aplikasi pembayaran elektronik, terutama untuk jalan tol dan parkir, serta aplikasi pemantauan jalan tol dan lalu lintas. Fokus pada sistem pendukung infrastruktur cerdas juga melibatkan aspek penting, yaitu bagaimana mengenali identitas sebuah kendaraan. (Yuniarti & Aufa, 2011).

Fungsi pengenalan plat kendaraan menjadi elemen esensial dalam operasional sistem ini, memberikan kontribusi signifikan dalam kehidupan sehari-hari. Berdasarkan penelitian sebelumnya, informasi mengenai tepi dan sudut plat kendaraan menjadi parameter penting, diakses melalui metode deteksi tepi, proyeksi, dan filter morfologi. (Ktata Sami, Khadharaoui Taher, Benzarti Faouzi, 2015). Walaupun sejumlah metode pengenalan plat telah menunjukkan kinerja yang positif dalam konteks lingkungan yang terbatas, teknik serupa mungkin tidak berhasil dalam situasi yang lebih kompleks. Faktor-faktor seperti variasi posisi dan orientasi plat, pencahayaan yang tidak merata, latar belakang yang beragam, dan 2 keberadaan objek non-plat dapat meningkatkan tingkat kompleksitas. Oleh karena itu, dalam menghadapi tantangan ini, pemahaman mendalam mengenai hasil temuan dan metodologi penelitian menjadi kunci untuk mengeksplorasi lebih lanjut potensi teknologi ini dalam meningkatkan efisiensi dan keamanan dalam pengelolaan lalu lintas. (Wang, wang, & Tian, 2015.).

Penggunaan metode Maximally Stable Extremal Regions (MSER) dan Harris Corner untuk meningkatkan akurasi dalam menentukan posisi plat nomor pada kendaraan. MSER digunakan untuk mengekstrak daerah-daerah yang stabil pada gambar, sementara Harris Corner digunakan untuk menentukan sudut-sudut signifikan. Kombinasi kedua metode ini diharapkan dapat memberikan hasil deteksi lokasi plat nomor kendaraan yang lebih robust dan akurat. metode ini memiliki potensi untuk memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem pengenalan plat nomor kendaraan yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem keamanan dan pemantauan lalu lintas (Maulana, 2018).

Pada penelitian ini penulis melakukan optimasi pada bagian preprocessing dan pada metode Maximally Stable Extremal Regions (MSER), pada bagian preprocessing penulis melakukan perubahan pada bagian morfologi filter, pada bagian metode Maximally Stable Extremal Regions (MSER) penulis melakukan penambahan input argument. Perubahan yang dilakukan bertujuan untuk mengoptimasi pengenalan lokasi plat nomor dari penelitian sebelumnya

KAJIAN TEORITIS

Pada penelitian ini menggunakan kombinasi dari dua metode yaitu Maximally Stable Extremal Regions (MSER) dan Harris Corner, Maximally Stable Extremal Regions (MSER) adalah sebuah teknik dalam pengolahan citra yang bertujuan untuk mengidentifikasi wilayah dengan ekstremalitas maksimal dalam citra. Diluncurkan pertama kali oleh tim peneliti Matas et al. pada tahun 2002, MSER telah menjadi suatu alat yang sangat penting dalam berbagai konteks visual, khususnya dalam ekstraksi fitur dan deteksi objek. MSER berfokus pada identifikasi wilayah-wilayah dalam citra yang menunjukkan stabilitas maksimal terhadap perubahan intensitas cahaya, diukur dengan mempertahankan proporsi ukuran dan bentuknya yang relatif konstan dalam berbagai kondisi pencahayaan.

Metode Harris Corner, yang diusulkan oleh Chris Harris dan Mike Stephens pada tahun 1988, adalah suatu teknik dalam pengolahan citra yang digunakan untuk mendeteksi sudut atau titik-titik sudut penting dalam suatu gambar. Deteksi sudut ini penting dalam berbagai aplikasi seperti pengenalan objek, pelacakan visual, dan rekognisi pola. Tahap tahap Harris Corner yang pertama yaitu konvolusi, prewitt, blur, operator plessey, thresholding, non-max suppression

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah gambar atau citra plat nomor citra huruf dan angka untuk mengidentifikasi kendaraan tersebut. Citra testing dilakukan dengan dataset yang sudah dikumpulkan dari foto dari penulis yang berjumlah 80 gambar. Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa foto mobil yang terdapat plat nomor. Data tersebut digunakan untuk identifikasi kombinasi huruf dan angka pada plat nomor. Citra template yang digunakan dalam penelitian ini merupakan gambar dari font standar nomor kendaraan, mencakup karakter angka dan huruf yang umum digunakan dalam penulisan plat nomor kendaraan di Indonesia.

Rancangan Sistem

Penelitian ini berkaitan dengan penggabungan atau kombinasi metode untuk mendeteksi lokasi plat nomor dan logo merek kendaraan yang nanti diidentifikasi. Pada bagian ini akan memaparkan tentang metode yang digunakan antara lain dengan langkah langkah

1. Preprocessing

Proses preprocessing dilakukan untuk menyempurnakan citra sebelum dilakukan ke tahap deteksi, hal ini dilakukan agar mendapatkan hasil yang baik ketika dilakukan proses

deteksi pada citra. Setiap data citra diconvert ke grayscale kemudian masuk ke morfologi filter menggunakan operasi opening dan closing guna menghilangkan noise pada citra.

2. Deteksi Kandidat Area Teks Menggunakan MSER

Pada proses ini penulis menambahkan argumen MSER untuk mengoptimisasi deteksi kandidat area teks seperti ThresholdDelta, RegionAreaRange, MaxAreaVariation. ThresholdDelta adalah Ukuran langkah antara tingkat ambang intensitas, yang ditentukan sebagai pasangan terpisah kompaun yang terdiri dari 'Delta ambang' dan nilai numerik dalam kisaran (0,100).

Region Area Range adalah Ukuran wilayah dalam piksel, ditentukan sebagai pasangan terpisah kompaun yang terdiri dari 'RegionAreaRange' dan vektor dua elemen. Vektor, [minArea maxArea], memungkinkan pemilihan wilayah yang berisi piksel untuk berada antara minArea dan maxErea, termasuk.

MaxAreaVariation adalah Variasi area maksimum antara wilayah ekstrem pada ambang intensitas yang bervariasi, ditentukan sebagai pasangan terpisah kompa yang terdiri dari 'MaxAreaVariation' dan nilai skalar positif. Meningkatkan nilai ini mengembalikan lebih banyak wilayah, tetapi mereka mungkin kurang stabil. Daerah yang stabil sangat mirip dalam ukuran di atas ambang intensitas yang bervariasi. Nilai-nilai khas berkisar dari 0,1 hingga 1,0.

3. Deteksi Fitur Area Teks Menggunakan Harris Corner

Proses deteksi fitur menggunakan metode Harris Corner bertujuan untuk mengenali sudut-sudut dalam suatu citra. Algoritma Harris Corner digunakan untuk mengekstrak ciri-ciri dari citra uji, yang kemudian dijadikan sebagai titik sudut untuk dicocokkan dengan templat sudut. Proses ini melibatkan deteksi sudut, yang memerlukan tiga citra turunan: turunan X, turunan Y, dan turunan X*Y. Citra-citra ini dihasilkan melalui konvolusi dengan operator Prewitt, dan kemudian disesuaikan dengan operator Gaussian untuk menghasilkan citra yang lebih mengabur. Dalam deteksi sudut, matriks 2×2 M dibentuk pada setiap titik dalam citra, dan operator Plessey dihitung menggunakan citra turunan X yang telah diabur, citra turunan Y yang telah diabur, dan citra turunan X*Y yang telah diabur. Nilai Plessey dari setiap piksel dihitung dengan $\det(M) ((A*B) - (C*C))$ dan $\text{tr}(M) (A+B)$. Thresholding digunakan untuk membagi citra dengan mengkategorikan nilai intensitas piksel, di mana piksel dengan nilai intensitas di atas ambang batas T dianggap sebagai objek, sedangkan yang di bawahnya dianggap sebagai latar belakang. 29 Selanjutnya, dilakukan proses Non-Maximum Suppression, mirip dengan proses thinning, untuk menentukan piksel tepi yang memiliki posisi paling dekat dengan lokasi perubahan nilai piksel di antara sejumlah piksel tepi yang terdeteksi.

Dengan demikian, metode Harris Corner memungkinkan identifikasi titik sudut yang signifikan dalam suatu citra melalui proses deteksi fitur yang terperinci

4. Ekstraksi Fitur Template

Dalam proses pembuatan template untuk font standar plat nomor kendaraan Indonesia, dilakukan deteksi keypoint pada citra template. Untuk memastikan bahwa seluruh template dapat digunakan untuk pencocokan fitur, dilakukan pencarian keypoint dan ekstraksi fitur. Metode yang digunakan dalam proses ini adalah Harris Corner untuk mencari keypoint dan mengekstraksi fitur. Citra template yang telah memiliki keypoint kemudian digunakan dalam proses pencocokan fitur dengan citra testing.

5. Pencocokan Fitur

Fitur merupakan titik yang eksklusif terletak pada posisi tertentu, dan sebuah objek direpresentasikan sebagai vektor. Dua citra dapat dibandingkan untuk kesamaan atau perbedaannya dengan membandingkan urutan kedua vektor dalam citra tersebut. Dua metode umum yang digunakan untuk menghitung perbandingan ini adalah dengan menghitung jarak antara vektor-vektor tersebut atau dengan mengevaluasi sejauh mana vektor-vektor tersebut mirip atau serupa.

Dalam studi ini, dilakukan pencarian kemiripan citra testing dengan sejumlah citra template untuk mengidentifikasi lokasi plat nomor kendaraan. Metode yang digunakan melibatkan penerapan algoritma berdasarkan persamaan Euclidean Distance.

6. Penandaan Lokasi Plat Nomor

Setelah mengidentifikasi fitur karakter pada citra testing, pendekatan geometris kontekstual digunakan untuk menemukan lokasi plat. Lokasi plat diperkirakan dengan menentukan kotak pembatas yang mengelilingi plat, menetapkan garis pembatas atas, bawah, kiri, dan kanan secara berurutan. Setelah tahap ini, dilakukan estimasi kasar untuk garis pembatas kiri dan kanan. Rasio antara lebar dan tinggi plat adalah nilai tetap, sehingga ketika tinggi plat (h) diperkirakan, lebar plat (w) juga dapat dihitung secara perkiraan.

7. Uji Coba Analisa Hasil

Pada penelitian ini, dataset uji coba terbagi menjadi dua komponen utama, yakni citra template dan citra testing. Citra template adalah representasi font standar dari plat nomor kepolisian Indonesia, diambil dari sumber internet. Sementara itu, citra testing terdiri dari gambar-gambar mobil yang secara pribadi diambil oleh penulis. Sebanyak 80 citra testing disertakan, masing-masing memiliki resolusi sebesar 4208 x 3120 piksel dan menggunakan pita warna RGB.

Evaluasi dan analisis uji coba akan melibatkan perhitungan nilai akurasi (accuracy), presisi (precision), recall, dan waktu komputasinya. Hasil uji coba akan dibandingkan dengan data ground truth untuk menentukan nilai akurasi, presisi, dan recall yang akurat.

Presisi merujuk pada kesesuaian antara bagian data yang diekstraksi dengan informasi yang diperlukan. Sementara itu, recall mencerminkan sejauh mana sistem berhasil menggali kembali suatu informasi yang telah tersedia. Akurasi, di sisi lain, mencerminkan tingkat ketepatan antara nilai yang diperoleh dan nilai sebenarnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Uji Coba

Dalam subbab ini menjelaskan implementasi uji coba, akan diuraikan mengenai output dari setiap ekstraksi dan pembahasannya. Pada tahap analisis hasil, akan disajikan secara komprehensif semua output yang dihasilkan dari pelaksanaan proses implementasi uji coba, beserta analisisnya. Beberapa aspek hasil yang akan dibahas melibatkan pembuatan template, pencarian keypoint, ekstraksi fitur, serta keseluruhan proses pencocokan fitur.

1. Ekstraksi Fitur Template

Dalam gambar template, corner point akan diekstraksi untuk memverifikasi kelayakan penggunaan template dalam pencocokan fitur dengan gambar uji. Sebelum melaksanakan pencarian corner point, gambar template diubah terlebih dahulu menjadi citra grayscale.



Gambar 1. Implementasi Fitur Corner Point Template

2. Preprocessing

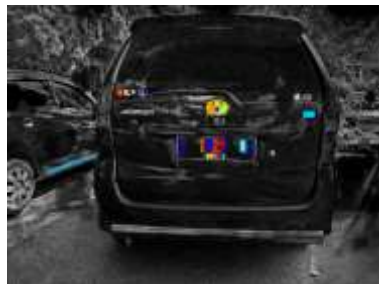
Pada tahap preprocessing citra testing, dilakukan serangkaian proses penyiapan data. Citra testing akan diubah menjadi skala abu-abu, kemudian menjalani proses filtering morfologi untuk mengurangi noise menggunakan operasi opening dan closing.



Gambar 2. Implementasi Preprocessing Citra Testing

3. Proses Deteksi Kandidat Area Teks Menggunakan MSER

Pada proses ini penulis menambahkan argumen MSER guna sebagai pembeda dan untuk mengoptimasi deteksi kandidat area teks seperti `ThresholdDelta`, `RegionAreaRange`, `MaxAreaVariation`. `ThresholdDelta` adalah Ukuran langkah antara tingkat ambang intensitas, yang ditentukan sebagai pasangan terpisah kompaun yang terdiri dari 'Delta ambang' dan nilai numerik dalam kisaran (0,100). `RegionAreaRange` adalah Ukuran wilayah dalam piksel, ditentukan sebagai pasangan terpisah kompaun yang terdiri dari 'RegionAreaRange' dan vektor dua elemen. `MaxAreaVariation` adalah Variasi area maksimum antara wilayah ekstrem pada ambang intensitas yang bervariasi, ditentukan sebagai pasangan terpisah kompa yang terdiri dari 'MaxAreaVariation' dan nilai skalar positif.



Gambar 3. Implementasi Citra MSER Region

4. Proses Deteksi Fitur Menggunakan Harris Corner

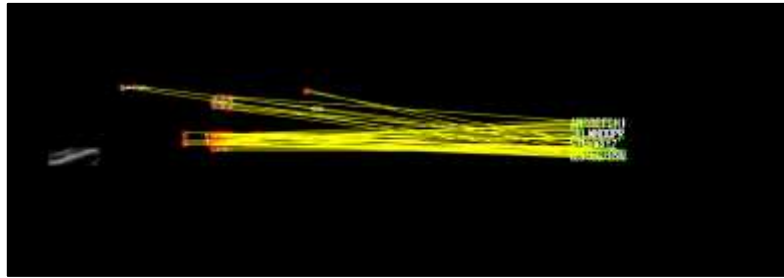
Bagian ini membicarakan implementasi deteksi fitur menggunakan metode Harris Corner. Pada gambar 4 ditampilkan hasil deteksi fitur Harris Corner.



Gambar 4. Implementasi Deteksi Fitur Harris Corner

5. Proses Pencocokan Fitur

Bagian ini mengulas implementasi tahap pencocokan fitur. Setelah diperoleh corner point dari citra testing dan citra template, dilakukan pencarian pasangan fitur yang sesuai seperti yang ditampilkan pada gambar 5.



Gambar 5. Proses Pencocokan Fitur

6. Proses Penandaan Lokasi Plat

Bagian ini membahas penerapan tahap penandaan lokasi plat. Setelah pasangan fitur yang sesuai berhasil diidentifikasi, tindakan penandaan dilaksanakan pada citra testing. Proses penandaan ini bergantung pada fitur corner point yang telah diidentifikasi. Hasil penandaan lokasi plat ditampilkan seperti berikut pada gambar 6



Gambar 6. Hasil Penandaan Lokasi Plat

Analisa Hasil Uji Coba

Dalam bagian analisis hasil ini, disampaikan informasi mengenai hasil dari metode yang diajukan dan pembahasannya. Analisis hasil mencakup seluruh output dari tahap implementasi uji coba, beserta penjelasan rinci. Evaluasi hasil uji coba dilakukan melalui perhitungan akurasi, presisi, recall. Untuk menghitung nilai akurasi, presisi, dan recall diperlukan data x , y , $width$, dan $height$ dari citra hasil penandaan lokasi plat dan citra *groundtruth*. Tabel tabel berikut akan menampilkan data x , y , $width$, dan $height$.

Citra	x	y	Width	Height
1	1870	1713	583	150
2	2476	1690	447	143
3	1536	1609	368	67
4	1377	2012	281	115
5	1668	2146	729	66
6	1595	1676	676	52
7	2182	2035	284	28
8	2232	1640	452	133
9	2070	1620	1191	331
10	2076	1929	286	50
11	1762	1338	660	151
12	1585	1440	849	128
13	2089	550	1982	1711
14	2175	2088	237	110
15	1640	1175	1843	416
16	1922	1484	782	167
17	2175	1741	384	103
18	1990	1776	632	111
19	1593	1470	752	115
20	2172	1432	851	187
21	1968	1388	636	206
22	1688	1932	877	120
23	965	1618	2316	241
24	1705	1750	823	80
25	1755	1935	856	131
26	1933	1726	691	196
27	1721	1757	789	97
28	1680	1930	1157	134
29	1760	1988	920	149
30	1612	1767	781	103
31	1630	1551	663	154
32	2020	1762	251	156
33	1875	1715	658	144
34	1915	1935	433	166
35	1845	1742	635	101
36	1610	2057	740	84
37	2121	1500	423	380
38	1747	1815	655	59
39	1923	1742	691	192
40	1871	1712	695	608
41	2006	2160	171	70
42	1391	1585	1737	198
43	1995	1940	644	110
44	1855	1598	676	132
45	1922	1695	677	110
46	1630	2220	821	49
47	1969	1758	335	123
48	1882	1920	794	93
49	2000	1560	686	198
50	1745	1895	801	112
51	1686	1740	784	63
52	1714	1768	712	75
53	1853	1418	802	400
54	1746	1175	831	554
55	1433	2100	907	60
56	1721	1822	575	102
57	1757	2062	889	232
58	1712	1570	753	153
59	1687	912	1335	780
60	1734	1175	612	584
61	1675	2110	363	152
62	1496	2056	797	211
63	1775	1610	780	148
64	1833	1530	711	104
65	1854	1601	765	208
66	1831	1585	1688	259
67	1871	1218	690	608
68	1846	1557	1801	219
69	1678	1719	777	111
70	1800	2302	785	61
71	1621	2032	384	144
72	1969	1262	802	628
73	1714	1835	834	88
74	1836	1742	695	86
75	2083	1852	400	79
76	1902	1762	671	106
77	2054	2150	205	5
78	1863	1895	824	87
79	2113	1872	781	230
80	1860	1630	685	173

Citra	x	y	Width	Height
1	2041	1461	749	398
2	2476	1689	511	163
3	1536	1612	370	71
4	1377	2012	281	115
5	1664	2156	729	66
6	1598	1674	674	52
7	2182	2035	284	28
8	2232	1640	452	133
9	2080	1620	1191	331
10	2367	1929	286	50
11	1755	1338	660	151
12	1583	1440	849	128
13	2085	545	1982	1711
14	2189	2088	237	110
15	1655	1175	1843	416
16	1914	1484	782	167
17	2172	1741	384	103
18	1985	1776	632	111
19	1596	1470	752	115
20	2270	1430	851	187
21	1976	1392	636	206
22	1698	1936	877	120
23	963	1621	2316	241
24	1701	1748	823	80
25	1745	1935	856	131
26	1923	1723	691	196
27	1709	1763	789	97
28	1676	1929	1157	134
29	1751	1982	920	149
30	1610	1769	781	103
31	1628	1549	663	157
32	2024	1518	251	158
33	1877	1722	658	146
34	1905	1662	433	167
35	1839	1942	635	102
36	1606	1760	740	85
37	2119	1403	423	386
38	1747	1805	655	60
39	1923	1723	691	196
40	1883	1208	695	611
41	2006	2180	171	72
42	1391	1579	1737	201
43	1992	1947	644	111
44	1869	1593	676	134
45	1916	1705	677	111
46	1620	2225	821	50
47	1969	1752	335	125
48	1882	1929	794	95
49	2000	1552	686	200
50	1745	1901	801	114
51	1686	1735	784	64
52	1714	1762	712	76
53	1853	1427	802	405
54	1746	1182	831	557
55	1433	2106	907	62
56	1721	1827	575	103
57	1757	2067	889	236
58	1712	1564	753	155
59	1687	906	1335	784
60	1734	1176	612	588
61	1675	2113	363	154
62	1496	2060	797	213
63	1775	1611	780	150
64	1833	1533	711	105
65	1854	1591	765	209
66	1831	1579	1688	262
67	1871	1215	690	611
68	1846	1546	1801	221
69	1678	1724	777	113
70	1800	2309	785	62
71	1621	2031	384	145
72	1969	1274	802	632
73	1714	1838	834	89
74	1836	1732	695	87
75	2083	1848	400	80
76	1902	1765	671	107
77	2054	2144	205	6
78	1863	1891	824	89
79	2113	1870	781	234
80	1861	1641	685	175

Citra	x	y	Width	Height
1	1870	1713	583	150
2	2476	1689	447	143
3	1536	1612	368	67
4	1377	2012	281	115
5	1664	2156	729	66
6	1598	1674	674	52
7	2182	2035	284	28
8	2232	1640	452	133
9	2080	1620	1191	331
10	2367	1929	286	50
11	1755	1338	660	151
12	1583	1440	849	128
13	2085	545	1982	1711
14	2189	2088	237	110
15	1655	1175	1843	416
16	1914	1484	782	167
17	2172	1741	384	103
18	1985	1776	632	111
19	1596	1470	752	115
20	2270	1430	851	187
21	1976	1392	636	206
22	1698	1936	877	120
23	963	1621	2316	241
24	1701	1748	823	80
25	1745	1935	856	131
26	1923	1723	691	196
27	1709	1763	789	97
28	1676	1929	1157	134
29	1751	1982	920	149
30	1610	1769	781	103
31	1628	1549	663	157
32	2024	1518	251	158
33	1877	1722	658	146
34	1905	1662	433	167
35	1839	1942	635	102
36	1606	1760	740	85
37	2119	1403	423	386
38	1747	1805	655	60
39	1923	1723	691	196
40	1883	1208	695	611
41	2006	2180	171	72
42	1391	1579	1737	201
43	1992	1947	644	111
44	1869	1593	676	134
45	1916	1705	677	111
46	1620	2225	821	50
47	1969	1752	335	125
48	1882	1929	794	95
49	2000	1552	686	200
50	1745	1901	801	114
51	1686	1735	784	64
52	1714	1762	712	76
53	1853	1427	802	405
54	1746	1182	831	557
55	1433	2106	907	62
56	1721	1827	575	103
57	1757	2067	889	236
58	1712	1564	753	155
59	1687	906	1335	784
60	1734	1176	612	588
61	1675	2113	363	154
62	1496	2060	797	213
63	1775	1611	780	150
64	1833	1533	711	105
65	1854	1591	765	209
66	1831	1579	1688	262
67	1871	1215	690	611
68	1846	1546	1801	221
69	1678	1724	777	113
70	1800	2309	785	62
71	1621	2031	384	145
72	1969	1274	802	632
73	1714	1838	834	89
74	1836	1732	695	87
75	2083	1848	400	80
76	1902	1765	671	107
77	2054	2144	205	6
78	1863	1891	824	89
79	2113	1870	781	234
80	1861	1641	685	175

Tabel kiri menampilkan data x , y , $width$, $height$ dari citra hasil penandaan dari metode MSER dan Harris Corner dengan optimasi di bagian preprocessing dan MSER, Tabel tengah menampilkan data x , y , $width$, $height$ dari citra hasil penandaan dari metode MSER dan Harris Corner saja, dan Tabel kanan menampilkan data x , y , $width$, $height$ dari citra *groundtruth*.

Dari data data tersebut bisa dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi, dan recall. Berikut contoh perhitungan untuk mendapatkan nilai akurasi, presisi, dan recall.

Citra 1:

$$TP = 88184 \quad FP = 0$$

$$TN = 13040776 \quad FN = 0$$

$$Akurasi = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} = \frac{88184 + 13040776}{88184 + 13040776 + 0 + 0} = 1$$










$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{88184}{88184 + 0} = 1$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{88184}{88184 + 0} = 1$$

Dari contoh diatas bisa dilanjutkan ke data citra selanjutnya agar bisa mendapatkan nilai rata rata akurasi, presisi, dan recall. Pada tabel berikut menampilkan rincian hasil perhitungan akurasi, presisi, dan recall setiap citra.

Citra	Akurasi	Presisi	Recall	Citra	Akurasi	Presisi	Recall
1	100	0	0	1	99,6	46,17	100
2	100	99,78	99,78	2	99,87	92,81	84
3	99,98	95,59	95,59	3	99,57	18,26	100
4	100	0	0	4	99,79	54,41	91
5	99,89	84,61	84,61	5	99,59	47,52	100
6	99,98	96,08	95,8	6	99,62	42,06	100
7	100	0	0	7	99,51	11,46	100
8	100	0	0	8	99,71	65,78	76
9	99,95	99,16	99,16	9	97,8	91,74	29
10	99,78	0	0	10	99,62	22,91	100
11	99,98	98,94	98,94	11	99,79	84	89
12	100	99,76	99,76	12	99,82	82,24	100
13	99,74	99,51	99,51	13	75,14	99,75	3
14	99,98	94,12	94,12	14	99,43	26,26	100
15	99,9	99,19	99,19	15	95,26	100	19
16	99,98	98,98	98,98	16	99,91	98,73	92
17	100	99,22	99,22	17	99,35	27,8	70
18	99,99	99,21	99,21	18	99,63	62,64	76,79
19	99,99	99,6	99,6	19	99,51	57,65	100
20	99,7	87,56	87,56	20	99,73	97,38	80,14
21	99,94	96,84	96,84	21	99,79	86,19	93,72
22	99,93	95,59	95,59	22	99,76	77,4	100
23	99,89	98,68	98,68	23	97,37	100	38,45
24	99,97	97,06	97,06	24	99,08	32,52	75,31
25	99,98	98,83	98,83	25	99,73	76,3	100
26	99,94	97,05	97,05	26	100	100	100
27	99,19	92,45	92,45	27	99,5	54,03	100
28	99,7	98,82	98,82	28	99,68	78,95	100
29	99,09	95,06	95,06	29	100	100	100
30	99,07	97,83	97,83	30	99,44	52,68	98,08
31	99,98	97,81	99,7	31	99,91	100	89,24
32	99,39	0	0	32	98,97	22,83	100
33	99,92	93,59	94,88	33	99,99	98,51	100
34	98,89	0	0	34	99,74	68,45	100
35	99,01	0	0	35	98,92	85,76	100
36	99,03	0	0	36	99,69	60,77	100
37	99,38	74,58	75,76	37	98,97	67,95	32,92
38	99,92	94,36	96,23	38	99,58	41,98	100
39	99,82	90,36	92,23	39	100	100	100
40	94,65	17,34	17,43	40	97,44	98,56	21,26
41	99,94	69,86	71,83	41	99,43	14,26	100
42	99,88	97,03	98,49	42	98,09	85,85	34,16
43	99,92	92,43	93,26	43	99,96	94,13	99,38
44	99,93	94,30	95,72	44	99,56	67,38	70,37
45	99,88	89,38	90,18	45	99,86	81,05	100
46	99,92	87,16	88,91	46	99,31	30,46	90,2
47	99,14	92,36	94,27	47	99,42	29,98	60,32
48	99,11	94,49	89,53	48	99,6	60,64	89,58
49	99,09	96,61	97,68	49	99,91	92,46	100
50	99,07	92,34	92,45	50	98,75	23,97	100
51	99,04	87,12	96,12	51	98,11	29,75	93,85
52	99,02	99,45	91,89	52	99,62	52,4	100
53	99,00	94,67	99,23	53	98,78	100	50,74
54	98,97	97,23	95,67	54	97,44	96,07	28,67
55	98,95	96,01	98,32	55	99,29	37,89	96,83
56	98,93	88,56	93,11	56	99,75	64,4	100
57	98,90	95,78	91,87	57	99,97	98,67	99,78
58	98,88	98,32	99,43	58	99,99	98,69	100
59	98,86	93,11	97,54	59	93,25	100	15,54
50	98,83	91,87	89,76	50	97,89	91,08	25,64
51	98,81	99,23	94,21	51	99,58	50,82	89,03
52	98,79	96,45	98,89	52	99,98	50,82	89,03
53	98,76	89,76	94,62	53	100	100	100
54	98,74	95,21	86,43	54	99,65	66,03	81,13
55	98,71	97,89	98,11	55	99,45	89,29	62,38
56	98,69	94,62	93,54	56	97,67	83,71	38,71
57	98,67	86,43	97,32	57	97,46	98,57	21,57
58	98,64	98,01	94,67	58	97,88	92,21	33,36
59	98,62	93,54	91,23	59	99,33	50,1	64,91
70	98,60	97,32	99,78	70	99,46	41,02	100
71	98,57	94,67	95,56	71	98,14	18,72	100
72	98,55	91,23	88,21	72	97,19	96,4	28,59
73	98,53	99,78	96,87	73	99,37	47,78	100
74	98,50	95,56	92,09	74	99,37	40,83	78,41
75	98,48	88,21	98,67	75	99,45	34,09	100
76	98,46	96,87	94,12	76	99,72	67,81	93,52
77	98,43	92,09	97,45	77	98,7	0,84	100
78	98,41	98,67	89,32	78	99,59	58,19	100
79	98,39	94,12	93,26	79	96,59	58,19	100
80	98,36	97,45	95,72	80	99,97	96,76	100

Hasil uji coba metode yang diusulkan (MSER dan Harris Corner dengan Optimasi) mampu mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan dengan baik. Ditunjukkan dengan nilai akurasi sebesar 99,27 %, presisi sebesar 82,73 dan nilai *recall* sebesar 83,14. Hasil uji coba metode yang diusulkan (MSER dan Harris Corner) mampu mendeteksi lokasi plat nomor kendaraan dengan baik. Ditunjukkan dengan nilai akurasi sebesar 98,85 %, presisi sebesar 67,61 dan nilai *recall* sebesar 79,66. Berikut contoh perbandingan hasil penandaan lokasi plat.

Citra	Hasil Metode Yang Diusulkan	Hasil Penelitian Sebelumnya	Hasil Groundtruth
1			
2			
3			

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pada bagian ini, dipresentasikan kesimpulan akhir yang diperoleh setelah melaksanakan rangkaian uji coba pada bagian sebelumnya. Berdasarkan hasil uji coba dan analisis yang telah dilakukan, diperinci beberapa simpulan dan saran untuk pengembangan di masa yang akan datang. Berdasarkan hasil uji coba, metode yang diusulkan mampu mengoptimalkan deteksi lokasi plat nomor kendaraan. Ditunjukkan dari nilai akurasi sebesar 99,27% dibandingkan metode sebelumnya menunjukkan nilai akurasi sebesar 98,85%.

Saran

Beberapa saran untuk pengembangan penelitian ke depan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Dalam penelitian ini, digunakan metode Maximally Stable Extremal Regions (MSER) untuk menemukan kandidat area teks, dan metode Harris Corner untuk mendeteksi corner points pada teks. Selain itu, algoritma Euclidean Distance digunakan untuk pencocokan fitur. Untuk penelitian mendatang, disarankan melakukan perbandingan dengan metode lain guna memastikan hasil terbaik yang dapat dicapai.
2. Banyaknya gambar yang masih bisa diproses dan dijadikan dataset untuk penelitian citra, pada penelitian berikutnya bisa dibandingkan dengan dataset yang berbeda untuk pembandingan dan menghasilkan yang lebih baik.

DAFTAR REFERENSI

- Aguado, A. S., Montiel, E., & Nixon, M. S. (2002). Invariant characterisation of the Hough transform for pose estimation of arbitrary shapes. *Pattern Recognition*, 35(5), 1083-1097.
- Ali, M. (2004). Pembelajaran Perancangan sistem kontrol PID dengan software MATLAB. *Jurnal edukasi@ elektro*, 1(1), 1-8.
- Beis, J. S., & Lowe, D. G. (1997, June). Shape indexing using approximate nearest-neighbour search in high-dimensional spaces. In *Proceedings of IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 1000-1006). IEEE..
- Deng, L., & Yu, D. (2014). *Deep Learning: Methods and Applications (Foundations and Trends in Signal Processing Series Book 20)*.
- Devi, P. A. R., & Rosyid, H. (2022). Pemaparan Materi Dasar Pengolahan Citra Digital untuk Upgrade Wawasan Siswa di SMK Dharma Wanita Gresik. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 2(4), 1259-1264.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Processing*. New Jersey: Upper saddle river, 7458.
- Grimson, W. E. L., & Lozano-Perez, T. (1987). Localizing overlapping parts by searching the interpretation tree. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (4), 469-482.
- Irawan, F. A. (2012). *Buku Pintar Pemrograman Matlab*. Media Pressindo.
- Ktata, S., Khadhraoui, T., Benzarti, F., & Amiri, H. (2015). Tunisian license plate number recognition. *Procedia Computer Science*, 73, 312-319.
- Lowe, D. G. (1987). Three-dimensional object recognition from single two-dimensional images. *Artificial intelligence*, 31(3), 355-395.

- Matas, J., Chum, O., Urban, M., & Pajdla, T. (2004). Robust wide-baseline stereo from maximally stable extremal regions. *Image and vision computing*, 22(10), 761-767.
- Maulana, H., Herumurti, D., & Yuniarti, A. (2018, July). Text based maximally stable extremal regions to detect vehicle plate location. In *Proceedings* (Vol. 1, No. 1, pp. 450-455).
- MAULANA, H., & VISI, B. K. K. C. D. (2018). DETEKSI LOKASI PLAT NOMOR KENDARAAN MENGGUNAKAN METODE MAXIMALLY STABLE EXTREMAL REGIONS DAN HARRIS CORNER.
- Murdoch, W. J., Singh, C., Kumbier, K., Abbasi-Asl, R., & Yu, B. (2019). Interpretable machine learning: definitions, methods, and applications. *arXiv preprint arXiv:1901.04592*.
- Sianipar, R. H. (2013). *Pemrograman Matlab dalam contoh dan penerapan* (Vol. 1). Penerbit INFORMATIKA.
- Szeliski, R. (2022). *Computer vision: algorithms and applications*. Springer Nature.
- Wang, R., Xia, Y., Wang, G., & Tian, J. (2015). License plate localization in complex scenes based on oriented FAST and rotated BRIEF feature. *Journal of Electronic Imaging*, 24(5), 053011-053011.