

Analisis Sistem Pengenalan dan Keamanan Kriptografi Hill Cipher pada Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode *Template Matching*

Muhammad Gebby Gumelar
gebbygumelar@gmail.com
Universitas Jember

Ike Fibriani
ik3fibriani.teknik@gmail.com
Universitas Jember

Dodi Setiabudi
gbdoydist@gmail.com
Universitas Jember

Abstrak

Kemajuan teknologi berkaitan erat dengan efisiensi manusia dalam melakukan pekerjaannya, salah satunya adalah pada sistem parkir. Semakin tinggi frekuensi kendaraan yang keluar masuk suatu tempat parkir akan memungkinkan komputer untuk menggantikan peran manusia dalam melakukan pencatatan plat nomor kendaraan. Pada penelitian ini akan dibuat suatu sistem yang dapat mengenali plat nomor dan memiliki sistem keamanan terhadap data plat nomor itu sendiri. Sistem pengenalan plat nomor pada penelitian ini menggunakan metode *template matching*. Pengambilan data dilakukan pada saat siang dan malam hari. Pada pengambilan data siang hari, dari 10 citra uji terdapat 9 citra yang teridentifikasi dengan benar (akurasi 90%). Sedangkan pada malam hari, dari 10 citra uji terdapat 8 citra yang teridentifikasi dengan benar (akurasi 80%). Sehingga, total akurasi sistem dalam melakukan proses identifikasi adalah sebesar 85%. Pada uji sudut 0° dan -15° diperoleh nilai akurasi sebesar 16,7% dan 6,7%, sedangkan pada sudut lainnya tidak dapat teridentifikasi dengan benar. Pada uji jarak 1m diperoleh nilai akurasi sebesar 12,7%, sedangkan pada uji jarak lainnya tidak ada yang teridentifikasi dengan benar. Pada proses keamanan data, citra yang telah teridentifikasi (dalam hal ini sebagai *plaintext*) akan dienkripsi menggunakan algoritma kriptografi hill cipher. Dari 20 data *plaintext*, terdapat 20 data yang terenkripsi dengan benar, dengan kata lain akurasi algoritma kriptografi hill cipher pada sistem adalah 100%.

Kata Kunci — Kriptografi hill cipher, Plat nomor, *Template matching*.

Abstract

Technology progress is closely related to human efficiency in doing his job one is the parking system, of high frequency parking vehicle out of a parking space would allow a computer to replace the role of human. The researcher will make a system that can recognize license plate automatically and have security system toward the license plate itself. License plate recognizing system in this research uses template matching method. Data collection method was conducted in the afternoon and night to know the effect of light intensity level toward system performance. In the afternoon, there were 9 of 10 correctly identified test images (90% accuracy). However, at night there were 8 of 10 correctly identified test images (80% accuracy). So that, the total of system accuracy in the identification process was 85%. In the angle test of 0° and -15° obtained an accuracy 16.7% and 6.7%, while in the other angle

can't be identified correctly. In the distance test of 1m obtained an accuracy 12.7%, whereas in the other distance test no identified correctly. In data security process, the identified test images (in this case as plaintext) will be encrypted using cryptography hill cipher algorithm. From 20 data plaintext, there were 20 data that encrypted correctly, in other words cryptography hill cipher algorithm accuracy in the system was 100%.

Keywords — *Cryptography hill cipher, License plate, Template matching.*

I. PENDAHULUAN

Seiring berkembang pesatnya teknologi, pelanggaran masyarakat terhadap aturan juga semakin rentan terjadi. Hal ini membutuhkan suatu sistem keamanan dengan tingkat efisiensi yang baik. Suatu sistem keamanan sangat dibutuhkan pada berbagai bidang, salah satunya adalah pengenalan plat nomor kendaraan pada tempat parkir. Saat ini sistem yang digunakan dalam mencatat plat nomor masih banyak yang dilakukan secara manual. Hal ini akan memakan tenaga kerja yang banyak sehingga mengurangi efisiensi, namun akan lebih mudah jika sistem indentifikasi ini dilakukan secara otomatis. Proses pengenalan karakter pada penelitian ini menerapkan metode *template matching* dengan cara membandingkan obyek dengan *database* yang tersedia.

Pada penelitian ini, pengambilan citra uji dilakukan pada siang dan malam hari serta dilakukan pengambilan citra dengan berbagai variasi sudut dan jarak untuk mengetahui posisi terbaik untuk indentifikasi karakter. Pada penelitian sebelumnya yang berjudul “*Recognition of Vehicle Number Plate Using Matab*” [1], tidak ada variasi sudut dan jarak pada saat proses pengambilan citra uji. Selain itu, pada penelitian sebelumnya juga masih belum ada perbandingan intensitas cahaya yang digunakan pada saat pengambilan citra uji.

Pengenalan plat nomor otomatis masih belum memiliki tingkat keamanan yang diharapkan sehingga memungkinkan suatu informasi dapat disalah gunakan oleh pihak tertentu dan menyebabkan kerugian bagi pemilik informasi, maka dari itu dibutuhkan suatu teknik penyandian data yang disebut kriptografi. Teknik kriptografi yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik hill cipher. Penggunaan metode kriptografi hill cipher pada penelitian ini dikarenakan algoritma penyandian data pada metode ini sangat sederhana dan

memiliki tingkat keamanan yang sangat baik. Tujuan penambahan sistem keamanan data pada penelitian ini adalah untuk membuat sistem lebih tahan terhadap kemungkinan serangan – serangan dari pihak ketiga yang menginginkan *database* pengguna parkir. Tidak semua parkir membutuhkan sistem keamanan seperti ini, namun terdapat kemungkinan pada beberapa parkir tertentu yang memang mengutamakan kerahasiaan data pengguna parkir (*client*) akan sangat membutuhkan sistem keamanan seperti ini.

II. METODE PENELITIAN

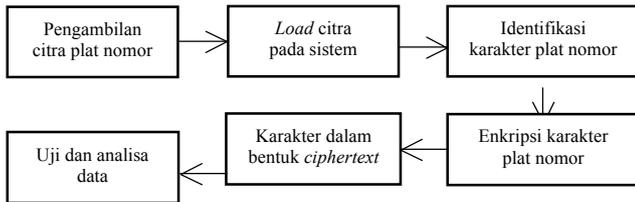
Pada penelitian ini akan dianalisis proses pengenalan plat nomor kendaraan bermotor menggunakan metode *template matching*, kemudian hasil dari pengenalan tersebut nantinya akan dienkripsi menggunakan algoritma kriptografi hill cipher.

A. Blok Sistem

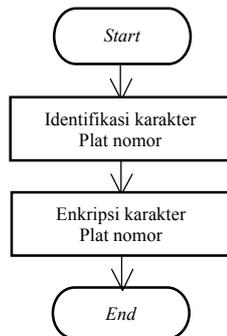
Tahapan pertama pada sistem adalah proses pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi karakter plat nomor dengan menggunakan metode *template matching*. Karakter plat nomor yang telah teridentifikasi kemudian dilanjutkan dengan proses keamanan data menggunakan kriptografi hill cipher, sehingga keluaran dari sistem ini berupa karakter plat nomor kendaraan dalam bentuk *ciphertext*. Data hasil keluaran dari sistem ini selanjutnya akan diuji dan dianalisis. Diagram blok sistem dapat dilihat pada Gbr. 1.

B. Flowchart Penelitian

Pada sistem dipenelitian ini dibagi menjadi dua tahapan. Tahapan pertama adalah tahapan Identifikasi karakter menggunakan metode *template matching*. Sedangkan tahapan kedua merupakan keamanan data menggunakan algoritma kriptografi hill cipher, sehingga diperoleh keluaran total pada sistem berupa karakter plat nomor dalam bentuk *ciphertext*. *Flowchart* sistem dapat dilihat pada Gbr. 2.



Gbr. 1 Blok sistem penelitian



Gbr. 2 Flowchart sistem

Pada proses identifikasi, bahan masukan berupa citra uji dan *database* karakter. Proses *pre-processing* meliputi *resizing*, *grayscale*, *filtering*, dilasi, dll yang dilanjutkan dengan proses ekstraksi. Metode *template matching* yang digunakan adalah *template matching correlation*. Pada metode ini dilakukan perbandingan citra uji dengan *database* dan akan dipilih *database* yang memiliki nilai korelasi tertinggi. Nilai korelasi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [2].

$$r = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_i) \cdot (x_{jk} - x_j)}{\sqrt{[\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (x_{jk} - x_j)^2]}}$$

$$x_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik}$$

$$x_j = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{jk}$$

Keterangan :

r = nilai korelasi antara dua buah matriks

x_{ik} = nilai *pixel* ke-*k* pada matriks *i*

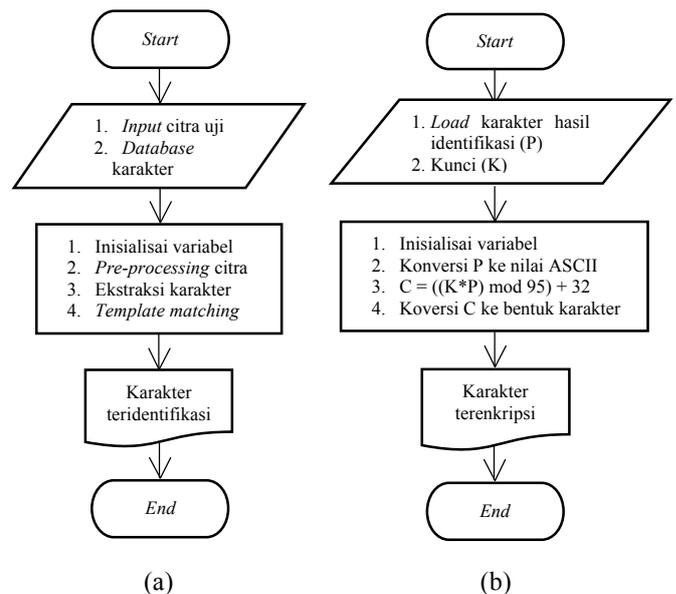
x_{jk} = nilai *pixel* ke-*k* pada matriks *j*

x_i = rata-rata nilai *pixel* matriks *i*

x_j = rata-rata nilai *pixel* matriks *j*

n = jumlah *pixel* pada suatu matriks

Pada proses keamanan data, digunakan algoritma kriptografi hill cipher. Pada algoritma ini dibutuhkan masukan *plaintext* dan kunci (*key*). *Plaintext* disini merupakan karakter hasil pengenalan plat nomor, sedangkan kunci yang digunakan berupa matrik 2x2 yang memiliki determinan 1 atau -1. Langkah pertama adalah inialisasi variabel yang dilanjutkan dengan mengkonversi *plaintext* kedalam nilai ASCII. Proses berikutnya adalah mengalikan *plaintext* dengan kunci kemudian dimodulo dengan 95, karena karakter pada ASCII yang digunakan adalah 95. Hasil dari proses modulo selanjutnya dijumlahkan dengan 32, karena 32 karakter awal pada ASCII tidak digunakan. Nilai yang didapat dari proses perhitungan kemudian dikonversi kebentuk karakter kembali



Gbr. 3 (a) Flowchart proses identifikasi karakter, (b) Flowchart proses enkripsi karakter

C. Pengambilan Data

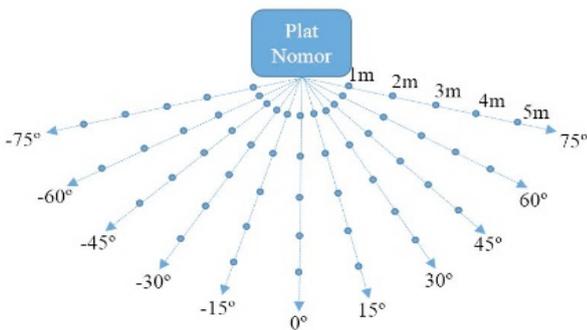
Data pada penelitian ini adalah citra plat nomor kendaraan roda 4 atau lebih yang memiliki jumlah karakter 6 dan memenuhi standar kepolisian RI. Pengambilan data dilakukan saat siang dan malam hari pada kondisi terbuka (*outdoor*). Pengambilan data menggunakan kamera cannon 1100D beresolusi 12MP. Data yang berupa *image* berformat .jpg dengan warna RGB kemudian disimpan dalam komputer untuk kemudian di-load pada sistem untuk diproses. Pengambilan data dibagi menjadi 2 tahapan, data tahapan pertama sebanyak 20 citra yang terdiri dari 10 citra pada saat siang hari dan 10 citra saat malam hari. Pengambilan citra uji dilakukan dengan posisi kamera sejajar dengan obyek dengan jarak 1m. Sedangkan Pada pengambilan data tahap kedua dilakukan pengambilan data sebanyak 6 buah citra (3 citra diambil saat siang hari dan 3 citra diambil saat malam hari). Pada setiap plat nomor diambil berdasarkan sudut-sudut dan jarak yang telah ditentukan seperti pada Gbr. 4.

Pada Gbr. 4 terdapat titik-titik berwarna biru, pada titik-titik tersebut merupakan posisi pengambilan citra plat nomor. Pada setiap plat nomor yang diuji nantinya akan diambil gambar sebanyak 55 citra uji dari berbagai sudut dan jarak sesuai dengan skema. Sudut pengambilan gambar adalah -75°, -60°, -45°, -30°, -15°, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, dan 75° terhadap plat nomor yang diuji. Pada masing-masing sudut dilakukan pengambilan data sebanyak 5 kali dengan jarak yang berbeda-beda, yaitu 1m, 2m, 3m, 4m, dan 5m. Pada setiap pengambilan gambar, jarak kamera dengan tanah adalah 0,5m.

D. Pengujian Data

Pengujian hasil identifikasi plat nomor dilakukan dengan cara melakukan perbandingan antara karakter plat nomor (*image*) dengan karakter plat nomor (*text*). Jumlah data benar nantinya akan dihitung terhadap jumlah total dari citra uji yang digunakan. Sedangkan pada proses enkripsi, pengujian dilakukan dengan cara membandingkan keluaran dari sistem total yang berupa *ciphertext* dengan karakter *ciphertext* yang dihitung secara manual. Perhitungan akurasi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ benar}{Jumlah\ total\ data\ pengujian} \times 100\% \tag{4}$$



Gbr. 4 Skema pengambilan data untuk uji sudut dan jarak

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Input Citra

Pada penelitian ini citra yang digunakan berwarna RGB dengan format .jpg dengan ukuran *pixel* yang beragam, mulai dari 311x181 *pixel* hingga 748x415 *pixel*.

B. Pre-processing Image

Pada *Pre-processing* citra terdiri dari beberapa proses pengolahan citra, di antaranya adalah *resizing image*, *grayscale*, *dilation*, erosi, dll.

1) *Grayscale*: Pada citra *grayscale* hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap *pixel*-nya, artinya nilai *red*, *green*, dan *blue* adalah sama besar.

2) *Median Filtering*: Konsep dasar *median filter* adalah memilih nilai tengah dari nilai-nilai *pixel* tetangganya. Kualitas hasil *filtering* diukur menggunakan MSE dan PSNR. MSE (*Mean Squared Error*) merupakan selisih antara citra asli dengan citra hasil *filtering*. Sedangkan PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) merupakan parameter untuk mengetahui kualitas citra hasil *filtering*. Berikut Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai MSE dan PSNR [3].

$$MSE = \frac{\sum [f(i,j) - F(i,j)]^2}{N^2} \tag{5}$$

N^2 merupakan hasil perkalian panjang dan lebar citra. $F(i,j)$ merupakan citra hasil *filtering*, dan $f(i,j)$ adalah citra asal.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{RMSE} \right) \tag{6}$$

Berikut hasil perhitungan nilai MSE dan PSNR pada pengambilan data tahap 1

TABEL IV
HASIL PENGUKURAN MSE DAN PSNR (SIANG HARI)

| No. | No plat | MSE | PSNR (dB) |
|------------------|---------|---------------|----------------|
| 1 | W454RK | 0,9618 | 48,3000 |
| 2 | P329QI | 0,3329 | 52,9081 |
| 3 | P838TO | 1,1845 | 47,3953 |
| 4 | P215CA | 0,2030 | 55,0562 |
| 5 | P750NL | 0,8577 | 48,7974 |
| 6 | P805KU | 1,0694 | 47,8396 |
| 7 | P657ZS | 0,4584 | 51,5181 |
| 8 | P973VO | 0,8888 | 48,6429 |
| 9 | P875TL | 2,8463 | 43,5880 |
| 10 | P759DJ | 0,8403 | 48,8863 |
| Rata-rata | | 0,9643 | 49,2932 |

TABEL V
HASIL PENGUKURAN MSE DAN PSNR (MALAM HARI)

| No. | No plat | MSE | PSNR (dB) |
|------------------|---------|----------|---------------|
| 1 | P847DH | 0,9629 | 48,2963 |
| 2 | P742KL | 0,6233 | 50,1840 |
| 3 | P1927S | 0,9626 | 48,2936 |
| 4 | P759KL | 0,6267 | 50,1603 |
| 5 | N11NDY | 1,2945 | 47,0097 |
| 6 | P422KA | 0,4568 | 51,5336 |
| 7 | P446DK | 0,8770 | 48,7007 |
| 8 | P882TL | 1,9306 | 45,2740 |
| 9 | N782DI | 0,9184 | 48,5006 |
| 10 | P960DG | 0,3715 | 52,4309 |
| Rata-rata | | 1 | 48,341 |

Kualitas citra hasil *filtering* pada siang hari cenderung lebih baik dari malam hari. Hal ini dibuktikan dengan nilai PSNR pada siang hari lebih tinggi, yaitu 49,2932 dB pada siang hari dan 48,341 dB pada malam hari. Nilai MSE yang lebih rendah pada siang hari juga menunjukkan bahwa kualitas citra saat pengambilan data siang hari lebih baik, yaitu 0,9643 pada siang hari dan 1 pada malam hari.

3) *Dilasi dan Erosi*: Dilasi merupakan proses pembesaran batas dari obyek citra uji. Sedangkan pada proses erosi, *pixel-pixel* pada batas obyek dikurangi bahkan dihilangkan.

4) *Konvolusi*: Pada penelitian ini, teknik konvolusi dilakukan dua kali yang bertujuan untuk mendeteksi tepi.

5) *Binerisasi*: Citra biner merupakan sebuah citra yang memiliki 2 nilai derajat keabuan, yaitu warna hitam dan putih. *Pixel* hitam bernilai 1 dan *pixel* putih bernilai 0.

6) *Thining*: *Thining* (penipisan) bertujuan untuk mereduksi obyek menjadi lebih kecil atau menjadi rangka saja.

7) *Seleksi Obyek*: Pada tahapan terakhir *pre-processing image*, dilakukan proses seleksi obyek. Pada proses ini, obyek yang memiliki luasan kurang dari 100 *pixel* akan dihilangkan.

C. Ekstraksi Karakter

Pada proses ekstraksi, sistem melakukan segmentasi karakter yang berjumlah 6 karakter. Pencarian karakter dilakukan dengan cara membandingkan tinggi dan titik koordinat karakter satu dengan lainnya. Keenam karakter memiliki tinggi yang dan koordinat yang sama antara karakter satu dengan yang lainnya. Koordinat yang dimaksud adalah koordinat pada sumbu y.

D. Template Matching

TABEL VI
NILAI KORELASI TERTINGGI ANTARA CITRA HASIL EKSTRAKSI DENGAN CITRA DATABASE (MALAM HARI)

| No. | No. Plat | Nilai Korelasi Tertinggi pada Karakter Plat Nomor Ke- | | | | | | Rata-rata |
|-----------|----------|---|--------|--------|--------|-----------|--------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1. | W454RK | 0.3648 | 0.5455 | 0.4974 | 0.5470 | 0.7009 | 0.5558 | 0.5352 |
| 2. | P329QI | 0.8872 | 0.7616 | 0.7748 | 0.8702 | 0.8054 | 0.4913 | 0.7651 |
| 3. | P838TO | 0.6576 | 0.8258 | 0.7642 | 0.6972 | 0.7608 | 0.7917 | 0.7495 |
| 4. | P215CA | 0.7910 | 0.6517 | 0.5233 | 0.4879 | 0.6834 | 0.6619 | 0.6332 |
| 5. | P750NL | 0.6879 | 0.6679 | 0.4639 | 0.7579 | 0.5596 | 0.8478 | 0.6641 |
| 6. | P805KU | 0.6663 | 0.6971 | 0.7834 | 0.4055 | 0.6279 | 0.7255 | 0.6509 |
| 7. | P657ZS | 0.8003 | 0.7326 | 0.4617 | 0.7139 | 0.7227 | 0.5783 | 0.6682 |
| 8. | P973VO | 0.7695 | 0.7760 | 0.7238 | 0.7400 | 0.7469 | 0.7364 | 0.7488 |
| 9. | P875TL | 0.7370 | 0.7316 | 0.6203 | 0.4254 | 0.8797 | 0.8130 | 0.7012 |
| 10. | P759DJ | 0.7583 | 0.7758 | 0.5573 | 0.7994 | 0.5956(O) | 0.8231 | 0.7183 |
| Rata-rata | | | | | | | | 0.6834 |

Keterangan. Data berwarna merah merupakan data yang tidak dapat diidentifikasi dengan benar

TABEL VII
NILAI KORELASI TERTINGGI ANTARA CITRA HASIL EKSTRAKSI DENGAN CITRA DATABASE (SIANG HARI)

| No. | No. Plat | Nilai Korelasi Tertinggi pada Karakter Plat Nomor Ke- | | | | | | Rata-rata |
|-----------|----------|---|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| 1. | P847DH | 0.7714 | 0.7889 | 0.4429 | 0.8190 | 0.5846 | 0.6467 | 0.6756 |
| 2. | P742KL | 0.6402 | 0.7251 | 0.5536 | 0.5775 | 0.5506 | 0.6851 | 0.6220 |
| 3. | P1927S | 0.6991 | 0.4616 | 0.7218 | 0.6050 | 0.7159 | 0.5435 | 0.6345 |
| 4. | P759KL | 0.7221 | 0.6239 | 0.5611 | 0.7495 | 0.4764 | 0.7003 | 0.6389 |
| 5. | N11NDY | 0.2892 | 0.4682 | 0.5148 | 0.6386 | 0.5214 | 0.8254 | 0.5429 |
| 6. | P422KA | 0.8141 | 0.5419 | 0.6151 | 0.6421 | 0.7074 | 0.7689 | 0.6816 |
| 7. | P446DK | 0.7598 | 0.5107 | 0.5472 | 0.7400 | 0.7068 | 0.5768 | 0.6402 |
| 8. | P882TL | 0.4748 | 0.7286(O) | 0.6423 | 0.5996 | 0.8047 | 0.9111 | 0.6935 |
| 9. | N782DI | 0.6322 | 0.6382 | 0.8173 | 0.5156 | 0.7434 | 0.5279 | 0.6458 |
| 10. | P960DG | 0.7328 | 0.7798 | 0.8281 | 0.7975 | 0.6089(B) | 0.6169(C) | 0.7273 |
| Rata-rata | | | | | | | | 0.6492 |

Keterangan. Data berwarna merah merupakan data yang tidak dapat diidentifikasi dengan benar

Nilai korelasi pada siang hari memiliki nilai yang lebih tinggi dengan nilai rata-rata 0,6834, sedangkan pada malam hari memiliki nilai 0,6492. Terdapat beberapa data yang tidak teridentifikasi benar, hal ini karena citra hasil ekstraksi yang kurang baik menyebabkan citra lebih menyerupai karakter lain.

E. Hasil Pengujian Data Pengenalan Plat Nomor
1) Pengambilan Data Tahap I

TABEL V
HASIL PENGAMBILAN DATA PADA SIANG HARI

| No. | Citra | Nomor Plat | Dikenali Sebagai | Ket. |
|---------|-------|------------|------------------|-------|
| 1. | | W454RK | W454RK | Benar |
| 2. | | P329QI | P329QI | Benar |
| 3. | | P838TO | P838TO | Benar |
| 4. | | P215CA | P215CA | Benar |
| 5. | | P750NL | P750NL | Benar |
| 6. | | P805KU | P805KU | Benar |
| 7. | | P657ZS | P657ZS | Benar |
| 8. | | P973VO | P973VO | Benar |
| 9. | | P875TL | P875TL | Benar |
| 10. | | P759DJ | P759OJ | Salah |
| Akurasi | | | | 90% |

Keterangan. Karakter berwarna merah merupakan karakter yang tidak dapat diidentifikasi dengan benar

TABEL VI
HASIL PENGAMBILAN DATA PADA MALAM HARI

| No | Citra | Nomor Plat | Dikenali Sebagai | Ket. |
|---------|-------|------------|------------------|-------|
| 1. | | P847DH | P847DH | Benar |
| 2. | | P742KL | P742KL | Benar |
| 3. | | P1927S | P1927S | Benar |
| 4. | | P759KL | P759KL | Benar |
| 5. | | N11NDY | N11NDY | Benar |
| 6. | | P422KA | P422KA | Benar |
| 7. | | P446DK | P446DK | Benar |
| 8. | | P882TL | P082TL | Salah |
| 9. | | N782DI | N782DI | Benar |
| 10. | | P960DG | P960BC | Salah |
| Akurasi | | | | 80% |

Keterangan. Karakter berwarna merah merupakan karakter yang tidak dapat diidentifikasi dengan benar

Berdasarkan tabel V dan VI, pengambilan data pada siang hari memiliki hasil yang lebih baik dengan akurasi 90% berbanding 80%. Sehingga total akurasi sistem pada tahap pengambilan data 1 adalah 85%. Kesalahan pada proses identifikasi karakter umumnya bergantung pada kualitas hasil ekstraksi. Kualitas citra hasil ekstraksi yang kurang baik atau tidak menyerupai huruf atau angka yang seharusnya akan memicu terjadinya kesalahan dalam proses *template matching*. Kesalahan pada proses identifikasi katakter ini pada umumnya terjadi pada karakter-karakter yang memiliki bentuk identik.

2) *Pengambilan Data Tahap 2*: Pada uji sudut, diberikan 11 variasi sudut pada saat pengambilan data. Pada tabel VII dapat dilihat bahwa tingkat akurasi sistem tertinggi terdapat pada saat pengujian sudut 0° dengan akurasi sebesar 16,7%. Dari total 30 citra yang diujikan pada sudut 0° terdapat 5 citra yang teridentifikasi dengan benar, 3 di antaranya terdapat pada data siang hari dan 2 lainnya terdapat pada data malam hari. Pada sudut -15°, dari 30 citra yang diujikan terdapat 2 citra yang teridentifikasi dengan benar, satu di antaranya terdapat pada data siang hari dan satu lainnya terdapat pada data malam hari. Sedangkan pada uji sudut lainnya (-75°, -60°, -45°, -30°, 15°, 30°, 45°, 60°, dan 75°) tidak ada data yang teridentifikasi dengan benar. Pada uji jarak, diberikan 5 variasi jarak yang berbeda yaitu 1m, 2m, 3m, 4m, dan 5m. Berdasarkan tabel VIII dapat dilihat bahwa jarak ideal untuk melakukan pengambilan data dengan akurat adalah 1m dari obyek dengan nilai akurasi sebesar 12,7%. Berdasarkan data yang diperoleh, dari total 66 citra yang diambil pada jarak 1m diperoleh 7 citra yang dapat teridentifikasi dengan benar, 4 di antaranya terdapat pada data siang hari dan 3 lainnya terdapat pada data malam hari. Sedangkan pada jarak 2m, 3m, 4m, dan 5m tidak ada citra yang mampu diidentifikasi dengan benar oleh sistem.

TABEL VII
DATA HASIL UJI SUDUT

| Sudut (°) | Jumlah citra uji | Jumlah citra teridentifikasi benar | | Total | Akurasi (%) |
|-----------|------------------|------------------------------------|-------|-------|-------------|
| | | siang | malam | | |
| -75 | 30 | - | - | - | 0 |
| -60 | 30 | - | - | - | 0 |
| -45 | 30 | - | - | - | 0 |
| -30 | 30 | - | - | - | 0 |
| -15 | 30 | 1 | 1 | 2 | 6,7 |
| 0 | 30 | 3 | 2 | 5 | 16,7 |
| 15 | 30 | - | - | - | 0 |
| 30 | 30 | - | - | - | 0 |
| 45 | 30 | - | - | - | 0 |
| 60 | 30 | - | - | - | 0 |
| 75 | 30 | - | - | - | 0 |

TABEL VIII
DATA HASIL UJI JARAK

| Jarak (m) | Jumlah Citra Uji | Jumlah citra yang teridentifikasi benar | | Total Akurasi (%) | |
|-----------|------------------|---|-------|-------------------|------|
| | | siang | malam | | |
| 1 | 55 | 4 | 3 | 7 | 12,7 |
| 2 | 55 | - | - | - | 0 |
| 3 | 55 | - | - | - | 0 |
| 4 | 55 | - | - | - | 0 |
| 5 | 55 | - | - | - | 0 |

F. Konversi *Plaintext* Kedalam Nilai ASCII

Plaintext "W454RK" memiliki hasil konversi ASCII "87 52 53 52 82 75", dengan bentuk matriks sebagai berikut.

$$P = \begin{bmatrix} 87 & 53 & 82 \\ 52 & 52 & 75 \end{bmatrix}$$

3.2.2 Proses Komputasi

Pada penelitian ini digunakan kunci matriks ordo 2x2 dengan determinan 1 atau -1.

$$C = ((KxP) \text{ mod } 95) + 32 \tag{7}$$

$$= \left(\left(\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 87 & 53 & 82 \\ 52 & 52 & 75 \end{bmatrix} \right) \text{ mod } 95 \right) + 32$$

$$= \left(\begin{bmatrix} 52 & 52 & 75 \\ 191 & 157 & 232 \end{bmatrix} \text{ mod } 95 \right) + 32$$

$$= \begin{bmatrix} 52 & 52 & 75 \\ 1 & 62 & 42 \end{bmatrix} + 32$$

$$= \begin{bmatrix} 84 & 84 & 107 \\ 33 & 94 & 74 \end{bmatrix}$$

Penjumlahan angka 32 dan modulo 95 digunakan karena terdapat 32 karakter awal tabel ASCII yang tidak digunakan, dan hanya menggunakan 95 karakter terakhir.

G. Konversi *Ciphertext* Kedalam Karakter ASCII

Pada hasil proses komputasi, *ciphertext* masih dalam bentuk nilai, sehingga perlu dikonversi ke bentuk karakter.

$$\begin{bmatrix} 84 & 84 & 107 \\ 33 & 94 & 74 \end{bmatrix} \text{ dikonversi menjadi } \begin{bmatrix} T & T & k \\ ! & ^ & J \end{bmatrix}$$

Maka, hasil enkripsi algoritma kriptografi hill cipher dari nomor plat "W454RK" adalah "T!T^kJ"

H. Hasil Pengujian Algoritma Kriptografi Hill Cipher

TABEL IX
DATA PENGUJIAN KRIPTOGRAFI HILL CIPHER (SIANG HARI)

| No. | <i>Plaintext</i> | <i>Ciphertext</i> (keluaran sistem) | <i>Ciphertext</i> (Perhitungan manual) | Ket. |
|---------|------------------|-------------------------------------|--|-------|
| 1 | W454RK | T!T^kJ | T!T^kJ | Benar |
| 2 | P329QI | SwYeiE | SwYeiE | Benar |
| 3 | P329QI | X"XdoT | X"XdoT | Benar |
| 4 | P215CA | RuU'a' | RuU'a' | Benar |
| 5 | P750NL | W PVIH | W PVIH | Benar |
| 6 | P805KU | X"U[uW | X"U[uW | Benar |
| 7 | P657ZS | V}Wdsb | V}Wdsb | Benar |
| 8 | P973VO | YSS^oV | YSS^oV | Benar |
| 9 | P875TL | X"UblN | X"UblN | Benar |
| 10 | P759OJ | W YhjE | W YhjE | Benar |
| Akurasi | | | | 100% |

TABEL X
DATA PENGUJIAN KRIPTOGRAFI HILL CIPHER (MALAM HARI)

| No. | <i>Plaintext</i> | <i>Ciphertext</i> (keluaran sistem) | <i>Ciphertext</i> (Perhitungan manual) | Ket. |
|---------|------------------|-------------------------------------|--|-------|
| 1 | P847DH | X"Wch6 | X"Wch6 | Benar |
| 2 | P742KL | W RYIE | W RYIE | Benar |
| 3 | P1927S | QsR^s? | QsR^s? | Benar |
| 4 | P759KL | W YhlE | W YhlE | Benar |
| 5 | N11NDY | Qqn/yX | Qqn/yX | Benar |
| 6 | P422KA | TyRWa/ | TyRWa/ | Benar |
| 7 | P446DK | TyVak< | TyVak< | Benar |
| 8 | P082TL | PqR lN | PqR lN | Benar |
| 9 | N782DI | W}Rji8 | W}Rji8 | Benar |
| 10 | P960BC | YSPWc* | YSPWc* | Benar |
| Akurasi | | | | 100% |

Pengujian akurasi dari proses kriptografi hill cipher dilakukan dengan cara melakukan perbandingan antara keluaran akhir pada sistem dengan hasil perhitungan manual. Berdasarkan pada data tabel IX dan tabel X, terdapat 20 data benar dari total 20 data uji, atau dengan kata lain sistem algoritma kriptografi hill cipher ini memiliki tingkat akurasi 100%. Pengambilan data pada siang ataupun malam hari tidak berpengaruh pada sistem enkripsi algoritma hill cipher.

IV. KESIMPULAN (PENUTUP)

Berdasarkan hasil pengambilan dan analisis data dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan tabel V dan tabel VI, tingkat intensitas cahaya saat pengambilan data dapat menentukan akurasi pengenalan karakter plat nomor. Pada pengambilan data tahap 1 diperoleh tingkat akurasi pada siang hari sebesar 90% dan pada malam hari sebesar 80%, sehingga total akurasi sebesar 85%. Pada pengambilan data tahap 2, sudut 0^0 merupakan sudut terbaik untuk proses identifikasi karakter. Pada uji sudut 0^0 diperoleh nilai akurasi sebesar 16,7% dan pada uji sudut -15^0 memiliki nilai akurasi sebesar 6,7⁰. Sedangkan pada uji sudut lainnya tidak ada citra uji yang teridentifikasi dengan benar. Pada uji jarak, jarak 1m merupakan jarak paling ideal untuk mendapatkan nilai akurasi yang terbaik dengan nilai akurasi sebesar 12,7%. Sedangkan pada jarak lainnya tidak ada citra uji yang teridentifikasi dengan benar.
2. Berdasarkan tabel IX dan tabel X pada data hasil proses enkripsi kriptografi hill cipher, dari 20 data uji yang

digunakan terdapat 20 data uji yang berhasil dienkripsi dengan benar, atau dengan kata lain sistem ini memiliki tingkat akurasi sebesar 100%.

V. SARAN

Beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah:

1. Penggunaan perbandingan metode yang digunakan pada proses pengenalan karakter ataupun pada proses keamanan data untuk mengetahui kelemahan dan kelebihan masing-masing metode.
2. Sistem pengenalan plat nomor kendaraan dapat mengidentifikasi jumlah karakter plat nomor yang beragam.
3. Peningkatan akurasi pada sudut-sudut dan jarak-jarak yang bervariasi.
4. Jumlah data ditingkatkan hingga paling tidak mewakili sejumlah kemungkinan.
5. Data yang digunakan tidak hanya nopol P, N, dan W.

REFERENSI

- [1] Bhat R., Mehandia B., "Recognition of Vehicle Number Plate Using Matlab". ECE Departement Gurgaon Intitute of Technology & Management. Gurgaon, India, 2014.
- [2] Hartanto S., Sugiharto A., & Endah S. N., "Optical Character Recognition Menggunakan Algoritma Template Matching Correlation". Jurusan Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Semarang, 2012.
- [3] Raju K. M. S., Nasir M. S., Devi T. M., "Filtering Techniques to reduce Speckle Noise and Image Quality Enhancement methods on Satellite Images". Department of Computer Science, Jazan University, Jazan, Kingdom of Saudi Arabia, 2013.
- [4] Puspita N. P., Bahtiar N., "Kriptografi Hill Cipher dengan Menggunakan Operasi Matriks". Jurusan Matematika FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang, 2010.

