

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

The Analysis of Identification and Security Cryptography Hill Cipher System at License Plate Using Template Matching Method

**Muhammad Gebby Gumelar¹, Ike Fibriani², Dodi Setiabudi³,
Bambang Supeno⁴**

*Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember (UNEJ)
Jl. Kalimantan 37, Jember 68121
gebbygumelar@gmail.com*

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 secara otomatis 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 siang dan malam hari untuk mengetahui pengaruh tingkat intensitas cahaya terhadap kinerja sistem. 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 proses keamanan data, citra yang telah teridentifikasi (dalam hal ini sebagai plainteks) akan dienkripsi menggunakan algoritma kriptografi hill cipher. Dari 20 data plainteks, terdapat 20 data yang terenkripsi dengan benar, dengan kata lain akurasi algoritma kriptografi hill cipher pada sistem adalah 100%.

Kata Kunci: citra, identifikasi, plat nomor kendaraan.

1. Pendahuluan

Seiring berkembang pesatnya kemajuan teknologi di era modern, kejahatan dan pelanggaran masyarakat terhadap aturan-aturan yang telah ditentukan juga semakin rentan terjadi. Hal ini membutuhkan suatu sistem keamanan dan sistem *surveillance* yang memiliki tingkat efisiensi yang baik. Suatu sistem keamanan sangat dibutuhkan pada berbagai bidang, salah satunya adalah pengenalan atau pendeteksian plat nomor suatu kendaraan. Pendeteksian plat nomor dapat digunakan untuk sistem keamanan di tempat parkir, pemantauan pelanggaran lalu lintas, dan lain-lain. Saat ini sistem yang digunakan dalam mencatat plat nomor kendaraan pada komputer atau pada kertas parkir. Hal ini akan memakan waktu dan tenaga kerja yang banyak sehingga mengurangi efisiensi, namun akan lebih mudah jika sistem indentifikasi plat nomor pada parkir ini dilakukan secara otomatis menggunakan suatu aplikasi komputer. Proses pengenalan karakter pada penelitian ini adalah dengan menerapkan metode *template matching* dengan cara membandingkan obyek dengan database yang tersedia, sehingga menghasilkan output nomor kendaraan bermotor yang berupa teks.

Pada penelitian sebelumnya, masih banyak pengenalan plat nomor kendaraan secara otomatis masih belum memiliki tingkat keamanan yang diharapkan. Keamanan dan kerahasiaan data merupakan salah satu aspek yang penting pada suatu sistem, termasuk juga pada sistem parkir. Semakin berkembang pesatnya teknologi memungkinkan suatu informasi dapat disalah gunakan oleh pihak-pihak tertentu dan menyebabkan kerugian bagi pemilik informasi, maka dari itu dibutuhkan suatu teknik penyandian data yang disebut kriptografi. Kriptografi merupakan seni dalam menyimpan atau merahasiakan pesan dari penerima yang tidak berhak, dalam hal ini pesan asli dari pengirim disebut plainteks dan pesan yang disembunyikan disebut cipherteks. Teknik kriptografi yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik Hill cipher.

Proses inti dari penelitian ini cukup sederhana, yaitu merubah input citra digital yang berupa gambar plat nomor kendaraan menjadi keluaran berformat teks, untuk selanjutnya data teks hasil keluaran tersebut akan di enkripsi untuk memberikan tingkat keamanan pada sistem. Proses pengenalan plat secara otomatis serta proses enkripsi data bertujuan untuk meningkatkan

efisiensi dan kemandirian dari sistem parkir itu sendiri.

2. Metode

Pada penelitian ini, metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif, dimana pada penelitian ini lebih menekankan pada aspek pengukuran secara obyektif terhadap fenomena di lapangan.

2.1 Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini akan diambil 20 sampel data citra plat nomor mobil (kendaraan roda 4 atau lebih) yang memiliki karakter berjumlah enam dan memenuhi standar kepolisian Republik Indonesia. Pengambilan data dilakukan disekitar kota Jember. Pengambilan citra plat nomor dilakukan dengan jarak kamera dengan obyek ± 1m. Pengambilan data dilakukan pada saat siang dan malam hari untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap akurasi sistem. Citra plat nomor yang diambil memiliki format .jpg dengan warna RGB. Pengambilan citra plat nomor dilakukan dengan jarak kamera dengan obyek ± 1m. Pengambilan data dilakukan pada saat siang dan malam hari untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap akurasi sistem.

2.2 Blok Sistem



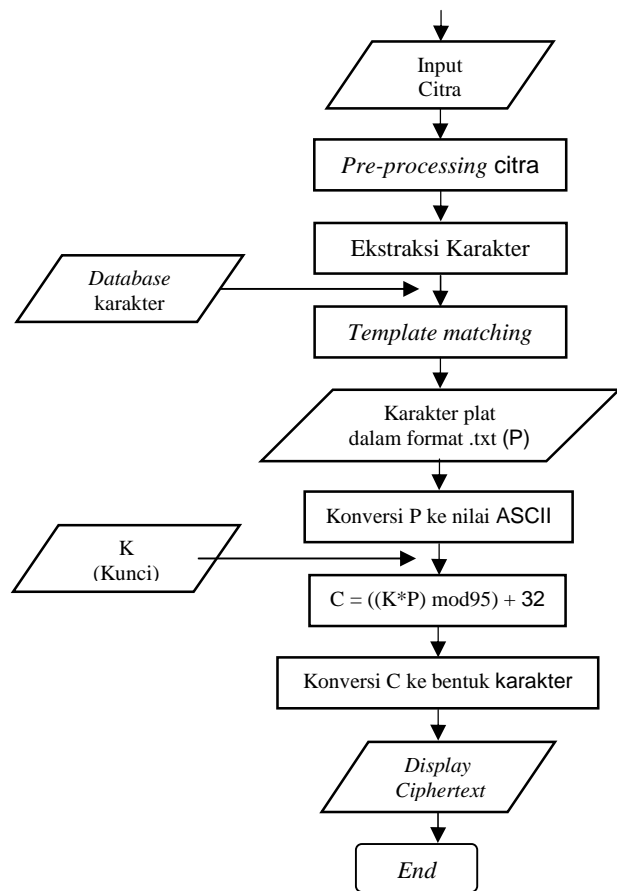
Gambar 1. Blok Sistem Penelitian

Pada penelitian ini citra plat nomor akan diambil menggunakan kamera cannon 1100D dengan resolusi kamera sebesar 12,2 MP. Citra plat nomor yang memiliki format .jpg kemudian dimasukkan kedalam sistem untuk diolah. Tahapan pertama pada sistem ini 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 cipherteks. Data hasil keluaran dari sistem ini selanjutnya akan diuji dan dianalisis.

Perhitungan tingkat akurasi dari proses identifikasi karakter plat nomor dan tingkat akurasi proses enkripsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

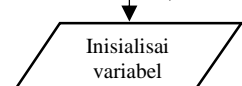
$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah data benar}}{\text{Jumlah total data pengujian}} \times 100\%$$

2.3 Flowchart Penelitian



Data masukan yang digunakan pada penelitian ini berupa citra digital (berformat .jpg) dengan warna RGB, dimana nantinya akan dilakukan proses pengolahan citra sehingga memiliki keluarannya dalam bentuk yang lain yaitu berupa teks. Pada proses pengenalan plat nomor suatu kendaraan dibutuhkan beberapa tahapan, yaitu *pre-processing* citra, ekstraksi karakter plat nomor, dan proses *template matching*. Langkah awal pada proses pengenalan plat nomor adalah *pre-processing* yang meliputi *resizing*, *grayscale*, *filtering*, dilasi, erosi, konvolusi, *intensity scaling*, dll. Citra hasil *pre-processing* kemudian dilanjutkan dengan proses ekstraksi karakter untuk mendapatkan enam karakter plat nomor pada citra uji. Hasil Ekstraksi plat nomor tersebut kemudian diproses dalam sebuah metode yang dinamakan metode *template matching*, dimana setiap karakter yang telah diekstraksi akan dilakukan perbandingan dengan *data base* pada setiap pikselnya. Perbandingan yang dimaksud adalah perbandingan nilai bit pada setiap pikselnya (0 dan 1).

Metode *template matching* yang digunakan pada penelitian ini *template matching* dengan metode *correlation*, dimana nilai bit pada setiap piksel citra uji akan dibandingkan dengan nilai bit pada setiap piksel pada citra *data base*. Pada perbandingan citra uji dengan *data base* ini, akan



dipilih *data base* yang memiliki nilai *correlation* (kesesuaian) yang paling tinggi. Nilai korelasi antara citra uji dan citra pada *data base* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)}{\sqrt{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2)(\sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x}_j)^2)}}$$

Dimana x_i dirumuskan dengan persamaan 2.3 dan x_j dirumuskan dengan persamaan 2.4

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

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

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

\bar{x}_i = rata-rata nilai pixel matriks i

\bar{x}_j = rata-rata nilai pixel matriks j

n = jumlah pixel pada suatu matriks

Pada proses keamanan data, metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode kriptografi hill cipher. Pada prinsipnya metode ini cukup sederhana dan mudah diaplikasikan pada suatu sistem keamanan data, namun memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap serangan. Penggunaan komputasi berbentuk matriks dan penggunaan karakter ASCII pada sistem dapat menambah tingkat kerumitan pihak ketiga dalam mendeskripsikan cipherteks tanpa kunci yang digunakan pada proses enkripsi itu sendiri. Pada algoritma hill cipher sendiri dibutuhkan masukan berupa *plaintext* dan kunci (*key*). *Plaintext* disini merupakan karakter hasil pengenalan dari plat nomor, sedangkan kunci yang digunakan berupa angka matrik 2x2 yang memiliki determinan 1 dan -1. Kunci yang digunakan harus sama-sama diketahui oleh pihak pengirim dan penerima. Langkah berikutnya adalah mengkonversi setiap karakter pada *plaintext* ke dalam nilai ASCII (*American Standart Code for Information Interchange*). Proses inti perubahan *plaintext* menjadi *ciphertext* adalah dengan cara mengalikan *plaintext* dengan kunci, kunci dan *plaintext* dikalikan dalam bentuk matriks. Matriks *plaintext* terdiri dari 2 baris menyesuaikan dengan kunci yang digunakan. Hasil dari perkalian ini selanjutnya dilakukan proses modulo 95 pada setiap nilainya, karena total karakter pada ACII yang digunakan adalah 95. Hasil dari proses modulo ini selanjutnya dijumlahkan dengan 32, karena pada karakter ASCII terdapat 32 karakter pertama yang tidak tertulis (pada penelitian ini tidak diperlukan). Nilai yang didapat dari proses perhitungan tersebut kemudian dikonversi dari nilai ASCII ke bentuk karakter kembali, karakter inilah yang kemudian dinamakan cipherteks dan ditampilkan sebagai *output* dari sistem

3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data yang terdiri dari 20 citra plat nomor, 10 citra diambil pada saat siang hari dan 10 citra lainnya diambil pada saat malam hari pada lokasi terbuka (*outdoor*), hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tingkat intensitas cahaya terhadap tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi nomor plat.

3.1 Analisa Sistem Pengenalan Plat Nomor Menggunakan Metode Template Matching

3.1.1 Input Citra

Proses pertama pada pengenalan karakter plat nomor adalah inialisasi variabel dan *input* citra pada sistem. Pada penelitian ini citra yang digunakan berwarna RGB dengan format .jpg dengan ukuran piksel yang beragam, mulai dari 311x181 piksel hingga 3088x2056 piksel. Pada citra berwarna memiliki kombinasi warna *red green* dan *blue* pada setiap pikselnya, dimana setiap warna dasar tersebut memiliki nilai minimum 0 dan nilai maksimum 255 (8 bit).

3.1.2 Pre-processing Image

Citra yang telah dimasukkan pada sistem pada tahapan sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan *pre-processing image*. *Pre-processing* citra ini sendiri terdiri dari beberapa proses pengolahan citra, diantaranya adalah *resizing image* untuk menyeragamkan ukuran citra sehingga dapat mempermudah proses identifikasi karakter plat nomor, *grayscale*, *dilation*, erosi, dll.

a. Grayscale

Pada proses *grayscale*, citra masukan yang berwarna RGB (*Red Green Blue*) dikonversi kedalam bentuk citra berderajat keabuan (*grayscale*). Pada citra *grayscale* hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, artinya nilai *red*, *green* dan *blue* adalah sama besar. Proses mengubah citra berwarna menjadi citra berderajat keabuan ini dapat dilakukan dengan cara mengambil nilai rata-rata dari nilai R, G, dan B, sehingga dapat dituliskan menjadi $R+G+B/3$

b. Median Fitering

Konsep dasar proses *median filter* adalah memilih nilai tengah dari nilai-nilai piksel tetangganya. Median filter umumnya menggunakan matriks ketetanggaan 3x3, namun dapat juga menggunakan matriks yang lebih besar sesuai dengan kebutuhan. Pada penelitian ini menggunakan matriks ketetanggaan 3x3, dimana pada matriks tersebut terdapat 9 piksel yang nantinya akan diurutkan dari nilai piksel terendah sampai nilai piksel tertinggi. Hasil urutan nilai piksel tersebut nantinya akan diambil nilai tengahnya (*median*).

c. PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)

Tingkat kualitas hasil *filtering* dapat diukur menggunakan MSE dan PSNR. MSE (*Mean Squared Error*) merupakan perbedaan selisih atau *error* antara citra asli dengan citra yang telah dilakukan proses *filtering*. Semakin kecil nilai MSE pada suatu citra maka citra tersebut memiliki kualitas semakin baik. Sedangkan PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*) merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas citra hasil *filtering*. Berikut Persamaan yang digunakan untuk mencari nilai MSE dan PSNR

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

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

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right)$$

Tabel 1. Hasil Pengukuran MSE dan PSNR pada Data 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 2. Hasil Pengukuran MSE dan PSNR pada Data 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		0,9643	49,2932

Pada hasil pengukuran MSE dan PSNR saat siang hari (tabel 3.1), nilai MSE terendah terdapat pada data nomor 4 dengan nilai 0,2030. Sedangkan nilai MSE tertinggi terdapat pada data nomor 9 dengan nilai 2,8463. Dari keseluruhan pengambilan data pada saat siang hari, diperoleh nilai MSE rata-rata sebesar 0,9643. Nilai MSE yang semakin rendah menandakan bahwa citra tersebut memiliki kualitas yang semakin baik. Pada pengukuran PSNR, nilai tertinggi terdapat pada data nomor 4 dengan nilai sebesar 55,0562 dB. Sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada data nomor 9 dengan

nilai 43,5880 dB. Dari keseluruhan pengambilan data saat siang hari, dapat diketahui nilai rata-rata PSNR adalah sebesar 49,2932 dB. Nilai PSNR yang semakin tinggi menandakan bahwa kualitas citra semakin baik.

Pada pengukuran MSE dan PSNR saat malam hari (tabel 3.2), nilai MSE terendah terdapat pada data nomor 10 dengan nilai 0,3715. Sedangkan nilai MSE tertinggi terdapat pada data nomor 8 dengan nilai 1,9306. Dari total 10 data pengambilan pada malam hari, dapat diperoleh nilai rata-rata MSE pada pengambilan data malam hari sebesar 1. Pada pengukuran nilai PSNR, nilai PSNR terendah terdapat pada data nomor 8 dengan nilai 45,274 dB. Sedangkan nilai tertinggi terdapat pada data nomor 10 dengan nilai PSNR sebesar 52,4309 dB. Nilai rata-rata PSNR pada pengambilan data malam hari ini adalah sebesar 48,341 dB. Jika dibandingkan dengan data pada saat siang hari, kualitas citra pada saat pengambilan data saat siang hari cenderung lebih baik Hal ini dibuktikan dengan nilai rata-rata PSNR pada data siang hari lebih tinggi dibanding data saat malam hari. Nilai MSE yang lebih rendah pada pengambilan data saat siang hari juga menunjukkan bahwa kualitas citra saat pengambilan data siang hari lebih baik.

d. Dilasi dan Erosi

Dilasi merupakan proses pembesaran batas dari obyek citra uji sehingga obyek akan terlihat lebih besar dan lubang-lubang ditengah-tengah huruf/angka akan semakin kecil. Teknik proses dilasi pada pengolahan citra disini adalah dengan cara menambahkan piksel-piksel pada batas antar obyek sehingga ukuran obyek lebih besar dari ukuran obyek sebelumnya.

Sedangkan erosi merupakan kebalikan dari proses dilasi pada tahapan sebelumnya. Jika pada proses dilasi dilakukan penambahan piksel-piksel pada batas antar obyek, pada proses erosi piksel-piksel pada batas justru dikurangi bahkan dihilangkan. Proses erosi ini akan membuat ukuran obyek pada citra uji akan menjadi lebih kecil dari ukuran obyek aslinya.

e. Konvolusi

Konvolusi pada pengolahan citra digital merupakan sebuah proses dimana citra dimanipulasi dengan menggunakan eksternal *mask* untuk menghasilkan citra baru. Konvolusi sendiri banyak digunakan dalam pengolahan citra untuk memperhalus (*smoothing*), menajamkan (*crispning*), deteksi tepi (*edge detection*), dan fungsi lainnya. Pada penelitian ini, teknik konvolusi dilakukan dua kali (*double convolution*) yang bertujuan untuk mendeteksi tepi. Tepi-tepi yang di deteksi pada obyek akan terlihat lebih terang, hal ini dikarenakan fungsi dari *double convolution* itu sendiri untuk meningkatkan kecerahan tepi.

f. Binerisasi

Citra biner merupakan sebuah citra yang hanya memiliki 2 nilai derajat keabuan, yaitu warna hitam dan putih. Piksel berwarna hitam bernilai 1 dan piksel berwarna putih bernilai 0. Proses binerisasi ini sendiri sangat sering digunakan pada proses pengolahan citra digital, hal ini dikarenakan citra biner merupakan dasar untuk menuju proses-proses pengolahan citra yang lebih lanjut.

g. Rekonstruksi Citra

Pada proses rekonstruksi citra, citra uji akan diperbaiki sedemikian rupa sehingga citra tersebut tampak lebih baik dari citra sebelumnya. Perbaikan ini meliputi perbaikan kualitas citra dan pengisian celah-celah kosong pada obyek yang akan diidentifikasi. Proses rekonstruksi citra ini juga berfungsi untuk mempermudah proses pengenalan karakter plat nomor pada citra, karena dengan mengisi celah-celah kosong pada obyek akan menambah korelasi antara karakter di citra uji dengan *data base* yang tersedia.

h. Thining

Thining (penipisan) merupakan proses pengolahan citra yang bertujuan untuk mereduksi obyek (*region*) menjadi lebih kecil atau menjadi rangka saja. Tujuan penipisan ini adalah untuk mengurangi bagian-bagian yang tidak perlu, sehingga pada citra hasil proses *thining* ini akan dihasilkan informasi yang esensial saja. Teknik pengurangan bagian obyek-obyek tertentu ini dilakukan dengan cara menghapus piksel *foreground* yang terpilih dari citra biner pada tahapan sebelumnya, namun penghapusan piksel-piksel *foreground* ini tidak menyebabkan huruf-huruf atau angka terputus.

i. Seleksi Obyek

Pada tahapan terakhir di proses *pre-processing image*, akan dilakukan seleksi obyek. Pada proses ini obyek-obyek yang memiliki luasan kurang dari 100 piksel akan dihilangkan dari citra, sedangkan obyek-obyek yang memiliki luasan lebih dari 100

piksel akan dipertahankan didalam citra. Proses seleksi obyek ini menghasilkan sebuah citra baru dimana pada citra tersebut hanya terdapat obyek-obyek berukuran besar (luasnya lebih dari 100 piksel).

3.1.3 Ekstraksi Karakter

Pada proses ekstraksi karakter, sistem akan melakukan segmentasi karakter yang berjumlah 6 karakter. Pencarian karakter-karakter plat nomor ini dilakukan dengan cara membandingkan dimensi dan titik koordinat karakter satu dengan lainnya. Keenam karakter pada plat nomor memiliki dimensi tinggi yang sama, hal ini dapat mempermudah proses pencarian karakter. Sedangkan koordinat karakter pada plat nomor memiliki koordinat yang sama antara karakter satu dengan yang lainnya. Koordinat yang dimaksud adalah koordinat pada sumbu y. Hasil ekstraksi dari karakter-karakter tersebut nantinya akan disimpan untuk dilakukan ke proses selanjutnya.

3.1.4 *Template Matching*

Pada penelitian ini, teknik *template matching* yang digunakan menggunakan metode *template matching correlation*. Metode *template matching correlation* adalah sebuah metode pencocokan antara citra uji dengan citra pada *data base* yang sudah disediakan, dimana hasil pencocokan yang memiliki nilai tertinggi akan diputuskan menjadi keluaran dari sistem.

Perbandingan antara citra uji dan *data base* dilakukan sampai pada setiap pikselnya, sehingga pada metode ini memiliki tingkat kesalahan yang sangat kecil. Kondisi citra uji dan *data base* tersebut dalam bentuk citra biner, dimana pada citra biner ini hanya terdapat nilai 0 atau 1 pada setiap pikselnya. Nilai 0 sebagai warna putih, sedangkan nilai 1 mewakili warna hitam. Perbandingan nilai bit 0 dan 1 inilah yang kemudian dilakukan perbandingan untuk mendapatkan keluaran yang paling cocok dengan citra uji.

Tabel 3. Nilai Korelasi Tertinggi Antara Citra Hasil Ekstraksi dengan Citra *Database* pada Siang 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

Tabel 4. Nilai Korelasi Tertinggi Antara Citra Hasil Ekstraksi dengan Citra *Database* pada Malam 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	0,6245
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(0)	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

Pada tabel 3 saat pengambilan data siang hari, nilai korelasi tertinggi terdapat pada data nomor 2 pada karakter pertama yaitu sebesar 0,8872. Sedangkan nilai korelasi terendah terdapat pada data nomor 1 pada karakter pertama yaitu sebesar 0,3648. Nilai rata-rata korelasi tertinggi terdapat pada data nomor 2 dengan nilai 0,7651. Sedangkan nilai rata-rata korelasi terendah terdapat pada data nomor 1 dengan nilai 0,5352. Dari total 10 data uji, maka dapat diketahui total rata-rata nilai korelasi pada saat pengambilan data siang hari adalah sebesar 0,6806. Dari data tersebut terdapat satu data yang memiliki *font color* berwarna merah, yaitu data nomor 10 pada karakter ke-5 dengan nilai korelasi sebesar 0,5956. Dalam hal ini, proses *template matching* pada karakter tersebut memiliki kesalahan pada saat proses identifikasi nomor plat. Citra *database* yang seharusnya memiliki nilai korelasi tertinggi adalah huruf "D", sistem justru memilih huruf "O" sebagai citra yang memiliki nilai korelasi tertinggi. Hal ini dikarenakan citra hasil proses ekstraksi karakter yang kurang baik sehingga citra lebih mirip dengan huruf yang lain.


Pada tabel 4 saat pengambilan data malam hari, nilai korelasi tertinggi terdapat pada data nomor 8 karakter ke-6 dengan nilai 0,9111. Sedangkan nilai korelasi terendah terdapat pada data nomor 5 pada karakter pertama dengan nilai 0,2892. Nilai rata-rata korelasi tertinggi terdapat pada data nomor 10 dengan nilai sebesar 0,7273. Sedangkan nilai rata-rata korelasi terendah terdapat pada data nomor 5 dengan nilai sebesar 0,5429. Dari total 10 data uji, maka nilai rata-rata korelasi pada saat pengambilan data malam hari adalah sebesar 0,6484. Nilai korelasi pada malam hari ini sedikit lebih rendah jika dibandingkan nilai korelasi pada saat siang hari yang memiliki nilai sebesar 0,6806. Pada pengambilan data malam hari terdapat beberapa data yang memiliki *font color* berwarna merah, diantaranya terdapat pada data nomor 8 dan nomor 10. Pada data nomor 8, kesalahan proses identifikasi terdapat pada karakter ke-2 dengan nilai korelasi yang cukup tinggi yaitu 0,7286. Karakter yang seharusnya memiliki nilai korelasi tertinggi

adalah angka "8", sistem justru memilih angka "0" sebagai karakter yang memiliki nilai korelasi tertinggi. Hal ini disebabkan oleh hasil citra ekstraksi yang kurang baik, sehingga citra hasil ekstraksi lebih menyerupai angka "0". Sedangkan pada data nomor 10, kesalahan proses identifikasi terdapat pada karakter ke-5 dan karakter ke-6. Pada karakter ke-5 memiliki nilai korelasi sebesar 0,6089. Nilai korelasi tersebut merupakan nilai korelasi antara citra hasil ekstraksi dengan data base huruf "B". Seharusnya, huruf yang teridentifikasi tersebut adalah huruf "D". Kesalahan ini disebabkan oleh citra hasil ekstraksi yang lebih menyerupai huruf "B" dibandingkan huruf "D". Sedangkan pada karakter ke-6 memiliki nilai korelasi sebesar 0,6169. Karakter yang seharusnya memiliki nilai korelasi tertinggi adalah huruf "G", sistem justru memilih huruf "C" sebagai pemilih nilai korelasi tertinggi. Permasalahan penyebab terjadinya kesalahan ini masih sama seperti pada kasus-kasus sebelumnya, yaitu adalah kualitas citra hasil ekstraksi yang kurang baik sehingga citra hasil ekstraksi justru lebih mirip karakter lain yang memiliki bentuk yang identik.

3.1.5 Hasil Pengujian Data Sistem Pengenalan Nomor Plat Menggunakan Metode *Templat Matching*

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data citra sebanyak 20 citra uji. Citra uji tersebut diambil pada siang dan malam hari. Pada siang hari pengambilan citra uji sebanyak 10 citra dan pada malam hari sebanyak 10 citra. Berikut data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5 untuk pengambilan citra pada saat siang hari, dan tabel 6 untuk data pengambilan citra pada saat malam hari.

Tabel 5. Hasil Pengambilan Data pada Siang Hari

No.	Citra	Nomor Plat	Dikenal 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%

Pada pengambilan data siang hari, terdapat citra uji yang tidak teridentifikasi dengan benar, yaitu data nomor 10. Pada data tersebut, plat nomor yang seharusnya bernomor "P759DJ" justru sistem mengidentifikasi nomor plat tersebut sebagai "P759OJ". Huruf yang seharusnya teridentifikasi huruf "D" justru oleh sistem huruf tersebut teridentifikasi sebagai huruf "O". Kesalahan ini disebabkan oleh bentuk huruf yang identik antara huruf "D" dengan "O". Berdasarkan data pada tabel 5, dari 10 citra uji terdapat satu citra uji yang tidak teridentifikasi dengan benar. Berdasarkan perbandingan antara jumlah citra uji yang teridentifikasi dengan benar dengan jumlah total citra uji, maka dapat diketahui tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi nomor plat pada siang hari adalah sebesar 90%.

Tabel 6. Hasil Pengambilan Data pada Malam Hari

No	Citra	Nomor Plat	Dikenal 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%

Pada pengambilan data saat malam hari, jumlah citra yang diuji sama dengan jumlah citra uji pada saat siang hari yaitu sebanyak 10. Berdasarkan pada tabel 6, jumlah citra uji yang tidak dapat diidentifikasi dengan benar adalah sebanyak dua, yaitu pada data nomor 8 dan data nomor 10. Pada data nomor 8, citra plat nomor yang seharusnya teridentifikasi "P882TL" justru sistem mengidentifikasi citra tersebut sebagai "P082TL". Kesalahan sistem dalam mengidentifikasi angka "8" disebabkan oleh kemiripan antara angka "8" dengan angka "0", sehingga sistem mengidentifikasi angka "8" sebagai angka "0". Sedangkan pada citra uji nomor 10, nomor plat yang seharusnya teridentifikasi "P960DG" justru teridentifikasi sebagai "P960BC". Penyebab kesalahan pada proses identifikasi masih sama dengan permasalahan sebelumnya, yaitu dikarenakan kemiripan bentuk huruf atau angka antara satu dengan yang lainnya. Berdasarkan data-data yang diperoleh, dengan melakukan perbandingan antara jumlah citra uji yang berhasil diidentifikasi dengan benar dengan jumlah total citra uji, maka dapat diketahui tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi citra plat nomor pada malam hari adalah sebesar 80%

Berdasarkan data pada tabel 5 dan tabel 6 (data pengambilan citra pada saat siang hari dan malam hari), tingkat akurasi sistem dalam mengidentifikasi karakter plat nomor kendaraan dapat dihitung menggunakan persamaan 3.1 dengan cara membandingkan jumlah data benar dengan jumlah total data uji. Jumlah data yang teridentifikasi benar pada pengujian sistem adalah sebanyak 17 data, sedangkan jumlah total data pengujian berjumlah 20 data. Berdasarkan

pada data tersebut, dapat diketahui tingkat akurasi pada sistem pengenalan plat nomor sebesar 85 %.

Metode *template matching* tentu memiliki beberapa kelebihan dan kelemahan, diantaranya adalah metode ini sangat sederhana dalam penerapannya pada pengolahan citra digital. Metode ini juga memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi dalam mengidentifikasi karakter pada plat nomor. Namun untuk menggunakan metode ini diperlukan *data base* untuk pengujian data uji itu sendiri. Pembuatan *data base* disini tentunya akan memakan ruang *memory* untuk melakukan penyimpanan dan pencocokan *data base* itu sendiri.

3.2 Analisa Algoritma Hill Cipher pada Sitem Keamanan Plat Nomor Kendaraan

Pada penelitian ini, teknik keamanan data yang digunakan pada sistem adalah teknik keamanan data menggunakan algoritma kriptografi hill cipher. Pada algoritma ini, teknik yang digunakan adalah teknik perkalian matriks dan berbagai operasi aritmatika lainnya seperti modulo dan penjumlahan matriks.

3.2.1 Konversi Plainteks Kedalam Nilai ASCII
Plainteks (dalam hal ini karakter hasil pegenalan plat nomor) dikonversi kedalam nilai ASCII (*American Standart Code for Information Interchange*). Proses konversi dari karakter ke nilai ASCII ini berfungsi untuk memperkuat algoritma kriptografi hill cipher ini sendiri. Pada data uji pertama memiliki masukan plainteks "W454RK", plainteks ini merupakan keluaran dari proses identifikasi karakter plat nomor pada tahapan sebelumnya. Hasil konversi karakter "W454RK " dalam nilai ASCII adalah "87 52 53 82 75", dari hasil proses konversi ini kemudian ditransformasikan kedalam bentuk matriks 2x3 sebagai berikut.

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

3.2.2 Proses Komputasi

Pada proses enkripsi dibutuhkan kunci yang berbentuk matriks pula, pada penelitian ini digunakan kunci matriks ordo 2x2. Pada algoritma kriptografi hill cipher, tidak semua matriks ordo 2x2 dapat digunakan. Matriks yang digunakan harus memiliki determinan 1 dan -1, pada penelitian ini digunakan kunci matriks sebagai berikut.

$$K = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix}$$

Jumlah baris pada matriks kunci dan matriks nomor plat (dalam nilai ASCII) harus berjumlah sama, hal ini bertujuan agar dapat dilakukan proses perkalian matriks antara matriks kunci dan matriks nomor plat. Perkalian antara matriks kunci dan matriks nomor plat ini selanjutnya

dapat di modulo dengan 95 dan dijumlahkan dengan angka 32. Berikut perhitungan matematisnya.

$$\begin{aligned} C &= ((K \times P) \bmod 95) + 32 \\ &= \left(\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 87 & 53 & 82 \\ 52 & 52 & 75 \end{bmatrix} \bmod 95 \right) + 32 \\ &= \left(\begin{bmatrix} 52 & 52 & 75 \\ 191 & 157 & 232 \end{bmatrix} \bmod 95 \right) + 32 \\ &= \begin{bmatrix} 52 & 52 & 75 \\ 1 & 62 & 42 \end{bmatrix} + 32 \\ &= \begin{bmatrix} 84 & 84 & 107 \\ 33 & 94 & 74 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Proses penjumlahan angka 32 pada algoritma kriptografi hill cipher digunakan karena terdapat 32 karakter pertama pada tabel ASCII yang tidak digunakan pada penelitian ini. Sedangkan penggunaan modulo 95 pada algoritma kriptografi hill cipher digunakan karena pada penelitian ini total hanya 95 karakter ASCII yang digunakan.

3.3.3 Konversi Cipherteks Kedalam Karakter ASCII

Pada hasil proses komputasi ditahapan sebelumnya, cipherteks masih dalam bentuk nilai, sehingga diperlukan proses konversi ke bentuk karakter. Proses konversi dari bentuk nilai ke bentuk karakter ini juga masih mengacu pada tabel ASCII. Berikut matriks hasil konversi bentuk nilai ke bentuk karakter.

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

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

3.3.4 Hasil Pengujian Algoritma Kriptografi Hill Cipher

Tabel 7. Data Pengujian kriptografi Hill Cipher Siang Hari

No.	Plainteks	Cipherteks (keluaran sistem)	Cipherteks (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	Y\$\$^oV	Y\$\$^oV	Benar
9	P875TL	X"UblN	X"UblN	Benar
10	P759OJ	W YhjE	W YhjE	Benar
Akurasi				100%

Tabel 8. Data Pengujian kriptografi Hill Cipher Malam Hari

No.	Plainteks	Cipherteks (keluaran sistem)	Cipherteks (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	PqRjIN	PqRjIN	Benar
9	N782DI	W}Rji8	W}Rji8	Benar
10	P960BC	Y\$PWc*	Y\$PWc*	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 7 dan tabel 8, 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. Sistem mutlak 100% akurat dikarenakan pada sistem ini terdapat perhitungan komputasi yang sudah pasti hasilnya, tidak seperti pada *template matching* yang harus memilih satu dari berbagai *data base* untuk menjadi keluaran.

Algoritma kriptografi hill cipher memiliki alur yang sangat sederhana dalam proses enkripsinya, namun disamping itu algoritma ini memiliki daya tahan terhadap serangan yang cukup baik. Pihak ketiga tidak akan dengan mudah melakukan deskripsi tanpa mengetahui kunci matriks yang digunakan. Penggunaan operasi komputasi matriks dan karakter ASCII juga menunjang tingkat kerumitan dalam memecahkan algoritma kriptografi hill cipher ini. Penggunaan komputasi matriks membuat karakter satu dengan karakter yang lainnya memiliki keterkaitan, hal ini tentu akan menambah tingkat kerumitan untuk memecahkan sistem. Sedangkan penggunaan karakter ASCII akan membuat pendistribusian huruf dan angka lebih acak, hal ini sangat menunjang untuk menambah tingkat keamanan pada sistem.

4. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan tabel 4.7 (halaman 49) dan tabel 4.8 (halaman 51), tingkat intensitas cahaya saat pengambilan data dapat menentukan akurasi pada proses identifikasi karakter plat nomor. Pada saat siang hari, akurasi sistem dalam mengidentifikasi karakter plat nomor adalah sebesar 90%, dari 10 citra yang diujikan terdapat 9 citra yang teridentifikasi dengan benar. Sedangkan pada saat malam hari, akurasi sistem dalam mengidentifikasi

karakter plat nomor adalah sebesar 80%, dari 10 citra yang diujikan terdapat 8 citra yang teridentifikasi dengan benar. Sehingga, jumlah total akurasi sistem dalam mengidentifikasi karakter plat nomor pada siang dan malam hari adalah sebesar 85%. Kesalahan-kesalahan pada proses pengenalan karakter secara umum terdapat pada kemiripan antara karakter satu dengan karakter lainnya.

2. Berdasarkan tabel 4.11 (halaman 57) dan tabel 4.12 (halaman 58) 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%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih terhadap pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis tidak bisa menyebutkan satu persatu pihak-pihak yang terkait, namun tanpa bantuan serta dukungan pihak-pihak tersebut penulis tidak akan dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan tepat waktu.

Daftar Pustaka

- Hermawati F. A. 2013. Pengolahan Citra Digital Konsep dan Teori. Yogyakarta. Penerbit Andi.
- Liliana, Budhi G. S., & Hendra. 2011. Jurnal: "Segmentasi Plat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Run Length Smearing Algorithm (RLSA)". Teknik Informatika Universitas Kristen Petra. Surabaya.
- Hasugian A. H. 2013. Jurnal "Implementasi Algoritma Hill Cipher dalam Penyandian Data". STMIK Budi Darma. Medan.
- Bhat R., Mehandia B. 2014. Jurnal "Recognition of Vehicle Number Plate Using Matlab". ECE Departement Gurgaon Intitute of Technology & Management. Gurgaon, India.
- Widyanarko A. 2009. Jurnal "Studi dan analisis mengenai Hill Cipher, Teknik Kriptanalisis dan Upaya Penanggulangannya". Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Wicaksana R. P. 2010. Jurnal "Pengenalan Plat Nomor Kendaraan Secara Otomatis untuk Pelanggaran Lalu Lintas". Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Puspita N. P., Bahtiar N. 2010. Jurnal: "Kriptografi Hill Cipher dengan Menggunakan Operasi Matriks". Jurusan Matematika FMIPA Universitas Diponegoro. Semarang.
- Bahri R. S., Maliki I. 2012. Jurnal: "Perbandingan Algoritma Template Matching dan Feature Extraction pada Optical Character Recognition". Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Indonesia. Bandung.

*Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi 2016
Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*

- Hendry J., Hidayat R. 2011. Jurnal: "Template Matching Untuk Deteksi Obyek Citra Dengan Menggunakan Algoritma Korelasi". Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Hartanto S., Sugiharto A., & Endah S. N. 2012. Jurnal: "Optical Character Recognition Menggunakan Algoritma Template Matching Correlation". Jurusan Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro. Semarang.