

# Metode Band-Limited Phase Only Correlation (BLPOC) untuk Identifikasi Plat Kendaraan

Fitri Arnia<sup>1</sup>, Syahrul Wahyudi<sup>1</sup> dan Siti Aisyah<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jl. T. Abdurrauf No. 7, Darussalam, Banda Aceh.

<sup>2</sup> Politeknik Negeri Batam  
Parkway Street Batam Centre 29461, Batam, Kepulauan Riau

**Abstrak**— Teknologi pengolahan citra digital dan visi komputer telah berkembang pesat dan memiliki aplikasi pada hampir semua bidang kehidupan. Tidak terkecuali pada sistem identifikasi dan pengenalan plat nomor kendaraan bermotor otomatis. Sistem pengenalan plat pada umumnya memerlukan beberapa tahapan proses meliputi pengambilan citra mobil, mencari lokasi plat, mensegmentasi karakter pada plat dan mengenali karakter tersebut. Keberhasilan metode ini sangat tergantung kepada teknik segmentasi yang digunakan. Kelemahan umum teknik segmentasi adalah rendahnya tingkat keberhasilan teknik ini ketika digunakan untuk menyegmen objek pada kondisi pencahayaan berbeda. Makalah ini mengajukan metode pengenalan plat kendaraan menggunakan korelasi fasa dari frekuensi rendah (*band-limited phase only correlation*- BLPOC) dari citra plat. Metode ini membandingkan citra plat masukan dengan citra plat yang ada pada basis data. Berdasarkan hasil simulasi, teknik ini terbukti tahan terhadap perbedaan kondisi pencahayaan. Tingkat kebenaran deteksi dapat mencapai 90%, dengan pemilihan nilai ambang yang sesuai.

**Kata Kunci.** *citra plat, phase only correlation (POC), band-limited phase only correlation (BLPOC), deteksi, pengenalan*

**Abstract**—*Digital image processing and computer vision technologies have developed so rapidly and have numerous applications. Automatic license plate recognition systems (ALPRS) based on those technologies are not exceptions. In general, the ALPRSs required several steps including image capturing, plate location searching, character segmentation and character recognition. Successful of the whole systems depended heavily on the used segmentation method. A common drawback of many segmentation techniques is that they are very sensitive to illumination variability. The paper proposed a method for license plate recognition based on correlation of phase component with limited bandwidth. The method is widely known as band-limited phase only correlation (BLPOC). The method compared input plate's image with plate's images in the database. Based on simulation, detection rate can achieve 90% if an appropriate threshold value was selected.*

**Keywords.** *License plate's image, phase only correlation (POC), band-limited phase only correlation (BLPOC), detection, recognition.*

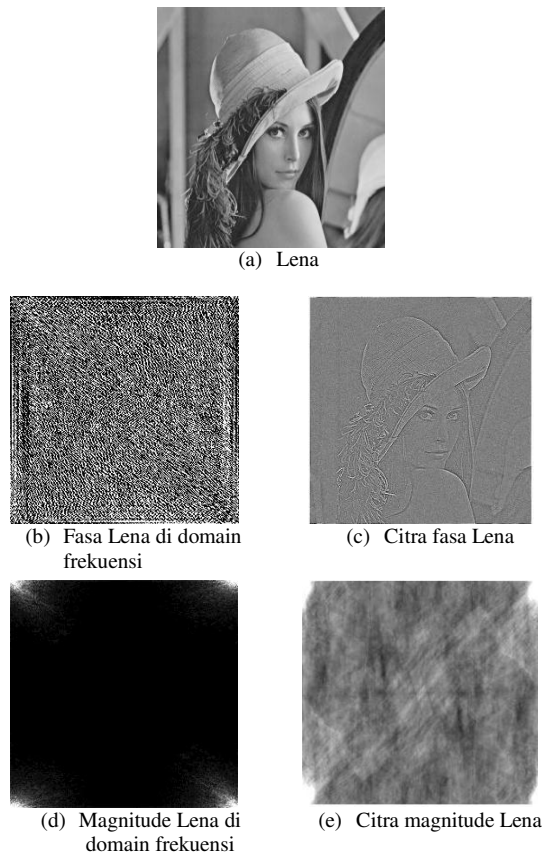
## I. PENDAHULUAN

Teknologi pengolahan citra digital dan visi komputer telah berkembang pesat dan memiliki aplikasi pada hampir semua bidang kehidupan, seperti bidang kesehatan, militer dan pertahanan, pertanian dan hiburan. Teknik-teknik yang dikembangkan juga semakin bervariasi, termasuk teknik identifikasi, pencocokan dan pengenalan berbasis citra. Sejalan dengan ini, kendaraan juga telah menjadi aspek penting dalam kehidupan, sehingga diciptakan suatu sistem pengenalan/pengidentifikasi kendaraan yaitu plat nomor.

Sistem identifikasi dan pengenalan plat nomor kendaraan bermotor secara otomatis telah menjadi suatu aplikasi yang sangat penting dalam bidang visi komputer dalam beberapa tahun terakhir. Sistem ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi seperti koleksi data plat mobil yang melewati jalan tol, *traffic surveillance*, sistem keamanan parkir dan sistem lainnya yang membutuhkan pengenalan plat. Sistem pengenalan plat pada umumnya

memerlukan beberapa tahapan proses meliputi pengambilan citra mobil, pencarian lokasi plat, segmentasi karakter pada plat dan pengenalan karakter tersebut.

Penelitian [1] menggunakan metode PCA (principal component analysis) untuk mengekstrak fitur dari citra hasil segmentasi. Pengenalan dilakukan dengan metode klasifikasi k-Nearest Neighbour. Dilaporkan bahwa tingkat keberhasilan pengenalannya mencapai 82%. Peneliti lain [2] melakukan hal yang mirip dengan [1]. Bedanya, proses segmentasi karakter dilakukan dengan integral proyeksi. Selanjutnya, karakter pada plat dikenali dengan mengukur jarak relatifnya dengan karakter yang tersimpan pada basis data, menggunakan euclidian distance. Keberhasilan metode ini bervariasi antara 83% sampai 89%. Penelitian selanjutnya menggunakan metode *Connected Component Analysis* (CCA) untuk mencari karakter pada plat kendaraan [3]. Berbeda dengan dua metode terdahulu, metode ini tidak memerlukan pencarian lokasi plat. Berdasarkan citra masukan, metode ini langsung mensegmentasi karakter yang ada pada citra tersebut.



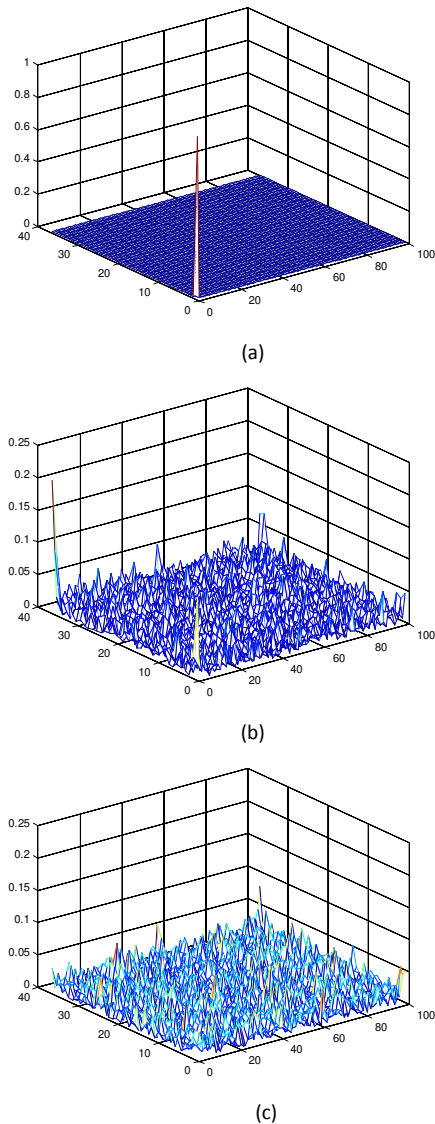
Gambar 1. (a). Citra Lena, (b). visualisasi komponen fasa dari citra Lena, (c). citra fasa dari citra Lena, (d). visualisasi komponen magnitude dari citra Lena dan (e). citra magnitude dari citra Lena..

Pengenalan karakter dilakukan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Metode ini berhasil mensegmentasi karakter sebesar 85%.

Phase only correlation (POC) dan/atau band-limited phase only correlation (BLPOC) telah banyak digunakan untuk aplikasi pengenalan biometrika, seperti iris, telapak tangan, sidik jari dan gait [4,5,6,7,8]. Teknik ini tidak menerapkan proses ekstraksi fitur, namun langsung menghitung kemiripan relatif antara citra yang ingin dikenali dengan citra yang ada pada basis data. Kemiripan antara dua citra ditentukan berdasarkan tinggi rendahnya puncak korelasi. Semakin tinggi nilai korelasi antara dua citra, asumsinya adalah semakin mirip kedua citra tersebut. Kelebihan teknik ini adalah ketahanannya terhadap perbedaan kondisi pencahayaan antara dua citra yang dibandingkan. Selain itu, teknik ini juga bisa mengenali objek pada suatu citra, walaupun posisinya pada citra tersebut telah bergeser [9].

Sebelumnya, teknik POC telah digunakan untuk mengenali plat kendaraan [10]. POC menggunakan seluruh informasi frekuensi yang ada pada suatu citra plat, termasuk frekuensi tinggi. Penggunaan frekuensi tinggi cenderung memperkuat informasi detail dan rentan terhadap *noise*, sehingga dapat menurunkan nilai puncak korelasinya. Pembatasan penggunaan frekuensi (hanya menggunakan frekuensi rendah yang relevan) diperlukan untuk mendapatkan nilai korelasi yang maksimal.

Pada makalah ini, dibahas sebuah metode pengenalan plat kendaraan menggunakan korelasi fasa dari frekuensi yang terbatas (*band-limited phase only correlation-*



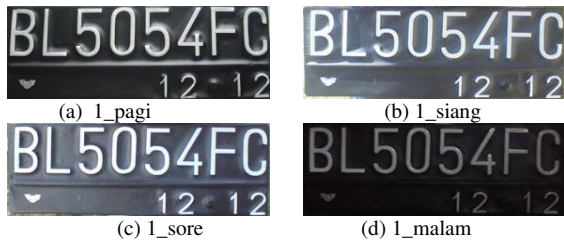
Gambar 2. Ilustrasi nilai puncak BLPOC dari tiga tingkat kemiripan citra, (a) BLPOC dari dua citra yang sama, (b) BLPOC dari dua citra sekelas dan (c) BLPOC dari dua citra tidak sekelas

BLPOC) dari citra plat. Teknik ini membandingkan citra plat masukan dengan citra plat yang ada pada basis data. Berdasarkan hasil simulasi, teknik ini terbukti tahan terhadap perbedaan kondisi pencahayaan dan dengan pemilihan nilai ambang yang sesuai, tingkat kebenaran identifikasi mencapai 90%. Pada bagian II dan III berturut-turut akan dibahas latar belakang dan metode penelitian. Bagian IV akan menyajikan hasil dan pembahasan, sedangkan kesimpulan diberikan pada bagian V.

## II. LATAR BELAKANG

### A. Plat Kendaraan Bermotor

Plat nomor kendaraan adalah salah satu jenis identifikasi kendaraan bermotor. Bentuknya berupa potongan plat logam atau plastik yang dipasang pada kendaraan bermotor sebagai identifikasi resmi. Biasanya plat nomor jumlahnya sepasang, untuk dipasang di depan dan belakang kendaraan. Namun ada jenis kendaraan tertentu yang hanya membutuhkan satu plat nomor, biasanya untuk dipasang di



Gambar 3. Plat kendaraan dari satu kelas (satu plat). Gambar a), b), c) dan d) masing-masing adalah plat yang diambil pada pagi, siang, sore dan malam hari

bagian belakang. Plat nomor memiliki nomor seri yakni susunan huruf dan angka yang dikhususkan bagi kendaraan tersebut.

### B. Citra Magnitude dan Citra Fasa

Sebelum membahas masalah Phase Only Correlation dan Band-Limited Phase Only Correlation, akan dijelaskan terlebih dahulu konsep citra magnitude dan citra fasa. Gambar 1(a) adalah citra asli "Lena". Gambar 1(b) adalah visualisasi dari fasa "Lena", Gambar 1(c) adalah citra fasa "Lena", citra 1(d) dan 1(e) masing-masing adalah visualisasi dari magnitude "Lena" dan citra magnitude "Lena". Gambar 1(c) masih bisa dikenali sebagai citra "Lena" karena mengandung informasi tepian dari "Lena" asli. Sebaliknya Gambar 1(e) tidak memberikan informasi yang berarti ditinjau dari sudut visual.

### C. POC dan BLPOC

Dua citra  $p(n_1, n_2)$  dan  $q(n_1, n_2)$  dengan indeks  $n_1 = -M_1, \dots, M_1$  ( $M_1 > 0$ ) dan  $n_2 = -M_2, \dots, M_2$  ( $M_2 > 0$ ), maka banyak kolom/baris citra-citra tersebut masing-masing adalah  $(N_1 = 2M_1 + 1)$  dan  $(N_2 = 2M_2 + 1)$ . Selanjutnya,  $P(k_1, k_2)$  dan  $Q(k_1, k_2)$  yang merupakan Transformasi Fourier Diskrit dua dimensi dari  $p(n_1, n_2)$  dan  $q(n_1, n_2)$  didefinisikan sebagai

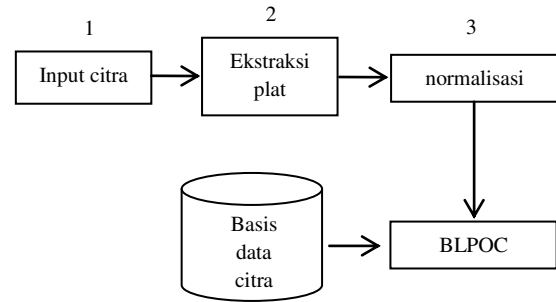
$$P(k_1, k_2) = \sum_{n_1, n_2} p(n_1, n_2) W_{N_1}^{k_1 n_1} W_{N_2}^{k_2 n_2} = A_p(k_1, k_2) e^{j\theta_p(k_1, k_2)} \quad (1)$$

dengan  $A_p(k_1, k_2)$  adalah amplitude,  $\theta_p(k_1, k_2)$  adalah fasa dari citra  $p(n_1, n_2)$ , dan  $W_{N_1}^{k_1 n_1} = e^{-j\frac{2\pi k_1 n_1}{N_1}}$ ,  $W_{N_2}^{k_2 n_2} = e^{-j\frac{2\pi k_2 n_2}{N_2}}$ . Dengan cara yang sama amplitude dan fasa dari citra  $q(n_1, n_2)$  dapat ditentukan. *Cross-phase spectrum* antara kedua citra dinotasikan dengan  $R_{p,q}(k_1, k_2)$  dan didefinisikan sebagai,

$$R_{p,q}(k_1, k_2) = P(k_1, k_2) \overline{Q(k_1, k_2)} \quad (2)$$

sedangkan *Normalized Cross-phase spectrum* antara kedua citra dinotasikan dengan  $R_{(p,q)N}(k_1, k_2)$  dan didefinisikan sebagai,

$$R_{(p,q)N}(k_1, k_2) = \frac{P(k_1, k_2) \overline{Q(k_1, k_2)}}{|P(k_1, k_2) \overline{Q(k_1, k_2)}|} = e^{j\theta(k_1, k_2)} \quad (3)$$



Gambar 4. Proses simulasi identifikasi plat.

dengan  $\overline{Q(k_1, k_2)}$  adalah konyugasi kompleks dari  $Q(k_1, k_2)$ , dan  $\theta(k_1, k_2)$  adalah perbedaan fasa dari  $P(k_1, k_2)$  dan  $Q(k_1, k_2)$ . Phase Only Correlation (POC) adalah Transformasi Fourier Diskrit Balik dari persamaan (3), diberikan oleh,

$$r_{pq}(n_1, n_2) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1, k_2} R_{p,q}(k_1, k_2) W_{N_1}^{-k_1 n_1} W_{N_2}^{-k_2 n_2} \quad (4)$$

dimana  $\sum_{k_1, k_2}$  berarti  $\sum_{k_1=-M_1}^{M_1} \sum_{k_2=-M_2}^{M_2}$

Persamaan (4) menunjukkan bahwa semua komponen frekuensi dari dua citra tersebut diikutsertakan dalam perhitungan. Seperti telah dinyatakan pada bagian terdahulu, frekuensi tinggi cenderung bertindak sebagai derau, sehingga dapat menurunkan nilai tinggi puncak POC. Untuk itu didefinisikan Band-Limited Phase Only Correlation (BLPOC) yang menggunakan hanya frekuensi rendah dari citra-citra bersangkutan. Persamaan BLPOC diturunkan dari persamaan (4) sebagai berikut,

$$r_{pq}^{K_1, K_2}(n_1, n_2) = \frac{1}{L_1 L_2} \sum_{k_1, k_2} R_{p,q}(k_1, k_2) W_{L_1}^{-k_1 n_1} W_{L_2}^{-k_2 n_2} \quad (5)$$

dengan  $k_1 = -K_1, \dots, K_1$  ( $0 < K_1 \leq M_1$ ) dan  $k_2 = -K_2, \dots, K_2$  ( $0 < K_2 \leq M_2$ ). Dengan demikian, ukuran efektif frekuensi spektrum diberikan oleh  $L_1 = 2K_1 + 1$  dan  $L_2 = 2K_2 + 1$ . Parameter  $K$  selalu kurang atau sama dengan  $M$ . Ini berarti komponen frekuensi yang dilibatkan dalam perhitungan BLPOC selalu kurang atau sama dengan frekuensi yang digunakan pada POC. Itu sebabnya dinamakan *band-limited phase only correlation*.

Secara umum, nilai puncak POC (ataupun BLPOC) antara dua citra berada antara nilai "0" dan "1", diilustrasikan pada Gambar 2, dan menuruti aturan sebagai berikut:

- Jika dua gambar adalah sama, maka nilai puncak korelasi dari POC atau BLPOC diantara kedua gambar tersebut akan mencapai maksimum, yaitu "1" (Gambar 2.(a)).
- Jika dua gambar berasal dari kelas yang sama, maka nilai POC atau BLPOC antara kedua citra ini akan kurang dari "1", namun memiliki puncak korelasi yang signifikan (Gambar 2.(b)).
- Jika dua citra berasal dari kelas berbeda, maka tidak akan terdapat nilai puncaknya (Gambar 2.(c)).

TABEL I  
HASIL PENGENALAN DENGAN QUERY DARI KELAS PERTAMA PAGI

Urutan	No. Database	Nilai POC	No. Database	BLPOC
1	1. pagi	<b>1</b>	1.pagi	<b>1</b>
2	1. malam	<b>0.2039</b>	1.sore	<b>0.3311</b>
3	1.sore	<b>0.1931</b>	1.malam	<b>0.2909</b>
4	45.	0.1464	1.siangan	<b>0.2431</b>
5	1.siangan	<b>0.1453</b>	96.	0.2095
6	12.	0.1165	72.	0.1752
7	87.	0.101	52.	0.1748
8	81.	0.0989	28.	0.1673
9	96.	0.0975	45.	0.1652
10	52.	0.0912	39.	0.1641

TABEL II  
HASIL PENGENALAN DENGAN QUERY DARI KELAS PERTAMA SIANG

Urutan	No. Database	Nilai POC	No. Database	BLPOC
1	1.siangan	<b>1</b>	1.siangan	<b>1</b>
2	1.sore	<b>0.4931</b>	1.sore	<b>0.6486</b>
3	1.malam	<b>0.3645</b>	1.malam	<b>0.5439</b>
4	1.pagi	<b>0.1453</b>	1.pagi	<b>0.2431</b>
5	29.	0.1353	55.	0.2254
6	91.	0.1084	29.	0.2191
7	45.	0.0982	31.	0.2155
8	55.	0.0961	62.	0.1846
9	72.	0.0901	37.	0.1635
10	62.	0.0889	52.	0.1632

TABEL III  
HASIL PENGENALAN DENGAN QUERY DARI KELAS PERTAMA SORE

Urutan	No. Database	Nilai POC	No. Database	BLPOC
1	1.sore	<b>1</b>	1.sore	<b>1</b>
2	1.siangan	<b>0.4931</b>	1.siangan	<b>0.6486</b>
3	1.malam	<b>0.3932</b>	1.malam	<b>0.6234</b>
4	1.pagi	<b>0.1931</b>	1.pagi	<b>0.3311</b>
5	29.	0.1186	29.	0.2278
6	96.	0.0967	55.	0.2178
7	31.	0.0964	31.	0.2156
8	55.	0.0916	62.	0.1909
9	12.	0.0902	37.	0.1739
10	52.	0.0878	5.pagi	0.1728

TABEL IV  
HASIL PENGENALAN DENGAN QUERY DARI KELAS PERTAMA MALAM

Urutan	No. Database	Nilai POC	No. Database	BLPOC
1	1.malam	<b>1</b>	1.malam	<b>1</b>
2	1.sore	<b>0.3932</b>	1.sore	<b>0.6234</b>
3	1.siangan	<b>0.3645</b>	1.siangan	<b>0.5439</b>
4	1.pagi	<b>0.2039</b>	1.pagi	<b>0.2909</b>
5	75.	0.1102	93.	0.2056
6	96.	0.1063	97.	0.1918
7	97.	0.1025	2.	0.1851
8	29.	0.1021	90.	0.1805
9	82.	0.1019	2.	0.1798
10	52.	0.0878	5 .pagi	0.1728

#### D. Konsep Kemiripan dan Identifikasi (Pengenalan)

Konsep kemiripan dijelaskan dengan menggunakan interval ukuran dari "0" sampai "1" (0-1). Apabila kemiripan dua buah citra adalah "0", citra-citra tersebut dikatakan sangat tidak mirip satu dengan lainnya. Sebaliknya, jika kemiripan dua buah citra adalah "1", citra-citra tersebut dikatakan sangat mirip. Dalam kasus POC dan BLPOC, nilai kemiripan "1" dicapai jika kedua citra tersebut adalah citra yang sama.

Dalam hubungannya dengan identifikasi (pengenalan), ditetapkan suatu angka ambang yang berilai diantara "0" dan "1". Jika nilai POC/BLPOC antara dua citra (satu citra adalah citra yang ingin dikenali, citra kedua telah tersimpan di basis data) berada di atas angka ambang yang ditetapkan, citra yang ingin dikenali tersebut dikatakan teridentifikasi (dikenali). Sebaliknya, citra dikatakan tidak dikenali. Citra-citra sekelas (berasal dari objek yang sama) selayaknya memiliki nilai kemiripan jauh lebih besar dari "0" dan berada pada urutan teratas.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Basis Data

Untuk mengevaluasi kinerja BLPOC, sebanyak 120 citra plat digunakan dalam simulasi. Citra plat ini berasal dari 105 kendaraan roda dua maupun roda empat. Dari citra-citra tersebut terdapat 5 kelas citra yang masing-masing kelasnya terdiri dari 4 versi. Gambar 3 menunjukkan salah satu dari kelas-kelas ini. Semua plat bernomor "BL 5054 FC", dengan Gambar 3(a) adalah citra kelas pertama yang diambil pada pagi hari, dituliskan sebagai "1\_pagi" (versi 1), Gambar 3(b) adalah citra kelas pertama yang diambil pada siang hari, dituliskan dengan "1\_siangan" (versi 2), dan seterusnya. Citra-citra plat lain di basis data dituliskan dengan nomornya, seperti "1", "2", ..., dan "100". Semua citra tersebut disimpan dengan ukuran 37 x 100 piksel.

TABEL V  
NILAI BLPOC UNTUK QUERY KELAS KEDUA

Urutan	Pagi		Siang		Sore		Malam	
	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC
1	2. pagi	1	2.siang	1	2. sore	1	2. malam	1
2	2.sore	0,6121	2.sore	0,2253	2. pagi	0,6121	2.sore	0,4765
3	2. malam	0,4073	2.pagi	0,2038	2. malam	0,4765	2.pagi	0,4073
4	84.	0,2529	2.malam	0,2062	2.siang	0,2313	2.siang	0,2062
5	2. siang	0,2038	59.	0,1632	84.	0,2313	29.	0,1695

TABEL VI  
NILAI BLPOC UNTUK QUERY KELAS KETIGA

Urutan	Pagi		Siang		Sore		Malam	
	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC
1	3. pagi	1	3. siang	1	3. sore	1	3. malam	1
2	3.sore	0,4926	3. sore	0,3836	3. pagi	0,4926	3. pagi	0,3556
3	3. malam	0,3556	3. malam	0,3374	3. siang	0,3836	3. siang	0,3374
4	3. siang	0,3349	3. pagi	0,3349	3. malam	0,2884	3. sore	0,2884
5	57.	0,1827	97.	0,1703	40.	0,1848	9.	0,1759

TABEL VII  
NILAI BLPOC UNTUK QUERY KELAS KEEMPAT

Urutan	Pagi		Siang		Sore		Malam	
	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC
1	4. pagi	1	4.siang	1	4. sore	1	4. malam	1
2	4. sore	0,6404	4.sore	0,6485	4. siang	0,6485	4. sore	0,5543
3	4. siang	0,5982	4.pagi	0,5982	4. pagi	0,6404	4. pagi	0,477
4	4. malam	0,477	4. malam	0,3813	4. malam	0,5543	4. siang	0,3813
5	35	0,3962	35.	0,3263	35.	0,345	35.	0,2796

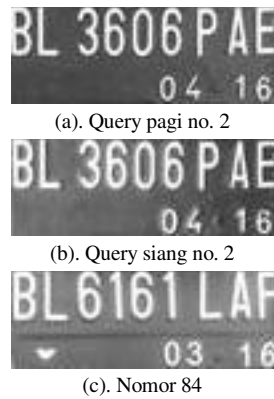
TABEL VIII  
NILAI BLPOC UNTUK QUERY KELAS KELIMA

Urutan	Pagi		Siang		Sore		Malam	
	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC	No. Basis data	Nilai BLPOC
1	5. pagi	1	5. siang	1	5. sore	1	5.malam	1
2	5. siang	0,4802	5. pagi	0,4802	5. siang	0,2734	5.pagi	0,2383
3	5. sore	0,2648	5. sore	0,2734	5. pagi	0,2648	5. siang	0,2056
4	5. malam	0,2383	85.	0,2292	5. malam	0,1968	5. sore	0,1968
5	85.	0,1741	5. malam	0,2056	26.	0,181	7.	0,1841

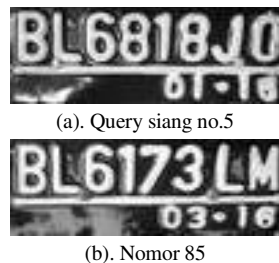
**B. Simulasi Proses Pengenalan Plat**

Proses simulasi dilakukan sesuai urutan yang ditunjukkan pada Gambar 4. Input citra adalah citra asli yang mengandung objek plat. Dari citra asli, citra plat

dilokalisasi dan diekstrak untuk kemudian dinormalisasi ukurannya sesuai dengan ukuran citra yang disimpan pada basis data, yaitu 37 x 100 piksel. Citra plat input yang dinormalisasi ini dinamai citra query. Dalam simulasi digunakan 20 citra query, yaitu semua citra yang berasal



Gambar 5. Plat kendaraan berasal dari kelas berbeda namun teridentifikasi sebagai kelas yang sama, antara query dari kelas kedua yang diambil pada pagi dan siang hari dengan citra no.84 di basis data.



Gambar 6. Plat kendaraan berasal dari kelas berbeda namun teridentifikasi sebagai kelas yang sama, antara query dari kelas kelima yang diambil pada siang hari dengan citra no.85 di basis data

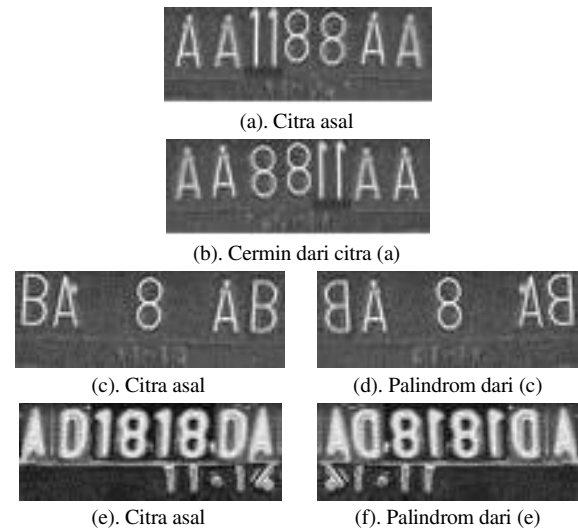
dari 5 kelas seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya. Setelah itu nilai BLPOC antara citra query dengan semua citra yang ada di basis data dihitung. Dalam perhitungan BLPOC, digunakan persamaan (5) dengan  $k_1 = -20, \dots, 20$  dan  $k_2 = -20, \dots, 20$

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel I, II, III dan IV menunjukkan hasil perhitungan POC dan BLPOC dengan query dari kelas pertama, yang diwakili oleh empat situasi (pagi, sore, siang dan malam). Tabel-tabel ini memperlihatkan hasil perhitungan sampai urutan ke sepuluh untuk memberikan gambaran tentang penurunan nilai korelasi bagi citra-citra yang tidak sekelas.

Tabel I menunjukkan hasil perhitungan nilai POC dan BLPOC dengan citra query pertama dari kelas pertama (citra query diambil pada pagi hari). Kolom pertama menunjukkan urutan hasil perhitungan. Pada urutan pertama citra query sendiri, yaitu citra "1.pagi" teridentifikasi dengan nilai kemiripan "1". Sesuai konsep kemiripan yang dibahas pada bagian II.D, semua citra yang berasal dari kelas yang sama dengan citra query seharusnya berada pada urutan teratas. Namun pada Tabel I ini, dapat dilihat bahwa urutan keempat pada metode POC adalah citra lain (tidak berasal dari kelas yang sama). Sebaliknya, dengan metode BLPOC, semua citra yang berasal dari kelas yang sama berada pada urutan tertinggi.

Gambar 3 menunjukkan citra-citra dari kelas pertama. Perbedaan kondisi pencahayaan terlihat jelas pada keempat



Gambar 7. Citra asal, citra cermin dan citra palindrom.

plat dari kelas ini, terutama pada Gambar 3(d), yaitu citra plat yang diambil pada malam hari. Walaupun kondisi pencahayaannya sangat berbeda, korelasi menggunakan BLPOC menunjukkan bahwa citra-citra sekelas tersebut memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan citra yang tidak sekelas (Tabel I, II, III, IV). Dari semua tabel ini juga bisa dilihat bahwa secara umum, BLPOC menghasilkan nilai puncak korelasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan POC. Tambahan lagi, BLPOC berhasil mengurutkan citra-citra sekelas pada urutan tertinggi.

Nilai BLPOC dari setiap kelas yang lain ditunjukkan pada Tabel V, VI, VII dan VIII. Satu kelas terdiri dari empat citra plat, pada tabel-tabel ini citra yang terurut pada urutan kelima juga diperlihatkan untuk mengetahui nilai BLPOC pertama yang bukan berasal dari citra sekelas.

Tabel-tabel ini menunjukkan bahwa citra-citra yang berasal dari satu kelas berhasil diurutkan pada urutan tertinggi, kecuali citra-citra yang berasal dari kelas kedua (Tabel V). Hasil perhitungan BLPOC menunjukkan bahwa citra bernomor "84" teridentifikasi sebagai citra dari kelas kedua. Ini memotivasi penulis untuk melakukan pengamatan visual tentang kondisi citra bersangkutan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ada kemiripan bentuk tulisan diantara citra query dari kelas kedua dengan citra nomor "84", seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Selain itu, pada Tabel VIII, citra plat dengan nomor "85" teridentifikasi sebagai citra kedua dari kelas kelima (citra kelas kelima yang diambil pada siang hari). Kondisi Visual kedua kelas tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.

Selanjutnya, terdapat kemungkinan bahwa suatu citra query merupakan cermin atau palindrom dari citra-citra di database. Untuk itu, nilai POC dan BLPOC dari citra-citra jenis ini juga dihitung. Contoh citra cermin dan palindrom sintesis yang digunakan dalam simulasi ditunjukkan Gambar 7.

Korelasi antara dua citra cermin dan palindrom menggunakan POC ataupun BLPOC menghasilkan nilai puncak yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan nilai-nilai yang tertera pada tabel-tabel sebelumnya. Dalam hal ini, nilai POC dan BLPOC antara Gambar 7(a) dan 7(b) adalah berturut-turut adalah 0.1118 dan 0.2173.

Selanjutnya, nilai puncak POC dan BLPOC antara Gambar 7(c) dan (d) adalah 0,0992 dan 0,1623. Sedangkan nilai puncak POC dan BLPOC antara Gambar 7(e) dan (f) adalah 0,1089 dan 0,1907. Dari angka-angka ini terlihat bahwa puncak BLPOC selalu lebih tinggi daripada puncak POC. Sementara nilai korelasi antara citra cermin relatif lebih tinggi daripada citra palindrom.

Tingkat kebenaran identifikasi tergantung dari nilai ambang yang dipilih. Sebagai contoh, jika dipilih nilai ambang sebesar 0,2, menggunakan BLPOC, 90% citra plat sekelas teridentifikasi. Sayangnya terdapat 28 citra plat dari kelas berbeda yang ikut teridentifikasi, termasuk citra cermin. Untuk nilai ambang sebesar 0,25, 85% citra plat sekelas teridentifikasi, dengan 10 citra dari kelas lain ikut teridentifikasi.

Pemilihan nilai ambang yang berbeda mempengaruhi tingkat kebenaran identifikasi. Jika nilai ambang yang dipilih relatif rendah, plat-plat yang berasal dari satu kelas akan terpilih semuanya, yang berarti menghasilkan 100% tingkat identifikasi. Sebaliknya, jika nilai ambang dinaikkan, ada kemungkinan citra-citra plat yang berasal dari kelas yang sama tidak teridentifikasi. Untuk sistem identifikasi yang memerlukan tingkat keakuratan identifikasi yang tinggi, harus dipilih nilai ambang yang tinggi pula.

## V. KESIMPULAN

Makalah ini membahas tentang penggunaan teknik korelasi fasa dengan frekuensi terbatas (*band-limited phase only correlation-BLPOC*) untuk identifikasi plat kendaraan. Sebanyak 120 citra digunakan dalam pengujian. Hasil simulasi menunjukkan bahwa teknik ini tahan terhadap perbedaan kondisi pencahayaan citra dan dapat membedakan citra palindrom. Dengan memilih nilai ambang yang sesuai, identifikasi mencapai 90%. Pada masa yang akan datang perlu dievaluasi penggunaan frekuensi rendah yang bervariasi untuk mendapatkan nilai korelasi maksimum.

## DARTAR PUSTAKA

- [1] Resmana Lim, Lukman Vendy W, dan Kartika Gunadi, "Sistem Pengenalan Plat Nomor Mobil Dengan Metode Principal Components Analysis". Jurnal Universitas Kristen Petra, 2002.
- [2] Andy Setiawan, Sigit Wasista dan Dwi Kurnia Basuki, "Sistem pengenalan plat nomor mobil untuk aplikasi informasi karcis parkir," makalah dari Politeknik Elektronika Negeri Surabaya – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.
- [3] Asyra Rizki, Anto Satriyo Nugroho, Ade Jamal, Dwi Handoko, Made Gunawan, Achmad Witjaksono dan Wayan Wira Yogantara, "Connected component analysis sebagai metode pencarian karakter plat dalam sistem pengenalan plat nomor kendaraan," Proc. of 11<sup>th</sup> Seminar on Intelligent Technology & Its Application (SITIA 2010) pp. 300-305, 2010, Surabaya.
- [4] Kazuyuki Miyazawa, Koichi Ito, Takafumi Aoki, Koji Kobayashi and Hiroshi Nakajima, "An effective approach for iris recognition using phase-based image matching," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 30, No. 10, October 2008, pp. 1741-1756.
- [5] Koichi Ito, Hiroshi Nakajima, Koji Kobayashi, Takafumi Aoki, and Tatsuo Higuchi, "A Fingerprint Matching Algorithm Using Phase-Only Correlation," *IEICE TRANS. Fundamentals*, Vol. E-87A, No.3, March 2004, pp. 682-691.
- [6] Koichi Ito, Takafumi Aoki, Hiroshi Nakajima, Koji Kobayashi and Tatsuo Higuchi, "A Palmprint Recognition Algorithm using Phased-Based Image Matching", *IEEE International Conference on Image Processing*, 2006.
- [7] Cahyo Darujati, Rahmat Sya, dan Mochamad Hariadi, "Deteksi sidik jari menggunakan metode phase only correlation," makalah magister Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [8] R.B.Wahyu dan Toto Widyanto, "Deteksi gerakan manusia dengan metode phase only correlation," *Risalah Lokakarya Komputasi dalam Sains dan Teknologi Nuklir: 6-7, Agustus 2008*, pp. 213-223.
- [9] Watanabe, S, Tanaka, T. and Iwata, E., "Biometric Authentication using Phase Only Correlation with Compensation Algorithm for Rotation," *Proc. of International Joint Conference SICE-ICASE*, 18-21 Oct. 2006, pp. 3711 – 3715.
- [10] Listia Sukma Putri, Roslidar dan Fitri Arnia, "Studi Pencocokan Plat Kendaraan dengan Metode Phase Only Correlation," *Jurnal Rekayasa Elektrika*, Vol. 9, No. 4, hal. 192-197, Oktober 2011.