

## EXPLOITABLE EDGE ANALYSIS FOR FREE FLOW VEHICLE PLATE LOCALIZATION

ABBAS SALIMI ZAINI  
SITI NORUL HUDA SHEIKH ABDULLAH  
AZIZI ABDULLAH  
NELSON BUDIN SANA  
SHARIFFPUDIN BASIRON

### ABSTRACT

In Malaysia, vehicle recognition system (VRS) such as vehicle plate recognition and counting, is rapidly growing and applied in many areas such as to identify vehicle identities for the law enforcement by authorities and electronic toll collection by highway agencies. Uncovering the region of interest in chaotic illumination environment at free flow road makes localizing license plate is critical process of VRS. Available edge vertical projection claimed to be robust to illumination, however, it tends to create false edges and sensitive to noises that can hinder the recognition performance. Thus, this research aims to propose a license plate localization method that based on exploitable edge analysis comprising four main steps, namely pre-processing, rectangular blob searching, analysis and the vertical rectangular blobs projection. It calculates total and exploit edge information at y axis of the image. The proposed method is then tested on the European number plate datasets i.e. Baza Slika which contains about 167 vehicle images and Ondrej which contains about 97 vehicle images. The experimental results show that the proposed method outperforms the Ondrej method by obtaining accuracy of 95% on Baza Slika dataset and slightly lower by an accuracy of 91% on the Ondrej dataset. Then, the proposed method tested on the Malaysia vehicle dataset namely Tol Sungai Long data set which contains about 584 images of different illumination conditions, i.e. 297 images in the morning, 140 images in the afternoon and 147 images in the night. The proposed method outperforms other approaches with accuracy of 91.24%, 93.57% and 75.51% in the morning, evening and night respectively.

Keywords: license plate localization, vertical blobs projection, edge segmentation, plate recognition

## EKSPLOITASI UNJURAN PINGGIR UNTUK PENYETEMPATAN PLAT KENDERAAN BEBAS LALUAN

### ABSTRAK

Di Malaysia, sistem pengecaman kenderaan (SPK) seperti pengecaman plat kenderaan dan pengiraan kenderaan berkembang pesat di pelbagai bidang seperti mengenal pasti identiti kenderaan bagi tujuan penguatkuasaan oleh pihak berkuasa keselamatan dan sistem kutipan tol elektronik oleh agensi-agensi lebuhraya. Menemui kawasan diminati dalam suasana iluminasi berselerak di jalan bebas laluan menyebabkan mengesan plat kenderaan menjadi rumit dalam SPK. Kaedah unjuran pinggir dikatakan lasak kepada iluminasi namun, ia cenderung mencipta pinggir palsu dan peka kepada kebisingan yang mengancam kepada prestasi pengecaman. Justeru, kajian ini bermatlamat untuk mencadangkan satu kaedah penyetempatan plat kenderaan menggunakan eksploitasi unjuran pinggir yang mengandungi empat langkah utama iaitu pra-pemrosesan, carian blob segi empat, analisis dan projeksi menegak blob-blob segi empat. Ia mengira jumlah informasi pinggir yang terdapat dalam blob pada setiap paksi-Y dalam imej. Kaedah penyetempatan ini kemudiannya diuji menggunakan set data plat kenderaan Eropah iaitu set data Baza Slika yang memiliki 167 imej kenderaan dan set data Ondrej yang memiliki 97 imej

kenderaan. Hasil kajian menunjukkan kaedah cadangan mengatasi kaedah cadangan Ondrej dengan skor ketepatan 95% pada set data Baza Slika dan sedikit rendah pada set data Ondrej iaitu 91% skor ketepatan. Selanjutnya, kaedah cadangan diuji menggunakan set data plat Malaysia iaitu Set Data Tol Sungai Long yang memiliki 584 imej kenderaan berbeza situasi pencahayaan, iaitu 297 imej pada waktu pagi, 140 imej pada waktu petang dan 147 imej pada waktu malam. Kaedah cadangan mengatasi kaedah penanda aras yang lain dan skor ketepatan sebanyak 91.24%, 93.57% dan 75.51% pada masing-masing waktu pagi, petang dan malam.

Kata kunci: penyetempatan plat kenderaan, unjuran pinggir.

## PENGENALAN

Teknologi pintar terkini termasuklah sistem pengangkutan pintar (SPS) yang terbukti membantu dalam meningkatkan taraf keselamatan dan keberkesanan pengangkutan kehidupan sejagat. Pencapaian dan kemajuan kecerdasan buatan dalam sistem pengangkutan pintar telah menghasilkan dan mewujudkan sistem pengurusan lanjutan trafik, sistem maklumat lanjutan pengembara, sistem pengawalan lanjutan kenderaan, operasi lanjutan kenderaan komersial dan sistem lanjutan pengangkutan awam (Garcia-Ortiz, et al, 1995; Newman-Askins, et al, 2003). Aplikasi SPS merupakan aplikasi lanjutan yang dapat meningkatkan tahap perkhidmatan di jalan raya tanpa membina kapasiti tambahan, pengurusan lalu lintas dan perkhidmatan pengembara diperlukan untuk mengoptimumkan produktiviti keupayaan jalan yang sedia ada (Newman-Askins, et al, 2003). Contoh teknologi SPS adalah penjejakan dan pengiraan kenderaan (Abdullah et al. 2019), sistem maklumat geografi, pembayaran elektronik dan pengecaman plat kenderaan.

Pengecaman plat kenderaan mempunyai banyak penggunaannya seperti untuk tujuan penguatkuasaan, perlindungan sempadan, kecurian kenderaan, kutipan tol automatik, kawalan trafik, kawalan keluar-masuk bagi kawasan perumahan, kawalan tempat letak kenderaan automatik serta sebagai pemerhatian (Abdullah, et al, 2016). Secara umum, sistem pengecaman plat kenderaan mempunyai empat model asas terdiri daripada pra-pemprosesan, penyetempatan plat, pengekstrakan aksara dan seterusnya adalah pengecaman atau pengelasan aksara (Das dan Mukherjee, 2017).

Isu utama ialah penyetempatan plat kenderaan adalah amat sensitif dengan persekitaran sekelilingnya seperti latar belakang yang kompleks, nilai kecondongan atau sudut dan perubahan pencahayaan (Kim, et al, 2016; Abdullah, et al, 2016; Khaleel et al, 2013) dan bahawa isu pencahayaan adalah penting dalam penyetempatan plat kenderaan. Kepelbagaian dalam saiz, warna, penjajaran aksara, tekstur, bentuk, taupan dan orientasi spasial. Variasi keadaan sekeliling juga menyebabkan penyetempatan plat mengalami kesukaran mengesan lokasi plat (Zhang et al. 2013). Arulmozhi et al. (2012) pula membangunkan pengecaman plat kenderaan India mengguna Teknik Adaptif Kontra Terhadap Penyamaan Histogram yang dapat menyelesaikan masalah hingar, kontras yang rendah serta gangguan bayang-bayang. Khaleel et al. (2013) menggabungkan kaedah Speeded Up Robust Features dan Bag-Of-Word. Kaedah ini memperolehi ketepatan tinggi tetapi ia mengambil masa yang lama dalam pencarian dan lokasi untuk aksara plat kenderaan.

Model deepnet telah digunapakai oleh Zherzdev dan Gruzdev (2018) untuk penyetempatan plat yang memberi kesan kepada ketepatan dalam menyari dan pengelasan aksara. Namun begitu, plat kenderaan mudah terganggu dengan faktor luaran seperti variasi pencahayaan, latar belakang serta kecondongan plat (Khalifa, et al, 2007). Ini kerana, sehingga

kini sistem pengecaman plat memerlukan sokongan persekitaran pencahayaan terkawal bagi mendapatkan skor yang baik dalam penyetempatan plat.

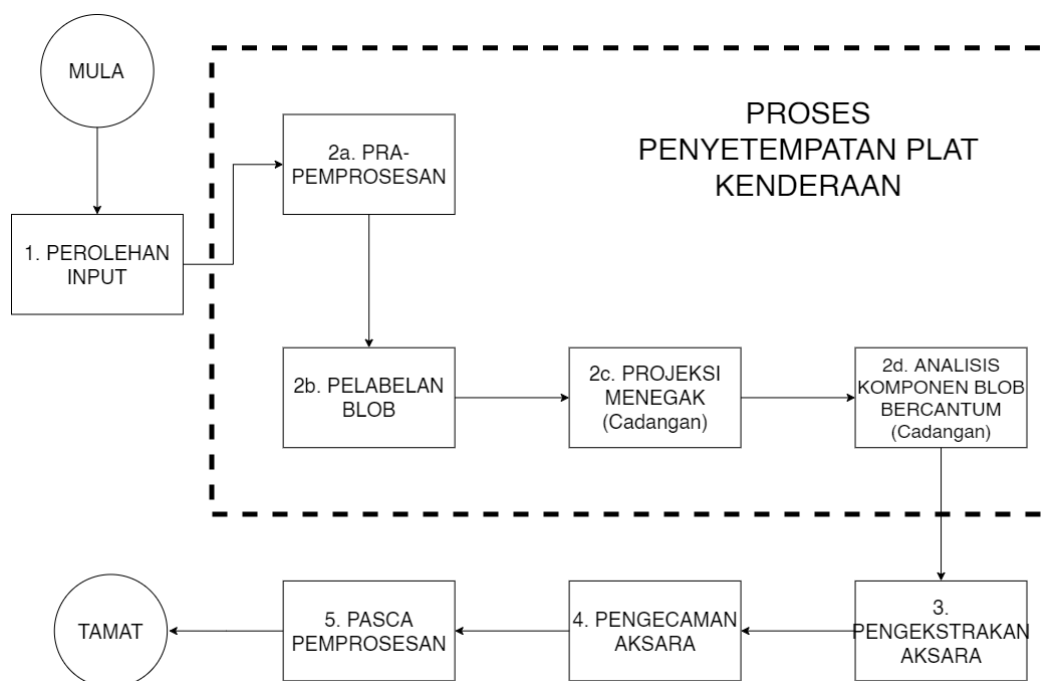
Justeru itu, kajian ini mencadangkan beberapa perkara iaitu:

1. Kaedah penyetempatan plat kenderaan yang berasaskan projeksi menegak.
2. Projeksi menegak mengira jumlah informasi pinggir yang terdapat dalam blob pada setiap paksi-Y dalam imej secara menegak.
3. Ia mampu mengesan plat kenderaan pada persekitaran luar iaitu waktu pagi, petang dan malam.
4. Ia menerapkan aplikasi sistem secara masa nyata.

Seterusnya kertas jurnal ini akan dibahagikan kepada beberapa seksyen. Seksyen berikut akan membentangkan kaedah cadangan penyetempatan dan diikuti dengan penerangan dataset imej kenderaan. Kemudian seksyen seterusnya pula melaporkan hasil keputusan dan analisis eksperimen yang dijalankan. Kesimpulan kajian ini dibuat di bawah seksyen terakhir.

### KAEDAH CADANGAN PENYETEMPATAN

Proses penyetempatan plat kenderaan akan dijalankan setelah menjalani proses perolehan input tamat. Terdapat empat langkah bagi proses penyetempatan plat yang dicadang iaitu pra-pemprosesan, pelabelan blob, projeksi menegak, dan analisis komponen blob bercantum. Setelah proses penyetempatan selesai, proses berikutnya iaitu pengekstrakan dan pengecaman aksara akan dijalankan. Output daripada proses penyetempatan akan dinilai dan dianalisis pada proses pasca-pemprosesan. Proses menjadi tamat apabila plat kenderaan sah ditemui atau tidak berjaya ditemui selepas menjalankan pasca-pemprosesan. Rajah 1 menunjukkan carta aliran pengecaman plat kenderaan dan perincian proses penyetempatan plat kenderaan. Proses yang berwarna kuning menandakan proses yang dicadang. Sub-seksyen berikut pula menerangkan kaedah cadangan projeksi menegak berasaskan blob dan proses-proses yang terlibat dengan lebih lanjut.



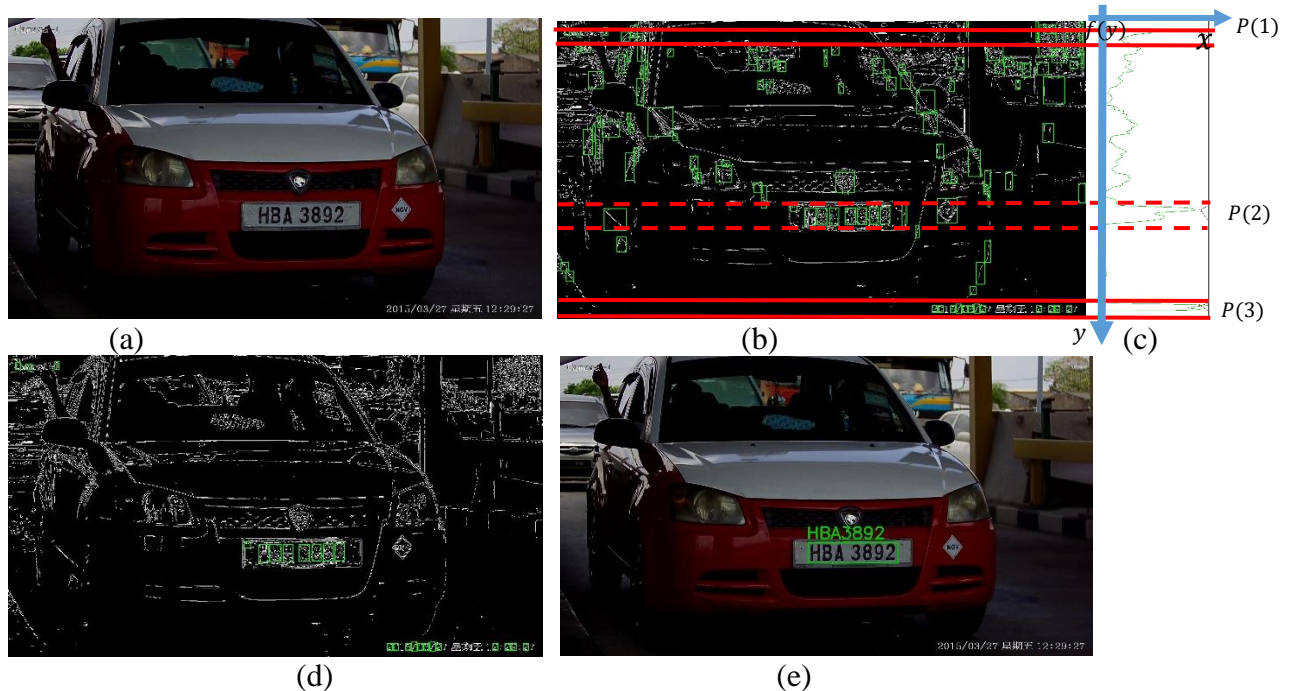
RAJAH 1. Carta Aliran Pengecaman Plat Kenderaan dan Perincian Proses Penyetempatan

## PEROLEHAN INPUT

Proses perolehan input ini adalah fasa permulaan bagi sistem pengecaman plat kenderaan. Input sumber yang sah akan digunakan oleh sistem pengecaman plat kenderaan. Terdapat tiga jenis input sumber yang boleh diproses sistem ini iaitu imej, video dan penstriman dari kamera litar tertutup (CCTV). Input CCTV,  $I(x, y)$  yang diterima adalah dalam format piawai saluran RGB yang bersaiz resolusi tinggi yang optimal diwakili oleh  $(lebar, l \times tinggi, t) = (1980 \times 1080)$  -piksel bagi lebar dan tinggi. Manakala jarak objek dengan kamera adalah 5-meter hingga 10 meter.

## PRA-PEMROSESAN

Terdapat tiga sub-proses yang terlibat dalam pra-pemprosesan iaitu penukaran imej kesaluran kelabu  $g(x, y)$ , pengaburan Gaussian  $\hat{g}(x, y)$ , dan pengecaman pinggir Canny  $\bar{g}(x, y)$ , yang menggunakan saiz matrik  $3 \times 3$ . Hasil proses penalaan parameter yang dijalankan, kajian mencadangkan pasangan nilai ambang ( $t_1 = 30$  dan  $t_2 = 90$ ) sebagai nilai ambang optimal pada persekitaran pencahayaan siang dan malam bagi kaedah pengesanan pinggir Canny (Suzuki, 1985). Rajah 2(a) adalah imej asal dan (b) pula memaparkan imej pinggir yang dijanakan.



RAJAH 2. (a) Imej asal, (b) Pelabelan Blob, (c) Projeksi Baris Menegak,  $BM$  (d) Analisis Komponen Blob Bercantum dan (e) pengecaman Nombor plat kenderaan .

## PELABELAN BLOB

Proses pelabelan blob memiliki tiga sub-proses iaitu pemetaan pinggir, penapisan blob dan akhir sekali output bagi sub-proses pelabelan blob adalah set blob. Pertama, imej pinggir Canny,  $\bar{g}(x, y)$  akan dianalisis untuk menapis kontur dan dimasukkan ke dalam set blob mentah,  $B_m(x, y)$ . atau merujuk kepada himpunan set kontur yang belum ditapis. Kontur yang mempunyai pinggir yang tertutup akan disimpan manakala pinggir yang terbuka akan ditapis keluar.

## PROJEKSI BARIS MENEGAK

Proses ini merangkumi tiga langkah iaitu penghasilan projeksi menegak, penentuan puncak dan lokasi plat kenderaan. Setelah proses pelabelan blob,  $B_m(x,y)$  selesai, proses projeksi menegak akan dijalankan. Projeksi menegak,  $f(y)$  adalah bertujuan untuk menghasilkan satu perwakilan informasi pinggir yang terdapat dalam pencarian blob-blob manakala  $l,t$  adalah lebar dan tinggi bagi saiz imej, Berdasarkan persamaan (1),  $f(y)$  adalah jumlah pinggir dalam setiap blob yang merentas pada paksi-y serta didarabkan dengan  $\alpha = 10$  kali pembesaran supaya dapat meningkatkan visualisasi projeksi tersebut seperti rajah 2(b).

$$f(y) = \sum_{x=0}^{x=l} \sum_{y=0}^{y=t} (B_m(x,y) = \text{piksel pinggir}) \times \alpha \dots (1)$$

Kemudian projeksi menegak  $f(y)$  ini akan mencari kedudukan puncak,  $P(y,k)$  (Persamaan 1) di mana  $k,l$  ialah indeks dan bilangan puncak dan kedudukan lembah kiri,  $P(y,k)_{Lkiri}$  dan kanan,  $P(y,k)_{Lkanan}$  bagi mengenalpasti lokasi calon plat pada paksi-y

$$P(y,k) = \sum_{y=0}^{y=t} \text{argmaks}[f(y)] \dots (2)$$

$$P(y,k)_{Lkiri} = \sum_{k=1}^{k=l} P(y,k) \sum_y^{\text{argmin}(f(y))} \dots (3)$$

$$P(y,k)_{Lkanan} = \sum_{k=1}^{k=l} P(y,k) \sum_{y+1}^y \text{argmin}(f(y)) \dots (4)$$

Setelah proses projeksi barisan menegak,  $BM$  seperti Rajah 2 (b) tamat, semua calon lokasi plat kenderaan akan dikaji dalam proses berikutnya iaitu Analisis Komponen Blob bercantum.

## ANALISIS KOMPONEN BLOB BERCANTUM

Terdapat dua proses utama iaitu analisis titik tengah blob dan analisis blob bercantum. Output bagi fasa ini ialah calon-calon plat kenderaan. Langkah pertama, analisis titik tengah adalah proses untuk menentukan sekiranya blob-blob itu merupakan ahli dalam satu gugusan atau kumpulan. Setiap blob yang dijumpai akan dikira jarak titik tengah antara blob. Jarak-jarak yang mempunyai  $j = \pm 5$  akan dikira ia termasuk dalam satu kumpulan blob yang bercantum atau sekiranya sebaliknya, ia tidak diambil kira sebagai ahli kumpulan bercantum seperti contoh pada Rajah 2(d). Algoritma 1 menerangkan proses yang dijalankan pada fasa analisis komponen bercantum. Output bagi proses ini adalah kumpulan calon plat. Calon plat adalah gabungan blob-blob yang telah dianalisis yang berpotensi memiliki informasi plat kenderaan. Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan mengisytiharkan objek kumpulan calon plat,  $KCP$ .

Langkah kedua adalah proses gelung yang akan memproses kesemua objek baris menegak,  $BM$  yang wujud dalam kumpulan baris menegak,  $KBM$ . Seterusnya pemprosesan yang dilakukan dalam gelung adalah seperti berikut, memastikan blob-blob dalam  $BM$  adalah sebaris atau tidak, jika blob-blob dalam  $BM$  adalah tidak sebaris  $BM$  akan diproses menggunakan Algoritma 2, manakala jika blob-blob dalam  $BM$  adalah sebaris Algoritma 3

akan digunakan. Tujuan Algoritma 2 dan 3 adalah untuk mengenalpasti sekiranya wujud nombor plat kenderaan sebaris atau dua baris. KBM telah berjaya mengesan kebanyakan blob yang tersembunyi disebabkan oleh imej kontras yang rendah dan tinggi. Gabungan kaedah pengesanan pinggir Canny dan analisis KBM dapat mengekstrak objek meskipun imej mempunyai pelbagai pengcahayaan atau iluminasi.

ALGORITMA 1. Analisis Komponen Blob Bercantum

---

**Algoritma 1 :** Analisis komponen blob bercantum

---

**Huraian :** Fasa analisis komponen blob bercantum akan menganalisa serta mencari blob-blob yang bercantum untuk dijadikan calon plat kenderaan.

**Input :** Kumpulan baris menegak, KBM

```

1  KCP ← ∅
2  Bagi semua baris menegak, BM dalam KBM buat
3      status.baris ← salah
4      Bagi semua blob, b dalam BM buat
5          Jika  $!(b.\text{titiktengah} \geq b[0].\text{titiktengah} - j \text{ dan } b.\text{titiktengah} \leq b[0].\text{titiktengah} + j)$  buat
6              status.baris ← benar
7              Keluar dari gelung
8          Tamat
9      Tamat
10     Jika status.baris == benar buat
11         Calon plat, cp ← Algoritma 2 ←, input BM == BM
12         KCP .masukkan(cp)
13     Tamat
14     Sebaliknya
15         Calon plat, cp ← Algoritma 3, input BM == BM
16         KCP .masukkan(cp)
17     Tamat
18 Tamat

```

**Output:** Kumpulan calon plat, KCP

---

ALGORITMA 2. Analisis Komponen Blob Bercantum: Blob-Blob Dalam BM Tidak Sebaris.

---

**Algoritma 2:** Analisis komponen blob bercantum: blob-blob dalam BM tidak sebaris.

---

**Huraian :** Fasa analisis komponen blob bercantum: blob-blob dalam BM tidak sebaris. Fasa ini akan mengasingkan blob-blob dalam BM kepada tiga kumpulan iaitu baris menegak atas,  $BM_a$ , baris menegak bawah,  $BM_b$  dan baris menegak tengah,  $BM_t$  seterusnya menjalankan proses analisis yang dicadangkan.

**Input :** Baris menegak, BM

```

1 Baris menegak atas,  $BM_a \leftarrow \emptyset$ 
2 Baris menegak bawah,  $BM_b \leftarrow \emptyset$ 
3 Baris menegak tengah,  $BM_t \leftarrow \emptyset$ 
4 Bagi semua blob, b dalam BM buat
5     Jika  $b.titiktengah < BM.titiktengah - 5$  buat
6     |      $BM_a.masukkan(b)$ 
7     Tamat
8     Sebaliknya jika  $b.titiktengah > BM.titiktengah + 5$  buat
9     |      $BM_b.masukkan(b)$ 
10    Tamat
11    Sebaliknya
12    |      $BM_t.masukkan(b)$ 
13    Tamat
14 Tamat
15 Calon plat a,  $CP_a \leftarrow$  Algoritma 3, input  $BM_a$ 
16 Calon plat b,  $CP_b \leftarrow$  Algoritma 3, input  $BM_b$ 
17 Calon plat t,  $CP_t \leftarrow$  Algoritma 3, input  $BM_t$ 
18 Calon plat,  $CP \leftarrow$  Input  $CP_a, CP_b$  dan  $CP_t$  akan dinilai.
19 Sama ada  $CP = (CP_a + CP_b) \mid CP = CP_t \mid CP = 0$ 
Output: Calon plat, CP

```

ALGORITMA 3. Analisis Komponen Blob Bercantum: Blob-Blob Dalam BM Sebaris.

**Algoritma 3:** Analisis komponen blob bercantum: blob-blob dalam BM sebaris

**Huraian** : Fasa analisis komponen blob bercantum akan melaksanakan beberapa proses.

**Input** : Baris menegak, BM

```

1 Calon plat,  $CP \leftarrow \emptyset$ 
2 Calon sementara,  $PS \leftarrow \emptyset$ 
3 Susun blob-blob dalam BM secara urutan melintang.
4 Gelung  $kira \leftarrow 0, kira > BM.saiz - 1, kira++$  buat
5     Blob A,  $b_A \leftarrow BM.blob[kira + 1]$ 
6      $PS.masukkan(b_A)$ 
7     Jika  $(kira + 1) < BM.saiz$  buat
8     |     blob B,  $b_B \leftarrow BM.blob[kira + 1]$ 
9     |     Jika  $!(input\ b_A, b_B, adalah\ bercantum\ buat)$ 
10    |     |     Jika  $ps.saiz > 2$  buat
11    |     |     |      $CP.masukkan(ps)$ 
12    |     |     |      $PS \leftarrow \emptyset$ 
13    |     |     Tamat
14    |     Sebaliknya
15    |     |      $PS \leftarrow \emptyset$ 
16    |     Tamat
17 Tamat

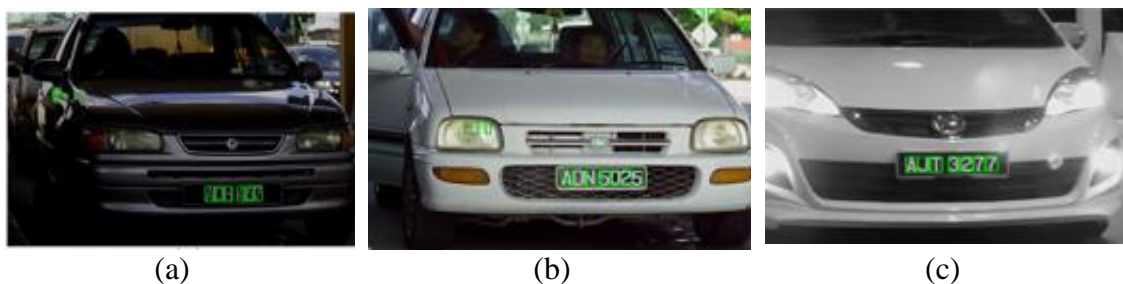
```

18 **Tamat**

19 **Tamat**

**Output:** Calon plat, CP

---



RAJAH 3. Analisis Blob Bercantum & Pengekstrakan Aksara pada pencahayaan (a) pagi, (b) petang dan (c) malam

### PENGEKSTRAKAN AKSARA

Hasil dari proses sebelumnya iaitu analisis komponen blob bercantum adalah kumpulan calon plat, *KCP* seperti pada rajah 3. Proses pengekstrakan aksara, pengecaman aksara dan pasca-pemprosesan adalah proses yang selari. Bermaksud calon plat, *CP* dalam *KCP* akan diproses satu persatu. Sekiranya rentetan aksara calon plat yang sah dijumpai, proses ini akan ditamatkan meskipun masih terdapat *CP* yang belum diproses.

Proses pengekstrakan aksara adalah amat ringkas. Ini kerana, informasi calon-calon aksara yang ingin diekstrak sudah wujud dalam *CP*. Informasi calon-calon aksara yang dimaksudkan adalah blob-blob yang telah dikelompok yang kemudiannya menjadi *CP*. Bagi setiap blob dalam *CP*, lokasi kawasan blob akan digunakan sebagai input kawasan pangkas. Satu blob mewakili satu calon aksara plat. Calon-calon aksara plat ini kemudiannya akan dihantar ke proses berikutnya iaitu pengecaman aksara.

### PENGECAMAN AKSARA DAN PASCA PEMROSESAN

Setelah calon aksara diekstrak, calon aksara akan dihantar ke modul pengelasan aksara. Modul pengelasan aksara dibangunkan menggunakan pustaka pengecaman aksara optikal Tesseract. Tesseract adalah pustaka sumber terbuka yang dibangunkan oleh pihak Google dan disebar luas di bawah perlesenan Apache, versi 2.0. Tesseract menggunakan model LSTM untuk kaedah pengelasan aksara. Rajah 2(e) dan 3 menunjukkan menunjukkan contoh pengecaman kenderaan yang diperolehi. Pasca-pemprosesan pula bertujuan untuk memastikan input iaitu rentetan aksara calon plat yang dicam berada dalam format yang betul dan juga menyediakan langkah membaikpulih ralat yang ada. Seterusnya mengesahkan output iaitu rentetan aksara plat adalah sah.

### DATASET IMEJ

Seksyen ini menyatakan set-set data imej penanda aras yang dijalankan dalam kajian ini. Terdapat dua jenis dataset kenderaan iaitu set data piawai Ondrej dan Baza Slika yang telah digunakan. Plat kenderaan Rusia mempunyai ciri hampir sama dengan plat kenderaan dari negara-negara Eropah. Set data Ondrej memiliki sebanyak 97 keping imej kenderaan yang mempunyai pelbagai posisi hadapan dan belakang. Format plat Eropah dan Rusia yang

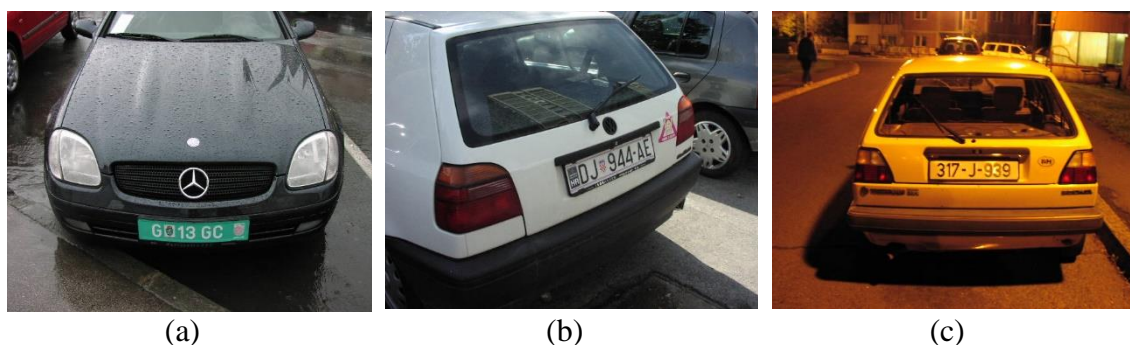


mempunyai kotak biru di sebelah kiri memberi kelebihan kepada pereka cipta sistem pengecaman plat kenderaan untuk mengesan kedudukannya dengan lebih tepat (Martinsky, 2007). Rajah 4 menunjukkan set data piawai Ondrej. Sub-rajah (a) menunjukkan imej kenderaan posisi belakang, sub-rajah (b) imej kenderaan posisi hadapan dan serong, dan sub-rajah (c) imej kenderaan posisi hadapan dan serong.



RAJAH 4. Set Data Piawai Ondrej. (a) Posisi Belakang, (b) Posisi Hadapan dan Serong, dan (c) Posisi Hadapan dan Serong  
 Sumber: Martinsky (2007)

Set data piawai Baza Slika adalah pangkalan data imej kenderaan yang menggunakan plat kenderaan eropah (Ribari, 2003). Pangkalan data ini telah merakam lebih 500 imej dalam pelbagai situasi pencahayaan (cerah, mendung, hujan, senja, dan lampu malam), jarak dan posisi kenderaan. Kajian ini telah menggunakan 217 imej sahaja yang memiliki variasi pencahayaan (cerah, mendung, senja dan lampu malam sahaja), jarak kenderaan dibawah 10 meter dari kamera dan posisi kenderaan dari hadapan dan belakang sahaja. Ini kerana, imej pada waktu hujan, jarak yang jauh (lebih 10 meter) dan lain-lain posisi kenderaan (selain posisi depan dan belakang) adalah diluar skop kajian. Sebanyak 50 imej digunakan dalam proses penalaan parameter dan selebihnya iaitu 167 imej digunakan dalam pengujian. Rajah 5 menunjukkan set data piawai Baza Slika. Sub-rajah (a) menunjukkan imej kenderaan posisi hadapan dan hujan, sub-rajah (b) imej kenderaan posisi belakang dan melintang, dan sub-rajah (c) imej kenderaan posisi belakang dan pencahayaan malam.

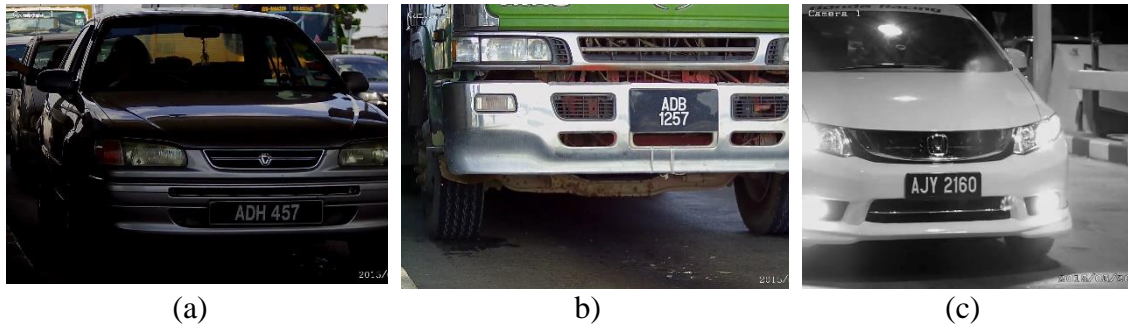


RAJAH 5. Set Data Piawai Baza Slika. (a) Posisi Hadapan dan Hujan, (b) Posisi Belakang dan Melintang, dan (c) Posisi Belakang dan Pencahayaan Malam  
 Sumber: Ribari (2003)

#### SET DATA TOL SUNGAI LONG

Set data piawai Tol Sungai Long sebanyak 584 imej diambil di kawasan lorong tunai Tol Sungai Long, Lebuhraya Kajang Silk pada tahun 2016. Set data ini diambil dengan variasi

pencahayaan yang berbeza iaitu pada waktu pagi, petang dan malam. Terdapat 297 imej pada waktu pagi, 140 imej pada waktu petang dan 147 imej pada waktu malam. Selain itu, set data ini juga memiliki pelbagai jenis variasi plat kenderaan Malaysia (Yahya, et al, 2017). Rajah 6 menunjukkan set data piawai tol Sungai Long. Sub-rajah (a) menunjukkan imej kenderaan posisi hadapan dan pencahayaan pagi, sub-rajah (b) imej kenderaan posisi hadapan dan pencahayaan petang dan sub-rajah (c) imej kenderaan posisi hadapan dan pencahayaan malam.



RAJAH 6. Set Data Piawai Tol Sungai Long. (a) Pencahayaan Pagi, (b) Posisi Hadapan dan Pencahayaan Petang, dan (c) Posisi Hadapan dan Pencahayaan Malam  
Sumber: Yahya, et al, (2017)

## KEPUTUSAN DAN ANALISIS EKSPERIMEN

Seksyen ini akan membincangkan rekabentuk, kaedah penilaian, keputusan dan analisis eksperimen setelah algoritma penyetempatan cadangan siap dibangunkan serta pengumpulan dataset telah lengkap. Kami menjalankan satu eksperimen bagi membanding kaedah penyetempatan cadangan dengan kaedah tahap pencapaian terkini pada persekitaran plat kenderaan Eropah. Eksperimen ini menggunakan set data piawai Ondrej sebanyak 97 imej dan Baza Slika sebanyak 167 imej. Eksperimen yang dijalankan dengan membuat perbandingan antara kaedah cadangan berasaskan blob dengan kaedah aras iaitu kaedah Ondrej iaitu tanpa blob. Proses penalaan parameter menggunakan separuh set data piawai Baza Slika. Manakala proses pengujian pula menggunakan set data piawai Ondrej dan set data piawai Baza Slika.

Matriks kekeliruan telah digunakan bagi menilai ketepatan penyetempatan plat kenderaan. Berdasarkan matriks kekeliruan, terdapat empat keadaan iaitu positif benar (PB), positif palsu (PP), negatif benar (NB) dan negatif palsu (NP). PB adalah keadaan di mana hasil penyetempatan menjumpai plat dengan sempurna apabila wujud plat dalam imej dan NB pula adalah sebaliknya di mana hasil penyetempatan tidak menjumpai plat apabila tiada plat dalam imej. Seterusnya, PP pula adalah keadaan dimana hasil penyetempatan menyatakan plat dijumpai namun sebenarnya plat adalah tidak wujud. Akhir sekali, NB pula adalah keadaan dimana hasil penyetempatan menyatakan plat tidak dijumpai namun sebenarnya wujud plat kenderaan dalam imej.

Selain itu, pengiraan Ukuran F, pengiraan dapatan, pengiraan kejituan dan pengiraan ketepatan adalah antara alatan pengujian yang telah digunakan dalam eksperimen ini, rujuk pada persamaan (2, 3, 4, dan 5) secara turutan.

$$Ukuran F = (2 \times Dapatan \times Kejituan) / (Dapatan + Kejituan) \quad (2)$$

$$Dapatan = PB / (PB + NP) \quad (3)$$

$$Kejituan = PB / (PB + PP) \quad (4)$$

$$Ketepatan = PB / (PB + PP + NP + NB) \quad (5)$$

Jadual 1 menunjukkan keputusan eksperimen menggunakan set data Ondrej hasil sebelum dan selepas pasca-pemprosesan. Set data ini memiliki 97 imej. Pasca-pemprosesan adalah proses membaikpulih pengecaman yang berada dalam kategori *PB* - terlebih dan *PB* - terkurang, di mana proses ini cuba mendapatkan plat yang sempurna iaitu *PB* - sempurna. Sebelum proses pasca-pemprosesan berlaku, sistem berjaya mengecam plat kenderaan dengan nilai keseluruhan positif benar, *PB*, adalah 90.72% (*PB* - sempurna 44%, *PB* - terlebih 7% dan *PB* - terkurang 39%) dan nilai negatif palsu, *NP* adalah 9%. Manakala, selepas proses pasca-pemprosesan berlaku, sistem berjaya mengecam plat kenderaan dengan nilai keseluruhan positif benar, *PB*, adalah 90.72% (*PB* - sempurna 57%, *PB* - terlebih 12% dan *PB* - terkurang 22%) dan nilai negatif palsu, *NP* adalah 9%. Tiada perubahan kepada nilai keseluruhan positif benar, *PB*.

JADUAL 1. Keputusan Eksperimen Menggunakan Set Data Ondrej Hasil Sebelum dan Selepas Pasca-Pemprosesan

Set Data Ondrej (97 imej)	Sebelum Pasca-Pemprosesan (bil. imej)	Selepas Pasca-Pemprosesan (bil. imej)
<b>PB - sempurna</b>	43 (44%)	55 (57%)
<b>PB - terlebih</b>	7 (7%)	12 (12%)
<b>PB - terkurang</b>	38 (39%)	21 (22%)
<b>PP</b>	0	0
<b>NB</b>	0	0
<b>NP</b>	9 (9%)	9 (9%)
<b>Jumlah</b>	97 (100%)	97 (100%)
<b>Kejituan</b>	100%	100%
<b>Dapatan</b>	90.72%	90.72%
<b>UkuranF</b>	95.12%	95.12%
<b>Ketepatan</b>	90.72%	90.72%

Jadual 2 menunjukkan keputusan eksperimen menggunakan set data Baza Slika hasil sebelum dan selepas pasca-pemprosesan. Set data ini memiliki 167 imej. Pasca-pemprosesan adalah proses membaikpulih pengecaman yang berada dalam kategori *PB* - terlebih dan *PB* - terkurang, di mana proses ini cuba mendapatkan plat yang sempurna iaitu *PB* - sempurna. Sebelum proses pasca-pemprosesan berlaku, sistem berjaya mengecam plat kenderaan dengan nilai keseluruhan positif benar, *PB*, adalah 94.61% (*PB* - sempurna 51%, *PB* - terlebih 16% dan *PB* - terkurang 27%) dan nilai negatif palsu, *NP* adalah 5%. Manakala, selepas proses pasca-pemprosesan berlaku, sistem berjaya mengecam plat kenderaan dengan nilai keseluruhan positif benar, *PB*, adalah 94.61% (*PB* - sempurna 58%, *PB* - terlebih 19% dan *PB* - terkurang 17%) dan nilai negatif palsu, *NP* adalah 5%. Tiada perubahan kepada nilai keseluruhan positif benar, *PB*.

JADUAL 2. Keputusan Eksperimen Menggunakan Set Data Baza Slika Hasil Sebelum dan Selepas Pasca-Pemprosesan

Set Data Baza Slika (167 imej)	Sebelum Pasca-Pemprosesan (bil. imej)	Selepas Pasca-Pemprosesan (bil. imej)
--------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------

<b>PB - sempurna</b>	86 (51%)	97 (58%)
<b>PB – terlebih</b>	27 (16%)	32 (19%)
<b>PB - terkurang</b>	45 (27%)	29 (17%)
<b>PP</b>	0	0
<b>NB</b>	0	0
<b>NP</b>	9 (5%)	9 (5%)
<b>Jumlah</b>	167 (100%)	167 (100%)
<b>Kejituan</b>	100%	100%
<b>Dapatan</b>	94.61%	94.61%
<b>UkuranF</b>	97.23%	97.23%
<b>Ketepatan</b>	94.61%	94.61%

Hasil pemerhatian mendapati proses pasca-pemprosesan membantu pengecaman plat kenderaan menghasilkan pengecaman sempurna sebanyak 7% dan dalam masa yang sama mengurangkan *PB* - terkurang sebanyak 10%. Namun begitu *PB* - terlebih meningkat sebanyak 3%. Ini terjadi kerana terdapat ralat pada proses pasca-pemprosesan di mana proses ini mengekstrak calon aksara yang lebih dari yang sepatutnya. Secara keseluruhan sistem berjaya mendapat skor ketepatan sebanyak 94.61% bagi set data Baza Slika. Jadual 3 menunjukkan keputusan dan perbandingan antara kaedah cadangan dan kaedah Ondrej menggunakan set data Ondrej (97 imej). Kaedah cadangan berjaya mendapat skor peratus ketepatan sebanyak 90.72% (88 imej) kurang dari skor kaedah Ondrej iaitu sebanyak 94.85% (92 imej).

JADUAL 3. Keputusan Penilaian Penyetempatan antara Kaedah Ondrej dan Kaedah Cadangan menggunakan Set Data Ondrej

Set Data Ondrej (97 bil. imej)	Kaedah Ondrej (bil. imej)	Kaedah Cadangan (bil. imej)
Lulus	92 (94.85%)	88 (90.72%)
Gagal	5 (5.15%)	9 (9.28%)

Kajian mendapati sebanyak 5 imej dari 9 imej yang gagal dikenal pasti kaedah cadangan memiliki nilai keamatan pencahayaan yang tinggi. Di mana projeksi menegak yang terhasil dari imej ini menyebabkan calon plat tersingkir kerana puncak baris menegak, BM tidak termasuk 3 puncak tertinggi. Manakala imej selebihnya gagal dikenal pasti kaedah cadangan disebabkan oleh proses penapisan blob pada analisis blob bercantum, di mana calon-calon aksara yang merupakan sebahagian dari calon plat dibuang menyebabkan plat kenderaan tidak sempurna. Ia seterusnya ditolak pada proses pasca-pemprosesan kerana tidak menepati piawai plat kenderaan. Namun begitu, hasil eksperimen adalah kurang memuaskan bagi kaedah cadangan dengan kadar ketepatan 90.72%. Oleh itu, set data tambahan digunakan bagi menentukan prestasi sebenar kaedah cadangan.

Jadual 4 menunjukkan keputusan dan perbandingan diantara kaedah cadangan dan kaedah Ondrej menggunakan set data Baza Slika (167 imej). Bagi set data Baza Slika, kadar ketepatan yang diperolehi kaedah cadangan adalah 94.61% (158) mengatasi peratusan yang diperolehi menggunakan kaedah ondrej iaitu sebanyak 79.04% (132).

JADUAL 4. Keputusan Penilaian Penyetempatan antara Kaedah Ondrej dan Kaedah Cadangan menggunakan Set Data Baza Slika

Set Data Baza Slika (167 bil. imej)	Kaedah Baza Slika (bil. imej)	Kaedah Cadangan (bil. imej)
Lulus	132 (79.04%)	158 (94.61%)
Gagal	35 (20.96%)	9 (5.39%)

Kajian mendapati sebanyak 3 imej dari 9 imej yang gagal dikenal pasti kaedah cadangan memiliki nilai keamatan pencahayaan yang tinggi. Di mana projeksi menegak yang terhasil dari imej ini menyebabkan calon plat tersingkir kerana puncak baris menegak, BM calon plat tidak termasuk 3 puncak tertinggi. Seterusnya, 4 imej gagal dicam plat kenderaannya adalah disebabkan fungsi penapisan blob yang telah menapis calon aksara plat seterusnya mengakibatkan calon plat hilang kelayakan menjadi calon plat yang sah. Calon aksara tersebut tertapis kerana ia tidak mematuhi spesifikasi piawai aksara yang sah. Akhir sekali, dua imej pula gagal dicam plat kenderaannya adalah disebabkan keamatan cahaya yang amat malap, menyebabkan pengesanan pinggir Canny tidak mampu mengesan pinggir dengan baik. Kajian mendapati kaedah cadangan memiliki prestasi ketepatan yang lebih baik berbanding kaedah piawai hasil eksperimen menggunakan set data plat luar negara.

Jadual 5 pula menunjukkan keputusan Set data Tol Sungai Long dengan perbandingan kaedah Firas, Husna, Ondrej dan kaedah cadangan. Bagi set data pagi dengan jumlah set data sebanyak 297, keputusan menunjukkan kadar ketepatan penyetempatan plat bagi kaedah cadangan adalah tertinggi iaitu sebanyak 91.25% berbanding kaedah yang lain diikuti dengan kaedah Ondrej, kadar ketepatan adalah 71.23%. Seterusnya bagi set data petang dengan jumlah set data sebanyak 140, kaedah cadangan dapat membuat pengecaman sebanyak 131 imej iaitu kadar ketepatan 93.75% diikuti kaedah Husna sebanyak 127 imej dengan kadar ketepatan 90.71%. Bagi set data malam pula yang mempunyai set data sebanyak 147 dan menunjukkan bahawa kaedah cadangan mempunyai kadar ketepatan tertinggi iaitu 75.51% berbanding yang lain dan merupakan kadar peningkatan terbesar.

JADUAL 5. Keputusan Set Data Tol Sungai Long dengan Membandingkan Kaedah Firas, Husna, Ondrej dan Kaedah Cadangan

Set Data	Kaedah Firas	Kaedah Husna	Kaedah Ondrej	Kaedah Cadangan
Pagi (279)	20.20%(59)	67.68%(197)	71.72%(213)	91.25%(271)
Petang (140)	42.85%(60)	90.71%(127)	77.86%(109)	93.57%(131)
Malam (147)	16.55%(25)	24.34%(36)	38.78%(57)	75.51%(111)
Jumlah (584)	24.66%(144)	61.64%(360)	64.90%(379)	87.84%(513)

Jadual 5 menjelaskan perbandingan keputusan ketepatan bagi kaedah-kaedah tahap pencapaian terkini iaitu Firas, Husna, Ondrej dan kaedah cadangan. Hasil keputusan menunjukkan kaedah cadangan memberi keputusan yang lebih baik berbanding kaedah-kaedah pencapaian terkini dengan keputusan purata ketepatan sebanyak 87.84%. Semua jenis keadaan pencahayaan dapat di atasi oleh kaedah cadangan kerana keputusannya adalah lebih tinggi berbanding kaedah tahap pencapaian terkini. Kaedah cadangan menggunakan informasi pinggir sebagai input dalam proses penganalisan blob yang menggandungi calon-calon aksara plat kenderaan. Meskipun kaedah Ondrej menerapkan konsep penganalisan unjuran menegak dan melintang namun kaedah tersebut didapati masih belum utuh. Oleh itu, kaedah

cadangan menerapkan konsep unjuran menegak menggunakan informasi pinggir yang terdapat didalam blob yang terpilih. Kaedah cadangan turut memperkenalkan penyingkiran blob setelah melakukan pemilihan calon-calon blob.

Hasil kajian mendapati terdapat lima faktor yang menyumbang kepada kegagalan penyetempatan plat kaedah cadangan pada set data Tol Sungai Long. Pertama, masalah pencahayaan terlampau malap sebanyak 23 imej (pg. 15 imej, ptg. 0 imej, mlm. 8 imej). Kedua, masalah perlingkaran cahaya, halo, sebanyak 23 imej (pg. 0 imej, ptg. 0 imej, mlm. 23 imej). Ketiga, masalah penapisan blob sebanyak 13 imej (pg. 6 imej, ptg. 2 imej, mlm. 5 imej). Keempat, masalah pencahayaan terlampau cerah sebanyak 7 imej (pg. 0 imej, ptg. 7 imej, mlm. 0 imej). Terakhir, masalah pada fasa analisis projeksi menegak sebanyak 5 imej (pg. 5 imej, ptg. 0 imej, mlm. 0 imej).

Perduaan secara pengoptimuman algoritma lebah didapati hanya menunjukkan keputusan yang baik bagi pencahayaan waktu pagi dan petang sebanyak 67.68% dan 90.71% namun begitu ia tidak dapat mengatasi kaedah cadangan kerana kaedah Husna hanya menerapkan konsep undi tertinggi apabila blob terbanyak dalam kluster itulah yang menjadi pemilihan plat kenderaan. Ini menyebabkan kaedah Husna mempunyai keputusan yang merosot pada waktu malam akibat pencahayaan yang tidak seragam. Kaedah Firas pula menerapkan konsep perduaan Gaussian setelah menganalisa fitur-fitur blob menggunakan kaedah SURF-BOW. Keputusan yang merosot diperoleh kaedah Firas pada ketiga-tiga situasi pencahayaan. Kelemahan kaedah ini ialah apabila konsep perduaan Gaussian yang diterapkan tidak mampu mengasingkan calon-calon aksara dari latar belakang dengan baik.

Kesimpulannya, kaedah cadangan mendapat skor ketepatan yang baik berbanding kaedah-kaedah piawai dengan menggunakan tiga set data piawai iaitu set data Ondrej, set data Baza Slika dan set data Tol Sungai Long. Pengujian T dilakukan bagi melihat signifikan antara dua kaedah. Kaedah yang dibandingkan adalah kaedah Ondrej dan kaedah cadangan. Hasil pengujian T mendapati nilai p adalah 0.031123274. Jika hasil pengujian mendapati nilai p kurang dari 0.05 ( $p < 0.05$ ), maka hipotesis null akan ditolak. Hasil eksperimen adalah signifikan.

## KESIMPULAN

Pengecaman plat kenderaan adalah cabang kajian klasik yang popular dalam kalangan penyelidik penglihatan komputer dan pembelajaran mesin. Matlamat kajian ini adalah untuk menguji keberkesanan penyetempatan plat kenderaan dalam situasi pencahayaan yang berbeza atau kompleks seperti pencahayaan pada waktu pagi, petang dan malam. Oleh itu, satu kaedah penyetempatan berasaskan projeksi menegak informasi pinggir blob telah dicadangkan dan diuji. Terdapat beberapa cadangan kajian masa hadapan yang dirasakan perlu untuk dikaji dengan lebih mendalam iaitu: Pengecaman plat jarak jauh. Jarak adalah antara faktor relatif yang mempengaruhi ketepatan sesebuah pengecaman plat kenderaan. Penyelidik mengasingkan cabaran jarak ini dari kelompok situasi ekstrim kerana ingin menonjolkan cabaran ini. Ini kerana, hasil dari perbincangan dengan rakan industri iaitu syarikat Synergy Saver (M) Sdn. Bhd. penyelidik mendapati antara keperluan utama industri adalah kos implementasi yang murah. Oleh itu, seandainya cabaran ini dapat diselesaikan oleh para penyelidik, kebarangkalian produk pengecaman plat kenderaan yang dihasilkan untuk digunapakai oleh industri akan meningkat. Ini kerana, jika produk berkenaan dapat mengecam

plat pada jarak jauh, kos implementasi akan mengurang kerana implementasi tidak memerlukan kamera pengawasan yang banyak.

## PERAKUAN

Kajian ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada Kementerian Pengajian Tinggi Malaysia dan Universiti Kebangsaan Malaysia kerana telah menyokong projek ini melalui kod geran PRGS/1/2016/ICT02/UKM/02/1 Skim Geran Penyelidikan Pembangunan Prototaip (PRGS) bertajuk “Intelligent Vehicle Identity Recognition for Surveillance”.

## RUJUKAN

- Abdullah, S.N.H.S., Omar, K., Zaini, A.S., Petrou, M, Khalid, M. 2016. Determining adaptive thresholds for image segmentation for a license plate recognition system. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 7(6): 510–523. <https://thesai.org/Publications/ViewPaper?Volume=7&Issue=6&Code=IJACSA&SerialNo=67>
- Abdullah, S.N.H.S., Zaini, A.S., Yilmaz, B., Abdullah, A., Othman, N.S.M. and Kok, V.J., 2019. Contour Based Tracking for Driveway Entrance Counting System. *International Journal of Integrated Engineering*, 11(4). <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/4552/2971>
- Arulmozhi, K., Perumal, S.A., Priyadarsini, C.T. & Nallaperumal, K. 2012. Image refinement using skew angle detection and correction for indian license plates. *Computational Intelligence & Computing Research (ICCIC)*, 2012 IEEE International Conference on, hlm. 1–4. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6510316>
- Das, S., Mukherjee, J. 2017. Automatic license plate recognition technique using convolutional neural network. *International Journal of Computer Applications* 169(4): 32–36. doi:10.5120/ijca2017914723. URL <http://www.ijcaonline.org/archives/volume169/number4/27975-2017914723>.
- Garcia-Ortiz, A., Amin, S., Wootton, J. 1995. Intelligent transportation systems— enabling technologies. *Mathematical and Computer Modelling* 22(4-7): 11–81. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/089571779500127N>
- Kim, D., Song, T., Lee, Y., Ko, H. 2016. Effective character segmentation for license plate recognition under illumination changing environment. In 2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (pp. 532-533). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7430718>
- Khaleel, F.M., Abdullah, S.N.H.S. & Ismail, M.K.B. 2013. License plate detection based on speeded up robust features and bag of words model. *Smart Instrumentation, Measurement and Applications (ICSIMA)*, 2013 IEEE International Conference on, hlm. 1–5. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6717937>
- Khalifa, O.O., Khan, S., Islam, M.R. and Suleiman, A. 2007. Malaysian Vehicle License Plate Recognition. *Int. Arab J. Inf. Technol.*, 4(4), pp.359-364. <http://iajit.org/PDF/vol.4,no.4/10-Othman.pdf>

- Martinsky, O. 2007. Algorithmic and mathematical principles of automatic number plate recognition systems. Brno University of technology hlm. 20–23. <http://javaanpr.sourceforge.net/anpr.pdf>
- Newman-Askins, R., Ferreira, L, Bunker, J.M. 2003. Intelligent transport systems evaluation: From theory to practice. ARRB Transport Research Ltd. <https://core.ac.uk/download/pdf/10874295.pdf>
- Ribari, Kalafati, E.a. 2003. Baza slika license plate dataset. Data retrieved from, [http://www.zemris.fer.hr/projects/LicensePlates/english/baza\\_slika.zip](http://www.zemris.fer.hr/projects/LicensePlates/english/baza_slika.zip).
- Suzuki, S., 1985. Topological structural analysis of digitized binary images by border following. *Computer vision, graphics, and image processing*, 30(1), pp.32-46. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0734189X85900167>
- Yahya, N.A.H.B., Abdullah, S.N.H.B.S., Zaini, A.S.B., Murah, M.Z., Abdullah, A.B., Basiron, S. 2017. License plate localization based on kapur optimal multi level threshold. *Cloud Computing, Data Science & Engineering-Confluence, 2017 7th International Conference on*, hlm. 77–81. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7943127>
- Zhang, H., Zhao, K., Song, Y.Z. & Guo, J. 2013. Text extraction from natural scene image: A survey. *Neurocomputing* 122: 310–323 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231213006309>
- Zherzdev, S. & Gruzdev, A. 2018. Lprnet: License plate recognition via deep neuralnetworks. arXiv preprint arXiv:1806.10447.

*Abbas Salimi Zaini*

*Siti Norul Huda Sheikh Abdullah*

*Azizi Abdullah*

*Nelson Budin Sana*

*Shariffpudin Basiron*

Fakulti Teknologi & Sains Maklumat,

Universiti Kebangsaan Malaysia.

abbassalimi@siswa.ukm.edu.my, snhsabdullah@ukm.edu.my, azizia@ukm.edu.my,

nelsonbudinbim@gmail.com, shariff@my-synergy.com