

Penelitian Deteksi Pelat Nomor Kendaraan: Kajian Pustaka

Dimas Setyawan Ramadhansyah
Jurusan Informatika
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
17523152@students.uii.ac.id

Arrie Kurniawardhani
Jurusan Informatika
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta
155230103@uui.ac.id

Abstrak— Kendaraan bermotor dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Dibutuhkan sistem transportasi cerdas yang dapat membantu manusia mengontrol lalu lintas. *Automatic Number Plate Recognition* (ANPR) adalah sistem transportasi cerdas yang mampu untuk mendeteksi pelat nomor kendaraan. Kajian pustaka ini menganalisis beberapa metode yang membahas topik mengenai deteksi pelat nomor kendaraan dari penelitian sebelumnya. Dari sepuluh literatur yang telah dikaji, *image processing* dan *deep learning* ditemukan sebagai metode untuk deteksi pelat nomor kendaraan. Metode yang digunakan *image processing*, seperti *Connected Component Support Vector Machine* (SVM), *Connected Component Labelling*, *Transformasi Hough*, dan *Transformasi Hit or Miss*. Sedangkan untuk metode yang digunakan *deep learning* adalah YOLO, *Faster-RCNN*, CNN, *Shallow CNN*, dan *Deep CNN*. Dari sepuluh literatur yang telah dikaji, *image processing* kalah unggul dibandingkan dengan *deep learning*. Beberapa penelitian yang menggunakan *image processing* belum mampu melakukan proses deteksi pelat nomor kendaraan secara *real time*, sedangkan enam penelitian yang menggunakan *deep learning* sudah berhasil berjalan secara *real time*. *Image processing* juga kalah unggul untuk hasil yang dicapai, dari keempat literatur yang menggunakan *image processing*, hanya satu yang memiliki akurasi di atas 90%. Sedangkan seluruh literatur yang menggunakan *deep learning* telah mencapai akurasi dan *mean average precision* (mAP) di atas 90%. Di antara metode-metode tersebut, YOLO dan CNN memiliki hasil yang paling tinggi untuk deteksi pelat nomor kendaraan. Meskipun berbagai metode telah diimplementasikan, belum ada satu metode pun yang berhasil digunakan untuk deteksi pelat nomor kendaraan seluruh negara. Alasannya karena perbedaan karakteristik pelat nomor kendaraan yang berbeda di setiap negara.

Kata kunci—*Deteksi Pelat Nomor Kendaraan, Image Processing, Deep Learning, Sistem Transportasi Cerdas, Kajian Pustaka.*

I. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan secara cepat. Berdasarkan data terakhir dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018, total kendaraan mencapai 146.858.759 [1]. Seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan, pelanggaran lalu lintas dan pengaturan lalu lintas menjadi masalah yang serius dan menantang di seluruh dunia [2]. Untuk mengatasi hal tersebut, dibutuhkan sistem yang mampu untuk mendeteksi berbagai jenis kendaraan secara otomatis.

Automatic Number Plate Recognition (ANPR) adalah sistem transportasi cerdas yang mampu mendeteksi pelat nomor kendaraan. Pelat nomor kendaraan merupakan identitas unik yang terpasang pada bagian depan dan belakang kendaraan bermotor. Pelat nomor di Indonesia terdiri dari dua baris, baris pertama terdiri dari huruf yang menunjukkan kode

wilayah, bagian kedua adalah angka, dan bagian ketiga adalah huruf yang mewakili kabupaten domisili pemilik kendaraan. Baris kedua menunjukkan bulan dan tahun masa berlaku yang harus diperbarui setiap lima tahun sekali [3].

Deteksi pelat nomor kendaraan telah dilakukan sejak tahun 1976 oleh kantor pengembangan ilmiah kepolisian Inggris [4]. Penelitian mengenai deteksi pelat nomor kendaraan terus dilakukan hingga saat ini menggunakan berbagai teknik dan metode untuk mendapatkan akurasi yang tinggi. Berbagai macam teknik dan metode dikembangkan namun, belum ada yang cocok untuk diterapkan di seluruh negara karena perbedaan karakteristik pelat antar negara [2].

Meskipun penelitian mengenai deteksi pelat nomor kendaraan telah mengembangkan berbagai metode, sebagian besar penelitian memiliki keterbatasan, seperti kondisi pencahayaan yang harus sempurna, kecepatan kendaraan yang dibatasi, serta menyesuaikan jarak antara kamera dan kendaraan [5].

Dalam pengaplikasiannya, sistem deteksi pelat nomor kendaraan dapat digunakan untuk pembayaran tol otomatis, mengelola tempat parkir [2], deteksi pelanggaran lalu lintas, identifikasi kendaraan curian, pengawasan perbatasan [4], dan lain-lain.

ANPR menjadi topik penelitian yang diminati dalam dua dekade belakangan ini [2]. ANPR mengandung 3 tahapan utama, yaitu: Deteksi lokasi pelat nomor kendaraan, segmentasi karakter, dan pengenalan karakter. Di antara ketiga tahapan tersebut, deteksi lokasi pelat menjadi langkah yang menantang. Apabila langkah tersebut gagal, maka akan memengaruhi untuk langkah selanjutnya. Maka, kajian pustaka ini dibuat untuk fokus membahas deteksi lokasi pelat nomor kendaraan.

Beberapa pertanyaan yang dibahas pada kajian pustaka ini di antaranya: (a) Metode apa saja yang digunakan pada penelitian sebelumnya untuk deteksi pelat nomor kendaraan? (b) Metode apa yang efektif dan efisien untuk deteksi pelat nomor kendaraan?

Analisis dan detail temuan akan disajikan sebagai berikut. Pada bagian 2 menjelaskan mengenai strategi seleksi literatur. Bagian 3 menjelaskan hasil analisis dari penelitian yang ditemukan. Bagian 4 menjelaskan kesimpulan dari kajian pustaka.

II. STRATEGI SELEKSI LITERATUR

Kajian pustaka ini mengkaji literatur-literatur terdahulu yang berkaitan dengan deteksi pelat nomor kendaraan.

A. Portal Literatur yang Digunakan

Portal literatur yang digunakan adalah ScienceDirect (<https://www.sciencedirect.com>) dan Google Scholar (<https://scholar.google.com>).

B. Batasan dalam Seleksi Literatur

Literatur dipilih dengan rentang waktu antara tahun 2015 hingga 2020. Pemilihan ini dilakukan untuk mendapatkan metode deteksi pelat nomor kendaraan terbaru. Untuk jenis literatur yang digunakan berupa jurnal.

C. Kata Kunci dan Kombinasi dalam Pencarian Literatur

Sepuluh literatur yang dikaji, dicari menggunakan kata kunci:

- *Detection number plate*
- *License detection*
- *License plate localization*
- *License plate*
- *Automatic localization number plate*
- *Number plate detection using deep learning*
- Deteksi nomor kendaraan
- Deteksi objek pelat nomor kendaraan

III. HASIL ANALISIS

A. Gambar Umum

Dari sepuluh literatur dikaji, dapat diketahui bahwa penelitian-penelitian tersebut menggunakan bermacam-macam metode dan *data set* yang berbeda. Hasil dari penelitian ini adalah sistem transportasi cerdas untuk deteksi pelat nomor kendaraan. Dari sepuluh literatur, tiga literatur meneliti lebih jauh, yaitu meneliti untuk mengenali karakter pelat nomor kendaraan. Metode mengenai penelitian sistem deteksi pelat nomor kendaraan terus dikembangkan untuk mendapatkan akurasi yang tinggi dan bisa digunakan di semua negara.

B. Metode

Dari sepuluh literatur yang dikaji, diketahui bahwa metode yang diimplementasikan pada penelitian deteksi pelat nomor kendaraan adalah metode dari *image processing* dan *deep learning*.

Penelitian [3], [10], [12], dan [14] menggunakan metode *image processing*. Penelitian yang dikaji adalah penelitian yang dilakukan di Indonesia. Langkah awal untuk *image processing* adalah pengambilan citra. Pengambilan citra dilakukan dengan meletakkan kamera di berbagai tempat. Penelitian [3] menggunakan kamera yang terpasang di gerbang parkir, sedangkan penelitian [10] menggunakan kamera CCTV yang terpasang di setiap sudut tiang lampu lalu lintas.

Langkah selanjutnya adalah *preprocessing*. Langkah ini dilakukan karena tidak semua citra yang berhasil ditangkap memiliki kondisi yang ideal untuk diproses. Ada beberapa faktor yang memengaruhi kondisi citra, seperti kualitas alat untuk menangkap citra kurang bagus, pengambilan terlalu jauh dari objek pelat nomor kendaraan, pencahayaan yang kurang atau berlebihan, faktor cuaca, dan sudut kemiringan kendaraan [10].

Rescale atau *resize* adalah proses yang umum dilakukan untuk langkah *preprocessing*. Tujuannya agar setiap citra memiliki ukuran yang sama dengan citra lainnya. Proses selanjutnya adalah membuat citra RGB yang berhasil ditangkap menjadi *grayscale*, dengan tujuan untuk mengurangi beban komputasi nilai citra dari tiga layer menjadi satu layer. *Thresholding* merupakan proses yang dilakukan setelah mengubah citra menjadi *grayscale*. *Thresholding* adalah mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner. Tujuannya untuk mendapatkan citra yang memiliki warna hitam dan putih, sehingga lebih mudah untuk membedakan masing-masing objek yang diinginkan.

Adapun tambahan proses *preprocessing* di masing-masing penelitian karena kebutuhan citra. Penelitian [3] menggunakan metode *Connected Component* dan *Support Vector Machine (SVM)*. Dilakukan proses *smoothing* menggunakan metode blur yang bertujuan untuk menghilangkan *noise* pada citra. Dilanjutkan proses *Edge Detection* untuk menemukan batas-batas antar daerah dalam citra. *Edge Detection* atau deteksi tepi digunakan untuk memisahkan antara objek (pelat nomor kendaraan) dengan latar belakang dalam sebuah citra. Metode yang digunakan untuk deteksi tepi, yaitu Operator Sobel. Operator Sobel memanfaatkan sebuah gradien besar pada citra untuk menemukan tepi citra. Proses terakhir, yaitu, Morfologi. Proses ini diperlukan untuk menganalisis bentuk dari objek digital. Operasi Morfologi ada beberapa jenis, seperti: *dilation*, *erosion*, *closing*, dan *opening*. Untuk penelitian ini menggunakan *closing*.

Penelitian [10] menggunakan algoritma *Connected Component Labelling*. Penelitian ini melakukan *labelling* setelah proses *threshold*. Tujuannya untuk menandai suatu area sebagai objek yang dikenali untuk mempermudah pendeteksian lokasi. Proses selanjutnya adalah melakukan *cropping*, yaitu memotong citra yang akan diproses. Dilanjutkan segmentasi karakter dan menghasilkan output, yaitu citra gambar pelat kendaraan hasil *scanning* menggunakan algoritma *Connected Component Labeling*.

Penelitian [12] yang berjudul “Deteksi Objek Nomor Kendaraan pada Citra Kendaraan Bermotor” menggunakan Operator Prewitt untuk proses *Edge Detection*. Operator ini memiliki hasil yang baik untuk diterapkan pada citra yang kompleks. Operator Prewitt menggunakan dua kernel matriks ukuran 3x3. Proses selanjutnya adalah *dilation*. *Dilation* merupakan salah satu proses operasi morfologi dengan melakukan perbandingan nilai piksel pada objek dengan nilai piksel pada pusat struktur elemen. Apabila nilai berbeda maka, intensitas piksel akan diubah mengikuti intensitas objek. Proses terakhir adalah segmentasi, proses ini untuk memisahkan wilayah objek citra dengan latar belakang.

Penelitian [14] menggunakan dua metode, yaitu *Transformasi Hough* dan *Transformasi Hit or Miss*. Keefektifan sistem diukur menggunakan *recall* dan *precision*. Kegagalan sistem dipengaruhi oleh bentuk kualitas citra, tingkat kecerahan citra, posisi kemiringan citra, keberagaman bentuk citra, dan kurang tegas karakter “B” dalam bentuk binerisasi.

Tabel I menunjukkan perbandingan metode *image processing* yang dikaji untuk mendapatkan informasi mengenai deteksi pelat nomor kendaraan.

TABEL I. PERBANDINGAN METODE *IMAGE PROCESSING*

Nomor Pustaka	Metode	Objek yang Dideteksi	Hasil
[3]	<i>Connected Component</i> dan <i>Support Vector Machine</i> (SVM)	Pelat nomor pada mobil dan motor	Deteksi pelat kendaraan beroda 2 dan 4 sebanyak 78%
[10]	<i>Connected Component Labeling</i>	Pelat nomor pada semua jenis kendaraan	Tidak disebutkan
[12]	Operator Morfologi	Pelat nomor pada Motor	Mendapatkan keakuratan sebesar 98%
[14]	<i>Transformasi Hough</i> dan <i>Transformasi Hit or Miss</i>	Pelat nomor pada mobil dan motor	Untuk keberhasilan dengan <i>threshold</i> 0,75 adalah 76%, <i>threshold</i> 0,8 adalah 72%, dan <i>threshold</i> 0,85 adalah 48%

Didapatkan informasi mengenai objek yang dideteksi dan hasil dengan metode *image processing* yang ditunjukkan pada tabel I di atas. Hasil penelitian menggunakan *image processing* masih kurang memuaskan, meskipun ada satu penelitian berhasil mencapai akurasi di atas nilai 90%, tetapi tiga penelitian lainnya belum bisa mencapai hasil di atas 90%. Untuk deteksi pelat nomor kendaraan secara *real time* juga belum bisa dilakukan di seluruh penelitian. Hanya penelitian [3] dan [10] saja yang berhasil melakukan secara *real time*. *Real time* dibutuhkan untuk melakukan pengaturan lalu lintas secara langsung.

Penelitian [2], [5], [6], [7], [8], dan [11] menggunakan metode *deep learning*. Penelitian yang dikaji, diambil dari berbagai negara yang berbeda. Dari sepuluh penelitian yang dikaji, penelitian [4], [10], dan [11] tidak hanya membahas deteksi pelat nomor kendaraan tetapi meneliti pengenalan karakter kendaraan juga.

Penelitian [2] menggunakan metode *Faster Region Convolutional Neural Network (Faster-RCNN)*. Metode yang diusulkan adalah gabungan beberapa *Faster-RCNN* yang dilakukan di negara Iraq. *Preprocessing* tidak dilakukan karena *Faster-RCNN* cukup handal untuk menghadapi *noise* dan efek lainnya. Metode ini menggunakan tiga modul *Faster-RCNN*, pada masing-masing modul menggunakan model *Convolutional Neural Network (CNN)* terlatih yaitu *AlexNet*, VGG16, VGG19. Arsitektur *AlexNet* mengandung lima *convolutional layer* dan tiga *fully connected layer*. Untuk VGG16 mengandung 13 *convolutional layer* dan tiga *fully connected layer*, VGG19 mengandung 16 *convolutional layer* dan tiga *fully connected layer*. Setiap modul *Faster-RCNN* dilatih independen kemudian hasilnya digabung dalam lapisan *fusing*. Pengujian dilakukan menggunakan 100 citra. Metode yang diusulkan mendeteksi 97 citra dengan tepat yang membuat akurasi penelitian menjadi 97%.

Penelitian [5] menggunakan metode You Only Look Once (YOLO). Penelitian ini tidak berhenti pada mendeteksi lokasi pelat nomor kendaraan, tetapi melanjutkan hingga pengenalan karakter pelat nomor kendaraan. Penelitian dilakukan dengan

membagi menjadi 37 kelas untuk pengenalan seluruh karakter, dari huruf A hingga Z (kecuali O) dan angka 1 hingga 10. Karena huruf O dan angka 0 memiliki bentuk yang sama maka akan diabaikan. Untuk akurasi deteksi pelat nomor kendaraan yang didapatkan adalah 100% dan 91 % untuk pengenalan karakter pelat nomor kendaraan.

Penelitian [6] menggunakan dua metode, yaitu *Shallow CNN* dan *Deep CNN*. *Shallow CNN* digunakan untuk menghapus latar belakang citra dengan cepat, penghapusan latar belakang ini bertujuan untuk mengurangi proses komputasi. *Deep CNN* digunakan untuk deteksi pelat nomor kendaraan. Kekurangan penggunaan CNN adalah proses komputasi yang tinggi, dengan dibantu menggunakan *Shallow CNN*, dapat mengurangi proses komputasi. Citra diambil dengan kondisi yang berbeda-beda. Penelitian ini juga membandingkan metode *baseline* dengan *Shallow CNN* bersama *Deep CNN*. *Shallow CNN* bersama *Deep CNN* menghasilkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode *baseline*. Akurasi *Shallow CNN* dan *Deep CNN* ketika pelatihan mendapatkan hasil 99,2% dan pengujian mendapatkan akurasi 98,1%.

Penelitian [7] menggunakan metode *Faster-RCNN* dan CNN, *Faster-RCNN* digunakan untuk deteksi lokasi pelat nomor dan CNN untuk pengenalan karakter pada pelat nomor. *Faster-RCNN* dipilih karena kemampuan mengidentifikasi objek kecil dengan kecepatan tinggi. Penelitian ini tidak berhenti pada deteksi lokasi pelat, tetapi dilanjutkan hingga ke tahap pengenalan pelat nomor kendaraan. Penelitian yang dilakukan di India ini memilih untuk membandingkan antara model VGG16 dan ResNet-50. ResNet-50 bekerja lebih baik dibandingkan VGG16. mAP yang dihasilkan Resnet-50 mencapai 94,98% sedangkan *mean average precision* (mAP) menggunakan VGG16 mencapai 91,43%.

Penelitian [8] menggunakan metode YOLO yang dilakukan di negara Bhutan. Penelitian ini melakukan deteksi objek kendaraan terlebih dahulu sebelum melanjutkan mendeteksi letak pelat nomor kendaraan. Hal itu dilakukan untuk menghilangkan *false positive* yang dihasilkan oleh papan yang memiliki karakteristik mirip, seperti pelat nomor kendaraan. Metode YOLO diusulkan karena banyak digunakan dalam aplikasi *real time*. Untuk mendeteksi secara bersamaan antara deteksi objek kendaraan dengan pelat nomor kendaraan digunakan YOLO *single convolutional neural network*. YOLO telah dilatih 20 kelas yang mencakup untuk deteksi kendaraan dan pelat nomor. YOLO dilatih selama 7000 *epoch* dengan 64 *batch* dan ukuran gambar 608 x 608. Penelitian ini memberikan *mean average precision* (mAP) sebesar 98,6% dengan *training loss* 0,0231.

Penelitian [11] menggunakan metode CNN, metode ini digunakan untuk deteksi dan pengenalan pelat nomor kendaraan. Kelebihan metode CNN adalah dapat digunakan di berbagai kondisi, seperti pengambilan cahaya, sudut yang berbeda, dan bisa deteksi pelat nomor kendaraan yang memiliki bentuk serta ukuran yang berbeda. Akurasi yang didapatkan untuk pelat nomor kendaraan US adalah 93,44% dan Eropa sebanyak 94,55%

Tabel II menunjukkan perbandingan metode *deep learning* yang dikaji, untuk mendapatkan informasi mengenai deteksi pelat nomor kendaraan.

TABEL II. PERBANDINGAN METODE DEEP LEARNING

Nomor Pustaka	Metode	Hasil	Metode Pelatihan dan Pengujian
[2]	<i>Faster Region Convolutional Neural Network (Faster-RCNN)</i> dan <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	Akurasi penelitian ini adalah 97%. 97 citra berhasil diuji dari 100 citra yang ada.	Pelatihan dan pengujian dilakukan di MATLAB dengan melakukan pengujian menggunakan 100 gambar yang dipilih secara acak, dibalik, dan diputar 5 dan 10 derajat.
[5]	YOLO	Akurasi untuk deteksi pelat nomor kendaraan adalah 100%, tetapi untuk akurasi pengenalan karakter pelat nomor mendapatkan akurasi 91%.	Pengujian dilakukan menggunakan 90% dari <i>data set</i> dan 10% untuk pengujian. Menggunakan Darknet framework untuk pelatihan dan pengujiannya.
[6]	<i>Deep CNN</i> dan <i>Shallow CNN</i>	Akurasi untuk pelatihan mendapatkan hasil 99,2% dan untuk pengujian mendapatkan akurasi 98,1%.	Penelitian menggunakan 8400 citra, 1200 citra digunakan untuk validasi, dan 800 citra untuk pengujian
[7]	<i>Faster Region Convolutional Neural Network (Faster-RCNN)</i>	mAP keseluruhan mencapai 94,98% yang mencakup semua jenis kendaraan.	2209 citra digunakan untuk pelatihan dan 597 digunakan untuk pengujian.
[8]	<i>You Only Look Once (YOLO)</i>	Penelitian memberikan mAP sebesar 98,6% dengan <i>training loss</i> 0,0231.	Metode pelatihan menggunakan 20 kelas yang mencakup untuk deteksi kendaraan dan pelat nomor. Pelatihan sebanyak 7000 <i>epoch</i> dengan ukuran 64 <i>batch</i> . Dengan memilih iterasi ke-5000
[11]	CNN	Akurasi untuk pelat nomor US adalah 93,44%, sedangkan akurasi untuk pelat nomor Eropa sebanyak 94,55%.	Pelatihan dengan citra pelat nomor kendaraan US sebanyak 348 citra dan 608 citra pelat nomor kendaraan Eropa. 20 pelat US dihapus dari 348 citra dan 58 citra dihapus dari 608 karena susah untuk dideteksi karena blur, pencahayaan

Didapatkan informasi mengenai hasil dan metode pelatihan serta pengujian dengan metode *deep learning* yang ditunjukkan pada tabel II di atas. Metode *deep learning* lebih unggul apabila dibandingkan dengan *image processing*. Karena akurasi dan mAP yang dihasilkan memiliki nilai di atas 90%. Metode *deep learning* juga berhasil untuk melakukan deteksi pelat nomor kendaraan secara *real time*. Oleh karena itu *deep learning* merupakan metode yang efektif dan efisien untuk penelitian mengenai deteksi pelat nomor kendaraan.

C. Data set

Tabel III memberikan informasi *data set* yang digunakan masing-masing literatur.

TABEL III. DATA SET YANG DIGUNAKAN MASING-MASING LITERATUR

Nomor Pustaka	Data yang Digunakan
[2]	502 citra dengan pengambilan berbagai macam lingkungan dan kondisi, seperti cuaca mendung, hujan, dan malam. Untuk jenis kendaraan, seperti mobil, truk, bus, dan <i>mini bus</i> .
[5]	6.500 citra pelat nomor kendaraan yang diambil pada posisi mobil bergerak dan diam pada siang dan malam hari. Citra diambil menggunakan tiga kamera pribadi yang berbeda.
[6]	<i>BIT-Vehicle Dataset</i> . Berisi 10.400 citra kendaraan berlabel.
[7]	Citra diambil menggunakan kamera pribadi berupa video frame. Semua jenis kendaraan diambil di India dengan jumlah citra sebanyak 2.806, dengan pembagian, yaitu 2.209 citra untuk pelatihan dan 597 untuk pengujian.
[8]	<i>Data set</i> diperoleh dari video <i>frame</i> yang terdiri dari 1.014 citra pelat nomor kendaraan Bhutan.
[10]	Citra dari kamera CCTV yang terpasang disetiap sudut tiang lampu lalu lintas di Medan, Indonesia.
[11]	Menggunakan 2 <i>data set</i> , yaitu pelat nomor US dan Eropa.

Data yang diberikan pada tabel III di atas berisikan *data set* berupa citra dan video yang mengambil bagian depan dan belakang kendaraan. *Data set* yang disebutkan sebagian besar diambil menggunakan kamera pribadi. Beberapa penelitian di antaranya juga tidak menyebutkan nama *data set*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan kajian yang telah dilakukan, kebutuhan akan sistem transportasi cerdas meningkat seiring dengan peningkatan kendaraan yang bertambah dari tahun ke tahun. Penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 1976 oleh kantor pengembangan ilmiah kepolisian Inggris hingga sekarang ini sudah mengembangkan berbagai teknik dan metode. Berdasarkan literatur yang telah dikaji, metode *image processing* dan *deep learning* menjadi metode yang digunakan untuk penelitian deteksi pelat nomor kendaraan.

Penelitian menggunakan *image processing* dan *deep learning* terus dilakukan untuk mencapai akurasi yang tinggi. Penggunaan *image processing* kalah unggul dibandingkan dengan *deep learning*. Berdasarkan kajian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa *image processing* belum seluruhnya bisa untuk melakukan penelitian secara *real time*. Beberapa metode *image processing*, yaitu *Connected Component*, *SVM*, *Connected Component Labelling* dan *Transformasi Hough* dan *Transformasi Hit or Miss*. Untuk akurasinya belum mencapai nilai 90%.

Deep learning memiliki beberapa metode yang dikembangkan, seperti YOLO, Faster-RCNN, CNN, *Shallow CNN*, dan *Deep CNN*. *Deep learning* sudah bisa mendeteksi pelat nomor kendaraan secara *real time* dan berhasil mencapai akurasi dan mAP di atas 90%. Dilihat dari hasil sepuluh literatur yang dikaji, *deep learning* lebih unggul dibandingkan dengan *image processing*.

Dari kesimpulan tersebut, dapat digunakan untuk menjawab pertanyaan yang muncul sebelumnya. (a) Metode yang digunakan untuk penelitian sebelumnya menggunakan *image processing* dan *deep learning*. Beberapa metode *image processing* yang digunakan, yaitu *Connected Component*, *SVM*, *Connected Component Labelling* dan *Transformasi*

Hough dan *Transformasi Hit or Miss*. Sedangkan untuk *deep learning* menggunakan metode, seperti *YOLO*, *Faster-RCNN*, *CNN*, *Shallow CNN*, dan *Deep CNN*. (b) Untuk metode yang efektif dan efisien digunakan untuk deteksi plat nomor kendaraan adalah metode *deep learning*. Alasannya karena seluruh penelitian menggunakan *deep learning* sudah bisa dilakukan secara *real time* dan memiliki akurasi yang tinggi.

Dari temuan tersebut, penulis menilai bahwa *YOLO* dan *CNN* dapat digunakan untuk penelitian “Deteksi Pelat Nomor Kendaraan” karena kemampuan untuk mendeteksi secara *real time* dan mendapatkan akurasi yang tinggi.

REFERENSI

- [1] *Badan Pusat Statistik*. (n.d.). Retrieved November 23, 2020, from <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>
- [2] Omar, N., Abdulazeez, A. M., Sengur, A., & Al-Ali, S. G. S. (2020). Fused faster RCNNs for efficient detection of the license pelates. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 19(2), 974–982. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v19.i2.pp974-982>
- [3] Budianto, A., Adji, T. B., & Hartanto, R. (2015). Deteksi Nomor Kendaraan Dengan Metode Connected Component Dan Svm. *Jurnal Teknologi Informasi Magister Darmajaya*, 1(01), 106–117.
- [4] Damak, T., Kriaa, O., Baccar, A., Ayed, M. A. Ben, & Masmoudi, N. (2020). *Automatic Number Pelate Recognition System Based on Deep Learning*. 14(April), 1–6. https://www.researchgate.net/publication/340446873_Automatic_Number_Pelate_Recognition_System_based_on_Deep_Learning/citation/download
- [5] Naren Babu, R., Sowmya, V., & Soman, K. P. (2019). Indian Car Number Pelate Recognition using Deep Learning. *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies, ICICICT 2019*, 1269–1272. <https://doi.org/10.1109/ICICICT46008.2019.8993238>
- [6] Zou, L., Zhao, M., Gao, Z., Cao, M., Jia, H., & Pei, M. (2018). License Pelate Detection with Shallow and Deep CNNs in Complex Environments. 2018.
- [7] Ravirathinam, P., & Patawari, A. (2019). Automatic license pelate recognition for indian roads using faster-RCNN. *Proceedings of the 11th International Conference on Advanced Computing, ICoAC 2019*, 275–281. <https://doi.org/10.1109/ICoAC48765.2019.246853>
- [8] Jamtsho, Y., Riyamongkol, P., & Waranusast, R. (2020). Real-time Bhutanese license pelate localization using YOLO. *ICT Express*, 6(2), 121–124. <https://doi.org/10.1016/j.icte.2019.11.001>
- [9] Slimani, I., Zaarane, A., Al Okaishi, W., Atouf, I., & Hamdoun, A. (2020). An automated license pelate detection and recognition system based on wavelet decomposition and CNN. *Array*, 8(September), 100040. <https://doi.org/10.1016/j.array.2020.100040>
- [10] Hardiyanti, K. (2020). Scanning Pelat Kendaraan Pada Apill Area Dengan Menerapkan Algoritma Connected Component Labelling. 1(2), 49–56.
- [11] Masood, S. Z., Shu, G., Dehghan, A., & Ortiz, E. G. (2017). License pelate detection and recognition using deeply learned convolutional neural networks. *ArXiv*.
- [12] Anwariyah, K., Sains, F., & Teknologi, D. (2020). Deteksi Objek Nomor Kendaraan Pada Citra Kendaraan Bermotor (Detection of Vehicle License Objects in Motorized Vehicle Images). *Journal.Sekawan-Org.Id*, 1(4), 311–317. <http://journal.sekawan-org.id/index.php/jtim/article/view/65>
- [13] Puspito, Y., Setyawan, F. A., & Fitriawan, H. (2018). Deteksi Posisi Pelat Nomor Kendaraan Menggunakan Metode Transformasi Hough dan Hit or Miss. *Electrician*, 12(3), 118. <https://doi.org/10.23960/elc.v12n3.2084>
- [14] Menon, A., & Omman, B. (2018). Detection and Recognition of Multiple License Pelate from Still Images. *2018 International Conference on Circuits and Systems in Digital Enterprise Technology, ICCSDET 2018*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCSDET.2018.8821138>
- [15] Harani, N. H., Prianto, C., & Hasanah, M. (2019). Deteksi Objek Dan Pengenalan Karakter Pelat Nomor Kendaraan Indonesia Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Berbasis Python. *Jurnal Teknik Informatika*, 11(3), 47–53. <https://ejurnal.poltekpos.ac.id/index.php/informatika/article/view/658>
- [16] *Badan Pusat Statistik*. (n.d.). Retrieved November 23, 2020, from <https://www.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/1133>