

Klasifikasi Fundus *Diabetic Retinopathy* Menggunakan *Deep Learning*

Gusti Rafi Afkariansyah¹⁾ Jusak²⁾ Heri Pratikno³⁾ Pauladie Susanto⁴⁾

Program Studi/Jurusan Teknik Komputer
Universitas Dinamika

Jl. Raya Kedung Baruk 98 Surabaya, 60298

Email: 1) 18410200008@dinamika.ac.id, 2) jusak@dinamika.ac.id, 3) heri@dinamika.ac.id, 4) pauladie@dinamika.ac.id

Abstrak: *Diabetic Retinopathy* adalah salah satu penyakit yang terjadi pada seseorang yang menderita penyakit diabetes, penyakit ini menimbulkan kerusakan pada mata penderita, yang apabila tidak ditangani sejak dini mengakibatkan kebutaan. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Dinda Ulina R.Y., meneliti *Diabetic Retinopathy* dengan mengklasifikasi tingkat keparahan dari NPDR (*Non-Poliferative Diabetic Retinopathy*) yang dibagi menjadi 2 tingkatan yaitu *moderate* (sedang) dan *severe* (parah). Penelitian ini mengklasifikasi tingkat keparahan pada NPDR berdasarkan *hard exudate* menggunakan ELM (*Extreme Learning Machine*), input yang digunakan citra fundus retina adalah yang memiliki *exudate* dan teridentifikasi *moderate* NPDR atau *severe* NPDR. Terdapat lima model arsitektur *pre-trained model* yang berbeda antara satu dengan yang lain yang digunakan. Pada penelitian ini, dirancang sebuah program menggunakan *deep learning* untuk mengklasifikasi fundus mata *diabetic retinopathy* dengan model arsitektur *VGG-16*, *VGG-19*, *ResNet-101*, *ResNet-50* serta model arsitektur *Inception*. Dengan adanya variasi dari *pre-trained model* yang digunakan, dapat ditentukan sebuah model yang memiliki akurasi dan tingkat komputasi terbaik, sehingga dapat menghasilkan prediksi yang lebih akurat. Dari hasil pengujian 5 model *pre-trained network*, terdapat satu model yang paling efektif yaitu *Inception*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh 5 *Pre-trained model network* yang digunakan dapat berjalan dengan baik dan lancar. Hasil training dari arsitektur *Inception V3* menghasilkan nilai akurasi paling tinggi dibandingkan dengan empat arsitektur lainnya, dengan memberikan hasil akurasi hingga 75.61% pada epochs ke 20 dengan total waktu komputasi selama 13.300 detik.

Kata Kunci: *Diabetic Retinopathy*, *Deep Learning*, *Pre-trained model network*

Diabetic Retinopathy adalah salah satu penyakit mata yang terjadi akibat dari komplikasi yang mempengaruhi mata penderita penyakit diabetes. *Diabetic Retinopathy* terjadi disebabkan oleh kerusakan pada pembuluh darah pada jaringan yang berada pada bagian belakang mata (retina). Salah satu faktor yang dapat mengakibatkan kerusakan ini adalah gula darah yang tidak terkontrol dengan baik. *Diabetic Retinopathy* mengakibatkan seseorang kehilangan kemampuan penglihatannya dan keadaan yang parah dapat mengakibatkan kebutaan.

Penelitian sebelumnya, meneliti *Diabetic Retinopathy* dengan mengklasifikasi tingkat keparahan dari NPDR (*Non-Poliferative Diabetic Retinopathy*) yang dibagi menjadi 2 tingkatan yaitu *moderate* (sedang) dan *severe* (parah). Penelitian ini mengklasifikasi tingkat keparahan pada NPDR

berdasarkan *hard exudate* menggunakan ELM (*Extreme Learning Machine*), input yang digunakan citra fundus retina adalah yang memiliki *exudate* dan teridentifikasi *moderate* NPDR atau *severe* NPDR (Yani, 2017).

Pada penelitian ini, beberapa metode yang digunakan untuk mengklasifikasi *Diabetic Retinopathy* adalah diantaranya adalah model arsitektur *VGG-16*, *VGG-19*, *ResNet-101*, *ResNet-50* serta model arsitektur *Inception*. Dengan membandingkan lima metode tersebut, dapat membantu dalam mengidentifikasi model arsitektur yang memiliki akurasi tinggi dengan tidak mengorbankan waktu yang dibutuhkan dalam menjalankan sebuah model arsitektur.

LANDASAN TEORI

Deep Learning

Deep Learning merupakan salah satu dari bermacam-macam Machine Learning yang memiliki sebuah tugas untuk melatih sebuah komputer untuk menjalankan sebuah perintah secara spesifik. Perintah-perintah tersebut dapat berupa deteksi sebuah objek, indentifikasi gambar maupun memanifestasikan sebuah prediksi (Arsal et al., 2020).

VGG-16

VGG-16 merupakan model dari CNN (Convolution Neural Network) dan juga variasi dari VGG model yang memiliki 16 layer konvolusi. Dengan 3 layer fully connected, 5 layer max-pooling dan 1 layer softmax. Pada saat training dilakukan, model ini membutuhkan input berupa gambar dengan ukuran pixel sebesar 224 x 224 pixel (Simonyan & Zisserman, 2015).

VGG-19

VGG-19 adalah salah satu model arsitektur yang berasal dari VGGNet. Model ini memiliki 19 layer konvolusi. Dengan 3 layer fully connected, 5 layer max-pooling dan 1 layer softmax. Pada saat training dilakukan, model ini membutuhkan input berupa gambar dengan ukuran pixel sebesar 224 x 224 pixel.

ResNet-101

ResNet-101 merupakan salah satu variasi dari model Residual Network. Model arsitektur ini memiliki 101 layer Convolutional Neural Network. Model arsitektur ini telah dilatih sebelumnya pada dataset ImageNet yang memiliki lebih dari 100.000 data image pada 200 kategori yang berbeda.

ResNet-50

ResNet-50 merupakan salah satu variasi dari model Residual Network yang memiliki 48 layer konvolusi serta 1 layer MaxPooling dan juga 1 layer Average Pool Layer. Model arsitektur ini dapat menggunakan data input berupa image dengan ukuran pixel 224 x 224.

Inception V3

Inception V3 merupakan salah satu varian dari Inception Family yang memiliki sebanyak 48 layer. Model arsitektur ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi sebuah input berupa gambar dengan ukuran pixel 299 x 299.

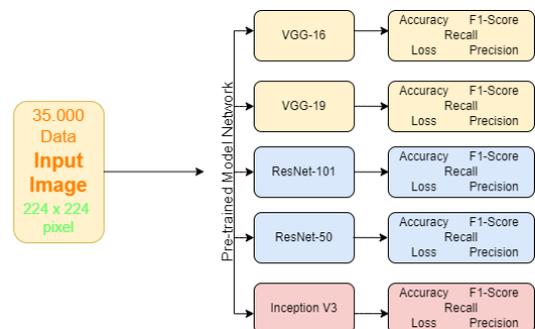
ResNet-50

Diabetic Retinopathy gangguan pada mata yang terjadi pada penderita diabetes. Penyebabnya adalah komplikasi dari penyakit diabetes yang memicu penyumbatan pada pembuluh darah dibagian retina mata. Pada penderita diabetes, kadar gula darah yang tinggi secara perlahan menyumbat pembuluh darah tersebut, sehingga asupan darah pada retina berkurang. Akibatnya retina membentuk pembuluh darah baru untuk mencukupi kebutuhan darah, tetapi pembuluh darah yang baru tidak berkembang secara sempurna, sehingga rentan pecah atau bocor (Willy; tjin, 2019).

METODE PENELITIAN

Dalam pengerjaan penelitian ini mempunyai tujuan untuk membuat sebuah sistem yang dapat melakukan klasifikasi dan mengevaluasi citra fundus Diabetic Retinopathy menggunakan lima macam Pre-trained Deep Learning model dengan parameter uji meliputi Error-rate, Accuracy, Precision, F1-Score dan Recall.

Perancangan Perangkat Lunak (Software)



Gambar 1. Model perancangan

1. *Input*: Dataset yang digunakan dalam klasifikasi citra fundus Diabetic Retinopathy ini merupakan dataset yang dapat diakses oleh public melalui website Kaggle.com.
2. Setelah menyiapkan dataset yang diperlukan, konten yang berada pada dataset dimasukkan kedalam beberapa model arsitektur yang telah disiapkan. pada penelitian ini model arsitektur yang digunakan untuk perbandingan diantaranya adalah, model arsitektur VGG-16, VGG-19, ResNet-101, ResNet-50 serta Inception V3.
3. *Output*: Setelah masing-masing Pre-trained model dijalankan secara utuh, tiap-tiap model arsitektur menampilkan nilai akurasi. Nilai

ini diolah agar dapat menentukan nilai akurasi rata-rata dari masing-masing Pre-trained Model yang telah dijalankan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Deteksi *Object*

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengkomparasi hasil akurasi dari tiap-tiap Pre-trained model network, serta menentukan model pre-trained mana yang memiliki tingkat akurasi paling tinggi dengan tingkat komputasi yang rendah

Prosedur Pengujian Komparasi 5 Pre-trained Model Network

1. Memberikan input data yang sama pada tiap-tiap pre-trained model network yang digunakan.
2. Menjalankan proses training pada tiap-tiap pre-trained model network.
3. Mengambil data akurasi serta waktu komputasi pada epochs ke-10, 15, 20.

Pengujian Akurasi *Person Detection*

Tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan nilai akurasi program yang digunakan untuk mendeteksi *diabetic retinopathy*.

Tabel 1. Hasil nilai parameter VGG-16

VGG-16					
Epoch	Loss	Accuracy (%)	Precision	F1-Score	Recall
5	0.781	74.49%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.84	Class 0 : 0.98
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.16	Class 2 : 0.01	Class 2 : 0.01
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.03	Class 4 : 0.02	Class 4 : 0.01
10	0.745	74.49%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.84	Class 0 : 0.98
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.12	Class 2 : 0.02	Class 2 : 0.01
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.04	Class 4 : 0.03	Class 4 : 0.02
15	0.792	73.83%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.84	Class 0 : 0.98
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.15	Class 2 : 0.02	Class 2 : 0.01
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
20	0.784	74.22%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.84	Class 0 : 0.98
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.21	Class 2 : 0.02	Class 2 : 0.01
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00

Berdasarkan tabel diatas, terlihat bahwa nilai accuracy pada epochs 5, 10, 15, maupun 20 memiliki hasil yang serupa, yaitu berada pada range 73%-74%, sedangkan nilai loss berkisar antara range 0.74 hingga 0.79. Pada parameter precision, recall, dan F1-score terdapat hasil uji yang memiliki nilai 0.00, hal ini terjadi pada beberapa class yang berbeda-beda.

Tabel 2. Hasil nilai parameter VGG-19

VGG-19					
Epoch	Loss	Accuracy (%)	Precision	F1-Score	Recall
5	0.77	74.00%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.82	Class 0 : 0.94
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.20	Class 2 : 0.07	Class 2 : 0.04
			Class 3 : 0.05	Class 3 : 0.04	Class 3 : 0.03
			Class 4 : 0.04	Class 4 : 0.03	Class 4 : 0.02
10	0.759	74.13%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.84	Class 0 : 0.98
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.22	Class 2 : 0.03	Class 2 : 0.02
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.02	Class 4 : 0.01	Class 4 : 0.01
15	0.757	74.08%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.80	Class 0 : 0.90
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.16	Class 2 : 0.12	Class 2 : 0.10
			Class 3 : 0.03	Class 3 : 0.01	Class 3 : 0.01
			Class 4 : 0.04	Class 4 : 0.03	Class 4 : 0.02
20	0.76	74.86%	Class 0 : 0.72	Class 0 : 0.82	Class 0 : 0.95
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.16	Class 2 : 0.06	Class 2 : 0.04
			Class 3 : 0.05	Class 3 : 0.02	Class 3 : 0.01
			Class 4 : 0.05	Class 4 : 0.03	Class 4 : 0.03

Berdasarkan tabel diatas, terlihat bahwa nilai accuracy pada epochs 5, 10, 15, maupun 20 memiliki hasil yang serupa, yaitu berada pada range 74%-74.86%, sedangkan nilai loss berkisar antara range 0.75 hingga 0.76. Pada parameter precision, recall, dan F1-score terdapat hasil uji yang memiliki nilai 0.00, hal ini terjadi pada beberapa class yang berbeda-beda.

Tabel 3. Hasil nilai parameter ResNet-101

ResNet-101					
Epoch	Loss	Accuracy (%)	Precision	F1-Score	Recall
5	0.876	73.72%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.85	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
10	0.869	73.48%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.85	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
15	1.055	74.15%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.77	Class 0 : 0.81
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.14	Class 2 : 0.14	Class 2 : 0.14
			Class 3 : 0.05	Class 3 : 0.05	Class 3 : 0.06
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
20	0.882	73.67%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.84	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00

Hasil yang di dapat dari pengujian pada arsitektur ResNet-101, menghasilkan nilai akurasi dengan rentan nilai dari 72% hingga 74%, sedangkan hasil yang didapatkan pada nilai loss adalah pada rentan nilai 0.86 hingga 1.05. Terdapat nilai 0.00 yang tampil pada class 1, 2, 3, 4, sedangkan pada class 0, selalu didapati nilai yang mendekati dengan 1.0.

Tabel 4. Hasil nilai parameter ResNet-50

ResNet-50					
Epoch	Error-rate	Accuracy (%)	Precision	F1-Score	Recall
5	0.8754	73.03%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.84	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
10	0.7806	72.75%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.84	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
15	0.7859	73.86%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.82	Class 0 : 0.93
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.14	Class 2 : 0.07	Class 2 : 0.05
			Class 3 : 0.01	Class 3 : 0.01	Class 3 : 0.01
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
20	0.8329	73.84%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.85	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00

Hasil yang di dapat dari pengujian pada arsitektur ResNet-50, menghasilkan nilai akurasi dengan rentan niai dari 72% hingga 74%. Sedangkan hasil yang didapatkan pada nilai loss adalah pada rentan nilai 0.86 hingga 1.05. Terdapat nilai 0.00 yang tampil pada class 1, 2, 3, 4, sedangkan pada class 0, selalu didapati nilai yang mendekati dengan 1.0.

Tabel 5. Hasil nilai parameter Inception V3

Inception V3					
Epoch	Loss	Accuracy (%)	Precision	F1-Score	Recall
5	0.7756	73.11%	Class 0 : 0.73	Class 0 : 0.84	Class 0 : 0.99
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
10	0.8755	73.44%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.85	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
15	0.7859	73.86%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.82	Class 0 : 0.93
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.14	Class 2 : 0.07	Class 2 : 0.05
			Class 3 : 0.01	Class 3 : 0.01	Class 3 : 0.01
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00
20	0.8712	73.83%	Class 0 : 0.74	Class 0 : 0.85	Class 0 : 1.00
			Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00	Class 1 : 0.00
			Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00	Class 2 : 0.00
			Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00	Class 3 : 0.00
			Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00	Class 4 : 0.00

Pada arsitektur Inception V3, didapatkan nilai akurasi tertinggi dari kelima arsitektur yang digunakan, yaitu pada epochs ke-15 dengan hasil akurasi mencapai 78.39%. Serta daidapati nilai precision, recall, dan F1-score dengan nilai tertinggi yang mendekati 1.00 ada pada class 0, yaitu class yang bernilai *NO-Diabetic Retinopathy*.

Tabel 6. Perbandingan akurasi tiap model

Epochs	Akurasi Klasifikasi Model (%)				
	VGG-16	VGG-19	ResNet-101	ResNet-50	Inception V3
10.	73.76	74.60	73.49	73.76	73.44
15.	74.08	75.32	73.67	74.63	73.41
20.	74.02	75.61	73.67	73.43	73.40

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa seluruh 5 *Pre-trained model network* yang digunakan dapat berjalan dengan baik dan lancar.
2. Hasil training dari arsitektur *Inception V3* menghasilkan nilai akurasi paling tinggi dibandingkan dengan empat arsitektur lainnya, dengan memberikan hasil akurasi hingga 77.99% pada epochs ke-15. Dengan total waktu komputasi selama 15.594 detik.
3. Penggunaan arsitektur *Inception V3* menghasilkan waktu komputasi yang paling tinggi, hingga mencapai 1 detik pada tiap *steps* dan 1000++ detik pada setiap epoch yang dijalankan.
4. Penggunaan dataset yang memiliki ketidakseimbangan (unbalanced) data, menghasilkan nilai *precision*, *recall*, serta *F1-score* yang tidak sempurna pada beberapa *pre-trained model network*.
5. Pada *class 0*, yaitu pada data dengan label 0 (*NO-Diabetic Retinopathy*) selalu mendapatkan nilai *precision*, *recall*, maupun *F1-score* yang tinggi, bahkan dapat mencapai nilai 1.00. hal ini disebabkan oleh data yang terdapat dalam kategori 0, memiliki data terbanyak dalam dataset yang digunakan.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat memperbaiki kekurangan dari penelitian ini dan mengimplementasikan beberapa saran yang diberikan penulis, yaitu:

1. Mencoba untuk menjalankan atau mengimplementasikan pre-processing image yang lebih kompleks.
2. Pemilihan dataset yang memiliki keseimbangan data yang lebih baik.
3. Penggunaan loss function yang berbeda. Disarankan untuk mencoba categorical crossentropy.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen Z., K. R. (2019). Real Time Object Detection, Tracking, and Distance and Motion Estimation based on Deep Learning: Application to Smart Mobility. *Proceedings of the 2019 Eighth International Conference on Emerging Security Technologies (EST)*, 1–6.

- Ducharme. (2020, 03 11). *www.time.com*. Retrieved 02 23, 2021, from <https://time.com/5791661/who-coronavirus-pandemic-declaration/>
- Ellyvon. (2020, 05 11). *www.kompas.com*. Retrieved 02 23, 2021, from www.kompas.com/sains/read/2020/05/11/130600623/diumumkan-awal-maret-ahli--virus-corona-masuk-indonesia-dari-januari
- Fajirwan, D. (2017, 10). <http://derryfajirwan.blogspot.com>. Retrieved 02 20, 2021, from [http://derryfajirwan.blogspot.com/2017/10/pengenalan-ope iArsal, M., Agus Wardijono, B., & Anggraini, D. \(2020\). Face Recognition Untuk Akses Pegawai Bank Menggunakan Deep Learning Dengan Metode CNN. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 6\(1\), 55–63. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v6i1.2020.55-63>](http://derryfajirwan.blogspot.com/2017/10/pengenalan-ope-iArsal,M.,AgusWardijono,B.,&Anggraini,D.(2020).FaceRecognitionUntukAksesPegawaiBankMenggunakanDeepLearningDenganMetodeCNN.JurnalNasionalTeknologiDanSistemInformasi,6(1),55-63.https://doi.org/10.25077/teknosi.v6i1.2020.55-63)
- Dr. Monika Yuke Lusiani, S. (2019). *Retinopati Diabetik - Penyebab, Gejala, dan Penanganannya*. KMN Eye Care. <https://www.klinikmatanusantara.com/id/ket-ahui-lebih-lanjut/info-kesehatan-mata-dari-kmn-eyecare/artikel/retinopati-diabetik-penyebab-gejala-dan-penanganannya/>
- neurohive. (2018). *VGG16 - Convolutional Network for Classification and Detection*. Neurohive. <https://neurohive.io/en/popular-networks/vgg16/>
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–14.
- willy; tjin. (2019). *Retinopati Diabetik - Gejala, Penyebab Dan Mengobati - Alodokter*. Alodokter. <https://www.alodokter.com/retinopati-diabetik>
- Yani, D. U. R. (2017). *Klasifikasi Tingkat Keparahan Non – Proliferative Diabetic Retinopathy.ncv.html*
- Kusno Prasetya, A. A. (2020). Implementation of Tensorflow in the CCTV-Based People Counter Application at PT Matahari Department Store, Tbk. *IAIC International Conferences, Vol. 3*, 38-44.
- Lutz, M. (2010). *Programming Python. Fourth Edition ed. Sebastopo*. O'Reilly Media, Inc.
- R. G. Fajri, I. S. (2021). Perancangan Program Pendeteksi Dan Pengklasifikasi Jenis Kendaraan Dengan Metode Convolutional Neural Network (Cnn) Deep Learning. *ransient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, vol. 1*.
- Sik-Ho Tsang, 2. (2018, 11 03). <https://towardsdatascience.com>. Retrieved 02 20, 2021, from <https://towardsdatascience.com/review-ssd-single-shot-detector-object-detection-851a94607d11>
- Ulie, Y. A. (2021, 01 12). *www.money.kompas.com*. Retrieved 02 23, 2021, from <https://money.kompas.com/read/2021/01/12/183314826/pengunjung-restoran-kian-dibatasi-selama-ppkm-begini-keluh-kesah-pengusaha?page=all>