

## Implementasi Algoritma *You Only Look Once* (YOLO) untuk Deteksi Dini dan Diagnosis Retinopati Diabetik

Novia Hayu Rahmawati<sup>1</sup>, Am Maisarah Disrinama<sup>1\*</sup> dan Didik Sukoco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

\*E-mail: [dokteram@ppns.ac.id](mailto:dokteram@ppns.ac.id)

### Abstrak

Retinopati diabetik merupakan salah satu komplikasi utama diabetes melitus dengan prevalensi sangat tinggi, dimana prevalensi kasus ini terjadi pada semua kalangan termasuk pada pekerja industri yang terpapar risiko kecelakaan kerja apabila penglihatan terganggu atau bahkan kebutaan terjadi. Retinopati diabetik yang menjadi salah satu penyebab utama kebutaan pada usia produktif ini memerlukan deteksi dini agar dapat dikenali sebelum memasuki kategori parah. Deteksi dini dan diagnosis retinopati diabetik sejauh ini terbatas pada hasil pemeriksaan dokter spesialis mata sedangkan prevalensi dan angka kasus terus meningkat. Algoritma YOLO sebagai salah satu model pembelajaran kecerdasan buatan menjadi terobosan dalam memudahkan deteksi dini dan diagnosis retinopati diabetik. Penelitian menggunakan data berupa citra fundus retina mata akan diujikan dengan model algoritma YOLO. YOLO akan dapat mengenali objek-objek keabnormalan retinopati diabetik yang tampak pada citra berupa mikroaneurisma, exudate, dot blot haemorrhage, haemorrhage, dan neovaskularisasi, kemudian mengklasifikasikan hasil pengenalan dalam diagnosis sesuai derajat keparahan retinopati diabetik. Dengan total 387 citra retina yang terlibat dalam penelitian ini, model YOLO berhasil mendeteksi dan mendiagnosis dengan sesuai sebanyak 70% dari total gambar yang diujikan. Algoritma YOLO juga menunjukkan nilai mAP atau rata-rata presisi sebesar 46.39% yang mengartikan presisi pengenalan objek cukup baik. Rekomendasi yang diberikan untuk meningkatkan nilai rata-rata presisi adalah menambahkan lebih banyak citra untuk *training* sehingga algoritma YOLO semakin terbiasa dengan objek yang dilatih.

**Kata Kunci:** Algoritma YOLO, Citra Fundus Retina, Retinopati Diabetik

### Abstract

*Diabetic retinopathy is one of the main complications of diabetes mellitus with a very high prevalence, where the prevalence of this case occurs in all groups, including industrial workers who are exposed to the risk of work accidents if vision is impaired or even blindness occurs. Diabetic retinopathy, which is one of the main causes of blindness in productive age, requires early detection so that it can be recognized before it enters the severe category. Early detection and diagnosis of diabetic retinopathy has so far been limited to the results of examinations by ophthalmologists, while the prevalence and number of cases continues to increase. The YOLO algorithm as a testing model for artificial intelligence is a breakthrough in facilitating early detection and diagnosis of diabetic retinopathy. This study used data in the form of retinal fundus images to be tested using the YOLO algorithm model. YOLO will be able to recognize objects of abnormality in diabetic retinopathy that appear on images in the form of microaneurysms, exudates, dot blot haemorrhage, haemorrhage, and neovascularization, then classify the recognition results in a diagnosis according to the degree of severity of diabetic retinopathy. With a total of 387 retinal images involved in this study, the YOLO model successfully detected and correctly diagnosed 70% of the total images tested. The YOLO algorithm also shows a mAP value or an average precision of 46.39% which means that the object recognition precision is quite good. The recommendation given to increase the average precision value is to add more images for training so that the YOLO algorithm becomes more familiar with the object being trained.*

**Keywords:** Diabetic Retinopathy, Retinal Fundus Image, YOLO Algorithm

## 1. PENDAHULUAN

Diabetes melitus adalah salah satu penyakit yang paling parah yang diderita oleh banyak orang di seluruh dunia dan tidak terbatas pada individu tertentu, termasuk mereka yang bekerja di industri. Salah satu penyakit yang paling banyak diderita di dunia ini disebabkan oleh kenaikan kadar gula darah akibat kerusakan sel pankreas. Tidak

hanya menjadi penyebab kematian prematur di seluruh dunia, diabetes melitus juga menjadi penyebab utama kebutaan, yang tentu sangat berbahaya. Berdasarkan data dari hasil Riskesdas tahun 2018, tingkat prevalensi diabetes melitus di Indonesia telah mengalami peningkatan dari 6,9% pada tahun 2013 menjadi 8,5% pada tahun 2018. Angka ini menunjukkan peningkatan yang signifikan terkait prevalensi diabetes melitus (Kementerian Kesehatan RI., 2020). Tingkat risiko diabetes melitus, bersama dengan berbagai komplikasinya, dapat dipengaruhi oleh banyak variabel. Retinopati diabetik, yang menyerang retina mata, sangat terkait dengan kemungkinan gangguan mata, dan bahkan menjadi penyebab utama kebutaan pada penderita diabetes di seluruh dunia (Putra, dkk. 2017).

Sebagian dari penderita diabetes melitus adalah para pekerja industri, dengan kelompok terbanyak pada kelompok pekerja BUMN/BUMD dan PNS, meski penyebarannya cenderung merata dan tidak hanya pada kelompok tersebut (Kementerian Kesehatan RI., 2018). Pekerja yang menderita diabetes melitus sangat rentan mengalami gangguan penglihatan termasuk retinopati diabetik dan akan terus bertambah seiring dengan bertambahnya usia derita retinopati diabetik. Hal ini dikuatkan dengan pengaruh diabetes melitus yang sangat mempengaruhi penglihatan dan penderita diabetes melitus akan secara signifikan mengalami penurunan ketajaman penglihatan sebesar 42,5% (Sudirman, 2020), serta penelitian oleh Fitriani, dkk. (2017) yang menyebutkan bahwa retinopati diabetik menjadi penyebab utama dalam beberapa kasus *legal blindness* pada usia produktif yaitu berkisar antara 20-64 tahun yang merupakan usia produktif para pekerja industri.

Retinopati diabetik terjadi pada retina akibat kerusakan dan sumbatan pembuluh-pembuluh darah retina yang ditandai dengan tampaknya gejala-gejala seperti mikroaneurisma, kebocoran pembuluh darah, pembengkakan retina, pertumbuhan pembuluh darah baru yang abnormal, dan jaringan saraf yang rusak. Akan tetapi, gejala-gejala retinopati diabetik tidak dapat dideteksi dengan mudah atau secara kasat mata. Deteksi retinopati diabetik umumnya dilakukan oleh dokter spesialis mata dengan menggunakan alat oftalmoskop atau dengan pemeriksaan khusus menggunakan slit lamp (World Health Organization, 2020).

Melihat peningkatan prevalensi diabetes melitus yang linier dengan peningkatan kasus retinopati diabetik, teknologi pembelajaran kecerdasan buatan atau *artificial intelligence* (AI) dikembangkan dan menjadi terobosan dalam pencitraan di lingkungan medis salah satunya deteksi retinopati diabetik (Cheung, dkk. 2019). Peneliti merancang penelitian sistem deteksi retinopati diabetik berbasis *artificial intelligence* (AI) yang akan memanfaatkan algoritma *You Only Look Once* (YOLO) sebagai media deteksi. Penelitian oleh (Khairunnas, dkk. (2021) membuat modul deteksi YOLO yang dapat mengenali objek manusia dengan baik, dengan hasil rata-rata nilai presisi (mAP) sebesar 87,03%. Hal ini menunjukkan YOLO memiliki potensi dalam mendeteksi retinopati diabetik dengan pengolahan citra retina mata. Perancangan deteksi retinopati diabetik menggunakan YOLO akan membantu proses deteksi dan identifikasi gejala retinopati diabetik sehingga deteksi dini gejala-gejalanya dapat dilakukan dalam skala perusahaan atau dalam lingkungan tanpa tenaga medis terutama dokter spesialis mata. Retinopati diabetik diharapkan akan dapat terdeteksi dan terklasifikasi dengan mudah oleh industri serta pekerja industri terhindar dari risiko retinopati diabetik atau bahkan kebutaan.

## 2. METODE

Retinopati diabetik merupakan salah satu komplikasi dari diabetes melitus yang sangat mungkin untuk mempercepat proses penurunan kualitas penglihatan hingga sebesar 42,5%. Diabetes melitus akan menyebabkan penumpukan glukosa dalam pembuluh darah dan mempengaruhi kejernihan lensa mata dan dapat melukai retina mata (Sudirman, 2020). Retinopati diabetik diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu retinopati diabetik nonproliferasif dan retinopati diabetik proliferasif.

### a. Retinopati Diabetik Nonproliferasif

Retinopati diabetik dengan karakteristik utama mikroaneurisma yang terbentuk oleh pembuluh darah kapiler yang menonjol. Selain itu, ada bercak pendarahan intraretinal, berkelok kelok, dan dilatasi pembuluh darah vena pada retina (Vaughan, dkk. dalam Saiyar, 2017)

### b. Retinopati Diabetik Proliferasif

Retinopati diabetik dengan karakteristik utama adanya neovaskularisasi yang dipicu oleh keadaan iskemia. Neovaskularisasi akan memunculkan pembuluh-pembuluh darah baru yang terletak pada pusat saraf optik. atau di sekitar pusat saraf optik. Neovaskularisasi dapat mencetuskan terjadinya perdarahan vitreus (Yusran, 2017).

Penelitian ini dilakukan dengan pengolahan citra atau gambar dari retina mata. Citra retina mata yang digunakan adalah citra tangkapan dari pemeriksaan foto fundus. Retinopati diabetik dapat dikenali dan diklasifikasikan dengan mengenali dan memeriksa ciri fitur retinopati diabetik yang tampak sebagai objek abnormal pada citra retina mata. Penelitian ini menggunakan model algoritma *You Only Look Once* (YOLO) untuk mengenali objek-objek fitur retinopati diabetik. Objek-objek yang menjadi fitur retinopati diabetik dan akan

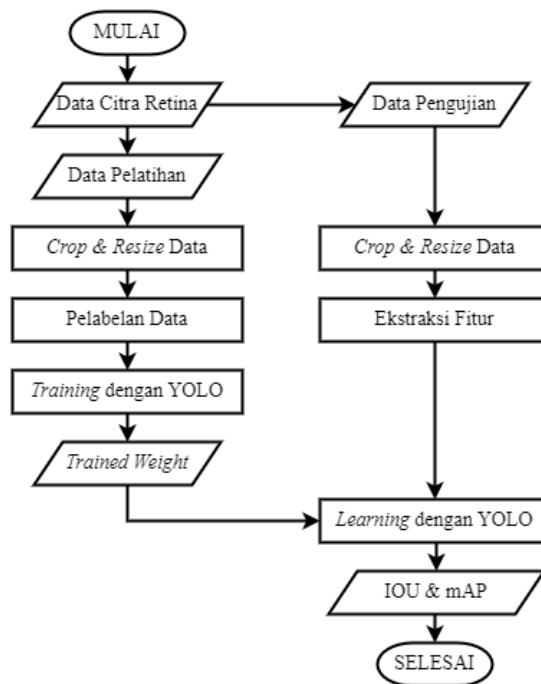
dikenali sesuai mikroaneurisma, exudate, dot blot haemorrhage, haemorrhage, dan neovaskularisasi. Setelah pengenalan objek-objek tersebut, citra akan diklasifikasikan sesuai objek yang berhasil dikenali. Penentuan klasifikasi retinopati diabetik sesuai dengan Tabel 1.

**Tabel 1.** Penentuan Klasifikasi Retinopati Diabetik

| Derajat Keparahan         | Temuan Keabnormalan   |
|---------------------------|---|
| Tanpa RD/normal           | Tidak ditemukan kelainan  |
| RD nonproliferatif ringan | Pembengkakan lokal pada pembuluh darah kecil di retina (mikroaneurisma)   |
| RD nonproliferatif sedang | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. NPDR ringan</li> <li>2. Perdarahan kecil (haemorrhage) titik dan noda</li> <li>3. Kebocoran (<i>hard exudates</i>)</li> <li>4. Penutupan pembuluh darah kecil (<i>cotton wool spot</i>)</li> </ol>  |
| RD nonproliferatif berat  | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. NPDR sedang</li> <li>2. Kerusakan lebih lanjut pada pembuluh darah:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- perdarahan intraretinal (<i>intraretinal haemorrhages</i>)</li> <li>- manik-manik vena (<i>venous beading</i>)</li> </ul> </li> <li>3. kelainan mikrovaskular intraretinal (IRMA)</li> </ol> |
| RD proliferasif           | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. NPDR berat</li> <li>2. Pembentukan pembuluh darah baru (neovaskularisasi)</li> <li>3. Perdarahan ke dalam mata (vitreous/preretinal hemorrhages)</li> </ol>   |

Sumber: (World Health Organization, 2020)

Sesuai dengan Tabel 1, penelitian ini mengaplikasikan model algoritma YOLO untuk mendeteksi objek keabnormalan yang ada pada citra retina. Terdapat 5 derajat keparahan yang akan digunakan, yaitu tanpa RD/normal, RD nonproliferatif ringan, RD nonproliferatif sedang, dan RD nonproliferatif berat, serta RD proliferasif. Penelitian ini akan menggunakan citra fundus retina dengan total jumlah 387 citra dengan rincian 37 citra untuk objek mikroaneurisma, 72 citra untuk objek dot blot haemorrhage, 52 citra untuk objek haemorrhage, 156 citra untuk objek exudate, dan 70 citra untuk objek neovaskularisasi. Secara sederhana, citra fundus retina akan dimasukkan dalam sistem model algoritma YOLO, kemudian model algoritma YOLO akan mengenali objek keabnormalan retinopati diabetik pada citra yang diujikan, sekaligus mengklasifikasikan citra retina tersebut masuk dalam klasifikasi tertentu sesuai Tabel 1. Alur sistem model algoritma YOLO yang digunakan sesuai dengan Gambar 1.

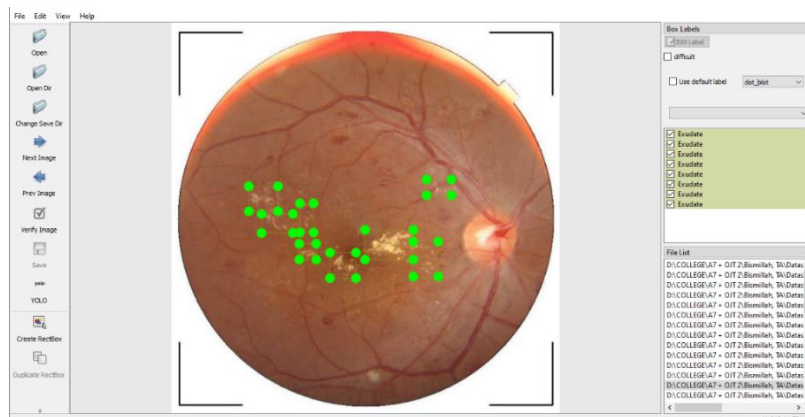


**Gambar 5.** Alur Sistem Model Algoritma YOLO

Sesuai dengan Gambar 1, citra fundus retina akan terbagi menjadi dua yaitu citra untuk proses pelatihan/*training* dan citra untuk proses pengujian/*testing*. Proses *training* akan dilakukan dengan sebelumnya melabeli seluruh data, untuk mendapatkan hasil *trained weight* yang akan digunakan untuk pengujian dalam mengenali objek keabnormalan retinopati diabetik dalam proses *testing*. Seluruh proses ini akan memunculkan luaran berupa nilai IOU dan mAP yang dapat membantu analisis efektifitas algoritma YOLO dalam deteksi dini dan diagnosis retinopati diabetik.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Citra retina yang telah dikumpulkan dan dibagi pada masing-masing kelas, akan masuk pada tahap pelabelan data untuk memberikan anotasi sesuai kelas. Dalam penelitian ini, kelas yang dimaksud sesuai dengan objek keabnormalan yang akan dikenali, yaitu mikroaneurisma, exudate, dot blot haemorrhage, haemorrhage, dan neovaskularisasi. Proses pelabelan data menggunakan *software* labelImg terlihat pada Gambar 2.



Gambar 6. Proses Pelabelan Data

Sesuai dengan Gambar 2, proses pelabelan dataset dilakukan dengan menggunakan *software* labelImg yang berjalan menggunakan bahasa pemrograman python. Setiap kelas dilabeli secara terpisah untuk mengelompokkan tiap-tiap objek dalam satu kelompok, sehingga terdapat kemungkinan satu citra fundus dilabeli lebih dari satu kali ketika memiliki lebih dari satu fitur ciri retinopati diabetik. Citra retina yang telah dilabeli akan memasuki proses *training* atau pelatihan dengan menerapkan model algoritma YOLO. Proses *training* dilakukan menggunakan fitur *Google Colaboratory* dengan konfigurasi tampak pada Tabel 2. Konfigurasi model algoritma YOLO ini diambil berdasarkan referensi yang ditulis oleh penulis TheAIGuy pada laman GitHub.

Tabel 2. Konfigurasi Model YOLO

| Jenis Konfigurasi   | Keterangan |
|---------------------|------------|
| <i>Batch</i>        | 64         |
| <i>Subdivisions</i> | 16         |
| <i>Max_batches</i>  | 10000      |
| <i>Steps</i>        | 8000,9000  |
| <i>Width</i>        | 416        |
| <i>Height</i>       | 416        |
| <i>Classes</i>      | 5          |
| <i>Filters</i>      | 30         |

Sesuai dengan Tabel 2, konfigurasi algoritma YOLO yang digunakan adalah 64 *batch* yang terbagi menjadi 16 *subdivisions* dengan 10000 *max\_batches*, 8000 dan 9000 *steps*, nilai *width* dan *height* 416, serta 30 *filters* yang diterapkan untuk pelatihan dengan 5 kelas. Berdasarkan pelatihan yang dilakukan, didapatkan hasil performa model algoritma YOLO sesuai dengan Tabel 3.

Tabel 3. Performa Model Algoritma YOLO

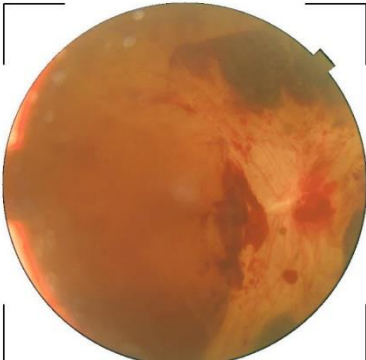
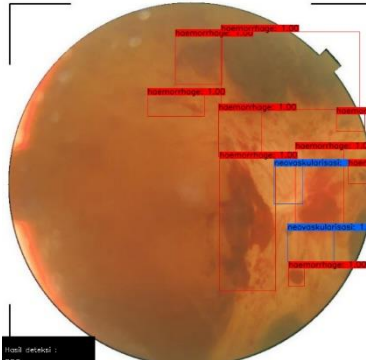
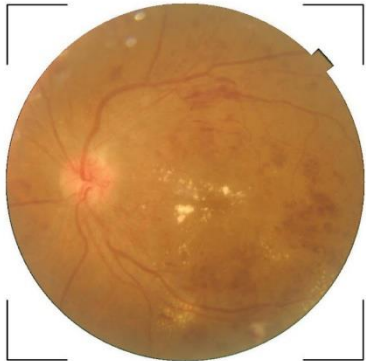
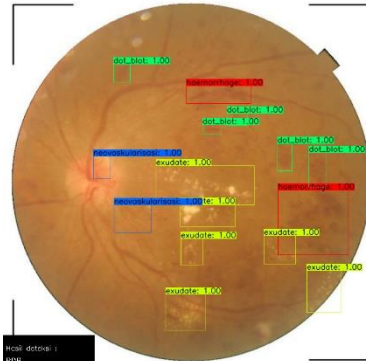
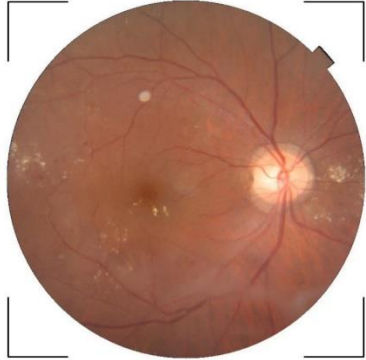
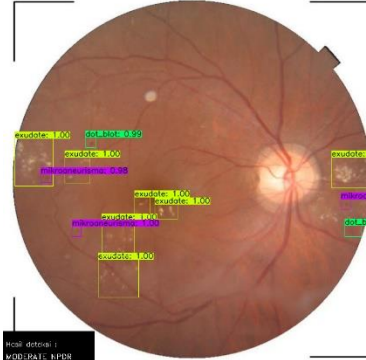
| Load Model       | Hasil Training |
|------------------|----------------|
| TP               | 110            |
| FP               | 20             |
| FN               | 104            |
| <i>Precision</i> | 0.85           |
| <i>Recall</i>    | 0.51           |
| <i>F1-score</i>  | 0.64           |

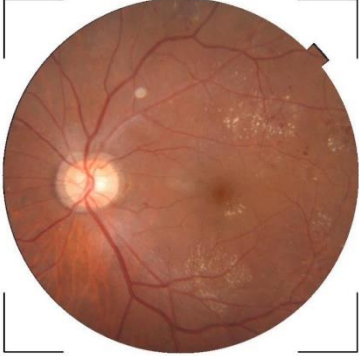
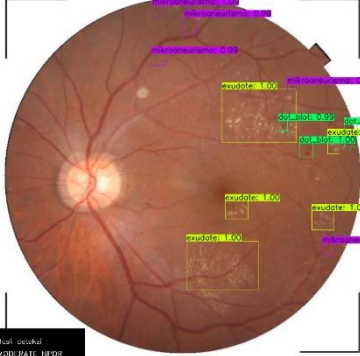
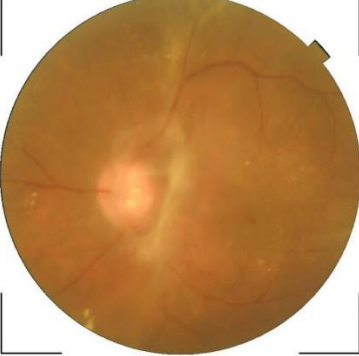
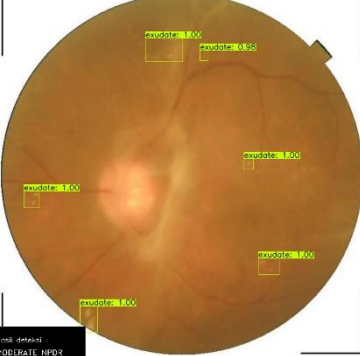
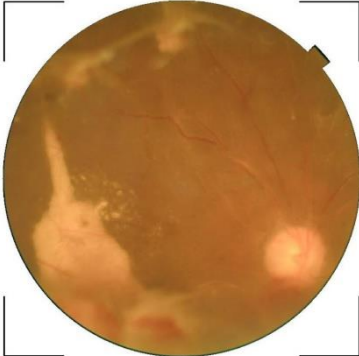
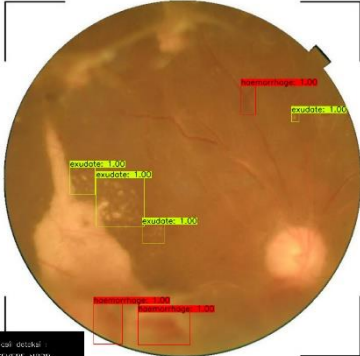
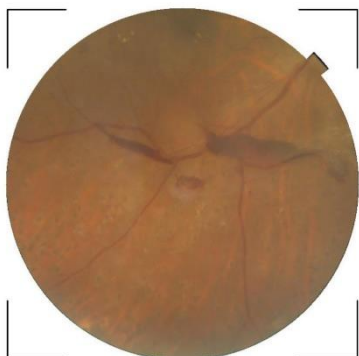
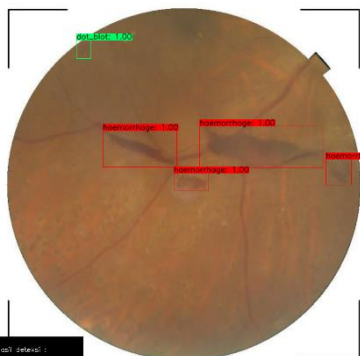
|         |        |
|---------|--------|
| IoU     | 77.98% |
| mAP@0.5 | 46.39% |

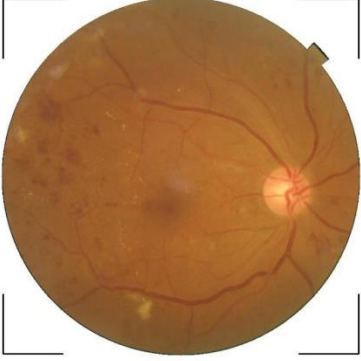
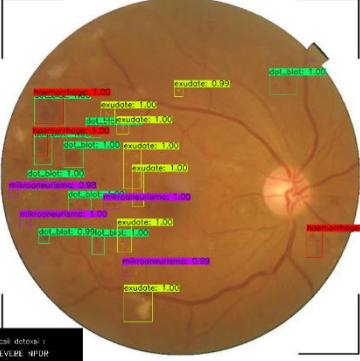
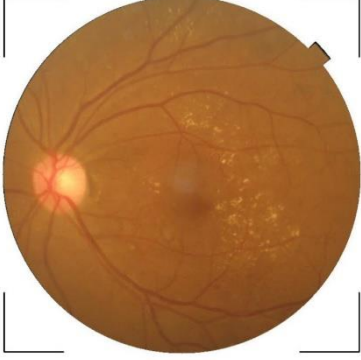
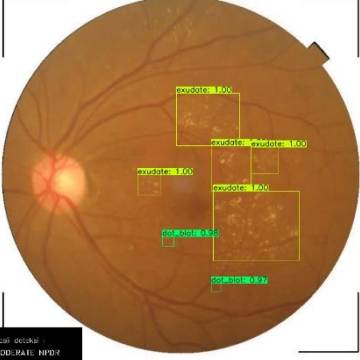
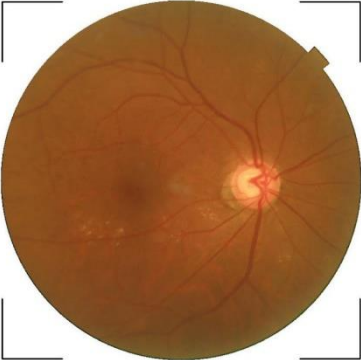
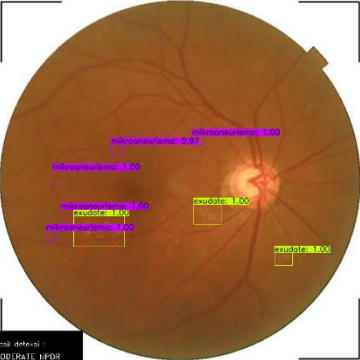
Sesuai dengan Tabel 3, secara keseluruhan didapatkan nilai TP sebesar 110, FP sebesar 20, dan FN sebesar 104. Nilai *precision* sebesar 0.85, serta nilai *recall* sebesar 0.51. Nilai *precision* cukup tinggi dan nilai *recall* masih standar, mengartikan bahwa hasil prediksi benar tetapi masih banyak *ground truth* yang terlewatkan, sehingga nilai FN (*false negative*) masih tinggi yaitu pada angka 104. Nilai *precision* dan *recall* seharusnya sama-sama tinggi untuk dapat menunjukkan bahwa *ground truth* terdeteksi dengan benar dalam jumlah yang banyak. Terlihat pula hasil *intersection over union* (IoU) sebesar 77.98% yang menunjukkan tingkat kesesuaian prediksi serta nilai *mean average precision* (mAP) sebesar 46.39% yang menunjukkan nilai presisi rata-rata dari seluruh presisi rata-rata tiap kotak deteksi yang muncul.

Berdasarkan hasil pelatihan atau *training* yang telah dilakukan, proses dilanjutkan dengan tahapan pengujian atau *testing*. Proses ini akan melibatkan citra uji yang telah dipilih untuk diujikan Kebenaran diagnosis serta diagnosisnya. Hasil proses pengujian tampak pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil Proses Pengujian

| Citra Fundus Retina   | Hasil Pengujian  | Keterangan   |
|---|--|--|
|   |   | Objek Keabnormalan:<br>- Haemorrhage (9)<br>- Neovaskularisasi (2)<br>Hasil Diagnosis:<br>- RD Proliferatif<br>Kebenaran diagnosis:<br>- Sesuai/valid                                    |
|  |  | Objek Keabnormalan:<br>- Haemorrhage (2)<br>- Exudate (6)<br>- Dot blot (5)<br>- Neovaskularisasi (2)<br>Hasil Diagnosis:<br>- RD Proliferatif<br>Kebenaran diagnosis:<br>- Sesuai/valid |
|  |  | Objek Keabnormalan:<br>- Exudate (7)<br>- Mikroaneurisma (3)<br>- Dot blot (2)<br>Hasil Diagnosis:<br>- RD Nonproliferatif Sedang<br>Kebenaran diagnosis:<br>- Sesuai/valid              |

|   |   |   |
|---|---|---|
|    |  <p>hasil deteksi<br/>MODERATE NPDR</p> | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exudate (5)</li> <li>- Dot blot (3)</li> <li>- Mikroaneurisma (5)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Sedang</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesuai/valid</li> </ul> |
|    |  <p>hasil deteksi<br/>MODERATE NPDR</p> | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exudate (6)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Sedang</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak sesuai/<i>invalid</i></li> </ul>  |
|   |  <p>hasil deteksi<br/>SEVERE NPDR</p>  | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Haemorrhage (3)</li> <li>- Exudate (4)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Berat</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak sesuai/<i>invalid</i></li> </ul>              |
|  |  <p>hasil deteksi<br/>SEVERE NPDR</p> | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Haemorrhage (4)</li> <li>- Dot blot (1)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Berat</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tidak sesuai/<i>invalid</i></li> </ul>             |

|  |  |   |
|--|--|---|
|   |  <p>hasil deteksi :<br/>SEVERE NPDR</p>    | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Haemorrhage (3)</li> <li>- Dot blot (9)</li> <li>- Exudate (7)</li> <li>- Mikroaneurisma (4)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Berat</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesuai/valid</li> </ul> |
|   |  <p>hasil deteksi :<br/>MODERATE NPDR</p>  | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exudate (5)</li> <li>- Dot blot (2)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Sedang</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesuai/valid</li> </ul>   |
|  |  <p>hasil deteksi :<br/>MODERATE NPDR</p> | <p>Objek Keabnormalan:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Exudate (3)</li> <li>- Mikroaneurisma (5)</li> </ul> <p>Hasil Diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- RD Nonproliferatif Sedang</li> </ul> <p>Kebenaran diagnosis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesuai/valid</li> </ul>   |

Berdasarkan Tabel 4, proses pengujian dilakukan pada sepuluh citra fundus retina yang memiliki diagnosis berbeda-beda. Pada Tabel 4, RD merujuk pada kata retinopati diabetik. Model algoritma YOLO berhasil mengidentifikasi objek-objek keabnormalan retinopati diabetik pada setiap citra yang diujikan, dan menandai dengan *bounding box* atau kotak pembatas sesuai dengan kelas objek masing-masing. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan hasil bahwa dari 10 citra yang diujikan, 70% diantaranya berhasil dideteksi dan didiagnosis dengan sesuai/valid, dan 30% dideteksi dan didiagnosis dengan hasil tidak sesuai/*invalid*.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model algoritma YOLO sangat potensial untuk menjadi terobosan dan dimanfaatkan dalam dunia medis, salah satunya adalah deteksi dini dan diagnosis retinopati diabetik. 70% dari seluruh citra retina yang diujikan pada model algoritma YOLO menunjukkan hasil valid dari segi diagnosis atau klasifikasi derajat keparahan, dengan berhasil mengenali objek keabnormalan retinopati diabetik, dan 30% diantaranya menunjukkan hasil deteksi dan diagnosis yang tidak sesuai. Hasil ini menunjukkan bahwa algoritma YOLO sebesar 70% efektif untuk deteksi dini dan diagnosis retinopati diabetik. Dari segi performa, dengan total 387 citra retina, model YOLO menunjukkan nilai mAP atau rata-rata presisi sebesar 46.39% yang mengartikan presisi pengenalan objek cukup baik meski nilainya masih dapat ditingkatkan. Rekomendasi yang diberikan untuk meningkatkan nilai rata-rata presisi adalah menambahkan lebih banyak citra untuk *training* sehingga algoritma YOLO semakin baik dalam mengenali objek yang dilatih.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Cheung, C.Y. *et al.* (2019) 'Artificial Intelligence in Diabetic Eye Disease Screening', *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 8(2), pp. 158–164. Available at: <https://doi.org/10.22608/APO.201976>.
- Fitriani, Sihotang, A.D. and Delfi (2017) 'Prevalensi Retinopati Diabetik', *Jurnal Kesehatan Prima*, 11(2), pp. 137–140.
- Kementerian Kesehatan RI. (2018) *Hasil Utama Riskesdas 2018*.
- Kementerian Kesehatan RI. (2020) 'Infodatin tetap produktif, cegah, dan atasi Diabetes Melitus 2020', *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI*, pp. 1–10. Available at: <https://pusdatin.kemkes.go.id/resources/download/pusdatin/infodatin/Infodatin-2020-Diabetes-Melitus.pdf>.
- Khairunnas, K., Yuniarno, E.M. and Zaini, A. (2021) 'Pembuatan Modul Deteksi Objek Manusia Menggunakan Metode YOLO untuk Mobile Robot', *Jurnal Teknik ITS*, 10(1). Available at: <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i1.61622>.
- Putra, A.P., Nurhasanah, Y.I. and Zulkarnain, A. (2017) 'Deteksi Penyakit Diabetes Retinopati Pada Retina', *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 3(2), pp. 376–390.
- Saiyar, H. (2017) 'Klasifikasi Retinopati Diabetes dengan Metode Neural Network', *Paradigma*, 19(2), pp. 92–101.
- Sudirman, S. (2020) 'Pengaruh Diabetes Melitus Terhadap Tajam Penglihatan', *Jurnal Kesehatan Qamarul Huda*, 8(1), pp. 1–7. Available at: <https://doi.org/10.37824/jkqh.v8i1.2020.178>.
- Vaughan, D.G., Asbury, T. and Eva, P.R. (2000) *Oftalmologi Umum*. Jakarta: Widya Medika.
- World Health Organization (2020) *Diabetic retinopathy screening: a short guide*, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*.
- Yusran, M. (2017) 'Retinopati Diabetik: Tinjauan Kasus Diagnosis dan Tatalaksana', *JK Unila* /, 1, pp. 578–582.