

**KONTRAK PENELITIAN LANJUTAN  
SKEMA PENELITIAN TERAPAN UNGGULAN PERGURUAN TINGGI  
TAHUN ANGGARAN 2022  
NO: 0779-Int-KLPPM/UNTAR/VI/2022**

Pada hari ini **Jumat, tanggal tujuh belas bulan Juni tahun dua ribu dua puluh dua**, kami yang bertanda tangan di bawah ini:

- |                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| 1. Ir. Jap Tji Beng, MMSI., Ph.D. | : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Rektor Universitas Tarumanagara yang berkedudukan di Jl. LetJen. S. Parman No. 1 Grogol Jakarta Barat untuk selanjutnya disebut sebagai <b>PIHAK PERTAMA</b> . |
| 2. Lina, S.T., M.Kom., Ph.D.      | : Dosen Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara, dalam hal ini bertindak sebagai pengusul dan Ketua Pelaksana Penelitian Tahun Anggaran 2022; untuk selanjutnya disebut sebagai <b>PIHAK KEDUA</b> .  |

**PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** secara bersama-sama sepakat mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2022 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut :

**Pasal 1  
Ruang Lingkup Kontrak dan Tim Peneliti**

- (1) **PIHAK PERTAMA** memberi pekerjaan kepada **PIHAK KEDUA** dan **PIHAK KEDUA** menerima pekerjaan tersebut dari **PIHAK PERTAMA**, untuk melaksanakan dan menyelesaikan Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi Tahun Anggaran 2022 dengan judul: **Segmentasi Area Sel Darah Putih secara Otomatis melalui Citra Preparat Tanpa Pewarnaan**.
- (2) Tim Peneliti terdiri dari:
  - (a) Lina, S.T., M.Kom., Ph.D., sebagai Ketua
  - (b) Dr. dr. Arlends Chris, M.Si., sebagai Anggota 1
  - (c) Ir. Jeanny Pragantha, M.Eng., sebagai Anggota 2

**Pasal 2  
Dana Penelitian**

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud pada Pasal 1 adalah sebesar **Rp. 101.648.000,- (Seratus satu juta enam ratus empat puluh delapan ribu rupiah)** sudah termasuk pajak.

**Lembaga**

- Pembelajaran
- Kemahasiswaan dan Alumni
- Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat
- Penjaminan Mutu dan Sumber Daya
- Sistem Informasi dan Database

**Fakultas**

- Ekonomi dan Bisnis
- Hukum
- Teknik
- Kedokteran
- Psikologi
- Teknologi Informasi
- Seni Rupa dan Desain
- Ilmu Komunikasi
- Program Pascasarjana

- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Tahun Anggaran 2022 Nomor SP DIPA: SP DIPA-023.17.1.690523/2022 tanggal 17 November 2021.

### Pasal 3

#### Tata Cara Pembayaran Dana Penelitian

- (1) **PIHAK PERTAMA** akan membayarkan Dana Penelitian kepada **PIHAK KEDUA** secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut :
- (a) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 70% dari total bantuan dana penelitian yaitu  $70\% \times \text{Rp. } 101.648.000,- = \text{Rp. } 71.153.600,-$  (**Tujuh puluh satu juta seratus lima puluh tiga ribu enam ratus rupiah**), yang akan dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** membuat dan melengkapi rancangan pelaksanaan penelitian yang memuat judul penelitian, pendekatan dan metode penelitian yang digunakan, data yang akan diperoleh, anggaran yang akan digunakan, dan tujuan penelitian berupa luaran yang akan dicapai, serta mengunggah revisi proposal sesuai yang diminta oleh Dikti.
  - (b) Pembayaran Tahap Kedua sebesar 30% dari total dana penelitian yaitu  $30\% \times \text{Rp. } 101.648.000,- = \text{Rp. } 30.494.400,-$  (**Tiga puluh juta empat ratus sembilan puluh empat ribu empat ratus rupiah**), dibayarkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** setelah **PIHAK KEDUA** mengunggah ke BIMA yaitu Laporan Pelaksanaan Penelitian dan luaran, Laporan Penggunaan Dana dan Catatan Harian.
  - (c) Biaya tambahan dibayarkan kepada **PIHAK KEDUA** bersamaan dengan pembayaran Tahap Kedua dengan melampirkan Daftar Luaran Penelitian yang sudah divalidasi oleh **PIHAK PERTAMA**
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) akan disalurkan oleh **PIHAK PERTAMA** kepada **PIHAK KEDUA** ke rekening sebagai berikut :

Nama : Lina, S.T., M.Kom., Ph.D.  
Nomor Rekening : 4820103501  
Nama Bank : BCA

- (3) **PIHAK PERTAMA** tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana sebagaimana dimaksud pada ayat (1) yang disebabkan karena kesalahan **PIHAK KEDUA** dalam menyampaikan data peneliti, nama bank, nomor rekening, dan persyaratan lainnya yang tidak sesuai dengan ketentuan.

### Pasal 4

#### Jangka Waktu

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 sampai selesai 100%, adalah terhitung sejak **tanggal 16 Maret 2022** dan berakhir pada **tanggal 20 November 2022**.

**Pasal 5**  
**Luaran**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk mencapai target luaran wajib penelitian berupa *Dokumen hasil uji*.
- (2) **PIHAK KEDUA** diharapkan dapat mencapai target luaran tambahan penelitian berupa *Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3*.
- (3) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mencantumkan pemberi dana, paling sedikit mencantumkan nama Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) kepada **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 6**  
**Hak dan Kewajiban Para Pihak**

- (1) Hak dan Kewajiban **PIHAK PERTAMA**:
  - (a) **PIHAK PERTAMA** berhak untuk mendapatkan dari **PIHAK KEDUA** luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5.
  - (b) **PIHAK PERTAMA** berkewajiban untuk memberikan dana penelitian kepada **PIHAK KEDUA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dan dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban **PIHAK KEDUA** :
  - (a) **PIHAK KEDUA** berhak menerima dana penelitian dari **PIHAK PERTAMA** dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
  - (b) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan kepada **PIHAK PERTAMA** luaran Penelitian dan catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - (c) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk bertanggung jawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang disetujui;
  - (d) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7.

**Pasal 7**  
**Laporan Pelaksanaan Penelitian**

- (1) **PIHAK KEDUA** berkewajiban untuk menyampaikan kepada **PIHAK PERTAMA** berupa hasil unggahan di laman BIMA sebagai berikut:
  - a) revisi proposal penelitian;
  - b) surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian;
  - c) catatan harian pelaksanaan penelitian;
  - d) laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
  - e) Surat Pernyataan Tanggungjawab Belanja (SPTB) 70% dan 100% atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
  - f) Laporan akhir penelitian (dilaporkan pada tahun terakhir pelaksanaan penelitian); dan
  - g) luaran penelitian.

Dokumen tersebut disusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh **PIHAK PERTAMA**.

- (2) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah catatan harian, laporan kemajuan, SPTB 70% pada laman BIMA paling lambat **tanggal 16 Agustus 2022**
- (3) Apabila pembayaran tahap pertama sebagaimana cair setelah tanggal 9 Agustus 2022, pelaksana penelitian mengunggah dokumen yang dimaksud pada ayat (2) ke laman yang ditentukan paling lambat 2 (dua) minggu setelah dana cair.
- (4) **PIHAK KEDUA** berkewajiban mengunggah catatan harian, laporan akhir, luaran, SPTB 100% pada BIMA paling lambat **tanggal 20 November 2022**
- (5) **PIHAK KEDUA** berkewajiban menyerahkan *hardcopy* dokumen laporan pelaksanaan penelitian (laporan kemajuan dan laporan akhir), luaran dan laporan penggunaan anggaran kepada **PIHAK PERTAMA**, paling lambat **tanggal 20 Desember 2022**
- (6) Laporan pelaksanaan penelitian sebagaimana tersebut pada ayat (1) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:
  - a. Menyesuaikan hasil laporan lengkap yang diunduh dari laman BIMA, dicetak pada kertas A4;
  - b. Dilengkapi cover, di bawah bagian cover ditulis;

**Dibiayai oleh:**

**Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat,  
Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi,  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi  
Sesuai dengan Kontrak Penelitian  
Nomor: 470/LL3/AK.04/2022, 17 Juni 2022**

**Pasal 8  
Penilaian Luaran**

- (1) Penilaian luaran Penelitian dilakukan oleh Komite Penilai/*Reviewer* Luaran sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- (2) Apabila dalam penilaian luaran terdapat luaran tambahan yang tidak tercapai maka dana tambahan yang sudah diterima oleh peneliti harus disetorkan kembali ke Kas Negara.

**Pasal 9  
Perubahan Susunan Tim Pelaksana dan Substansi Pelaksanaan**

Perubahan terhadap susunan tim pelaksana dan substansi pelaksanaan Penelitian ini dapat dibenarkan apabila telah mendapat persetujuan tertulis Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi.

**Pasal 10**  
**Penggantian Ketua Pelaksana**

- (1) Apabila **PIHAK KEDUA** selaku ketua pelaksana tidak dapat melaksanakan Penelitian ini, maka **PIHAK KEDUA** wajib mengusulkan pengganti ketua pelaksana yang merupakan salah satu anggota tim kepada **PIHAK PERTAMA**.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat melaksanakan tugas dan tidak ada pengganti ketua sebagaimana dimaksud pada ayat (1), maka **PIHAK KEDUA** harus mengembalikan dana penelitian kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya disetor ke kas Negara.
- (3) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (2) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 11**  
**Sanksi**

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Penelitian ini telah berakhir, namun **PIHAK KEDUA** belum menyelesaikan tugasnya, terlambat mengirim laporan Kemajuan, dan/atau terlambat mengirim laporan akhir, maka **PIHAK KEDUA** dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu dua tahun berturut-turut.
- (2) Apabila **PIHAK KEDUA** tidak dapat mencapai target luaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5, maka kekurangan capaian target luaran tersebut akan dicatat sebagai hutang **PIHAK KEDUA** kepada **PIHAK PERTAMA** yang apabila tidak dapat dilunasi oleh **PIHAK KEDUA**, akan berdampak pada kesempatan **PIHAK KEDUA** untuk mendapatkan pendanaan penelitian atau hibah lainnya yang dikelola oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 12**  
**Pembatalan Perjanjian**

- (1) Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh **PIHAK KEDUA**, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan **PIHAK KEDUA** wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada **PIHAK PERTAMA** yang selanjutnya akan disetor ke Kas Negara.
- (2) Bukti setor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) disimpan oleh **PIHAK PERTAMA**.

**Pasal 13**  
**Pajak-Pajak**

Hal-hal dan/atau segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggung jawab **PIHAK KEDUA** dan harus dibayarkan oleh **PIHAK KEDUA** ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

**Pasal 14**  
**Peralatan dan/atau alat Hasil Penelitian**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Tarumanagara sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

**Pasal 15**  
**Penyelesaian Sengketa**

Apabila terjadi perselisihan antara **PIHAK PERTAMA** dan **PIHAK KEDUA** dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila tidak tercapai penyelesaian secara musyawarah dan mufakat maka penyelesaian dilakukan melalui proses hukum.

**Pasal 16**  
**Lain-lain**

- (1) **PIHAK KEDUA** menjamin bahwa penelitian dengan judul tersebut di atas belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum cukup diatur dalam Perjanjian ini dan dipandang perlu diatur lebih lanjut dan dilakukan perubahan oleh **PARA PIHAK**, maka perubahan-perubahannya akan diatur dalam perjanjian tambahan atau perubahan yang merupakan satu kesatuan dan bagian yang tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh **PARA PIHAK** pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.





Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan  
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi  
Gedung BPPT II Lantai 19, Jl. MH. Thamrin No. 8 Jakarta Pusat  
<https://simlitabmas.ristekdikti.go.id/>

## PROTEKSI ISI LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Dilarang menyalin, menyimpan, memperbanyak sebagian atau seluruh isi laporan ini dalam bentuk apapun kecuali oleh peneliti dan pengelola administrasi penelitian

## LAPORAN AKHIR PENELITIAN MULTI TAHUN

ID Proposal: c279a46d-cced-4a0b-b21f-420074ab2458  
laporan akhir Penelitian: tahun ke-2 dari 2 tahun

### 1. IDENTITAS PENELITIAN

#### A. JUDUL PENELITIAN

Segmentasi Area Sel Darah Putih Secara Otomatis Melalui Citra Preparat Tanpa Pewarnaan

#### B. BIDANG, TEMA, TOPIK, DAN RUMPUN BIDANG ILMU

Bidang Fokus RIRN / Bidang Unggulan Perguruan Tinggi	Tema	Topik (jika ada)	Rumpun Bidang Ilmu
Teknologi Informasi dan Komunikasi	-		

#### C. KATEGORI, SKEMA, SBK, TARGET TKT DAN LAMA PENELITIAN

Kategori (Kompetitif Nasional/ Desentralisasi/ Penugasan)	Skema Penelitian	Strata (Dasar/ Terapan/ Pengembangan)	SBK (Dasar, Terapan, Pengembangan)	Target Akhir TKT	Lama Penelitian (Tahun)
Penelitian Desentralisasi			SBK Riset Terapan	5	2

### 2. IDENTITAS PENGUSUL

Nama (Peran)	Perguruan Tinggi/ Institusi	Program Studi/ Bagian	Bidang Tugas	ID Sinta	H-Index
LINA - Ketua Pengusul	Universitas Tarumanagara	Teknik Informatika		5992059	4
ARLEND S - CHRIS - Anggota Pengusul	Universitas Tarumanagara	Pendidikan Dokter	merumuskan persoalan yang dihadapi di dunia medis, melakukan supervisi proses pengambilan data, memonitor pembuatan sampel	5991676	0

			preparat, melakukan supervisi terhadap pengambilan foto citra preparat dengan mikroskop, melakukan validasi terhadap luaran sistem.		
JEANNY PRAGANTHA - Anggota Pengusul	Universitas Tarumanagara	Teknik Informatika	merumuskan algoritma dan perhitungan, melakukan supervisi perancangan modul, melakukan supervisi pembuatan program aplikasi, melakukan pengujian sistem.	5990649	1

### 3. MITRA KERJASAMA PENELITIAN (JIKA ADA)

Pelaksanaan penelitian dapat melibatkan mitra kerjasama, yaitu mitra kerjasama dalam melaksanakan penelitian, mitra sebagai calon pengguna hasil penelitian, atau mitra investor

Mitra	Nama Mitra
Mitra Calon Pengguna	Dr. Barry

### 4. LUARAN DAN TARGET CAPAIAN

#### Luaran Wajib

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2	Program komputer	Tersedia	Sistem aplikasi segmentasi sel darah putih secara otomatis
1	Program komputer	Tersedia	

#### Luaran Tambahan

Tahun Luaran	Jenis Luaran	Status target capaian (accepted, published, terdaftar atau granted, atau status lainnya)	Keterangan (url dan nama jurnal, penerbit, url paten, keterangan sejenis lainnya)
2	Artikel di Jurnal Nasional terakreditasi peringkat 1-3	Published	International Journal of Artificial Intelligence Research

### 5. ANGGARAN

Rencana anggaran biaya penelitian mengacu pada PMK yang berlaku dengan besaran minimum dan maksimum sebagaimana diatur pada buku Panduan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

**Total RAB 2 Tahun Rp. 496,428,000**

**Tahun 1 Total Rp. 267,720,000**

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	-	Paket	20	518,393	10,367,860
Bahan	ATK	-	Paket	20	518,393	10,367,860
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	40	686,222	27,448,880
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	40	686,222	27,448,880
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	20	1,164,213	23,284,260
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	20	1,164,213	23,284,260
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	90	47,000	4,230,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	90	47,000	4,230,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0

Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	200	79,000	15,800,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	200	79,000	15,800,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	10	47,000	470,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	10	47,000	470,000
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	4	286,000	1,144,000

Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	4	286,000	1,144,000
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	1	4,000,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	1	4,000,000	4,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	1	18,400,000	18,400,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	1	18,400,000	18,400,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	1	14,000,000	14,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	1	14,000,000	14,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	6,000,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	6,000,000	6,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib,	Biaya seminar	-	Paket	0	0	0

dan Luaran Tambahan	internasional					
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	25	47,000	1,175,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	25	47,000	1,175,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	6	300,000	1,800,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	6	300,000	1,800,000

Tahun 2 Total Rp. 228,708,000

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
Bahan	ATK	-	Paket	20	519,443	10,388,860
Bahan	ATK	-	Paket	20	519,443	10,388,860
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	40	686,222	27,448,880
Bahan	Bahan Penelitian (Habis Pakai)	-	Unit	45	698,838	31,447,710

Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	20	993,163	19,863,260
Bahan	Barang Persediaan	-	Unit	15	993,162	14,897,430
Pengumpulan Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	HR Pembantu Lapangan	-	OH	30	80,000	2,400,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	90	47,000	4,230,000
Pengumpulan Data	Biaya konsumsi	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	Transport	-	OK (kali)	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Petugas Survei	-	OH/OR	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	FGD persiapan penelitian	-	Paket	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Pengumpulan Data	HR Pembantu Peneliti	-	OJ	0	0	0
Sewa Peralatan	Kebun Percobaan	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Peralatan penelitian	-	Unit	0	0	0

Sewa Peralatan	Transport penelitian	-	OK (kali)	0	0	0
Sewa Peralatan	Ruang penunjang penelitian	-	Unit	0	0	0
Sewa Peralatan	Obyek penelitian	-	Unit	0	0	0
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	120	75,000	9,000,000
Analisis Data	Biaya analisis sampel	-	Unit	100	75,000	7,500,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	4	1,700,000	6,800,000
Analisis Data	Honorarium narasumber	-	OJ	0	0	0
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Analisis Data	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	3	300,000	900,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	HR Pengolah Data	-	P (penelitian)	1	1,540,000	1,540,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	10	47,000	470,000
Analisis Data	Biaya konsumsi rapat	-	OH	90	47,000	4,230,000
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Penginapan	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	4	286,000	1,144,000
Analisis Data	Transport Lokal	-	OK (kali)	4	286,000	1,144,000
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Uang Harian	-	OH	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Analisis Data	Tiket	-	OK (kali)	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya penyusunan buku termasuk book chapter	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya pembuatan dokumen uji produk	-	Paket	1	4,500,000	4,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib,	Biaya Luaran Iptek	-	Paket	1	20,400,000	20,400,000

dan Luaran Tambahan	lainnya (purwa rupa, TTG dll)					
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Luaran Iptek lainnya (purwa rupa, TTG dll)	-	Paket	1	5,500,000	5,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	1	3,100,000	3,100,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Luaran KI (paten, hak cipta dll)	-	Paket	1	8,000,000	8,000,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	7,500,000	7,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Publikasi artikel di Jurnal Internasional	-	Paket	1	7,500,000	7,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya Publikasi artikel di Jurnal Nasional	-	Paket	1	3,500,000	3,500,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	1	4,675,000	4,675,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar internasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya seminar nasional	-	Paket	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Biaya konsumsi rapat	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di luar kantor	-	OH	0	0	0

Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	Uang harian rapat di dalam kantor	-	OH	0	0	0
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	6	300,000	1,800,000
Pelaporan, Luaran Wajib, dan Luaran Tambahan	HR Sekretariat/ Administrasi Peneliti	-	OB	9	300,000	2,700,000

Tahun 3 Total Rp. 0

Jenis Pembelanjaan	Komponen	Item	Satuan	Vol.	Biaya Satuan	Total
--------------------	----------	------	--------	------	--------------	-------

## 6. KEMAJUAN PENELITIAN

### A. RINGKASAN

Perkembangan teknologi sangatlah bermanfaat dalam berbagai aspek kehidupan, salah satunya yaitu bidang kesehatan. Sel darah putih dapat digunakan untuk mendiagnosis penyakit yang diderita. Oleh karena itu, banyak dilakukan penelitian mengenai pendekripsi sel darah putih. Namun selama ini, pendekripsi yang diusulkan masih menggunakan preparat yang sebelumnya telah dilakukan pewarnaan (staining) terlebih dahulu untuk mengetahui keberadaan sel darah putih. Proses pewarnaan preparat ini membutuhkan waktu dan biaya yang cukup tinggi. Untuk itu, peneliti mengusulkan untuk melakukan pendekripsi sel darah putih pada citra preparat tanpa proses pewarnaan. Sistem yang dirancang akan memproses masukan berupa citra sel darah preparat tanpa pewarnaan. Pada penelitian tahun pertama, rencana penelitian akan difokuskan pada tahapan segmentasi area sel darah putih secara otomatis dari citra preparat tanpa pewarnaan. Metode yang diterapkan adalah metode Seed Region Growing yang menerapkan proses binerisasi terhadap sel darah merah dan sel darah putih. Selanjutnya proses segmentasi dilanjutkan dengan pengurangan sel darah merah untuk mendapatkan citra dugaan sel darah putih, dan penetapan citra hasil deteksi sel darah putih. Pada penelitian tahun kedua, penelitian akan dilanjutkan dengan menerapkan metode deep learning yaitu Convolutional Neural Network (CNN) untuk proses pengenalan jenis sel darah putih yang diinputkan ke sistem. Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian tahun sebelumnya yaitu microscope image processing untuk pendekripsi degradasi dan perbaikan kualitas hasil pewarnaan preparat sel darah. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebuah produk perangkat lunak yang dapat mendekripsi area dan klasifikasi sel darah putih dengan masukan citra preparat tanpa pewarnaan. Luaran wajib penelitian yang diharapkan berupa produk program komputer yang dilindungi oleh KI, dokumentasi hasil uji coba sistem, serta luaran tambahan berupa publikasi ilmiah di jurnal internasional dan jurnal nasional terakreditasi.

### B. KATA KUNCI

Segmentasi area; Sel darah putih; Citra preparat tanpa pewarnaan; Seed region growing; Convolutional Neural Network.

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan seringkas mungkin. Dilarang menghapus/memodifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

**C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Untuk mengevaluasi kinerja sistem yang diusulkan, beberapa percobaan telah dilakukan. Penulis mengumpulkan dan membangun basis data sendiri untuk menyediakan satu set pasangan citra yang tidak diwarnai dan citra yang diwarnai. Karena sel darah putih pada citra yang tidak diwarnai hampir tidak terdeteksi oleh mata manusia, maka perlu untuk memverifikasi hasil yang diperoleh dengan membandingkannya dengan versi yang diwarnai dari lokasi yang sama. Basis data yang dikembangkan terdiri dari dua dataset dengan dataset pertama berisi citra mikroskopis dengan citra sel darah yang tidak diwarnai, sedangkan dataset kedua berisi citra mikroskopis dengan citra sel darah berwarna, yang mengikuti prosedur pewarnaan standar. Jumlah proporsi citra yang digunakan dalam percobaan untuk setiap dataset ditunjukkan pada Tabel 3. Dari Tabel 3, dapat diamati bahwa citra pelatihan untuk setiap dataset berbeda. Namun, citra pengujian adalah pasangan citra tidak bernoda dan bernoda dari lokasi sel darah yang sama. Oleh karena itu, jumlah citra pengujian yang sama untuk kedua set data disajikan pada Tabel 3. Jumlah citra tanpa pewarnaan yang digunakan pada dataset 1 adalah 458 citra, yang terdiri dari 264 citra untuk pelatihan dan 194 citra untuk pengujian. Untuk dataset 2, sistem memiliki 528 citra yang diwarnai untuk pelatihan dan 194 gambar bernoda untuk pengujian.

Gambar 4 menunjukkan sampel citra berpasangan untuk setiap dataset. Sampel dari citra yang tidak diwarnai digambarkan pada Gambar 4(a) dan 4(e), sedangkan Gambar 4(f) dan 4(j) menunjukkan sampel dari citra yang diwarnai. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4(a) dan 6(e) bahwa untuk citra yang tidak diwarnai, lokasi area sel darah sulit dideteksi dengan mata manusia. Dengan demikian, persegi panjang hijau ditambahkan untuk menandai area sel darah putih agar lebih mudah dilihat. Namun, dalam percobaan, hanya versi polos dari citra yang tidak diwarnai, tanpa tanda persegi panjang hijau, yang dimasukkan ke dalam sistem. Sebaliknya, sel darah pada citra yang diwarnai mudah dideteksi oleh mata manusia, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4(f) dan 4(j). Dengan demikian, jelas bahwa mendeteksi area sel darah putih menggunakan citra yang diwarnai lebih mudah dan dapat mencapai tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Pada percobaan pertama, dikembangkan sistem deteksi sel darah putih menggunakan kedua dataset. Akurasi deteksi sistem yang dikembangkan dihitung berdasarkan jumlah citra yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah total citra yang telah diuji. Terlihat bahwa ada kejadian dimana citra memiliki nol atau lebih dari satu sel darah putih; Oleh karena itu, sistem dirancang untuk mendeteksi lebih dari satu area sel darah putih dalam sebuah citra. Keakuratan deteksi sel darah putih dan rata-rata waktu pemrosesan untuk kedua dataset ditunjukkan pada Tabel 3. Sementara itu, akurasi pendekripsi detail untuk setiap jenis sel darah putih beserta sampel citranya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Jumlah proporsi data yang digunakan dalam eksperimen

Data	Dataset 1 – citra tidak diwarnai	Dataset 2 – citra pewarnaan
Latih	264	528
Uji	194	194

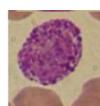
Tabel 4. Akurasi sistem deteksi yang dikembangkan

Skenario	Akurasi deteksi (%)	Waktu rata-rata (detik)
Dataset 1 – Citra tidak diwarnai	65.72	0.515
Dataset 2 – Citra pewarnaan	94.82	0.502

Berdasarkan Tabel 4, sistem yang diusulkan mencapai akurasi deteksi 65,72% untuk dataset 1 untuk citra sel darah yang tidak diwarnai, dengan waktu deteksi rata-rata 0,515 detik, sedangkan hasil eksperimen pada dataset 2 menunjukkan akurasi deteksi 94,82% untuk sistem pendekripsi citra yang diwarnai. Rata-rata waktu pemrosesan untuk dataset 2 adalah 0,502 detik.

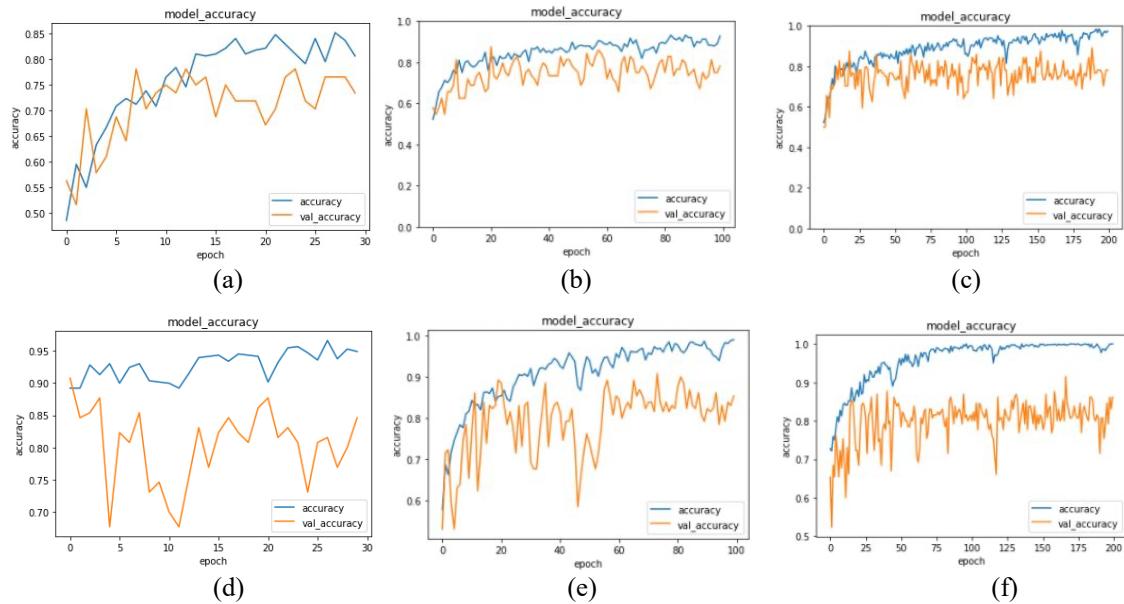
Tabel 5 menunjukkan akurasi deteksi dan sampel citra dari setiap jenis sel darah putih. Akurasi deteksi yang diperoleh untuk Neutrofil adalah 52,63%, Eosinofil 83,33%, Basofil 100%, Monosit 75%, dan Limfosit 17,65%. Terlihat pada Tabel 5 bahwa Basofil dan Eosinofil merupakan jenis sel darah putih yang dapat dengan mudah dideteksi oleh sistem. Sedangkan Limfosit paling sulit dideteksi. Salah satu penyebab sulitnya mendekripsi Limfosit adalah kesamaan dimensinya dengan sel darah merah. Dengan demikian, Limfosit sering tidak terdeteksi.

Tabel 5. Akurasi deteksi dan sampel citra dari setiap jenis sel darah putih

White Blood Cell Type	Image Sample	Detection Accuracy (%)
Neutrophil		52.63
Eosinophil		83.33
Basophil		100
Monocyte		75
Lymphocyte		17.65

Selanjutnya, beberapa eksperimen dikembangkan dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Pada tahap pelatihan, model CNN dibangun menggunakan model yang telah dilatih sebelumnya yaitu VGG16. Arsitektur VGG16 yang diterapkan memiliki 18 lapisan, terdiri dari 13 lapisan konvolusi dan 5 lapisan untuk pooling. Model yang diperoleh dari tahap pelatihan selanjutnya diuji menggunakan berbagai konfigurasi epoch. Tiga konfigurasi epoch yang berbeda ditentukan—epoch 30, 100, dan 200. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menentukan model yang paling optimal untuk dataset latih. Selama pelatihan, sampel dibagi menjadi dua sub-set data internal: data pelatihan aktual dan data validasi.

Nilai akurasi dan akurasi validasi untuk setiap konfigurasi epoch untuk Training Set 1 (citra tidak diwarnai) dan Training Set 2 (citra diwarnai) ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil akurasi untuk Training Set 1 dengan 30 epoch digambarkan pada Gambar 5(a), sedangkan Gambar 5(b) dan Gambar 5(c) mewakili hasil untuk Training Set 1 dengan 100 epoch dan 200 epoch, masing-masing. Sementara itu, Gambar 5(d), Gambar 5(e), dan Gambar 5(f) mencakup hasil akurasi untuk Training Set 2 masing-masing untuk 30 epoch, 100 epoch, dan 200 epoch.



Gambar 5. Akurasi dan validasi deteksi untuk (a) Training Set 1 dengan 30 epoch, (b) Training Set 1 dengan 100 epoch, (c) Training Set 1 dengan 200 epoch, (d) Training Set 2 dengan 30 epoch, (e) Training Set 2 dengan 100 epoch, (f) Training Set 2 dengan 200 epoch

Tabel 6. Akurasi dan Loss untuk Training Set 1 untuk citra tanpa pewarnaan untuk konfigurasi variasi epoch

Epoch	Akurasi (%)	Loss	Validasi Akurasi (%)	Validasi Loss
30	79.89	0.3719	73.31	0.4853
100	92.75	0.2519	78.12	0.5476
200	96.79	0.0931	78.12	0.6744

Tabel 7. Akurasi dan Loss untuk Training Set 2 untuk citra dengan pewarnaan untuk konfigurasi variasi epoch

Epoch	Akurasi (%)	Loss	Validasi Akurasi (%)	Validasi Loss
30	94.89	0.2247	84.62	0.5289
100	99.05	0.0370	85.38	0.5132
200	100	0.0076	86.15	0.6162

Tabel 8. Akurasi untuk variasi epoch untuk kedua Testing Set

Epoch	Akurasi (%)	
	Testing Set 1 – citra tidak diwarnai	Testing Set 2 – citra diwarnai
30	56.25	53.83
100	48.43	40.76
200	48.43	48.76

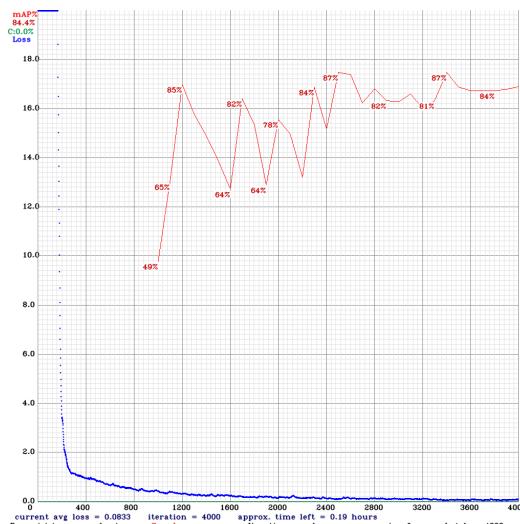
Detail akurasi dan nilai loss kedua training set disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7. Dari Tabel 6 terlihat bahwa hasil akurasi dan akurasi validasi Training Set 1 untuk citra tidak diwarnai meningkat seiring dengan penggunaan nilai epoch yang lebih tinggi. Hasil ini memenuhi perilaku klasik "akurasi tinggi dan loss rendah" yang diharapkan. Fenomena ini juga terjadi untuk Training Set 2 untuk citra yang diwarnai pada Tabel 7. Selanjutnya, Tabel 8 menyajikan tingkat akurasi untuk setiap konfigurasi epoch untuk kedua set pengujian. Berbeda dengan hasil pelatihan dimana model 200 epoch memberikan akurasi tertinggi, untuk set pengujian, model 30 epoch mencapai tingkat akurasi terbaik untuk citra uji yang tidak diwarnai maupun yang diwarnai. Namun nilai akurasi yang diperoleh turun secara signifikan untuk semua konfigurasi epoch. Nilai akurasi tertinggi untuk Testing Set 1 untuk citra yang tidak diwarnai adalah 56,25%, sedangkan Testing Set 2 mencapai nilai yang lebih rendah sebesar 53,83%. Mempertimbangkan hasil akurasi yang buruk untuk kedua set pengujian, model tersebut diduga mengalami overfitting.

Selanjutnya, teknik evaluasi menggunakan confusion matrix diimplementasikan untuk mengukur kinerja sistem yang diusulkan. Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 8, eksperimen dilakukan dengan menggunakan model terlatih dengan konfigurasi 30 epoch, 64 ukuran batch, dan Adam optimizer. Hasil yang diperoleh kemudian diklasifikasikan berdasarkan kategori berikut: True Positive (TP), False Positive (FP), True Negative (TN), dan False Negative (FN). Klasifikasi masing-masing kategori ditetapkan sebagai berikut: TP adalah jumlah citra yang mengandung sel darah putih dan terdeteksi dengan benar, sedangkan FP adalah jumlah citra tanpa sel darah putih, namun sistem salah mendeteksi beberapa area sel darah putih. TN adalah jumlah citra tanpa sel darah putih dan tidak ada deteksi area sel darah putih, dan FN adalah jumlah citra yang mengandung sel darah putih, namun sistem tidak dapat mendeteksi area sel darah putih.

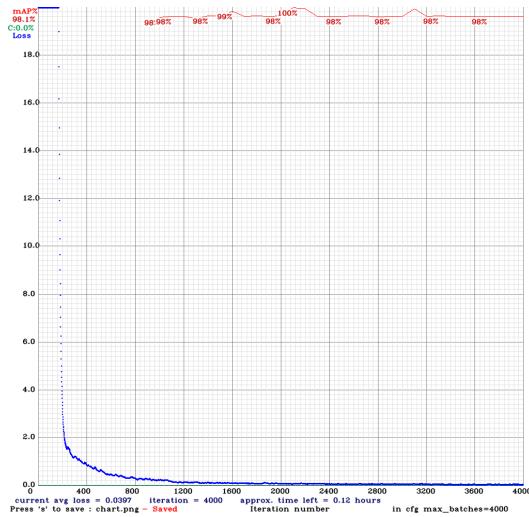
Tabel 9 menunjukkan hasil Accuracy, Precision, Recall dan F1-Score untuk kedua set pengujian. Berdasarkan evaluasi pada Tabel 9, Testing Set 1 yang berisi citra tanpa pewarnaan memiliki tingkat akurasi 53,85%, tingkat presisi 52,94%, tingkat recall 59,38%, dan F1-score 56,72%. Sedangkan untuk Testing Set 2 yang mengolah citra yang diwarnai memiliki tingkat akurasi yang sedikit lebih tinggi yaitu 54,69%, tingkat presisi 59,24%, tingkat recall 69,23%, dan F1-Score 60%. Beberapa faktor seperti overfitting, konfigurasi layer yang tidak optimal, dan kemiripan ukuran sel darah yang tinggi diduga menjadi penyebab rendahnya nilai akurasi.

Tabel 9. Hasil Accuracy, Precision, Recall dan F1-Score untuk kedua set pengujian

Dataset	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Testing Set 1 – citra tidak diwarnai	53.85	52.94	59.38	56.72
Testing Set 2 – citra berwarna	54.69	59.24	69.23	60



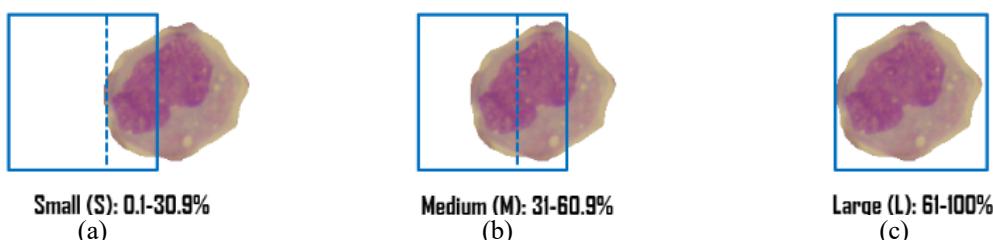
Gambar 6. Akurasi and loss untuk variasi epoch pada Testing Set 1 – citra tanpa pewarnaan



Gambar 7. Akurasi and loss untuk variasi epoch pada Testing Set 2 – citra dengan pewarnaan

Selanjutnya, eksperimen dikembangkan dengan menerapkan algoritma You Only Look Once (YOLO) v3 dengan menggunakan framework DarkNet-53. Dalam eksperimen ini, lapisan input adalah khas CNN memiliki lapisan konvolusi dan lapisan max-pooling. Berbagai variasi epoch digunakan untuk menggambarkan akurasi dan loss dari sistem yang dikembangkan seperti tertera pada Gambar 6 dan Gambar 7. Terlihat pada Gambar 6 bahwa rata-rata loss sistem adalah 0,0833 dengan nilai akurasi tertinggi 87% untuk Testing Set 1 yang terdiri dari citra sel darah putih yang tidak dilatih sebelumnya dan tidak diwarnai. Gambar 7 menunjukkan nilai akurasi dan loss untuk berbagai epoch di Testing Set 2. Citra sel darah putih di Testing Set 2 sebelumnya diwarnai dengan pewarnaan Wright. Terlihat pada Gambar 7 bahwa nilai loss sistem adalah 0,0397 dengan nilai akurasi tertinggi 100%. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah bahwa model yang dikembangkan dapat memberikan hasil pengenalan sel darah putih yang tinggi dari citra sel darah yang tidak diwarnai, yang hampir tidak dikenali jika pendekripsi dilakukan secara manual dengan mata manusia.

Pada tahapan pengujian kedua, untuk menguji keakuratan hasil yang diberikan sistem, dilakukan eksperimen dengan menggunakan dua tipe data, yaitu data citra yang memiliki sel darah putih dan data citra yang tidak memiliki sel darah putih. Total data citra adalah 167 citra dengan rincian 67 citra mengandung sel darah putih dan 100 citra tanpa sel darah putih. Dalam pengukuran hasil akurasi sistem, untuk setiap hasil deteksi akan dilakukan penentuan kategori terhadap area terdeteksi berdasarkan seberapa besar kotak hasil deteksi mencakup area sel darah putih yang terdeteksi. Penentuan kelas kategori hasil deteksi tertera pada Gambar 8.



Gambar 8. Klasifikasi dari Area yang Terdeteksi, yaitu (a) Kecil, (b) Sedang, dan (c) Besar

Eksperimen dilakukan menggunakan dua skenario pada setiap data uji. Skenario pertama didasarkan pada jumlah area yang terdeteksi dan skenario kedua didasarkan pada jumlah citra yang diuji. Akurasi dari skenario pertama dihitung berdasarkan jumlah area yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah area yang terdeteksi, sedangkan akurasi dari skenario kedua dihitung berdasarkan jumlah citra yang terdeteksi dengan benar dibagi dengan jumlah total citra yang telah diuji, yaitu 67 (dengan sel darah putih) dan 100 (tanpa sel darah putih) citra. Dikarenakan adanya kemungkinan dalam sebuah citra memiliki lebih dari satu sel darah putih, maka sistem dirancang untuk mendeteksi lebih dari satu area sel darah putih dalam sebuah citra. Jadi, sebuah citra dapat memiliki satu atau lebih kotak deteksi sebagai area yang terdeteksi sel darah putih yang mempengaruhi akurasi pada skenario pertama (berdasarkan area yang terdeteksi). Hal ini berbeda dari skenario kedua, dimana jika ada satu atau lebih area yang terdeteksi dengan benar berarti citra telah berhasil dideteksi. Hasil pendekripsi dari sistem yang dikembangkan ditampilkan pada Tabel 10 dan Tabel 11. Secara khusus, tingkat keberhasilan sistem dalam mendekripsi sel darah putih berdasarkan jenisnya ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 10. Hasil Pendekripsi Sistem pada Dataset 1 (Sel Darah Putih)

Skenario	Terdeteksi			Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)	Waktu rata-rata (detik)
	S	M	L			
Berdasarkan Area Terdeteksi	4	6	25	46	43.21	
Berdasarkan Total Citra	2	6	25	34	49.25	0.5132

Tabel 11. Hasil Pendekripsi Sistem pada Dataset 2 (Tanpa Sel Darah Putih)

Skenario	Terdeteksi	Tidak Terdeteksi	Akurasi (%)	Waktu rata-rata (detik)
Berdasarkan Area Terdeteksi	92	43	46.74	
Berdasarkan Total Citra	57	43	43.00	0.4959

Tabel 12. Hasil Pendekripsi Sistem Berdasarkan Jenis Sel Darah Putih

Tipe Sel Darah Putih	Tedeteksi	Tidak Terdeteksi	Total	Akurasi (%)
Neutrofil	20	18	38	52.63
Eosinofil	5	1	6	83.33
Basofil	0	0	0	-
Monosit	6	2	8	75
Limfosit	3	14	17	17.65

Berdasarkan hasil eksperimen pada dataset pertama seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10, sistem mencapai akurasi 43.21% (berdasarkan area yang terdeteksi) dan 49.25% (berdasarkan total citra) dari 67 citra yang diuji, dengan waktu deteksi rata-rata adalah 0.5132 detik. Sedangkan percobaan pada dataset kedua seperti yang ditunjukkan pada Tabel 11, memiliki akurasi sebesar 46.74% (berdasarkan area yang terdeteksi) dan 43% (berdasarkan total citra) dari 100 citra yang diuji, dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 0.4959 detik. Secara keseluruhan, rata-rata akurasi pada sistem ini adalah 44.98% berdasarkan jumlah area pendekripsi dan 46.13% berdasarkan jumlah citra yang diuji dengan waktu deteksi rata-rata sebesar 0.5046 detik. Masih cukup banyak area yang terdeteksi mengandung sel darah putih yang muncul pada dataset 1 meskipun hanya memiliki satu sel darah putih atau pada dataset 2 yang tidak memiliki sel darah putih. Hal ini disebabkan oleh adanya noise pada area tekstur atau tidak adanya sel darah putih. Selain itu, beberapa kegagalan diakibatkan oleh penggunaan variabel yang sangat sederhana untuk penentuan keberhasilan deteksi yaitu hanya didasarkan pada ukuran area dan aspect ratio dari citra. Diketahui dari hasil percobaan bahwa metode yang diusulkan belum cukup kuat untuk mendekripsi sel darah putih tanpa pewarnaan secara sempurna. Namun hal ini dapat dipahami, mengingat objek sel darah putih pada citra masukan sepenuhnya tidak terlihat oleh mata manusia (transparan). Selain itu, juga terdapat beberapa area sel darah putih yang tidak memiliki tekstur yang dapat diekstraksi. Namun demikian, tahapan segmentasi citra menggunakan transformasi watershed berhasil menghilangkan area sel darah merah hingga 97%, meskipun terkadang masih terdapat beberapa area sel yang berdekatan dengan batasan citra tidak dapat tersegmentasi.

**D. STATUS LUARAN:** Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, hasil pengujian atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran wajib dan luaran tambahan melalui BIMA.

Luaran wajib yang dihasilkan berupa HKI – Hak Cipta atas program komputer yang berjudul Blood Detection using Faster Region Convolutional Neural Network. Aplikasi program komputer ini dirancang untuk dapat melakukan deteksi dan segmentasi sel darah putih yang ada pada citra digital preparat sel darah. Hak Cipta atas luaran wajib ini telah tersertifikasi dengan nomor dan tanggal permohonan: EC00202272918, 7 Oktober 2022 dengan nomor pencatatan: 000388659. Sedangkan luaran tambahan yang dihasilkan adalah publikasi pada Jurnal

Nasional Terakreditasi Peringkat 1-3 yang telah dipublikasikan dengan judul Pendekripsi Leukosit Secara Otomatis Melalui Citra Preparat Berbasis Region Proposal Network pada Jurnal Teknika Vol. 11, No. 3, Hal. 190-196, November 2022.

**E. PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* (untuk Penelitian Terapan, Penelitian Pengembangan, PTUPT, PPUPT serta KRUPT). Bukti pendukung realisasi kerjasama dan realisasi kontribusi mitra dilaporkan sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra diunggah melalui BIMA.

Mitra dari penelitian ini adalah klinik kesehatan Celesta Insan Medika yang berlokasi di Serpong Utara, Tangerang, Banten. Peran dari mitra adalah sebagai narasumber terhadap metode pengembangan teknik segmentasi area sel darah putih. Setelah seluruh proses pembuatan aplikasi, analisis, dan pengujian skala laboratorium selesai dilakukan, sistem dan produk akan diimplementasikan (instalasi dan pelatihan pengguna) dan diujicobakan kepada calon pasien di klinik mitra.

Produk hasil penelitian yang diserahkan kepada mitra berupa *software* program komputer untuk mendekripsi area sel darah putih pada citra preparat tanpa pewarnaan secara otomatis yang berjudul “Segmentasi Area Sel Darah Putih Secara Otomatis Melalui Citra Preparat Tanpa Pewarnaan”.

Keseluruhan rencana penelitian telah dilaksanakan namun belum dapat diimplementasikan secara riil dalam jumlah besar secara kontinu dikarenakan keterbatasan jumlah pasien dan pengaturan jam layanan selama masa pandemi Covid-19; sehingga pengujian hanya dapat dilakukan di lingkungan terbatas laboratorium dan lokasi mitra dalam jumlah terbatas. Namun demikian, hasil uji telah diverifikasi oleh pakar terkait serta produk penelitian telah diserahkan kepada pihak mitra untuk siap diimplementasikan.

**F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN:** Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Terkait kondisi pandemi, maka jumlah tim maupun mitra yang dapat hadir di lokasi sangat terbatas, sehingga pengujian hanya dapat dilakukan di lingkungan terbatas. Namun demikian penelitian dapat dilaksanakan dengan baik dan mencapai luaran sesuai dengan yang direncanakan.

**G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA:** Tuliskan dan uraikan rencana penelitian di tahun berikutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Penelitian ini merupakan penelitian tahun terakhir dimana target luaran wajib maupun tambahan telah tercapai.

**H. DAFTAR PUSTAKA:** Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

1. Barrero, C.M., Gabalan, L.A., & Guerrero, E.E. (2018). A novel approach for objective assessment of white blood cells using computational vision algorithms. *Advances in Hematology*, 2018.
2. Cao, H., Liu, H., & Song, E. (2018). A novel algorithm for segmentation of leukocytes in peripheral blood. *ArXiv*, abs/1905.08416.
3. Rajendran, S., & Kumar, E.S. (2019). Leukocytes classification and segmentation in microscopic blood smear image. *2019 2nd International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICICT)*, 1, 1064-1068.
4. Hegde, R.B., Prasad, K., Hebbar, H., & Singh, B.M. (2019). Image processing approach for detection of leukocytes in peripheral blood smears. *Journal of Medical Systems*, 43, 1-11.
5. Ritter, N., & Cooper, J. (2007). Segmentation and border identification of cells in images of peripheral blood smear slides. *13<sup>th</sup> Australasian conference on Computer Science*, 62, 161-169.
6. Wang, Y., & Cao, Y. (2019). Leukocyte nucleus segmentation method based on enhancing the saliency of saturation component. *Journal of Algorithms & Computational Technology*, 13, 1-10.
7. Arslan, S., Ozyurek, E., & Gunduz-Demir C.A. (2014). A color and shape based algorithm for segmentation of white blood cells in peripheral blood and bone marrow images. *Cytometry Part A*, 85, 480-490.
8. Hramm, O.O., Bilous, N., & Ahekanian, I. (2019). Configurable cell segmentation solution using hough circles transform and watershed algorithm. *2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)*, 602-605.
9. Andrade, A.R., Vogado, L.H., Veras, R.M., Silva, R.R., Araújo, F.H., & Medeiros, F.N. (2019). Recent computational methods for white blood cell nuclei segmentation: A comparative study. *Computer methods and programs in biomedicine*, 173, 1-14.
10. Adams, R., & Bischof, L. (1994). Seeded region growing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 16(6), 641-647.
11. Madhloom, H.T., Kareem, S.A., Ariffin H. (2010). An automated white blood cell nucleus localization and segmentation using arithmetic and automated threshold. *Journal of Application Science*, 10, 959-966.



REPUBLIK INDONESIA  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

# SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka pelindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan : EC00202272918, 7 Oktober 2022

## Pencipta

Nama : Lina dan Oktaviana  
Alamat : Apt. Royal Mediterania G Twr M-11-AK, RT/RW 006/008, Tanjung Duren Selatan, Grogol Petamburan, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11470  
Kewarganegaraan : Indonesia

## Pemegang Hak Cipta

Nama : Lina dan Oktaviana  
Alamat : Apt. Royal Mediterania G Twr M-11-AK, RT/RW 006/008, Tanjung Duren Selatan, Grogol Petamburan, Jakarta Barat, DKI JAKARTA, 11470  
Kewarganegaraan : Indonesia  
Jenis Ciptaan : Program Komputer  
Judul Ciptaan : Blood Detection Using Faster Region Convolutional Neural Network

Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia

Jangka waktu pelindungan

Nomor pencatatan

: 7 Oktober 2022, di Jakarta

: Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.

: 000388659

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.

Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia  
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual  
u.b.  
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto  
NIP.196412081991031002

## Disclaimer:

Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.

# TEKNIKA

## Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi

Terakreditasi SINTA-3

(SK Kemdikbudristek No. 105/E/KPT/2022)

**Pengembangan Sistem Informasi Laporan Penerimaan dan Pengeluaran Kas Pada PT ABC Menggunakan Metode Scrum**

M. Ihsan Alfani Putera, M. Fuad Wiyono Putra, M. Gilvy Langgawan Putra

**Desain dan Implementasi Sistem Inventory Data Ikan CV Pesona Mandiri Berbasis Google Sheets dan Appsheets**

Dyah Ayu Kusuma Wati, Barnad

**Penggunaan Metode K-Means dan K-Means++ Sebagai Clustering Data Covid-19 di Pulau Jawa**

Nursatio Nugroho, Faisal Dharma Adhinata

**Aplikasi Manajemen Pendakian Berbasis Android Menggunakan Metode Scrum**

Hermawan Prasetyo, Nira Radita, Arif Tirtana

**Pendeteksian Leukosit Secara Otomatis Melalui Citra Preparat Berbasis Region Proposal Network**

Lina, Michelle Augustine, Oktaviana, Arlends Chris

**Pengembangan Sistem Pengajuan Surat Berbasis GSuite Untuk Meningkatkan Kemudahan Akses Layanan Administrasi Akademik Untuk Mahasiswa**

Misna Asqia, Hendra Adityawijaya, Yahya Zulkarnain, Arina Fadlila, Zaki Imaduddin

**Sistem Rekomendasi Produk Aplikasi Marketplace Berdasarkan Karakteristik Pembeli Menggunakan Metode User Based Collaborative Filtering**

Fajar Rohman Hariri, Lingga Wahyu Rochim

**Perancangan dan Implementasi Aplikasi Reservasi Jasa Karunia Tour and Travel**

Ridwan Setiawan, Ade Sutedi, Sindi Mulyawati, Leni Fitriani

**Perancangan Gamifikasi Pada Proses Implementasi ERP Menggunakan Metode Accelerate SAP**

Kusuma Dewangga, Andi Wahju Rahardjo Emanuel, Kathryn Widhiyanti

**Analisis Pola Pembelian Konsumen Pada Era Pandemi Dengan Algoritma Apriori Berbasis Web Service**

Achimah Sidauruk, Ilyas Ferry Ceasar Widayanto, Hairul Januar, Miftakhorrokhmat

**Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat  
Institut Informatika Indonesia Surabaya, Indonesia**

# SERTIFIKAT

Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia



Kutipan dari Keputusan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia

Nomor 105/E/KPT/2022

Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode 1 Tahun 2022

Nama Jurnal Ilmiah

Teknika

E-ISSN: 25498045

Penerbit: Institut Informatika Indonesia Surabaya

Ditetapkan Sebagai Jurnal Ilmiah

## TERAKREDITASI PERINGKAT 3

Akreditasi Berlaku selama 5 (lima) Tahun, yaitu  
Volume 10 Nomor 3 Tahun 2021 Sampai Volume 15 Nomor 2 Tahun 2026

Jakarta, 07 April 2022

Plt. Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi,  
Riset, dan Teknologi



Prof. Ir. Nizam, M.Sc., DIC, Ph.D., IPU, ASEAN Eng  
NIP. 196107061987101001

# Pendektsian Leukosit Secara Otomatis Melalui Citra Preparat Berbasis Region Proposal Network

Lina<sup>1\*</sup>, Michelle Augustine<sup>2</sup>, Oktaviana<sup>3</sup>, Arlends Chris<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Tarumanagara, DKI Jakarta

<sup>4</sup> Program Studi Sarjana Kedokteran, Fakultas Kedokteran, Universitas Tarumanagara, DKI Jakarta

Email: <sup>1\*</sup>lina@untar.ac.id, <sup>2</sup>michelle.535200055@stu.untar.ac.id, <sup>3</sup>oktaviana.535180146@stu.untar.ac.id,

<sup>4</sup>arlendsc@fk.untar.ac.id

(Naskah masuk: 27 Sep 2022, direvisi: 11 Okt 2022, diterima: 18 Okt 2022)

## Abstrak

Perkembangan teknologi yang sangat pesat telah membantu dunia medis untuk mendiagnosis kondisi kesehatan seseorang. Salah satu cara untuk melakukan diagnosis medis yang paling utama yaitu melalui pemeriksaan sel darah. Darah terdiri dari eritrosit, leukosit, dan plasma darah. Salah satu komponen darah yang sering dianalisis untuk mengetahui kondisi tubuh adalah leukosit. Analisis dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan terhadap jumlah leukosit yang ada dalam tubuh. Tahap awal dari proses perhitungan sel darah adalah dengan melakukan pendektsian terhadap lokasi sel darah melalui citra digital preparat sel darah. Pada penelitian ini, pendektsian dilakukan secara otomatis menggunakan teknik *Region Proposal Network* dengan mengaplikasikan metode *Faster R-CNN*. Proses utama pendektsian leukosit terdiri dari tahap *pre-processing* dan tahap pendektsian area leukosit menggunakan metode *Faster R-CNN*. Target dari sistem yang diusulkan adalah untuk mendapatkan area leukosit dan menandainya secara otomatis. Eksperimen dilakukan terhadap citra preparat sel darah yang diwarnai dengan cairan Wright, maupun citra preparat sel darah yang tidak diwarnai. Hasil eksperimen menunjukkan tingkat akurasi pendektsian area leukosit sebesar 99,54% untuk citra leukosit dengan pewarnaan dan akurasi pendektsian sebesar 93,21% untuk citra leukosit tanpa pewarnaan.

**Kata Kunci:** Deteksi Sel Darah Putih, Citra Preparat, *Region Proposal Network*, *Faster R-CNN*.

## Automatic Leukocyte Detection from Microscopic Images Based on Region Proposal Network

### Abstract

The rapid development of technology has helped the medical world to diagnose a person's health condition. One of the most important ways to make a medical diagnosis is through a blood cell examination. Blood consists of erythrocytes, leukocytes, and blood plasma. One of the blood components that is often analyzed to determine the condition of the body is leukocytes. Analysis can be done by calculating the number of leukocytes in the body. The initial stage of the blood cell calculation process is to detect the location of blood cells through digital images of blood cell preparations. In this study, the detection is done automatically using the *Region Proposal Network* technique by applying the *Faster R-CNN* method. The main process of leukocyte detection consists of the pre-processing stage and the detection stage of leukocyte area using the *Faster R-CNN* method. The target of the proposed system is to obtain leukocyte areas and mark them automatically. Experiments were carried out on images of blood cell preparations stained with Wright's fluid, as well as images of unstained blood cell preparations. The experimental results showed that the leukocyte area detection accuracy was 99.54% for the stained leukocyte image and reached 93.21% for the unstained leukocyte image.

**Keywords:** Leukocyte Detection, Microscopic Image, *Region Proposal Network*, *Faster R-CNN*.

## I. PENDAHULUAN

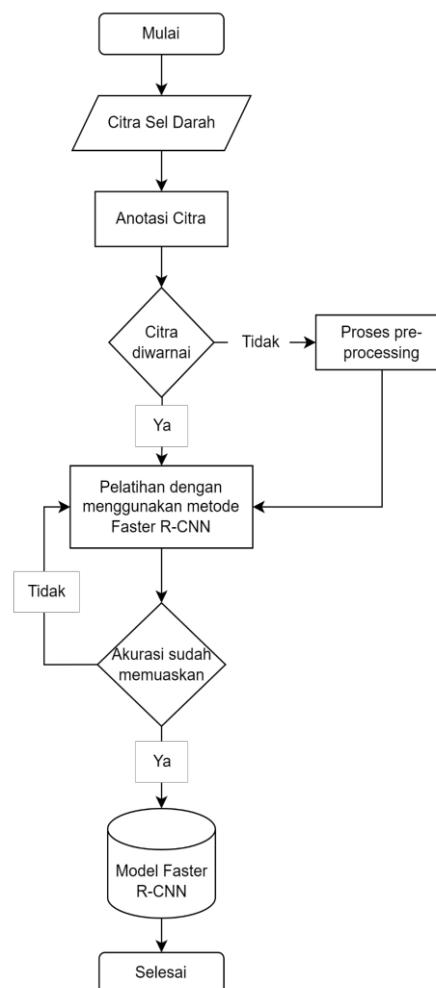
Sel darah putih merupakan komposisi sel darah manusia dan memainkan peran utama dalam sistem kekebalan tubuh manusia. Darah merupakan cairan yang berfungsi untuk mengirimkan zat-zat dan oksigen yang dibutuhkan tubuh, membawa zat sisa metabolisme, dan pertahanan tubuh terhadap serangan virus atau bakteri. Darah pada manusia terdiri atas komponen-komponen sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit), keping darah (trombosit), dan plasma darah. Analisis sel darah putih telah menjadi salah satu prosedur utama untuk diagnosis medis. Didukung oleh perkembangan teknologi yang sangat pesat, beberapa jenis penelitian telah dilakukan untuk mengintegrasikan teknologi baru untuk deteksi otomatis dan analisis sel darah. Beberapa penelitian terbaru telah fokus pada pengembangan metodologi jaringan saraf tiruan maupun *deep learning* ketika melakukan berbagai analisis terkait Kesehatan. Berbagai metodologi telah digunakan untuk menyelesaikan persoalan pengenalan sel darah, baik metode transformasi statistika berbasis *region* [1][2][3], metode transformasi warna [4][5][6], maupun metode berbasis kecerdasan buatan yang sejenis dengan penelitian yang diusulkan [7][8]. Metode kecerdasan buatan terkini dan populer adalah *Convolutional Neural Network* (CNN). Kesamaan dari seluruh penelitian yang ada adalah penggunaan citra dengan pewarnaan sebagai masukan sistem. Proses pewarnaan ini biasanya dilakukan secara manual oleh teknisi laboratorium untuk mewarnai preparat pada *slide* mikroskop sebelum tahap pengambilan citra. Preparat yang telah diwarnai kemudian difoto untuk menghasilkan citra sel darah digital. Jenis sel darah pada citra yang diwarnai dapat dengan mudah dibedakan dengan penglihatan manusia dan komputer. Dengan demikian, hasil akurasi yang diperoleh akan tinggi. Namun, kelemahan utama sistem deteksi dan pengenalan sel darah dengan menggunakan citra preparat yang diwarnai adalah proses pewarnaannya yang tidak efisien.

Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem pendekripsi leukosit dari citra preparat dengan pewarnaan maupun tanpa pewarnaan. Penelitian ini akan menggunakan metode pendekripsi objek *Faster R-CNN* untuk mendekripsi lokasi leukosit yang merupakan salah satu teknik yang populer dalam *Region Proposal Network*. Sistem deteksi leukosit dilakukan pada citra mikroskopis yang diwarnai dan tidak diwarnai. Citra yang tidak diwarnai terlihat hampir transparan dan tidak dapat dikenali oleh mata manusia. Sedangkan citra yang diwarnai akan lebih mudah dikenali oleh sistem dan dapat dibedakan pula dengan mudah oleh mata manusia. Masukan dari sistem yang diusulkan adalah citra mikroskopis yang diwarnai dan tidak diwarnai, yang mengandung leukosit dan eritrosit. Proses utama pendekripsi leukosit terdiri dari tahap *pre-processing* dan tahap pendekripsi area leukosit menggunakan metode *Faster R-CNN*. Target dari sistem yang diusulkan adalah untuk mendapatkan area leukosit dan menandainya secara otomatis. Makalah ini disusun dengan struktur sebagai berikut: Bab 1 terdiri dari pendahuluan dan pentingnya sistem pendekripsi leukosit secara otomatis, Bab 2 membahas tentang sistem deteksi menggunakan metode *Faster R-CNN*, Bab 3

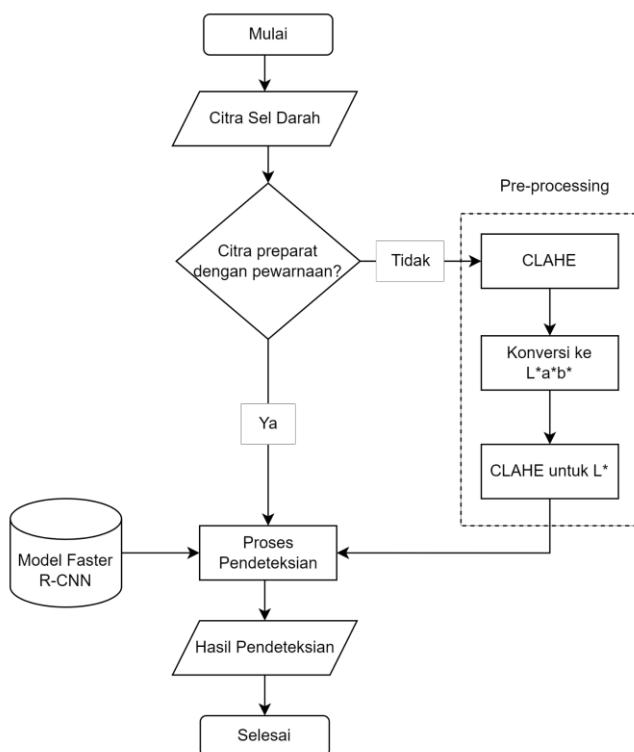
menyajikan hasil eksperimen dari basis data yang dikumpulkan peneliti sendiri, dan kesimpulan pada Bab 4.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

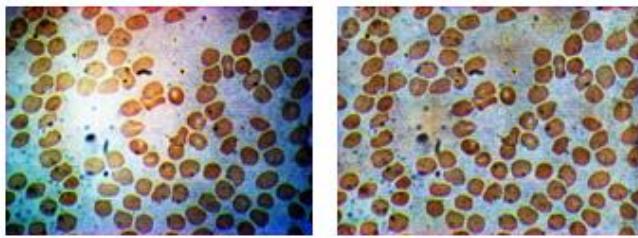
Sistem yang dirancang adalah sebuah sistem yang dapat mendekripsi lokasi leukosit yang terdapat dalam citra preparat dengan menggunakan salah satu metode *deep learning* yaitu *Faster R-CNN*. Input dari rancangan merupakan citra preparat darah dengan pewarnaan serta tanpa pewarnaan yang diambil melalui mikroskop. Untuk citra dengan pewarnaan, data-data yang dimiliki akan langsung dibagi menjadi data latih dan data uji. Sedangkan untuk citra tanpa pewarnaan, data akan melalui tahapan *pre-processing* dengan menggunakan metode *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE). Pada tahap awal, citra masukan dengan domain warna RGB akan diproses dengan metode CLAHE, kemudian diubah ke domain warna CIELAB. Luaran dari tahap ini kemudian digunakan untuk proses pelatihan dalam *Faster R-CNN*. Alur rancangan sistem tertera pada Gambar 1 untuk tahap pelatihan sistem, dan Gambar 2 untuk tahap pengujian sistem.



Gambar 1. Tahap Pelatihan Sistem



Gambar 2. Tahap Pendekatan Sistem



Gambar 3. Sampel Citra Preparat Sel Darah Dengan (a) HE dan (b) CLAHE

#### A. Tahapan Pre-processing

Pada tahap *pre-processing*, akan diterapkan metode *Contrast Limited Histogram Equalization* (CLAHE) pada masing-masing *channel RGB* dari citra masukan. Ruang warna yang dihasilkan akan berupa ruang warna CIEL\*a\*b\*. CLAHE merupakan pengembangan dari *Histogram Equalization* (HE), dimana pada HE sering timbul permasalahan dengan kontras dari gambar. Contoh perbandingan antara citra sampel dengan metode HE dan CLAHE dapat dilihat pada Gambar 3. CLAHE memiliki variabel *clip limit* dan variabel *tile grid size*. *Clip limit* merupakan batasan dari histogram yang nantinya akan dipotong dan disebarluaskan ke area histogram sekitarnya. *Tile grid size* merujuk kepada ukuran *grid* untuk diekualisasi. Citra *input* akan dibagi sesuai dengan banyaknya baris dan kolom yang menjadi ukuran dari *grid*. Algoritma CLAHE beroperasi pada wilayah kecil dalam citra yang merupakan area histogram yang akan digabungkan dengan tetangganya menggunakan interpolasi bilinear untuk menghilangkan batas buatan. Hasil akhir dari CLAHE adalah histogram yang sudah merata.

Selanjutnya, dilakukan tahapan konversi ke ruang L\*a\*b\*. Pada CIEL\*a\*b\* terdapat 3 nilai, yaitu L\*, a\*, dan b\*. L\* menggambarkan pencahayaan (*Luminance*), dimana memiliki nilai antara 0 sampai dengan 100 (hitam – putih) [9].

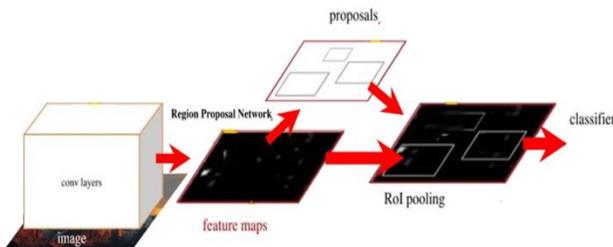
#### B. Tahapan Pendekatan

Pendekatan objek merupakan metode yang digunakan untuk menandai objek dengan sebuah *bounding box* di dalam suatu citra. Algoritma *Faster R-CNN* merupakan salah satu algoritma pendekatan objek yang merupakan pengembangan dari metode R-CNN [7]. Metode *Faster R-CNN* menerima *input* sebuah citra dan berbagai *object proposal* dari citra tersebut. Biasanya *object proposal* akan didapatkan dengan menggunakan metode *selective search*. *Selective search* merupakan algoritma untuk menghasilkan *region proposal* untuk pendekatan objek. Algoritma dari *selective search* adalah dengan membuat segmentasi objek berdasarkan intensitas piksel, kemudian secara iteratif melakukan pengelompokan antara segmentasi jika terdapat banyak kesamaan sampai didapatkan satu *region*. Setelah mendapatkan *region proposal*, citra akan melalui proses ekstraksi fitur menggunakan CNN. Setelah mendapatkan fitur dari citra tersebut, akan ditentukan *Region of Interest* (RoI) dari setiap objek yang diajukan. Hasil kemudian akan digunakan untuk dimasukkan ke dalam *fully connected layer* untuk ditentukan probabilitas jenis kelas dari gambar tersebut, dan *bounding box* untuk objek yang terdeteksi.

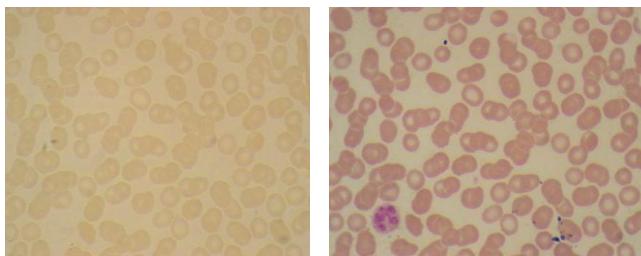
Algoritma dari *Faster R-CNN* adalah sebagai berikut:

1. Citra *input* masuk ke dalam *convolutional layer* sesuai arsitektur yang dipilih. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan *feature map*.
2. Pembuatan *anchor box* sebagai titik awal untuk *bounding box*. *Anchor box* akan dibuat disepanjang titik *feature map* dengan jumlah titik  $w \times h$  dimana  $w$  adalah lebar *feature map* dan  $h$  adalah tinggi *feature map*.
3. Untuk setiap titik, dibuat  $k$  *anchor box* dimana jumlah  $k$  akan didapatkan dari skala dan rasio *anchor box* ( $k = \text{skala} \times \text{rasio}$ ).
4. *Feature map* yang didapatkan dari tahap 1 dimasukkan menjadi bagian dari RPN (*Region Proposal Network*) melewati lapisan *convolutional* 3x3 dilanjutkan dengan lapisan *convolutional* 1x1 dengan keluaran  $2 \times k$  yang menggambarkan nilai *foreground/background* yang kemudian akan digunakan untuk mendapatkan *objectness score*. Lapisan *convolutional* 1x1 dengan keluaran  $4 \times k$  yang berisi nilai prediksi *offset* dari  $x, y, w$ , dan  $h$ .
5. Lakukan eliminasi *region proposal* dengan menggunakan *Non-Maximum Supresion*, yakni dengan mengambil bagian dengan *objectness score* tertinggi, dan mengabaikan proposal dengan nilai IoU melewati batas yang ditentukan (menandakan bahwa proposal saling tumpang tindih).
6. *Region proposal* yang didapatkan akan dipotong dan kemudian dimasukkan kedalam *ROI Pooling Layer* dengan tujuan untuk mengubah ukuran proposal agar sesuai dengan ukuran *input fully connected layer*.
7. Akan dilakukan klasifikasi untuk setiap wilayah proposal.

Arsitektur dari *Faster R-CNN* dapat dilihat pada Gambar 4. Pada metode *Faster R-CNN*, tahap pertama adalah melakukan konvolusi terhadap citra masukan, lalu dilakukan pembuatan peta fitur (*feature maps*). Dengan algoritma *Region Proposal Network* akan dihasilkan prediksi berbagai area yang dideteksi sebagai area leukosit. Tahap terakhir adalah melakukan *pooling* yang menentukan area mana yang dipilih sebagai *input* bagi *classifier*.



Gambar 4. Arsitektur *Faster R-CNN*



Gambar 5. Citra Preparat Sel Darah Tanpa Pewarnaan (Kiri) dan Pewarnaan (Kanan)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem telah berjalan baik dengan hasil sesuai dengan yang diharapkan, yaitu dapat mendekripsi leukosit dari citra preparat dengan maupun tanpa pewarnaan. Perangkat yang digunakan untuk melakukan pengujian sistem pendekripsi leukosit memiliki spesifikasi perangkat keras sebagai berikut:

1. Processor Intel(R) Core i5-7200U @ 2.50GHz (4CPUs ~2.75GHz)
2. GPU Intel HD Graphics 620
3. SSD 512 GB
4. RAM 8GB

Sedangkan perangkat lunak yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Sistem operasi Windows 10 Pro 64-bit
2. Visual Studio Code
3. Python 3.9

Model yang digunakan pada pendekripsi leukosit adalah *Faster R-CNN* dengan menggunakan arsitektur *ResNet-50*. Data citra sel darah yang digunakan pada eksperimen ini diambil dengan menggunakan kamera yang disambungkan ke mikroskop terhadap kaca preparat yang telah mendapatkan *blood smear* dari tenaga medis. Kaca preparat dan pewarnaan

yang dilakukan mengikuti prosedur baku kedokteran untuk pewarnaan preparat sel darah. Dalam melakukan proses digitalisasi preparat, dilakukan peletakan kaca preparat pada mikroskop, lalu dilakukan pengaturan untuk perbesaran tampilan yang digunakan pada mikroskop yaitu sebesar 1000 kali, meliputi 10 kali perbesaran pada lensa okuler dan 100 kali perbesaran pada lensa objektif. Untuk sebuah kaca preparat yang dimiliki, dilakukan pencarian lapangan pandang yang memuat sel darah dengan distribusi merata. Selanjutnya dilakukan proses pengambilan citra terhadap lapangan pandang tersebut.

*Dataset* yang digunakan adalah citra preparat sel darah dengan pewarnaan dan tanpa pewarnaan. Contoh data citra preparat sel darah dengan pewarnaan dan tanpa pewarnaan dapat dilihat pada Gambar 5. Terdapat 473 pasang citra preparat dengan pewarnaan dan tanpa pewarnaan. Dari keseluruhan data tersebut, sebanyak 326 pasang citra memiliki leukosit, sedangkan 147 pasang sisanya tidak memiliki leukosit. Data yang mengandung leukosit digunakan dengan komposisi sebanyak 80% untuk data latih dan 20% sisanya untuk data uji. Sedangkan citra yang tidak memiliki leukosit hanya digunakan untuk data uji. Pada tahap pelatihan, dilakukan pemetaan nilai *loss* terhadap jumlah *epoch* yang digunakan. Gambar 6 menampilkan grafik nilai *loss* terhadap *epoch* untuk setiap konfigurasi model yang terdiri dari 2 buah model citra yang diwarnai dan 2 buah model citra tanpa pewarnaan. Konfigurasi skenario terbaik untuk 4 model pelatihan tertera pada Tabel 1.

Pengujian terhadap model pendekripsi sel darah putih dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix*. Jika pada tahap pelatihan, model dilatih dengan menggunakan *pre-processing*, maka pada tahap pengujian juga akan menggunakan *pre-processing*. Perhitungan hasil pengujian akan dilakukan menggunakan *Confusion Matrix*. Metode ini akan membagi hasil pengujian menjadi 4 kelas, yaitu:

1. *True Positive* (TP) = citra dengan leukosit, terdeteksi
2. *False Positive* (FP) = citra tanpa leukosit, terdeteksi
3. *False Negative* (FN) = citra dengan leukosit, tidak terdeteksi
4. *True Negative* (TN) = citra tanpa leukosit, tidak terdeteksi

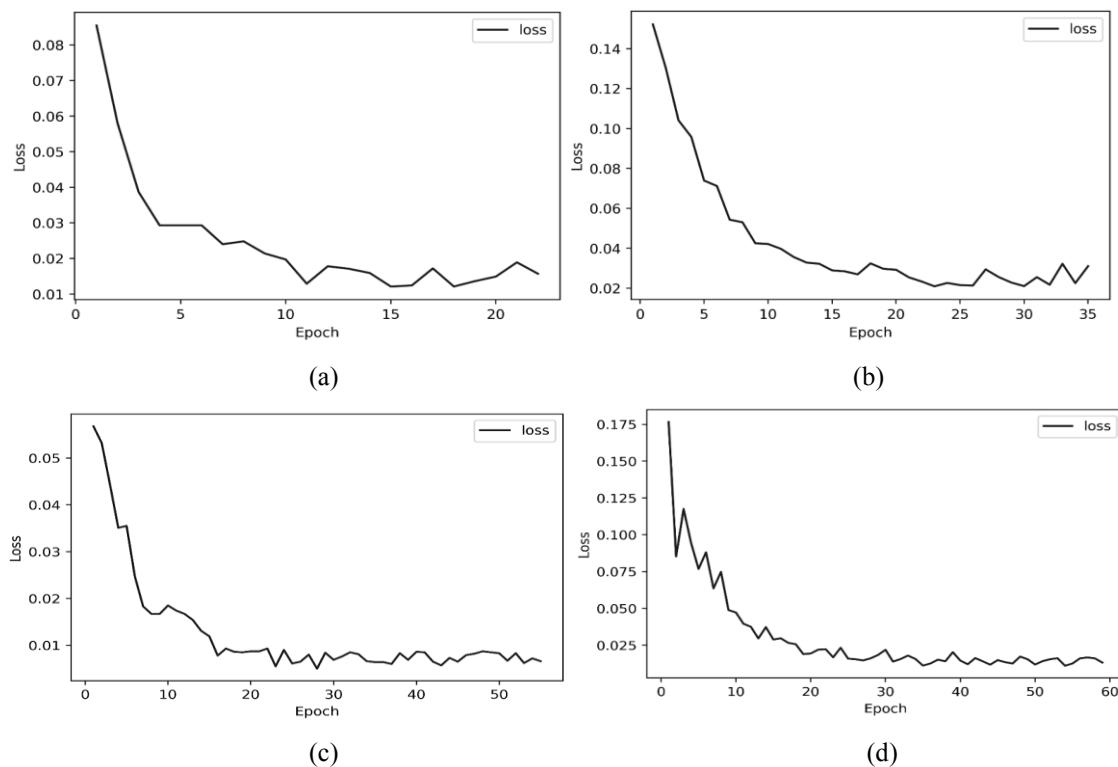
Berdasarkan hasil *confusion matrix*, dapat dilakukan perhitungan terhadap nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-Score* dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

$$\text{recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$\text{F1 Score} = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (4)$$



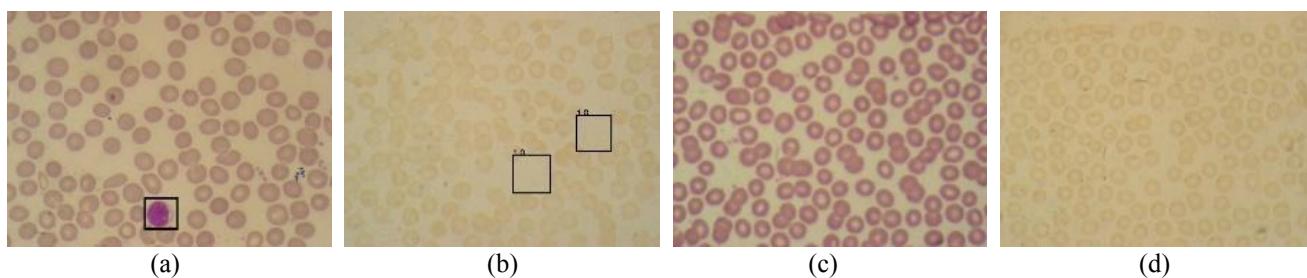
Gambar 6. Grafik Nilai *Loss* Terhadap Jumlah *Epoch* Untuk (a) Model 1 – Citra Leukosit Dengan Pewarnaan, (b) Model 2 – Citra Tanpa Leukosit Tanpa Pewarnaan, (c) Model 3 – Citra Tanpa Leukosit Dengan Pewarnaan, (d) Model 4 – Citra Tanpa Leukosit Tanpa Pewarnaan

Tabel 1. Skenario Model Pelatihan

Model	Tipe	Pre-process	Jumlah Epoch	Learning Rate
1	Citra leukosit dengan pewarnaan	Y	22	0,005
2	Citra leukosit tanpa pewarnaan	Y	35	0,005
3	Citra tanpa leukosit dengan pewarnaan	N	55	0,005
4	Citra tanpa leukosit tanpa pewarnaan	Y	59	0,005

Tabel 2. Nilai *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* Pengujian

Model	Accuracy (%)	Precision (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Model 1	99,54	100	98,61	99,30
Model 2	93,21	96,77	82,19	88,89
Model 3	99,54	100	98,61	99,30
Model 4	93,64	91,30	88,73	90,00



Gambar 7. Sampel Hasil Pendekripsi Untuk (a) Model 1, (b) Model 2, (c) Model 3, (d) Model 4

Hasil pengujian berupa nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-Score* dapat dilihat pada Tabel 2 untuk keseluruhan model yang digunakan. Berdasarkan Tabel 2, diperoleh hasil bahwa untuk data uji dengan pewarnaan, diperoleh hasil akurasi sistem yang baik hingga mencapai 99,54% dengan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-Score* masing-masing bernilai 100%, 98,61%, dan 99,30%. Nilai evaluasi tersebut diperoleh untuk Model 1 dan Model 3 yaitu data uji dengan pewarnaan untuk citra yang mengandung leukosit maupun untuk citra yang tidak mengandung leukosit. Sedangkan untuk Model 2 yaitu data uji tanpa pewarnaan yang mengandung leukosit, diperoleh nilai akurasi sistem sebesar 93,21% dengan nilai *precision* sebesar 96,77%, nilai *recall* sebesar 82,19%, serta nilai *F1-Score* sebesar 88,89%. Untuk Model 4 yaitu data uji tanpa pewarnaan dan tidak mengandung leukosit, sistem memberikan nilai akurasi sebesar 93,64%, dengan nilai *precision* mencapai 91,30%, nilai *recall* sebesar 88,73%, dan nilai *F1-Score* sebesar 90%. Contoh sampel dari hasil pendekripsi untuk masing-masing model tertera pada Gambar 7.

Gambar 7 menampilkan sampel hasil pendekripsi untuk masing-masing model yang diujikan. Pada Gambar 7a terlihat bahwa sistem mampu memberikan kotak penanda hasil pada lokasi sel darah putih yang terdeteksi pada citra pewarnaan. Gambar 7b menampilkan dua kotak penanda terhadap dua buah sel darah putih yang terdeteksi pada citra tanpa pewarnaan. Sedangkan Gambar 7c dan Gambar 7d tidak menampilkan kotak penanda karena citra uji memang tidak mengandung sel darah putih sama sekali baik pada citra pewarnaan, maupun citra tanpa pewarnaan.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat terlihat bahwa sistem pendekripsi leukosit dengan menggunakan metode *Faster R-CNN* dengan *backbone ResNet-50* mampu memberikan hasil sangat baik yaitu mencapai 99,54% *accuracy*, 100% *precision*, 98,61% *recall*, dan 99,30% *F1-Score* untuk mendekripsi leukosit dari citra preparat dengan pewarnaan. Sedangkan untuk pendekripsi leukosit tanpa pewarnaan, sistem mampu memberikan hasil yang mendekati citra dengan pewarnaan, yaitu 93,21% *accuracy*, 96,77% *precision*, 82,19% *recall*, dan 88,89% *F1-Score*. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pendekripsi pada dua lingkungan yang berbeda, baik dengan pewarnaan maupun tanpa pewarnaan.

#### IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan adalah sistem yang diusulkan mampu mendekripsi leukosit dari citra preparat dengan pewarnaan maupun tanpa pewarnaan secara otomatis. Keberadaan sistem ini dapat mengatasi permasalahan tingginya *human error* ketika melakukan pendekripsi area leukosit jika dilakukan secara manual dalam jumlah yang banyak. Model yang digunakan pada sistem ini menggunakan metode *Faster R-CNN* dengan menggunakan *backbone ResNet-50* yang didapatkan dari *library Torchvision*. Untuk citra tanpa pewarnaan, diperlukan tahap *pre-processing*

terlebih dahulu agar memberikan hasil yang mendekati citra pewarnaan. Hasil pengujian tertinggi diperoleh oleh sistem untuk citra leukosit dari citra preparat dengan pewarnaan hingga mencapai 99,54% *accuracy*, 100% *precision*, 98,61% *recall*, dan 99,30% *F1-Score*. Pada pengembangan penelitian berikutnya, hasil pendekripsi akan dilanjutkan ke tahap pengenalan jenis sel darah dan perhitungan jumlah sel darah secara otomatis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi atas pendanaan yang diberikan untuk melaksanakan penelitian ini sesuai Surat Keputusan Nomor: SP DIPA-023.17.1.690523/2022 dan Kontrak Nomor: 069/E5/PG.02.00.PT/2022; 470/LL3/AK.04/2022; 0779-Int-KLPPM/UNTAR/VI/2022.

#### REFERENSI

- [1] L. A. Chris, B. Mulyawan, and A. B. Dharmawan, “A Leukocyte Detection System Using Scale Invariant Feature Transform Method,” *International Journal of Computer Theory and Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 69–73, 2016.
- [2] N. Salem, N. M. Sobhy, and M. E. Dosoky, “A Comparative Study of White Blood Cells Segmentation Using Otsu Threshold And Watershed Transformation,” *Journal of Biomedical Engineering and Medical Imaging*, vol. 3, no. 3, 2016.
- [3] C. Di Ruberto, A. Loddo, and L. Putzu, “Detection of Red And White Blood Cells From Microscopic Blood Images Using A Region Proposal Approach,” *Computers in Biology and Medicine*, vol. 116, p. 103530, 2020.
- [4] J. Duan and L. Yu, “A WBC Segmentation Method Based on HSI Color Space,” *2011 4th IEEE International Conference on Broadband Network and Multimedia Technology*, 2011.
- [5] S. M. Pizer, E. P. Amburn, J. D. Austin, R. Cromartie, A. Geselowitz, T. Greer, B. ter Haar Romeny, J. B. Zimmerman, and K. Zuiderveld, “Adaptive Histogram Equalization and Its Variations,” *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, vol. 39, no. 3, pp. 355–368, 1987.
- [6] K. N. Plataniotis and A. N. Venetsanopoulos, *Color Image Processing and Applications*. Berlin: Springer, 2011.
- [7] S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun, “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 39, no. 6, pp. 1–14, 2017.
- [8] Lina, D. Reynaldo, Danny, and Arlends Chris, “White Blood Cells Detection from Unstained Microscopic

- Images using Modified Watershed Segmentation," *IAENG International Journal of Computer Science*, vol. 48, no. 4, pp. 1151–1161, 2021.
- [9] N. A. Ibraheem, M. M. Hasan, R. Z. Khan, and P. K. Mishra, "Understanding Color Models: A Review," *ARPJ Journal of Science and Technology*, vol. 2, no. 3, pp. 265–275, 2012.