

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR VGG16 DAN RESNET50
DALAM KLASIFIKASI JENIS ULOS BATAK TOBA**

SKRIPSI

RAYNHARD TARIHORAN

201401010



**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

**PERBANDINGAN ARSITEKTUR VGG16 DAN RESNET50
DALAM KLASIFIKASI JENIS ULOS BATAK TOBA**

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi tugas dan memenuhi syarat memperoleh ijazah
Sarjana Ilmu Komputer

RAYNHARD TARIHORAN

201401010



**PROGRAM STUDI S-1 ILMU KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA**

MEDAN

2024

PERSETUJUAN

Judul : PERBANDINGAN ARSITEKTUR VGG16 DAN RESNET50 DALAM
KLASIFIKASI JENIS ULOS BATAK TOBA

Kategori : SKRIPSI

Nama : RAYNHARD TARIHORAN

Nomor Induk Mahasiswa : 201401010

Program Studi : SARJANA (S-1) ILMU KOMPUTER

Fakultas : ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

Medan, 4 Maret 2025

Dosen Pembimbing I



Anandhini Medianty Nababan S.Kom., M.T.
NIP. 199304132024062001

Dosen Pembimbing II



Dr. Ir. Elviawaty Muisa Zamzami, S.T., M.T., M.M., IPU
NIP. 19700716200512002

Diketahui/disetujui oleh
Program Studi S-1 Ilmu Komputer
Ketua,



Dr. Amalia, S.T., M.T.
NIP. 197812212014042001

PERNYATAAN

PERBANDINGAN ARSITEKTUR VGG16 DAN RESNET50 DALAM KLASIFIKASI JENIS ULOS BATAK TOBA

SKRIPSI

Saya mengakui bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing telah disebutkan sumbernya.

Medan, 4 Maret 2025



Raynhard Tarihoran
201401010



UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha ESA, atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “PERBANDINGAN ARSITEKTUR VGG16 DAN RESNET50 DALAM KLASIFIKASI JENIS ULOS BATAK TOBA” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi S-1 Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara. Dalam proses skripsi ini, penulis telah menerima banyak bimbingan, dukungan, bantuan dan doa di berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Muryanto Amin, S.Sos., M.Si. selaku Rektor Universitas Sumatera Utara.
2. Ibu Dr. Maya Silvi Lydia, B.Sc., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Sumatera Utara.
3. Ibu Dr. Amalia, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi S-1 Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
4. Ibu Sri Melvani Hardi, S.Kom., M.Kom. selaku Sekretaris Program Studi S-1 Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.
5. Bapak Pauzi Ibrahim Nainggolan, S.Komp., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
6. Ibu Anandhini Medianty Nababan, S.Kom., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik kepada penulis.
7. Ibu Dr. Ir. Elviawaty Muisa Zamzami, S.T., M.T., M.M., IPU. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, saran, dan kritik kepada penulis.
8. Butik Batak Parna Songket & Ulos yang telah membantu saya dalam penelitian.
9. Seluruh Dosen dan Staf Pegawai Program Studi S-1 Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Sumatera Utara.

10. Keluarga Penulis yaitu Bapak Derwan Tarihoran, S.Pd. dan Ibu Pirhotty Hutagalung, S.Pd. yang senantiasa sabar dan selalu mendoakan serta memberikan dorongan, semangat dan nasihat dalam proses perkuliahan dan penyelesaian skripsi, begitu juga dengan saudara/i penulis Masnidar Tarihoran, S.P. , Raymond Tarihoran, S.E. , dan Rudolf Tarihoran, S.Pd. yang selalu memberi semangat, dukungan serta doa kepada penulis.
11. Teman terdekat penulis yaitu Jordan dan Syahira yang telah memberikan semangat dan serta tempat bertukar pikiran selama menjalani perkuliahan.
12. Teman-teman kuliah yang telah berkontribusi secara signifikan dalam membantu dan mendukung selama perkuliahan.
13. Seluruh kerabat yang membantu penulis, yang tidak bisa dituliskan secara khusus.

Semoga Tuhan Yang Maha ESA memberkati semua pihak yang telah memberikan bantuan, dan dukungan kepada penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini

Medan, 4 Maret 2025



Raynhard Tarihoran
201401010



ABSTRAK

Ulos merupakan kain adat khas suku Batak etnis Toba yang sering digunakan saat berbagai upacara adat. Ulos memiliki beragam jenis, masing-masing dengan fungsi yang berbeda dalam penggunaannya. Motif pada setiap ulos juga bervariasi, meskipun secara sekilas terlihat mirip jika tidak diamati secara mendetail. Permasalahan yang sering muncul adalah kesalahan masyarakat dalam mengenali jenis ulos, sehingga ulos kerap dianggap sama tanpa mengetahui perbedaannya. Untuk mengatasi hal ini, penelitian ini bertujuan mengklasifikasikan ulos guna mempermudah identifikasi jenis-jenis ulos Batak Toba. Penelitian ini membandingkan model *Visual Geometry Group* (VGG16) dan *Residual Networks* (ResNet50) dalam proses klasifikasi. Penelitian dilakukan pada enam jenis ulos Batak Toba, yaitu Ulos Bintang Maratur, Ulos Mangiring, Ulos Ragi Hidup, Ulos Ragi Hotang, Ulos Sadum, dan Ulos Sibolang, yang dibedakan berdasarkan cara pembuatannya, yaitu tenunan manual dan mesin. Pengujian dilakukan dengan menggunakan gambar ulos yang diambil dengan kamera pada motif penuh tanpa gangguan objek lain dan motif penuh dengan gangguan objek lain. Dataset yang digunakan berjumlah dari 3.189 data yang dibagi menjadi data latih dan data uji. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model klasifikasi menggunakan VGG16 dan ResNet50 sama-sama mencapai performa maksimal dengan nilai akurasi, presisi, recall, dan *F1-Score* sebesar 1.0 pada penilaian *Confusion matrix*. Pada pengujian pada aplikasi seluler, model VGG16 dan ResNet50 mampu mengidentifikasi setiap jenis ulos Batak Toba dengan baik pada Full Motif. Namun, pada jarak yang lebih jauh, VGG16 menunjukkan keunggulan dalam membedakan jenis-jenis ulos tersebut dibandingkan dengan ResNet50.

Kata Kunci : Ulos, Klasifikasi, *Deep Learning*, *Visual Geometry Group* (VGG16), *Residual Networks* (ResNet50)

COMPARISON OF VGG16 AND RESNET50 ARCHITECTURES IN THE CLASSIFICATION OF TOBA BATAK ULOS TYPES

ABSTRACT

Ulos is a traditional cloth typical of the Toba ethnic Batak tribe that is often used during various traditional ceremonies. Ulos has various types, each with different functions in its use. The motifs on each ulos also vary, although at first glance they look similar if not observed in detail. The problem that often arises is the public's mistake in recognizing the type of ulos, so ulos are often considered the same without knowing the difference. To overcome this, this research aims to classify ulos to facilitate the identification of the types of Toba Batak ulos. This research compares the Visual Geometry Group (VGG16) and Residual Network (ResNet50) models in the classification process. The research was conducted on six types of Toba Batak ulos, namely Ulos Bintang Maratur, Ulos Mangiring, Ulos Ragi Hidup, Ulos Ragi Hotang, Ulos Sadum, and Ulos Sibolang, which are distinguished by the way they are made, namely manual and machine weaving. The test was conducted using images of ulos taken with a camera on full motifs without interference from other objects and full motifs with interference from other objects. The dataset used amounted to 3,189 data divided into training data and test data. The results showed that the classification model using VGG16 and ResNet50 both achieved maximum performance with accuracy, precision, recall, and F1-Score values of 1.0 on the Confusion matrix assessment. In testing on mobile applications, the VGG16 and ResNet50 models were able to identify each type of Toba Batak ulos well at close range. However, at longer distances, VGG16 showed superiority in distinguishing the types of ulos compared to ResNet50.

Keyword : Ulos, Classification, Deep Learning, Visual Geometry Group (VGG16), Residual Network (ResNet50)

DAFTAR ISI

PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Metodologi Penelitian.....	5
1.7. Penelitian Relevan	6
1.8. Sistematika Penulisan	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1. Klasifikasi	9
2.2. Ulos	9
2.2.1. Ulos Bintang Maratur.....	10
2.2.2. Ulos Mangiring	11
2.2.3. Ulos Ragi Hidup.....	11
2.2.4. Ulos Ragi Hotang.....	12
2.2.5. Ulos Sibolang	13
2.2.6. Ulos Sadum	13
2.3. <i>Deep Learning</i>	14
2.4. Pengolahan Citra Digital.....	14
2.5. <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	15
2.5.1. Lapisan Konvolusi.....	15
2.5.2. Lapisan <i>Pooling</i>	16

2.5.3. Lapisan Terhubung Penuh	16
2.6. <i>Transfer Learning</i>	16
2.7. Augmentasi Data	17
2.8. VGGNet	18
2.9. ResNet	19
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN	21
3.1. Analisis Sistem	21
3.1.1. Analisis Masalah	21
3.1.2. Analisis Kebutuhan	22
3.1.3. Analisis Proses	23
3.1.4. Arsitektur Umum Sistem	26
3.2. Pemodelan Sistem	28
3.2.1. <i>Use Case</i> Diagram	28
3.2.2. <i>Activity</i> Diagram	28
3.2.3. <i>Sequence</i> Diagram	29
3.3. Flowchart	30
3.4. Perancangan Antarmuka Sistem	31
3.4.1. Tampilan <i>Splash Screen</i>	31
3.4.2. Tampilan <i>Home</i>	32
3.4.3. Tampilan Klasifikasi	32
3.4.4. Tampilan Keterangan	33
3.4.5. Tampilan Tentang	34
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	34
4.1. Implementasi Sistem	34
4.1.1. Halaman <i>Splash Screen</i>	34
4.1.2. Halaman <i>Home</i>	34
4.1.3. Halaman Klasifikasi	35
4.1.4. Halaman Keterangan	35
4.1.5. Halaman Tentang	36
4.2. Prosedural Operasional	36
4.3. Pengujian Sistem	37
4.3.1. Model ResNet50	37

4.3.2. Model VGG16.....	51
4.3.3. Pemilihan Model Terbaik	64
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ulos Bintang Maratur	10
Gambar 2.2 Ulos Mangiring	11
Gambar 2.3 Ulos Ragi Hidup	12
Gambar 2.4 Ulos Ragi Hotang	12
Gambar 2.5 Ulos Sibolang.....	13
Gambar 2.6 Ulos Sadum.....	13
Gambar 2.7 Satu <i>Convolution Layer</i>	15
Gambar 2.8 <i>Convolution Layer</i> dan <i>Pooling Layer</i>	16
Gambar 2.9 <i>Convolution Layer</i> dan <i>Fully Connected Layer</i>	16
Gambar 2.10 Transformasi Gambar Affine	17
Gambar 2.11 Transformasi Warna	18
Gambar 2.12 Arsitektur VGG16.....	19
Gambar 2.13 Arsitektur ResNet50	20
Gambar 3.1 <i>Fishbone</i> Diagram	21
Gambar 3.2 Dataset Ulos Bintang Maratur	23
Gambar 3.3 Dataset Ulos Mangiring	24
Gambar 3.4 Dataset Ulos Ragi Hotang	24
Gambar 3.5 Dataset Ulos Ragi Hidup	24
Gambar 3.6 Dataset Ulos Sibolang.....	25
Gambar 3.7 Dataset Ulos Sadum.....	25
Gambar 3.8 Arsitektur Umum Sistem.....	26
Gambar 3.9 Perancangan Sistem	27
Gambar 3.10 <i>Use Case</i> Diagram	28
Gambar 3.11 <i>Activity</i> Diagram	29
Gambar 3.12 <i>Sequence</i> Diagram	30
Gambar 3.13 <i>Flowchart</i> Sistem.....	30
Gambar 3.14 Tampilan <i>SplashScreen</i>	31
Gambar 3.15 Tampilan <i>Home</i>	32
Gambar 3.16 Tampilan Klasifikasi	32
Gambar 3.17 Tampilan Keterangan.....	33

Gambar 3.18 Tampilan Tentang.....	33
Gambar 4.1 Halaman <i>Splash Screen</i>	34
Gambar 4.2 Halaman <i>Home</i>	35
Gambar 4.3 Halaman Klasifikasi.....	35
Gambar 4.4 Halaman Keterangan	36
Gambar 4.5 Halaman Tentang	36
Gambar 4.6 <i>Confusion Matrix</i> ResNet-50	48
Gambar 4.7 <i>Confusion Matrix</i> VGG-16	62



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pembagian Dataset.....	26
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sistem Model Resnet50 (motif penuh tanpa gangguan objek lain)	37
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem Model Resnet50 (motif penuh dengan Dengan gangguan objek lain).....	42
Tabel 4.3 Pengujian Sistem Model Resnet50 pada Objek yang tidak termasuk dalam Penelitian.....	46
Tabel 4.4 <i>Confusion Matrix</i> ResNet-50.....	48
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Model VGG16 (motif penuh tanpa Gangguan objek lain).....	51
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sistem Model VGG16 (motif penuh dengan Gangguan objek lain).....	55
Tabel 4.7 Pengujian Sistem Model VGG16 pada Objek yang tidak termasuk dalam Penelitian.....	60
Tabel 4.8 <i>Confusion Matrix</i> VGG-16.....	62
Tabel 4.9 Pemilihan Model Terbaik.....	65

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kepulauan Indonesia merupakan rumah bagi beberapa suku. Suku Batak Toba merupakan salah satu suku tersebut. Orang Batak Toba merupakan suku yang terletak di Sumatera bagian utara atau kerap disebut sebagai daerah Tapanuli. Batak Toba memiliki banyak tradisi yang kerap dilaksanakan pada upacara adat, baik berupa upacara adat pernikahan, tujuh bulanan kehamilan bayi, maupun upacara adat kematian. Dalam pelaksanaannya, masyarakat Batak Toba menggunakan ulos sebagai simbol adat.

Ulos adalah kain tradisional yang identik dengan budaya Batak Toba. Ulos sendiri dibuat dengan cara di tenun. Penenunan ulos tidak sembarangan dengan alasan pada ulos itu sendiri terdapat simbol-simbol yang memiliki makna penting pada upacara adat suku Batak Toba (Rajagukguk, 2015).

Seiring dengan majunya perkembangan zaman, masyarakat Batak Toba sering tidak paham dalam memilih jenis ulos yang akan digunakan pada upacara adat (Abdillah & Irwansyah, 2020). Minimnya pengetahuan akan adat yang menjadi alasan masyarakat salah menggunakan ulos. Fenomena-fenomena tersebut yang menjadi dasar bahwa pentingnya pengetahuan akan budaya Batak Toba. Salah satu upaya yang dapat dilakukan dalam pengenalan ulos adalah pengetahuan akan motif, warna, dan simbol (Firmando, 2021). Perlu diketahui bahwa terdapat sekitar 200 jenis ulos Batak Toba, namun yang umum digunakan ada 6 jenis ulos ialah ulos Bintang Maratur, ulos Mangiring, ulos Ragi Hidup, ulos Ragi Hotang, ulos Sibolang, dan ulos Sadum (Rajagukguk, 2015).

Perkembangan teknologi terkini telah memberikan kontribusi besar pada aspek kehidupan manusia pada bidang *deep learning*. Khususnya model jaringan saraf tiruan, berkembang sangat pesat di bidang pengenalan gambar. Salah satu model *deep learning* yang paling sering digunakan ialah *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN dikenal karena kemampuannya

dalam menyelesaikan masalah klasifikasi data gambar dengan akurasi tinggi dan dianggap sebagai model terbaik untuk menyelesaikan *object detection* dan *object recognition* (NURHIKMAT, 2018). CNN terdiri dari tiga komponen utama : lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi (*hidden layer*), dan lapisan keluaran (*output layer*). Model ini digunakan untuk mengambil gambar digital yang menunjukkan motif, warna, dan simbol yang dimana akan di analisis untuk menentukan nama dari Ulos Batak Toba tersebut. Sistem jaringan saraf ini termasuk dalam kelompok *deep neural network* karena memerlukan komputasi yang luas dalam jaringannya. Sebagai implementasi dari *multilayer perceptron* (MLP), CNN secara khusus dioptimalkan untuk memproses data sebagai gambar dua dimensi.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah menunjukkan teknologi dalam berbagai aplikasi klasifikasi gambar. Misalnya, CNN telah digunakan untuk klasifikasi berbagai varietas beras di Indonesia, di mana model VGG16 menunjukkan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan VGG19 dalam klasifikasi varietas beras, mencapai 98% akurasi (Noorizki & Kusumawati, 2023). Selain itu penelitian tentang pengenalan tulisan tangan aksara lampung menggunakan model VGG16 dan ResNet50 menunjukkan bahwa VGG16 mencapai akurasi lebih tinggi dan waktu training yang lebih efisien dibandingkan ResNet50 (Rikendry & Maharil, 2022).

Penelitian lain menggunakan CNN untuk mengklasifikasikan jenis tanaman apel berdasarkan citra digital, dengan model ResNet50 mencapai akurasi 91% setelah *epoch* pelatihan (Kulsum & Cherid, 2023). Selain itu, penelitian menggunakan *transfer learning* dengan arsitektur VGG16 untuk membedakan kualitas buah salak, mencapai akurasi tertinggi sebesar 95,83% (Rismiyati & Luthfiarta, 2021). Penelitian lain membandingkan kinerja arsitektur CNN VGG16 dan VGG19 dalam klasifikasi jenis tanah, dengan VGG16 menunjukkan akurasi yang lebih tinggi (Wibowo, 2023).

Penelitian lain menggunakan CNN membahas permasalahan kulit wajah yang dimana penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi penyakit kulit wajah dengan arsitektur VGG16. Sistem ini menggunakan 500 sampel citra dari lima jenis penyakit kulit wajah dan terdiri dari dua lapisan

utama: *feature extraction* dan *classification*. Dengan akurasi tinggi pada pelatihan (98%), validasi (88%), dan pengujian dengan data baru (90%), hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini memiliki kinerja yang sangat baik dalam mengklasifikasikan penyakit kulit wajah (Nurkhasanah & Murinto, 2021). Selanjutnya penelitian di ranah penyakit kulit juga dimana Penelitian ini menggunakan jaringan saraf konvolusional (CNN) untuk klasifikasi penyakit kulit wajah dengan dataset gambar klinis terbesar di Tiongkok. Memanfaatkan *transfer learning*, penelitian membandingkan lima algoritma CNN, mencapai *recall* tertinggi untuk *lupus erythematosus* (92.9%), *basal cell carcinoma* (89.2%), dan *seborrheic keratosis* (84.3%), serta *recall* dan *presisi* rata-rata 77.0% dan 70.8% (Wu, et al., 2019).

Dari penelitian yang telah dibahas pada klasifikasi gambar, sebelumnya juga telah ada penelitian yang membahas pengklasifikasian ulos Batak Toba menggunakan algoritma CNN untuk mengklasifikasikan 5 jenis ulos Batak Toba, yaitu Ragi Hidup, Ragi Hotang, Mangiring, Sadum, dan Sibolang. Proses penelitian meliputi pengumpulan data, analisis data, pembentukan model, pelatihan model, dan evaluasi menggunakan confusion matrix. Dataset yang digunakan terdiri dari 1000 gambar dengan pembagian 80% untuk training, 10% untuk validasi, dan 10% untuk pengujian. Model CNN dibangun dengan lapisan konvolusi, *maxpooling*, *dropout*, *flatten*, dan *fully connected*, serta dioptimalkan menggunakan *Adam* dengan *learning rate* 0,001. Model ini mencapai tingkat akurasi 94,00% dalam mendeteksi jenis ulos Batak Toba (Hutagalung & Sitompul, 2023).

Berdasarkan penelitian terdahulu ini, penggunaan CNN, khususnya arsitektur VGG16 dan ResNet50, menunjukkan potensi besar dalam klasifikasi citra ulos Batak Toba, yang dapat membantu melestarikan dan memahami budaya Batak Toba lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja arsitektur CNN VGG16 dan ResNet50 dalam klasifikasi jenis ulos Batak Toba, memberikan kontribusi penting dalam upaya pelestarian budaya dan pengetahuan masyarakat tentang ulos Batak Toba.

1.2. Rumusan Masalah

Ulos dalam budaya Batak Toba memiliki beragam jenis dan fungsi, dengan setiap ulos menampilkan motif yang berbeda, meskipun sekilas tampak serupa. Cara tradisional untuk membedakan jenis ulos adalah dengan bertanya langsung kepada penenun atau orang tua yang lebih berpengalaman, atau melalui literatur terkait. Namun, metode ini dinilai kurang efisien karena dapat menghasilkan kesalahan asumsi. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu mengklasifikasikan jenis dan fungsi ulos secara tepat serta menyediakan informasi yang dapat diakses kapan saja.

1.3. Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini, sebagai berikut :

- 1) Citra ulos yang diklasifikasi ialah dari motif ulos hasil tenunan dan mesin.
- 2) Terdapat enam motif ulos yang akan diklasifikasi, yaitu ulos Bintang Maratur, Mangiring, Ragi Hidup, Ragi Hotang, Sibolang, dan Sadum.
- 3) Citra ulos diambil menggunakan kamera android dengan spesifikasi 13 MP.
- 4) Output yang ditampilkan ialah nama jenis ulos yang di deteksi berdasarkan motif ulos.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem klasifikasi yang mampu mengidentifikasi jenis-jenis ulos Batak Toba berdasarkan motif dengan menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* yaitu VGG16 dan ResNet50.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- 1) Dapat mengetahui tingkat akurasi VGG16 dan ResNet50 dalam klasifikasi jenis ulos Batak Toba.

- 2) Meningkatkan pemahaman tentang arsitektur *Convolutinal Neural Network* (CNN) yaitu VGG16 dan ResNet50 yang digunakan dalam klasifikasi jenis ulos Batak Toba.
- 3) Memberikan kontribusi bagi penelitian lebih lanjut dalam domain klasifikasi jenis ulos Batak Toba, dengan menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam tentang arsitektur CNN yang paling efektif.

1.6. Metodologi Penelitian

1) Studi Literatur

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan observasi, mengeksplor, mempelajari dan memahami berbagai referensi yang memiliki topik sesuai dengan judul peneliti dengan tujuan untuk mengumpulkan informasi-informasi yang berkaitan dengan penelitian dan memilah data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Referensi yang dikumpulkan meliputi e-book, artikel ilmiah, dan penelitian yang telah dipublikasi pada jurnal yang berkaitan dengan Ulos Batak Toba, Algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN), *Visual Geometry Group* (VGG16), *Residual Networks* (ResNet50).

2) Analisis dan Perancangan

Pada tahap analisis, desain arsitektur sistem dibuat berdasarkan hasil analisis masalah. Pembuatan diagram *flowchart* algoritma, desain aplikasi, dan *user interface* aplikasi akan menjadi bagian dari penelitian ini.

3) Implementasi Sistem

Proses implementasi dilaksanakan pada laptop yang menjalankan sistem operasi *Microsoft Windows*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Python*.

4) Pengujian Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dirancang sesuai dengan kebutuhan dan spesifikasi yang diinginkan untuk mengetahui apakah sistem yang telah dibuat dapat berfungsi

dengan baik dan berfungsi sesuai tugasnya, serta melakukan perbaikan jika masih terdapat kesalahan pada aplikasi.

5) Dokumentasi Sistem

Tahap ini dilakukan proses dokumentasi seluruh tahap dari analisis sampai ke tahap pengujian sistem dalam bentuk skripsi untuk menunjukkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan.

1.7. Penelitian Relevan

Berikut adalah penelitian-penelitian terdahulu yang relevan, yaitu:

- a. Berdasarkan penelitian sebelumnya (Noorizki & Kusumawati, 2023), adalah Penelitian terfokus pada perbandingan kinerja dua arsitektur CNN utama, yaitu VGG16 dan VGG19, dalam mengklasifikasikan varietas beras. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VGG16 mencapai akurasi 98% dengan waktu pelatihan 73,405 detik, dan VGG19 mencapai akurasi 97% dengan waktu pelatihan 78,098 detik.
- b. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Rikendry & Maharil, 2022), adalah Penelitian ini berfokus pada perbandingan kinerja dua arsitektur CNN utama, yaitu VGG16 dan ResNet50, dalam mengenali tulisan tangan aksara Lampung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa VGG16 mencapai akurasi 91% dengan waktu pelatihan yang lebih cepat, sedangkan ResNet50 mencapai akurasi 65% dengan waktu komputasi yang lebih lama dan hasil akurasi yang lebih rendah.
- c. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Kulsum & Cherid, 2023), adalah penelitian ini bertujuan untuk menggunakan CNN dalam model ResNet50 untuk mengklasifikasikan tanaman apel menjadi dua kategori yang sehat dan busuk. Data tersebut terdiri dari 1545 citra latih dan 661 citra uji. Evaluasi model dengan Confusion Matrix menunjukkan akurasi sebesar 91% setelah 50 epoch.
- d. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Wibowo, 2023), adalah Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan karakteristik tanah yang berbeda-beda menggunakan algoritma CNN dengan model VGG16 dan VGG19. Hasilnya menunjukkan model VGG16 lebih unggul secara

signifikan dalam klasifikasi gambar daripada VGG19, yang dimana akurasi VGG16 lebih tinggi daripada akurasi VGG19 (94,91% vs 90.39%).

- e. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Nurkhasanah & Murinto, 2021), adalah Berdasarkan penelitian yang dilakukan, metode Convolutional Neural Network (CNN) terbukti efektif untuk klasifikasi penyakit kulit wajah. Model CNN dengan arsitektur VGG16 yang digunakan dalam penelitian ini mampu mencapai akurasi pelatihan sebesar 98% dan akurasi validasi sebesar 88% dengan data pelatihan sebanyak 325 gambar dan data validasi sebanyak 125 gambar. Pada pengujian terhadap data baru, model ini berhasil mencapai akurasi 90% dengan 50 citra uji. Dari hasil ini, dapat disimpulkan bahwa metode CNN dengan arsitektur VGG16 sangat efektif dalam mengklasifikasikan penyakit kulit wajah dengan tingkat akurasi yang tinggi.
- f. Berdasarkan penelitian yang sebelumnya (Wu, et al., 2019), penelitian mengenai masalah kulit yang menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan penyakit kulit berdasarkan gambaran klinis. Akurasi model terbaik mencapai 92.9%, 89.2%, dan 84.3% untuk penyakit LE, BCC, dan SK secara berturut-turut. *Recall* dan presisi rata-rata mencapai 77.0% dan 70.8%. Dataset yang digunakan terdiri dari 2656 gambar wajah dari 6 jenis penyakit kulit umum.
- g. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Hutagalung & Sitompul, 2023), adalah Penelitian mengenai pengklasifikasian jenis Ulos Batak Toba algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan 5 jenis ulos Batak Toba berdasarkan gambar. Menggunakan dataset 1000 citra dengan rasio 80% *training*, 10% validasi, dan 10% uji, model mencapai akurasi 94,00% dalam mendeteksi ulos Batak Toba.

1.8. Sistematika Penulisan

Struktur skripsi ini terdiri dari lima bab yang mencakup :

BAB I	PENDAHULUAN
	Bab ini memuat latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metodologi penelitian, penelitian relevan, dan sistematika penulisan skripsi.
BAB II	LANDASAN TEORI
	Landasan teori berisi tentang pembahasan pengertian Klasifikasi, Jenis Ulos Batak Toba, <i>Deep Learning</i> , Pengolahan Citra Digital, <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN), <i>Transfer Learning</i> , Augmentasi Data, <i>Visual Geometry Group</i> (VGG16), <i>Residual Networks</i> (ResNet50).
BAB III	ANALISIS DAN PERANCANGAN
	Bab ini menjelaskan tentang kebutuhan sistem yang dirancang dan tahapan perancangan sistem yang menggunakannya.
BAB IV	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN
	Hasil dari analisis dan desain yang telah dilakukan, serta hasil pengujian, disajikan dalam bab ini. Hasil pengujian dan analisis dari penelitian ini juga ditampilkan di bagian ini.
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN
	Bab ini memaparkan ringkasan hasil pengujian dari penelitian yang dilaksanakan dan saran untuk mengembangkan sistem.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan suatu proses analisis dalam data *mining* yang bertujuan untuk menemukan pola atau karakteristik untuk membedakan dan menjelaskan ide atau kelas dalam data. Dalam kasus data *mining*, model digunakan untuk memprediksi suatu kelas objek yang label kelasnya belum diketahui. Berbagai bidang seperti pengenalan pola, analisis risiko, dan pengenalan citra menggunakan klasifikasi. Model klasifikasi didapatkan dengan menganalisis kumpulan data latih atau *training* yang label kelasnya sudah diketahui sebelumnya.

2.2. Ulos

Ulos adalah salah satu produk tekstil berbentuk selendang tradisional masyarakat Batak. Ulos juga merupakan benda sakral yang menjadi simbol atau lambang dari berkat, kasih sayang, kehangatan, dan persatuan, sama dengan kata pepatah Batak yang berbunyi “*Ijuk pangihot ni hodong, Ulos pangihot ni holong*” yang artinya ialah “Jika ijuk adalah pengikat pelepah pada batangnya maka ulos adalah pengikat kasih sayang antara sesama”. Bentuk ulos tersendiri ialah kain selendang yang ukuran setiap jenis ulosnya itu berbeda-beda, yang dimana kedua ujungnya itu berjuraian yang digunakan pada semua acara adat Batak, misalnya acara pernikahan, kelahiran, kematian dan acara adat Batak lainnya (Siregar, 2017).

Zaman dahulu ulos ditenun untuk dijadikan selimut penghangat badan atau hanya badan saja, namun pada zaman sekarang di dalam kebudayaan adat Batak ulos bukan lagi hanya digunakan sebagai penghangat tubuh saja melainkan ulos menjadi memiliki banyak fungsi (benda sakral di adat Batak) di upacara-upacara adat Batak. Ulos sendiri memiliki banyak jenis sesuai dengan fungsinya masing-masing. Dimana, untuk membedakan setiap ulos tersebut dilihat dari motif, tekstur, dan warnanya. Perlu diketahui bahwa terdapat sekitar 200 jenis ulos Batak Toba, namun yang umum digunakan ada

6 jenis ulos ialah ulos Bintang Maratur, ulos Mangiring, ulos Ragi Hidup, ulos Ragi Hotang, ulos Sibolang, dan ulos Sadum (Rajagukguk, 2015).

Sampai saat ini, masyarakat Batak masih menganggap ulos sebagai benda yang diberkati karena memiliki sifat religius dan sakral. Oleh sebab itu, penenun ulos harus lebih bijaksana dan lebih berhati-hati dalam manufaktur ulos, apabila ada kesalahan pada motif, ukuran, atau warna dapat mengubah makna dan fungsi ulos tersebut. Saat ini, kain ulos sangat penting bagi masyarakat Batak, sebagaimana diketahui digunakan untuk acara adat Batak (Abdillah & Irwansyah, 2020).

2.2.1. Ulos Bintang Maratur

Ulos Bintang Maratur adalah ulos yang digambarkan seperti rasi bintang di langit yang tampak teratur dan cantik yang melambangkan sukacita, sering digunakan dalam tradisi Batak, seperti *mangulasi* (Abdillah & Irwansyah, 2020). Fungsi ulos Bintang Maratur ialah pemberian ulos oleh orang tua kepada putrinya yang sedang hamil (7 bulanan) yang memiliki arti bahwa keturunannya akan bertambah dengan harapan keturunannya akan terus bertambah seperti rasi bintang. Ulos Bintang Maratur memiliki dua jenis, yaitu ulos Bintang Maratur dari daerah Tarutung dan ulos Bintang Maratur dari daerah Samosir. Ulos Bintang Maratur dari wilayah Tarutung memiliki motif tambahan dalam bentuk bintang besar di kepala atau kedua sisi ulos. Sedangkan, ulos Bintang Maratur dari daerah Samosir tidak memiliki motif tambahan. Sebenarnya, ulos Tarutung dan Samosir memiliki corak dan motif yang hampir identik, dengan corak zigzag yang menyerupai gelombang nadi atau gelombang suara.



Gambar 2.1 Ulos Bintang Maratur

2.2.2. Ulos Mangiring

Ulos Mangiring adalah ulos yang diberikan oleh orang tua (Nenek/Oppung) kepada cucunya dan digunakan sebagai ulos parompa atau kain selempang yang memiliki makna dapat memimpin saudara-saudaranya sesuai dengan kepercayaan dan tradisi masyarakat Batak (Abdillah & Irwansyah, 2020). Dimana, ulos Mangiring memiliki corak dan motif iring-mengiring (iring-iringan). Pemberian ulos Mangiring adalah simbol dari doa yang dipanjatkan bahwa cucu mereka akan dituntun ke hal-hal baik.



Gambar 2.2 Ulos Mangiring

2.2.3. Ulos Ragi Hidup

Ulos Ragi Hidup adalah ulos yang melambangkan kehidupan, dapat dilihat dari warna, lukisan, serta corak (ragi) yang memberikan kesan bahwa ulos tersebut benar-benar hidup, sehingga masyarakat menyebutnya idup, artinya tanda kehidupan. Selain lambang kehidupan, ulos Ragi Hidup juga melambangkan melimpahnya kebahagiaan hidup terutama dalam hal keturunan, banyaknya anak (gabe) dan umur panjang (saur sarimatua) bagi setiap keluarga. Hal ini sesuai dengan tujuan hidup masyarakat Batak Toba di seluruh dunia, yaitu hagabeon (keturunan), hamoraon (kekayaan), dan hasangapon (strata sosial). Ulos Ragi Hidup

yang diberikan sebagai ulos pansamot oleh orang tua pengantin perempuan pada pernikahan kepada besan (Abdillah & Irwansyah, 2020).



Gambar 2.3 Ulos Ragi Hidup

2.2.4. Ulos Ragi Hotang

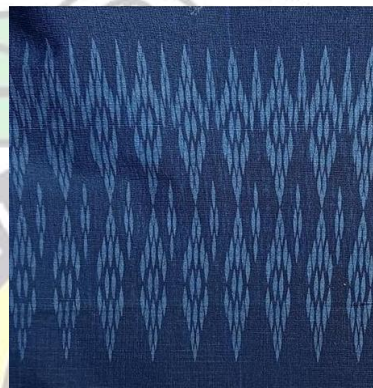
Ulos Ragi Hotang merupakan ulos yang diberikan kepada menantu laki-laki (pasangan pengantin) oleh orang tua pengantin wanita, dimana kedua mempelai diharapkan memiliki ikatan batin. Makna dari Ragi Hotang adalah ikatan yang kuat. Ragi (corak) dan Hotang (Rotan), dimana rotan adalah tumbuhan yang sering dimanfaatkan sebagai pengikat yang dapat mengikat benda besar sehingga sering dipakai pada kerajinan anyaman. Maka dari itu, kekuatan rotan yang kuat dalam mengikat menjadi makna pada ulos Ragi Hotang. Pada upacara kematian, ulos Ragi Hotang digunakan untuk membungkus jenazah. Untuk upacara penguburan kedua, yang dikenal sebagai mangongkal holi, ulos ini digunakan untuk membungkus tulang-belulang. (Abdillah & Irwansyah, 2020).



Gambar 2.4 Ulos Ragi Hotang

2.2.5. Ulos Sibolang

Ulos Sibolang adalah ulos yang digunakan pada saat berkabung, makanya sering disebut sebagai simbol berkabung. Fungsi ulos Sibolang ialah ketika pasangannya meninggal dunia, suami atau istri yang memiliki cucu atau anak yang sudah dewasa menggunakan ulos Sibolang, yang juga dikenal sebagai ulos saput, selama upacara adat berkabung. Ketika pasangan dari seorang suami meninggal dunia dan mereka belum memiliki cucu, mereka menggunakan ulos Sibolang, yang berfungsi sebagai ulos tujung. (Abdillah & Irwansyah, 2020).



Gambar 2.5 Ulos Sibolang

2.2.6. Ulos Sadum

Keluarga pihak perempuan termasuk kakak perempuan (namboru) dan adik laki-laki (uda) dari pihak ayah, memberikan ulos Sadum kepada saudara perempuan pihak perempuan. Ulos Sadum bermakna sebagai kebahagiaan (Abdillah & Irwansyah, 2020).



Gambar 2.6 Ulos Sadum

2.3. *Deep Learning*

Sub-bidang *machine learning* yang dikenal sebagai “*deep learning*” memanfaatkan struktur jaringan saraf buatan yang kompleks atau jaringan saraf dalam (*deep neural networks*). Tujuan *deep learning* adalah melatih mesin untuk memahami dan memodelkan data yang rumit dan hierarkis. Metode ini memungkinkan model komputasi untuk mempelajari representasi data pada berbagai tingkat abstraksi melalui beberapa lapisan pemrosesan. Metode-metode ini telah meningkatkan kemampuan untuk mengidentifikasi objek, mengenali kata-kata, dan mengenali objek visual. *Deep learning* menganalisis struktur rumit dalam dataset besar menggunakan algoritma *backpropagation*, yang membantu mesin mengubah parameter internal untuk menghitung representasi di setiap lapisan berdasarkan lapisan sebelumnya. Dengan kemampuan mengenali pola grafis, tulisan tangan, dan pola lainnya, *deep learning* sangat berguna dalam mengembangkan aplikasi seperti pengenalan dan klasifikasi gambar, suara, dan teks. Model-model dalam *deep learning* biasanya dibangun menggunakan metode Jaringan Saraf Tiruan (JST) (Sarker, 2021).

2.4. **Pengolahan Citra Digital**

Citra adalah representasi visual dari karakteristik unik satu atau beberapa objek (Fadjeri et al., 2020). Sebagai hasil dari sistem pengambilan data, citra bisa berbentuk optik seperti foto, analog seperti sinyal video yang ditampilkan di layar televisi, atau digital yang bisa disimpan langsung pada perangkat penyimpanan (Dwi Raharja, 2018). Citra yang ditangkap oleh kamera dan dikonversi menjadi nilai diskrit disebut citra digital (Agusti, 2022). Meningkatkan kualitas gambar agar lebih mudah dikenali atau ditampilkan oleh komputer atau orang dikenal sebagai pemrosesan gambar digital. Melalui prosedur ini, gambar masukan diubah menjadi gambar keluaran dengan kualitas lebih tinggi. Contoh masalah yang dapat diatasi melalui pengolahan citra termasuk menghilangkan *noise* atau bintik-bintik putih, memperbaiki citra yang kabur, atau meningkatkan kejelasan warna.

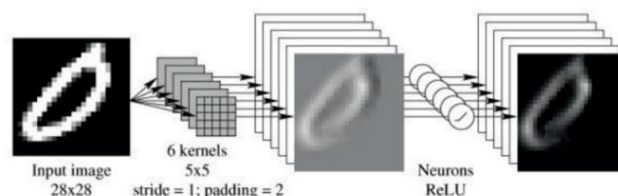
Tujuannya adalah membuat citra lebih mudah diinterpretasikan oleh manusia maupun sistem komputer (Sarker, 2021).

2.5. *Convolutional Neural Network (CNN)*

Salah satu algoritma yang paling terkenal dan sering digunakan di bidang *deep learning* adalah *convolutional neural network* (CNN). Keuntungan utama CNN dibandingkan dengan pendahulunya adalah kemampuannya untuk secara otomatis mengidentifikasi fitur yang relevan tanpa supervisi manusia. CNN telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang seperti visi komputer, pemrosesan suara, dan pengenalan wajah. Struktur CNN terinspirasi dari neuron dalam otak manusia dan hewan, mirip dengan jaringan saraf konvensional. CNN memiliki beberapa lapisan yang saling terhubung seperti halnya lapisan-lapisan saraf dalam otak biologis, di mana keluaran dari satu lapisan menjadi masukan bagi banyak lapisan lainnya. Umumnya, CNN terdiri dari tiga komponen utama: lapisan konvolusi, lapisan *pooling*, dan lapisan terhubung penuh, masing-masing bertanggung jawab untuk melakukan operasi spasial yang khusus (Rasyward, Sinaga, & Pratama, 2020).

2.5.1. Lapisan Konvolusi

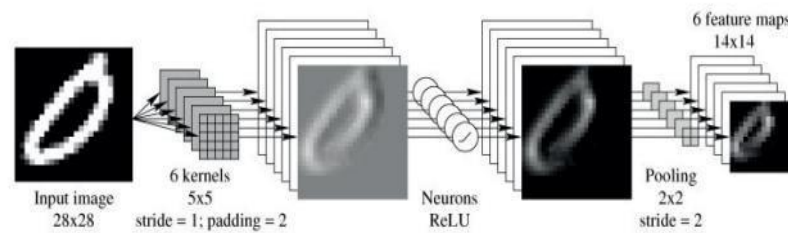
Lapisan konvolusi merupakan komponen dasar dari CNN yang menggunakan filter (kernel) yang dapat disesuaikan untuk menghasilkan peta fitur dari gambar input (Gholamalinezhad & Khosrav, 2020). Filter umumnya memiliki ukuran seperti 3x3, 5x5, atau 7x7, dengan bobot yang dihitung berdasarkan dimensi gambar ($h \times w \times c$).



Gambar 2.7 Satu Convolution Layer

2.5.2. Lapisan *Pooling*

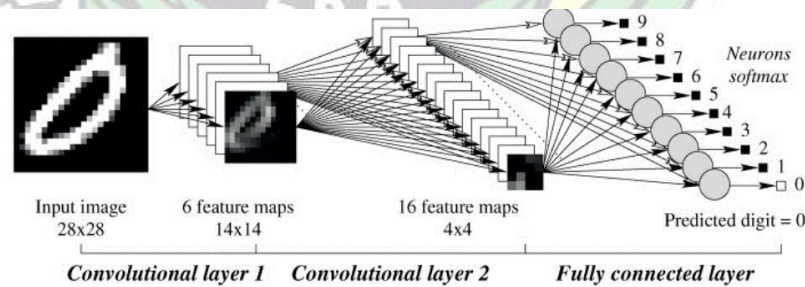
Untuk menurunkan dimensionalitas peta fitur dan parameter jaringan, lapisan *pooling* diposisikan setelah lapisan konvolusi (Gholamalinezhad & Khosrav, 2020). Hyperparameter lapisan ini termasuk ukuran filter dan langkah-langkah (strides), dengan max pooling lebih sering digunakan karena kemampuannya mengindikasikan kemungkinan deteksi fitur yang lebih besar.



Gambar 2.8 *Convolutional Layer dan Pooling Layer*

2.5.3. Lapisan Terhubung Penuh

Lapisan ini umumnya berada di akhir arsitektur CNN, mengubah peta fitur 2D menjadi vektor 1D untuk klasifikasi gambar (Gholamalinezhad & Khosrav, 2020). Regularisasi *dropout* sering diterapkan di lapisan ini untuk menghindari *overfitting*.



Gambar 2.9 *Convolution Layer dan Fully Connected Layer*

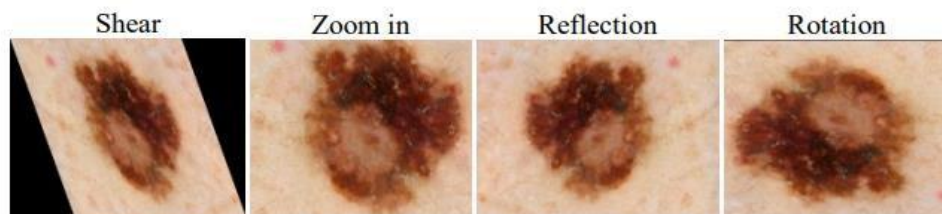
2.6. *Transfer Learning*

Dengan memproses ulang bagian ekstraksi fitur model CNN dan kemudian melatih model pada kumpulan data besar saat ini, teknik yang dikenal sebagai *transfer learning* (TL) melatih ulang model pada kumpulan

data kecil. Dalam hal ini, dataset *ImageNet* hanya digunakan untuk melatih fungsi klasifikasi guna mengurangi waktu pelatihan (Althubiti, 2022). Beberapa arsitektur CNN yang telah dilatih pada dataset *ImageNet* telah mencapai akurasi tinggi (Kandel & Castelli, 2021). Salah satu tantangan utama dalam *deep learning* adalah menemukan dataset yang cukup besar untuk mendukung pembelajaran tanpa *overfitting*. Selain itu, melatih jaringan yang dalam sangat memakan waktu dan memerlukan sumber daya komputasi yang besar. Transfer learning dapat mengatasi kedua masalah ini dengan memanfaatkan informasi yang dipelajari dari satu tugas untuk menyelesaikan tugas yang berbeda. Dalam penerapan *transfer learning*, salah satu strategi yang umum adalah menghapus lapisan *fully connected*, melakukan *fine-tuning* hanya pada lapisan teratas sambil membekukan lapisan bawah, dan kemudian menambahkan lapisan pengklasifikasi baru yang sesuai dengan tugas baru. Banyak peneliti merekomendasikan *fine-tuning* pada lapisan teratas karena lapisan bawah biasanya hanya mengenali fitur umum seperti garis dan lingkaran, sementara lapisan teratas mengenali fitur spesifik pada dataset tertentu (Kandel & Castelli, 2021).

2.7. Augmentasi Data

Augmentasi data dalam *machine learning* adalah teknik yang memperluas dataset secara sintetis dengan menerapkan *transformasi* pada contoh yang ada, sehingga meningkatkan jumlah data pelatihan yang tersedia. Praktik umum augmentasi data saat ini melibatkan kombinasi transformasi gambar *affine* dan modifikasi warna (Mikołajczyk & Grochowski, 2018). Transformasi *affine* meliputi rotasi, refleksi, skala (*zoom in/out*), dan geser.



Gambar 2.10 Transformasi Gambar Affine

Sedangkan transformasi warna mencakup pemerataan histogram, peningkatan kontras atau kecerahan, penyeimbangan warna putih, ketajaman, dan pengaburan.



Gambar 2.11 Transformasi Warna

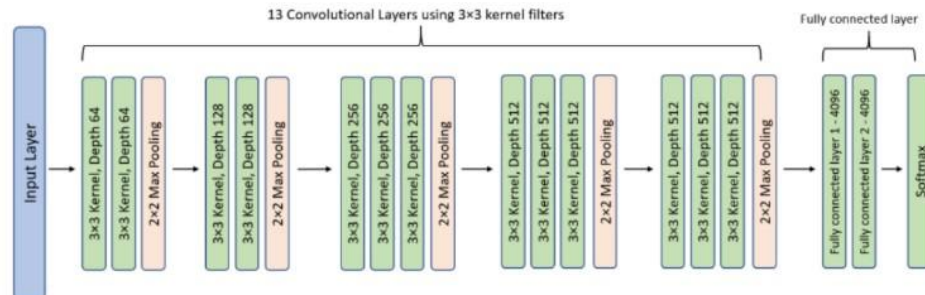
Penggunaan augmentasi data juga membantu mengatasi masalah *overfitting* yang disebabkan oleh dataset terbatas. Dengan augmentasi data, model *deep learning* dapat meningkatkan ketangguhan dan kemampuan generalisasi terhadap data baru yang belum pernah dihadapi sebelumnya.

2.8. VGGNet

Salah satu desain *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dibuat oleh tim peneliti *Visual Geometry Group University of Oxford* adalah arsitektur VGG (*Visual Geometry Group*). VGG dikenal karena pendekatannya yang sederhana serta mendalam dalam arsitektur CNN (Bezdan & Bacanin, 2019). Versi utama dari arsitektur VGG adalah VGG16 dan VGG19, yang berbeda dalam jumlah lapisan dan parameter. Struktur jaringan ini menggunakan *filter* konvolusi berukuran 3x3 dan lapisan *max pooling* untuk mengurangi dimensi data. Di bagian akhir, terdapat 2 lapisan *fully connected* dengan masing-masing 4096 neuron, diikuti oleh lapisan *softmax* untuk klasifikasi.

Dalam preprocessing, nilai rata-rata spektrum warna (R, G, B) pixel dikurangi untuk memberikan *baseline* yang konsisten. Kemudian, *Max pooling* dilakukan dengan jendela 2x2 pixel dan jumlah langkah (*stride*) sebesar 2. Aktivasi ReLU diterapkan pada setiap lapisan tersembunyi untuk memperkenalkan non-linearitas. Jumlah filter pada lapisan konvolusi meningkat seiring dengan kedalaman VGG yang digunakan, sehingga memberikan tingkat representasi fitur yang lebih tinggi.

Model VGG-16 dikenal sebagai aplikasi sukses dari CNN dalam klasifikasi citra, dilatih pada dataset besar dan mampu mendeteksi fitur gambar dengan akurat.



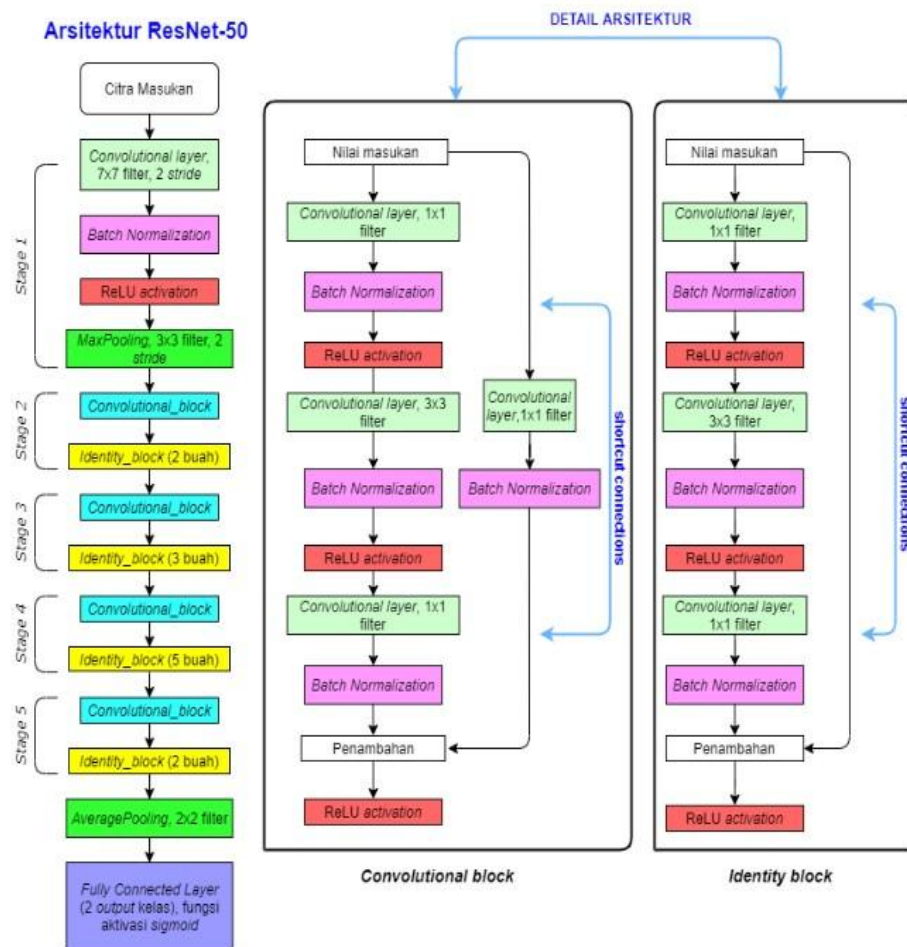
Gambar 2.12 Arsitektur VGG16

2.9. ResNet

Residual Network (ResNet) pertama kali diperkenalkan pada tahun 2015 (Khudeyer & Almoosawi, 2023). Sejak saat itu, ResNet telah mendapatkan popularitas luas di bidang *computer vision*, terutama karena keunggulannya dibandingkan AlexNet dalam pengenalan gambar. Dengan total 25.000.000 parameter, ResNet menjadi salah satu arsitektur jaringan terdalam dengan mencapai 152 lapisan. Salah satu fitur utama ResNet adalah koneksi residual, yang diterapkan antara lapisan konvolusi dan diteruskan ke lapisan aktivasi ReLU. Koneksi residual ini memastikan bahwa selama *backpropagation*, bobot yang dipelajari dari lapisan sebelumnya tidak hilang (Kandel & Castelli, 2021). ResNet tersedia dalam berbagai variasi jumlah lapisan, mulai dari 34, 50, 101, 152, hingga 1202 lapisan. Di antara versi-versi ini, ResNet50 adalah yang paling populer, dengan 49 lapisan konvolusi dan satu lapisan *fully connected* pada bagian akhir jaringan.

Resnet50 memiliki 50 lapisan, dengan lapisan *max pooling* dengan kernel 3x3 setelah bidang reseptif 7x7 yang sederhana di lapisan masukan. Lima blok konvolusi -conv1, conv2_x, conv3_x, conv4_x, dan conv5_x- merupakan bagian dari arsitektur ResNet50. Lapisan *max pooling* dengan panjang langkah (*stride*) 2 muncul setelah gambar masukan pertama kali melewati lapisan konvolusi dengan 64 filter dan ukuran kernel 7x7 (lapisan conv1). Lapisan-lapisan ini kemudian dipasangkan untuk membuat jaringan

residual yang terhubung di lapisan conv2_x. Lapisan ini terdiri dari dua lapisan dengan ukuran kernel 3x3 dan 64 dan 256 filter, serta lapisan ketiga dengan ukuran kernel 3x3 dan 64 filter. Lapisan ini diulang tiga kali berdasarkan lapisan di antara *pooling*. Proses ini berlanjut hingga mencapai lapisan konvolusi kelima, setelah itu diterapkan *pooling* menyeluruh pada lapisan *fully connected*, diikuti oleh lapisan *softmax* untuk klasifikasi (Ikechukwu, Murali, Deepu, & Shivamurthy, 2021).



Gambar 2.13 Arsitektur ResNet50

BAB 3

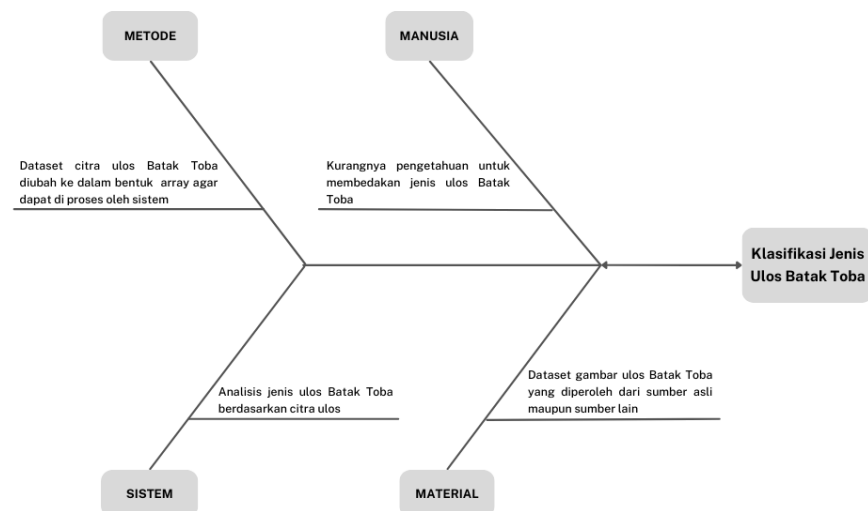
ANALISIS DAN PERANCANGAN

3.1. Analisis Sitem

Proses memahami dan menilai sistem saat ini atau potensial dikenal sebagai analisis sistem. Ini merupakan langkah awal dalam pengembangan, perbaikan, atau peningkatan sistem guna memastikan bahwa hasilnya efektif dan efisien dalam memenuhi kebutuhan dan tujuan yang ditetapkan. Metode ini mencakup sejumlah proses penting untuk memahami, mengatur, dan mencari tahu bagaimana sistem akan berfungsi.

3.1.1. Analisis Masalah

Proses mengenali, memahami, dan menyelesaikan masalah dikenal sebagai analisis masalah. Dalam banyak situasi, ini merupakan fase penting untuk menyelesaikan masalah dan keputusan. Penelitian ini memanfaatkan Diagram Ishikawa (*Fishbone Diagram*) untuk menggambarkan akar permasalahan dalam empat bagian yang dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.1 *Fishbone Diagram*

3.1.2. Analisis Kebutuhan

Untuk merancang dan membangun sebuah sistem, tahap ini dieksekusi untuk memastikan keinginan, Tujuan langkah ini adalah untuk menentukan, mencatat, dan menguraikan kriteria yang harus dipenuhi oleh sistem yang sedang dikembangkan. Kebutuhan fungsional dan non-fungsional adalah dua kelompok utama yang menjadi dasar analisis kebutuhan.

1. Kebutuhan Fungsional

Persyaratan utama yang harus dipenuhi oleh sistem yang sedang dikembangkan dikenal sebagai kebutuhan fungsional. Beberapa tuntutan fungsional harus diperhatikan dalam penelitian ini, khususnya yang berikut ini:

- a. Unggahan gambar atau foto yang diunggah pengguna harus didukung oleh sistem.
- b. Input atau tanggapan *user* yang berkaitan dengan data ulos Batak Toba yang akan diperiksa harus dapat diterima oleh sistem.
- c. Sistem harus dapat menunjukkan apakah ulos Batak Toba dan mengklasifikasikan jenis ulos berdasarkan gambar ulos yang diunggah oleh *user*.

2. Kebutuhan Non-Fungsional

Aspek yang tidak terkait langsung dengan tujuan spesifik suatu sistem tetapi berfungsi sebagai dukungan tambahan untuk memastikan operasi yang tepat disebut sebagai kebutuhan non-fungsional. Berikut adalah beberapa kebutuhan non-fungsional yang diidentifikasi dalam penelitian ini:

- a. Sistem yang dirancang berbasis aplikasi *mobile* dan memiliki tampilan yang sederhana agar mudah digunakan.
- b. Sistem dibangun dengan menggunakan algoritma CNN serta model VGG16 dan Resnet50 dan hasil klasifikasinya didasarkan pada citra ulos Batak Toba dengan fitur unggahan gambar ke sistem.

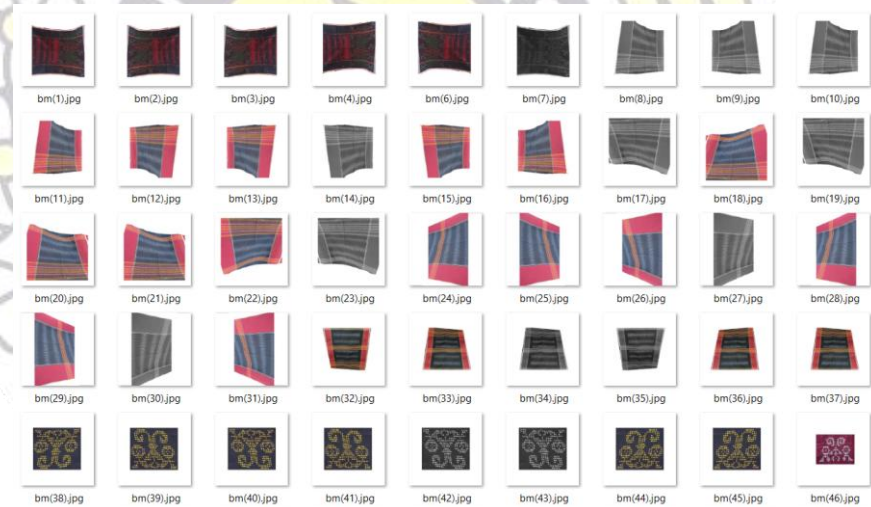
- c. Sistem yang akan dibangun membutuhkan koneksi internet saat digunakan.

3.1.3. Analisis Proses

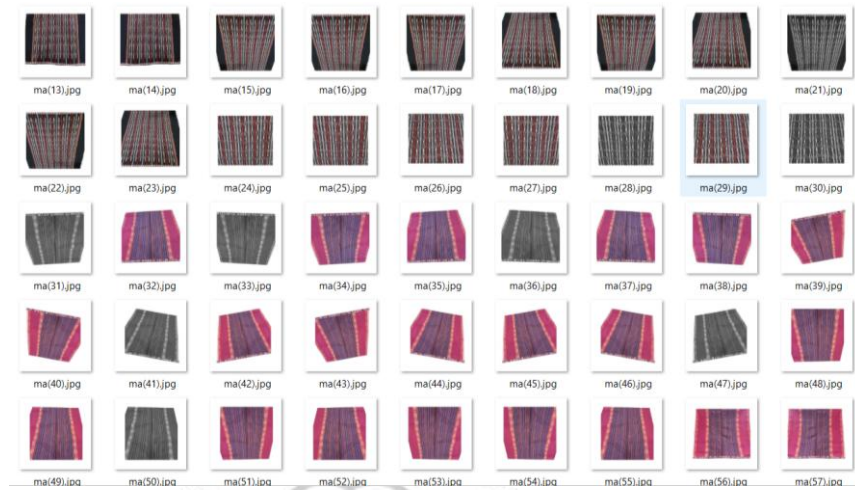
Dalam penelitian ini, algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) akan digunakan untuk mengimplementasikan gambar ulos Batak Toba dalam rangka membangun sebuah sistem. Alur kerja untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

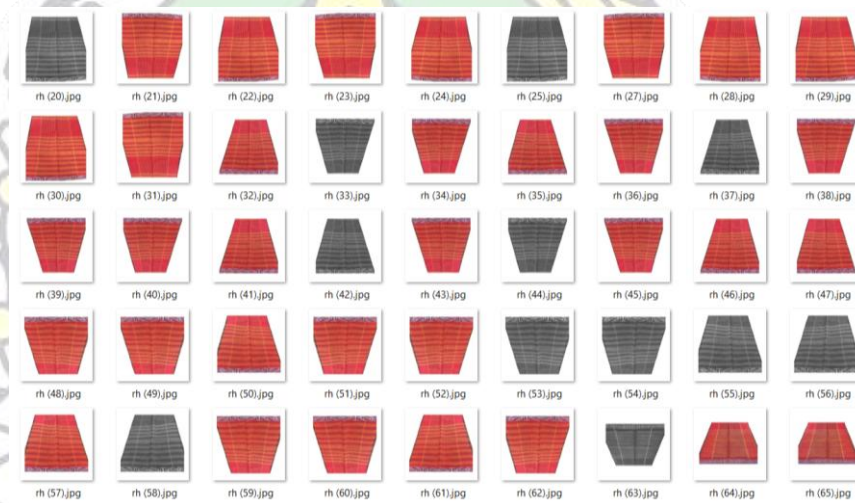
Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data berupa gambar atau foto ulos Batak Toba, seperti ulos Bintang Maratur, ulos Mangiring, ulos Ragi Hidup, ulos Ragi Hotang, ulos Sibolang, dan ulos Sadum. Berikut ini adalah gambar atau foto ulos Batak Toba sesuai dengan klasifikasi yang telah ditetapkan:



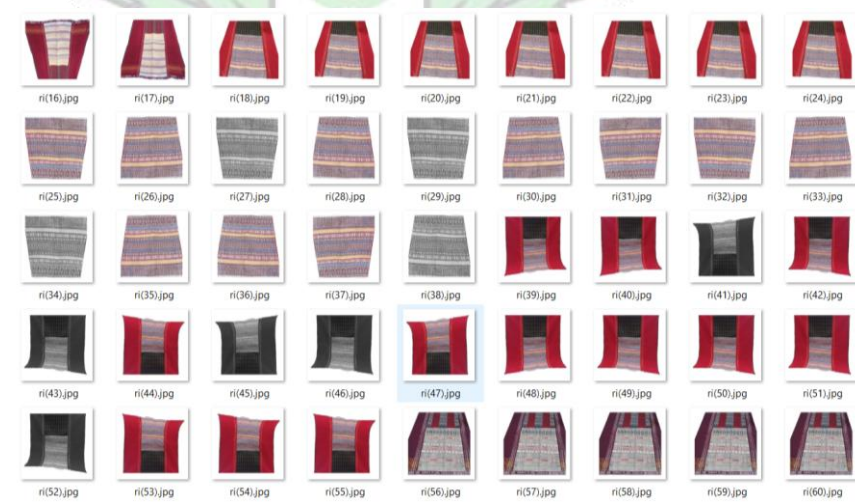
Gambar 3.2 Dataset Ulos Bintang Maratur



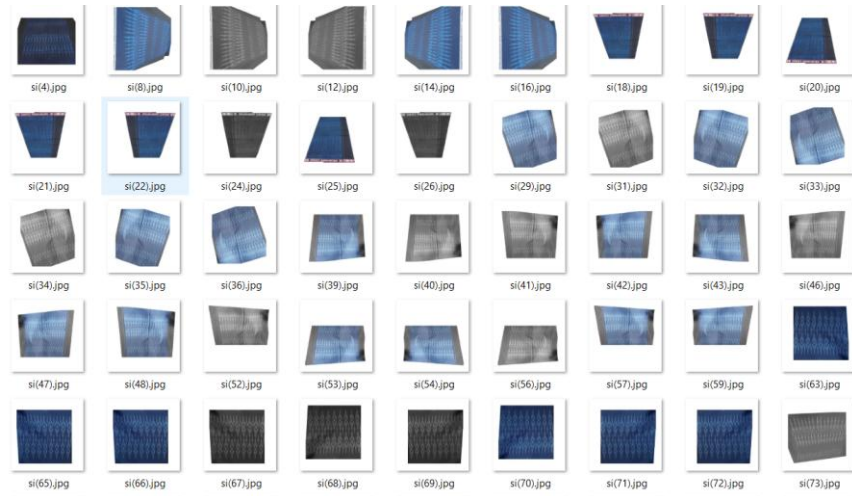
Gambar 3.3 Dataset Ulos Mangiring



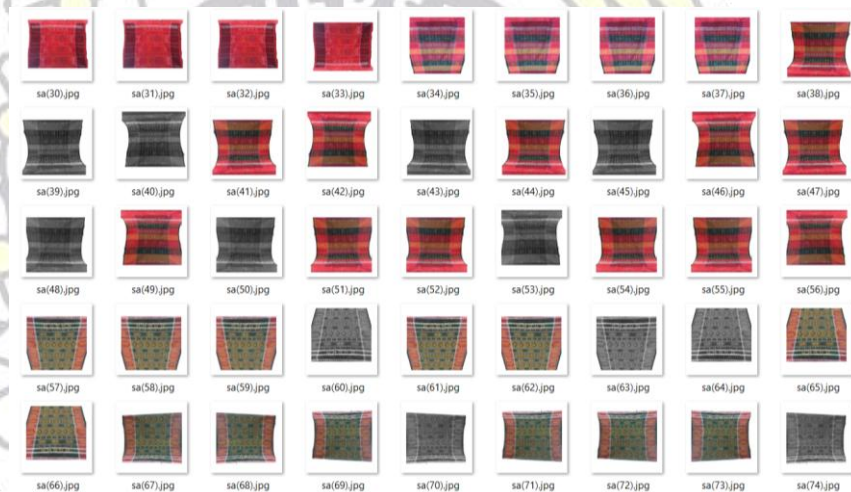
Gambar 3.4 Dataset Ulos Ragi Hotang



Gambar 3.5 Dataset Ulos Ragi Hidup



Gambar 3.6 Dataset Ulos Sibolang



Gambar 3.7 Dataset Ulos Sadum

2. Menentukan Dataset

Berdasarkan informasi yang dikumpulkan diperoleh buah citra untuk setiap klasifikasinya, sehingga total keseluruhan yang di dapat sebanyak buah citra. Kemudian, kumpulan citra dari setiap klasifikasi akan dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu, dataset latih (*training*) dan dataset uji (*testing*). Pembagian dtaset ini di rinci pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Pembagian Dataset

Klasifikasi Ulos	Jenis	Total Dataset	Dataset Latih	Dataset Uji
Bintang Maratur	Mesin	258	215	43
	Tenun	264	216	48
Mangiring	Mesin	271	217	54
	Tenun	269	208	61
Ragi Hidup	Mesin	260	207	53
	Tenun	266	213	53
Ragi Hotang	Mesin	270	218	52
	Tenun	262	202	60
Sadum	Mesin	257	202	55
	Tenun	269	225	44
Sibolang	Mesin	267	218	49
	Tenun	276	220	56
Total		3189	2561	628

3.1.4. Arsitektur Umum Sistem

Sistem yang akan dikembangkan secara keseluruhan digambarkan melalui arsitektur umum sistem dalam penelitian ini. Gambar dibawah ini akan memberikan penjelasan terperinci mengenai deskripsi umum sistem.

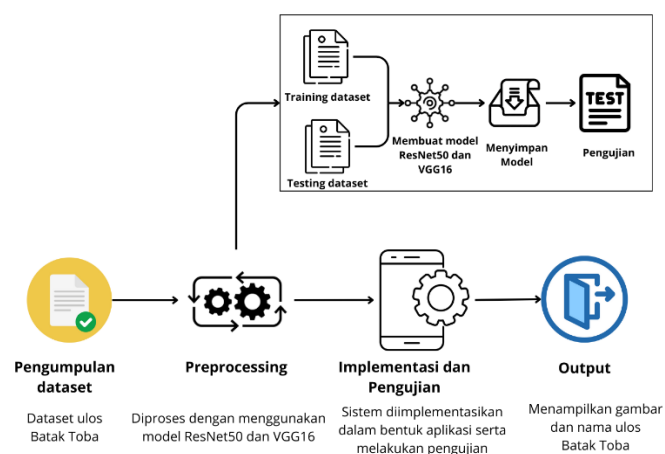


Gambar 3.8 Arsitektur Umum Sistem

Pada gambar 3.8, sistem diimplementasikan dalam bentuk *aplikasi mobile* dengan proses:

- User* mengambil gambar (*Take a Picture*) ulos Batak Toba pada tempat pengambilan gambar yang tersedia di *aplikasi mobile*.
- Aplikasi mobile* mengirimkan data dari gambar ulos Batak Toba yang telah diunggah ke model VGG16 dan ResNet50 untuk dilakukan pemrosesan model.
- Model melakukan pemrosesan data dari gambar ulos Batak Toba berdasarkan analisis fitur dari gambar dan mengirimkan kembali ke *aplikasi mobile*.
- Aplikasi mobile* memberikan hasil berupa gambar dan nama ulos Batak Toba
- Output diberikan kepada *user*.

Dalam Arsitektur Umum Sistem, terdapat perancangan sistem yang meliputi setiap tahapan pembuatan sistem seperti pada Gambar dibawah ini



Gambar 3.9 Perancangan Sistem

Proses yang meliputi perancangan sistem pada Gambar 3.9 sebagai berikut:

- Dataset dikumpulkan berupa dataset gambar ulos Batak Toba.
- Pada tahap processing dilakukan tahap pembagian dataset menjadi Training dataset dan Testing dataset, kemudian dilakukan proses pembuatan model dengan VGG16 dan ResNet50. Setelah model

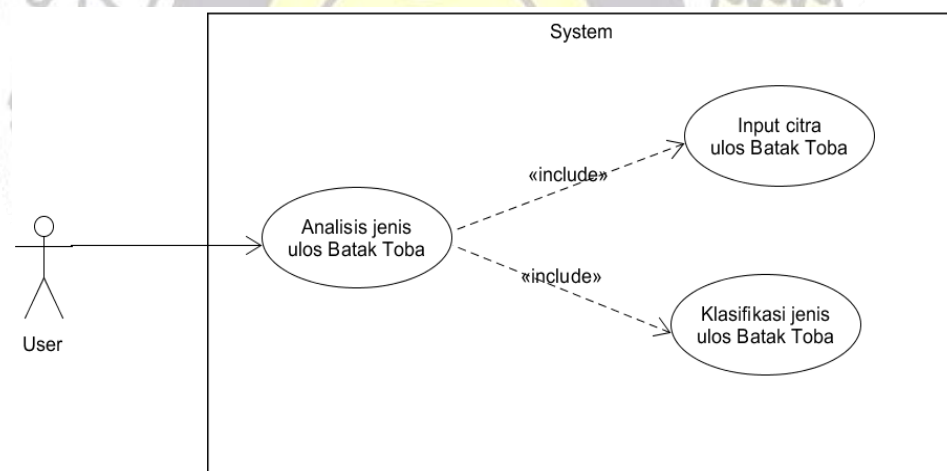
dibangun, model akan disimpan dan dilakukan pengujian (Google Colab). Apabila pengujian berhasil sesuai dengan yang diinginkan, maka model yang telah disimpan akan digunakan pada aplikasi *mobile*.

- c. Pada Implementasi, dilakukan implementasi sistem dalam bentuk aplikasi *mobile*. Aplikasi *mobile* ini akan digunakan oleh para user untuk mengetahui nama-nama ulos Batak Toba.
- d. Hasil akhir yang terdapat pada aplikasi *mobile* merupakan gambar dan nama ulos Batak Toba.

3.2. Pemodelan Sistem

3.2.1. Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk menjelaskan bagaimana suatu sistem bekerja dari sudut pandang pengguna atau subjek.



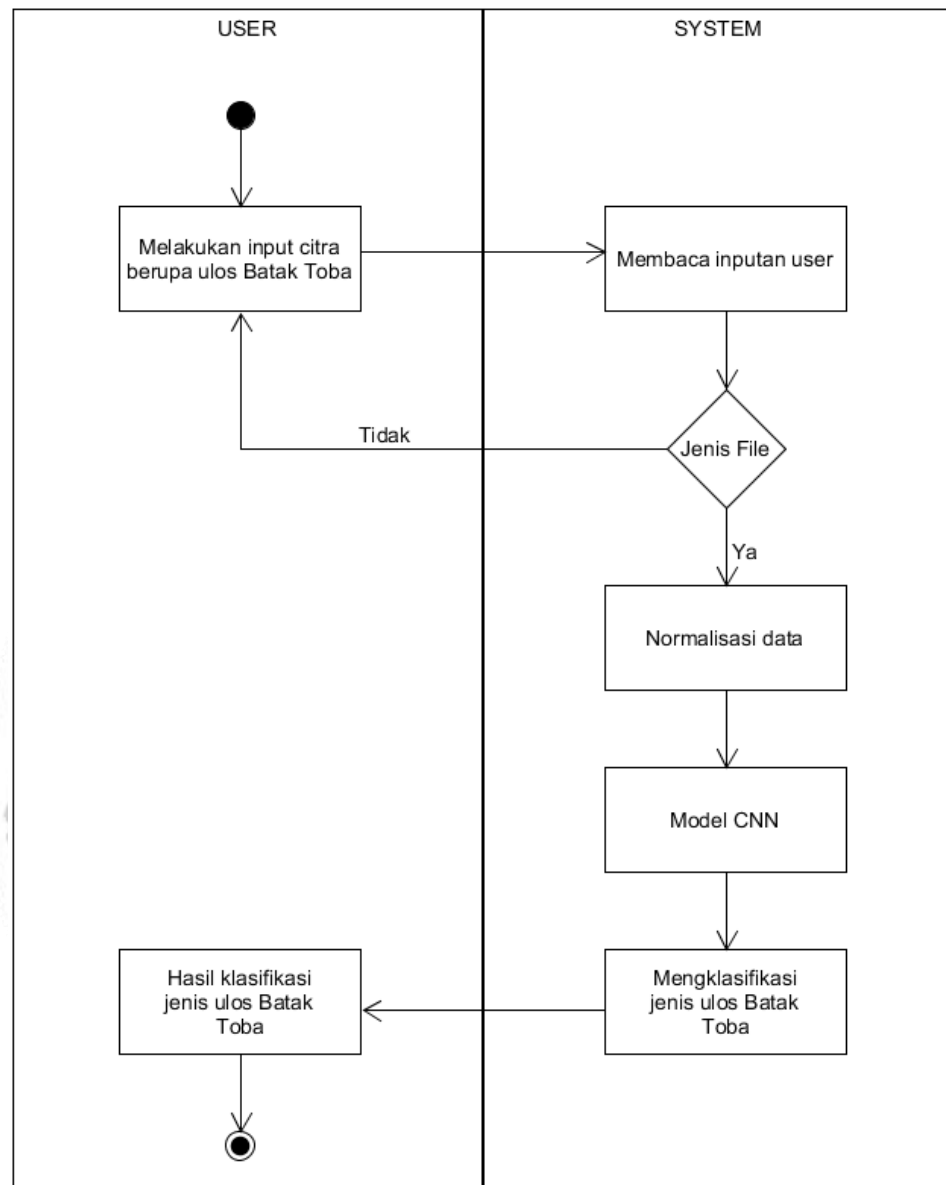
Gambar 3.10 Use Case Diagram

Ketika pengguna mengirimkan gambar ulos Batak Toba untuk penelitian ini, sistem akan berfungsi dan mengklasifikasikan berbagai jenis ulos Batak Toba berdasarkan gambar yang diunggah pengguna.

3.2.2. Activity Diagram

Alur kerja dan *activity* dalam suatu sistem dapat dijelaskan menggunakan *activity diagram*. Diagram ini membantu dalam pemodelan alur kerja atau

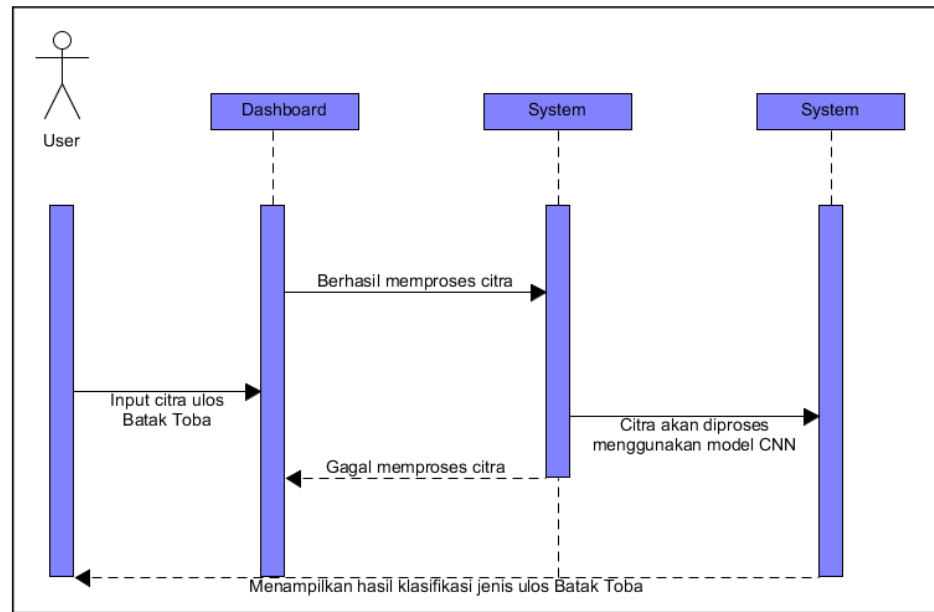
proses sistem dari awal hingga akhir. Operasi dan alur kerja sistem dalam penelitian ini digambarkan pada gambar 3.11 dibawah ini.



Gambar 3.11 Activity Diagram

3.2.3. Sequence Diagram

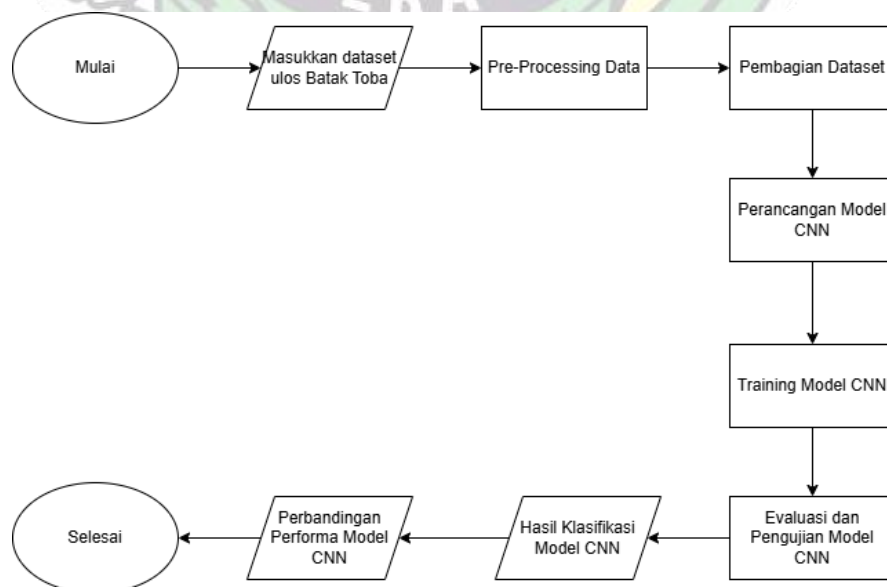
Sequence diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antar objek dalam suatu sistem atau proses. Di bawah ini adalah gambar *sequence* diagram yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 3.12 Sequence Diagram

3.3. Flowchart

Flowchart adalah diagram yang menggambarkan urutan langkah dan keputusan yang diperlukan dalam suatu proses. Diagram ini berguna untuk mendokumentasikan, menganalisis, merencanakan, memperbaiki, dan mengkomunikasikan proses yang rumit dengan cara yang mudah dimengerti. Adapun alur kerja atau proses pada penelitian ini digambarkan melalui gambar.



Gambar 3.13 Flowchart Sistem

Pada *flowchart* pada gambar 3.13, langkah pertama adalah memuat dataset ulos Batak Toba, dan data tersebut melalui tahap *preprocessing* untuk dibersihkan dan disiapkan untuk model. Dataset tersebut kemudian dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Dua model arsitektur CNN dirancang: VGG16 dan ResNet50. Kedua model dilatih menggunakan data pelatihan yang telah disiapkan. Setelah proses pelatihan selesai, kedua model dievaluasi menggunakan data uji untuk mengukur kinerjanya masing-masing. Hasil klasifikasi dari model VGG16 dan ResNet50 kemudian ditampilkan. Kinerja kedua model kemudian dibandingkan untuk menentukan mana yang lebih sesuai untuk klasifikasi jenis ulos Batak Toba.

3.4. Perancangan Antarmuka Sistem

3.4.1. Tampilan *Splash Screen*



Gambar 3.14 Tampilan *SplashScreen*

Tampilan awal yang muncul saat aplikasi dijalankan adalah splash screen yang menampilkan informasi tentang nama aplikasi, logo Universitas Sumatera Utara, serta nama dan NIM penulis.

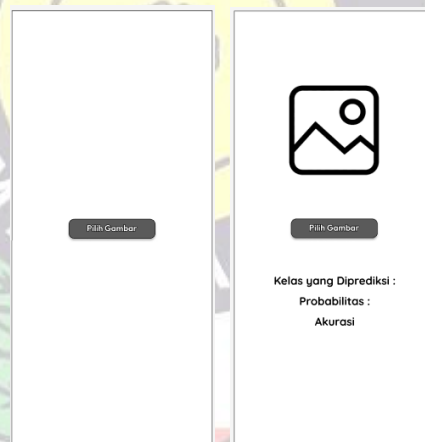
3.4.2. Tampilan *Home*



Gambar 3.15 Tampilan *Home*

Setelah *splashscreen*, tampilan yang akan ditampilkan adalah halaman *home* yang berisi beberapa menu yang dapat diakses. Terdapat dua tombol menu yang tersedia, yaitu klasifikasi dan keterangan.

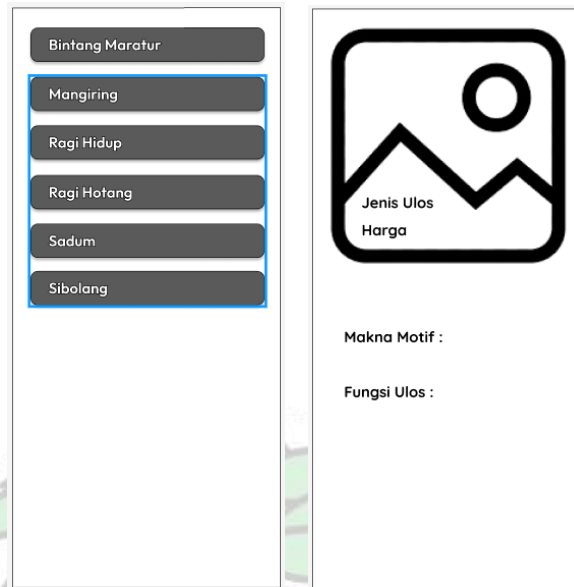
3.4.3. Tampilan Klasifikasi



Gambar 3.16 Tampilan Klasifikasi

Tampilan klasifikasi adalah tampilan di mana model yang lebih bagus antara VGG16 dan ResNet50 diterapkan untuk mengklasifikasikan jenis ulos Batak Toba.

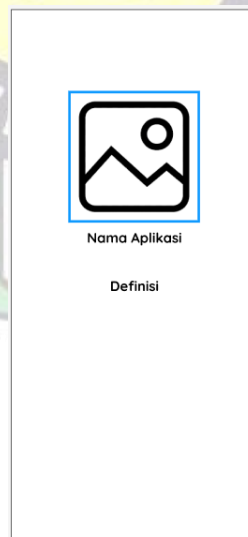
3.4.4. Tampilan Keterangan



Gambar 3.17 Tampilan Keterangan

Tampilan keterangan berisi Jenis Ulos, Karakteristik, Makna Motif, Harga, dan Penggunaan Ulos yang dapat membantu pengguna untuk mengetahui informasi ulos Batak Toba.

3.4.5. Tampilan Tentang



Gambar 3.18 Tampilan Tentang

Tampilan tentang memberikan informasi penting mengenai aplikasi tersebut, diantaranya ialah nama aplikasi, deskripsi singkat.

BAB 4

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1. Implementasi Sistem

Penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman *python* sebagai *backend* dan *react native* sebagai *frontend* untuk membuat sistem aplikasi berbasis *mobile*. Program ini terdiri dari *Splash Screen*, *Home*, Klasifikasi, Keterangan, dan Tentang.

4.1.1. Halaman *Splash Screen*

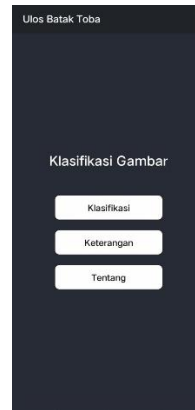
Halaman ini adalah halaman pertama di awal aplikasi, halaman *Splash Screen* hanya muncul beberapa detik selanjutnya akan muncul halaman *Home*.



Gambar 4.1 Halaman *Splash Screen*

4.1.2. Halaman *Home*

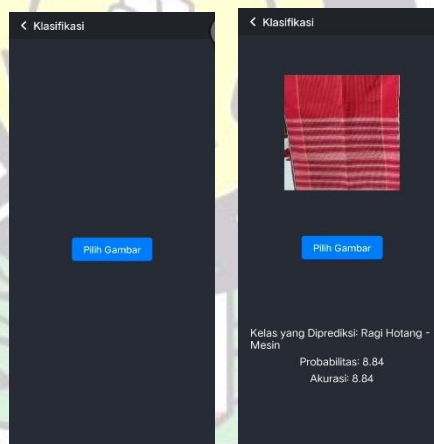
Halaman *Home* berisi menu-menu yang dapat diakses seperti menu Klasifikasi, Keterangan Ulos, dan Tentang Aplikasi.



Gambar 4.2 Halaman *Home*

4.1.3. Halaman Klasifikasi

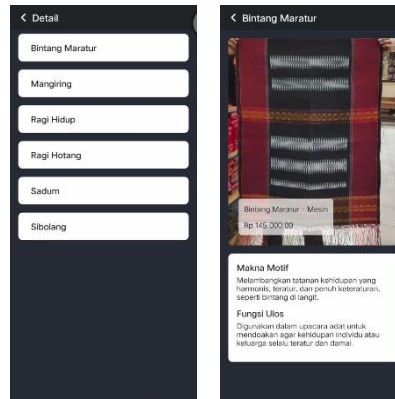
Halaman ini akan mengklasifikasikan gambar yang di upload dari tangkapan kamera dan pengambilan dari galeri *smartphone*. Gambar ulos Batak Toba yang ditangkap kamera atau pengambilan dari galeri, sistem akan mengeluarkan hasil seperti jenis ulos, probabilitas, dan akurasi.



Gambar 4.3 Halaman Klasifikasi

4.1.4. Halaman Keterangan

Halaman ini berisi informasi yang terdiri dari contoh gambar ulos, harga ulos tenun dan mesin, makna motif, dan fungsi ulos.



Gambar 4.4 Halaman Keterangan

4.1.5. Halaman Tentang

Halaman ini berisi nama aplikasi dan deskripsi singkat tentang aplikasi tersebut.



Gambar 4.5 Halaman Tentang

4.2. Prosedural Operasional

Pada tahap ini menjelaskan bagaimana prosedur operasional dalam memulai sistem yang telah dibangun. Tahap awal yang pertama dilakukan pengguna adalah menekan *icon launcher* aplikasi. Kemudian *splashscreen* akan muncul, setelah beberapa saat tampilan *home* akan muncul yang berisi menu klasifikasi, keterangan dan tentang aplikasi. Menu tentang berisi informasi tentang aplikasi. Menu keterangan berisi daftar menu yang berisi jenis ulos, ketika salah satu menu jenis ulos di klik maka akan muncul informasi jenis ulos yang terdiri dari gambar ulos, jenis ulos, harga, makna motif, dan fungsi ulos. Kemudian menu klasifikasi dimana pengguna terlebih

dahulu memberikan izin agar kamera dapat diakses untuk penggunaan aplikasi. Setelah itu pengguna dapat memilih antara pengambilan melalui kamera atau dari galeri. Setelah memilih dari kamera atau unggah dari galeri akan mengeluarkan hasil klasifikasi jenis ulos dan nilai akurasinya.


4.3. Pengujian Sistem



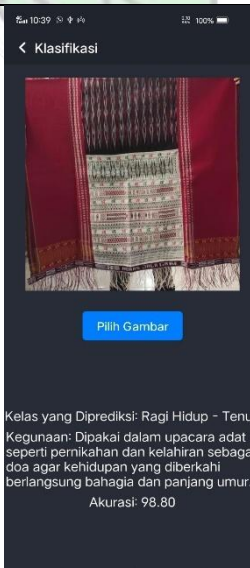
Sistem yang telah dibangun sekarang akan menjalani pengujian untuk menilai kapasitasnya dalam mengkategorikan gambar ulos. Pengujian sistem untuk memastikan bahwa sistem dapat beroperasi dengan benar dan menghasilkan hasil yang tepat. Hal ini dapat dilakukan dengan memverifikasi bahwa sistem dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan secara akurat. Gambar ulos motif penuh tanpa gangguan objek lain dan motif penuh dengan gangguan objek lain akan digunakan untuk prosedur pengujian.

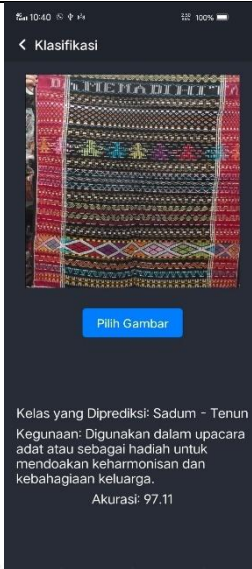

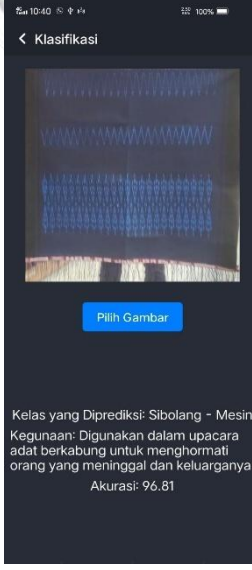
4.3.1. Model ResNet50

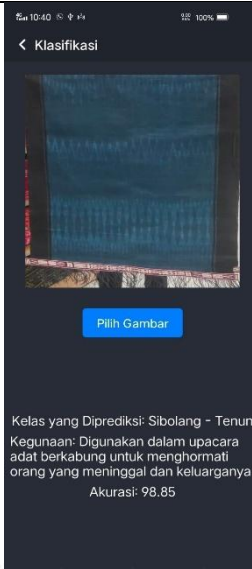


Berikut ini merupakan hasil pengujian sistem terhadap klasifikasi ulos Batak Toba dengan model ResNet50.


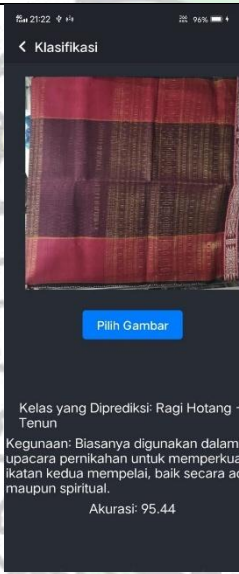
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sistem Model Resnet50 motif penuh tanpa gangguan objek lain)

No.	Data Ulos	<i>Actual Output</i>	<i>Desired Output</i>	Akurasi (%)	Status
1	 <p>Kelas yang Diprediksi: Bintang Maratur - Mesin Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat untuk mendoakan agar kehidupan individu atau keluarga selalu teratur dan damai. Akurasi: 99.96</p>	Bintang Maratur - Mesin	Bintang Maratur - Mesin	99.96	Benar

2		Mangiring - Mesir	Mangiring - Mesir	98.90	Benar
3		Ragi Hidup - Mesir	Ragi Hidup - Mesir	99.44	Benar
4		Ragi Hidup - Tenun	Ragi Hidup - Tenun	98.80	Benar



5		Sadum - Tenun	Sadum - Tenun	97.11	Benar
6		Sadum - Mesin	Sadum - Mesin	99.97	Benar
7		Sibolang - Mesin	Sibolang - Mesin	96.81	Benar


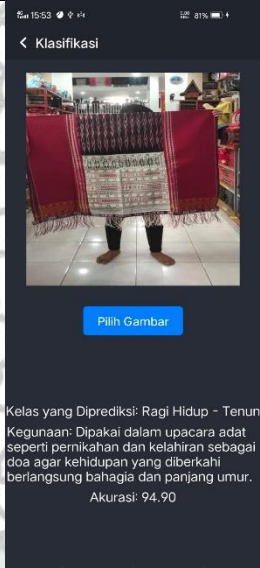
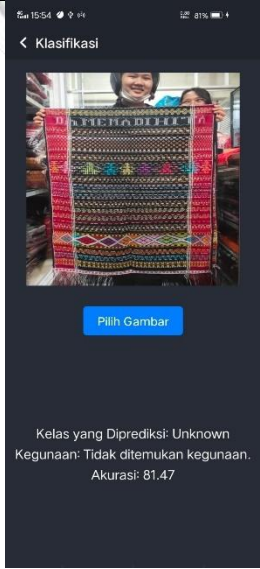
8	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sibolang - Tenun Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat berkabung untuk menghormati orang yang meninggal dan keluarganya. Akurasi: 98.85</p>	Sibolang - Tenun	Sibolang - Tenun	98.85	Benar
9	 <p>Kelas yang Diprediksi: Bintang Maratur - Tenun Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat untuk mendoakan agar kehidupan individu atau keluarga selalu teratur dan damai. Akurasi: 90.35</p>	Bintang Maratur - Tenun	Bintang Maratur - Tenun	90.35	Benar
10	 <p>Kelas yang Diprediksi: Mangiring - Tenun Kegunaan: Digunakan dalam acara kelahiran untuk mendoakan agar bayi yang baru lahir diberkahi banyak keturunan. Akurasi: 97.07</p>	Mangiring - Tenun	Mangiring - Tenun	97.07	Benar


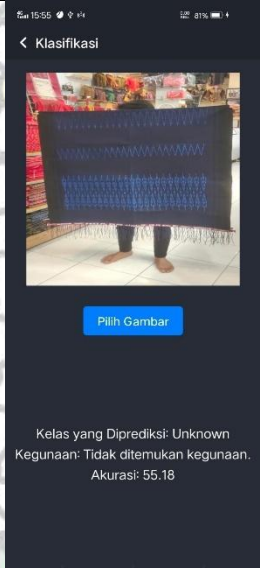
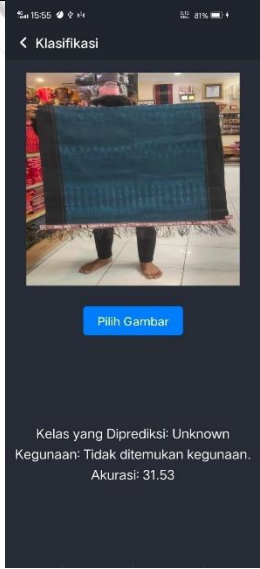
11		Ragi Hotang - Mesin	Ragi Hotang - Mesin	93.65	Benar
12		Ragi Hotang - Tenun	Ragi Hotang - Tenun	95.44	Benar

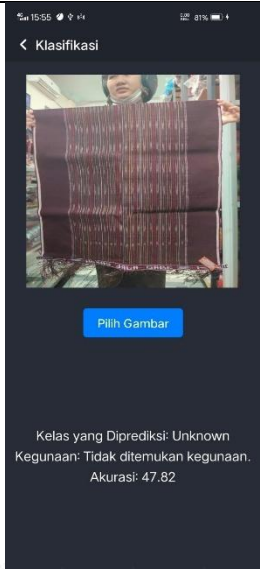
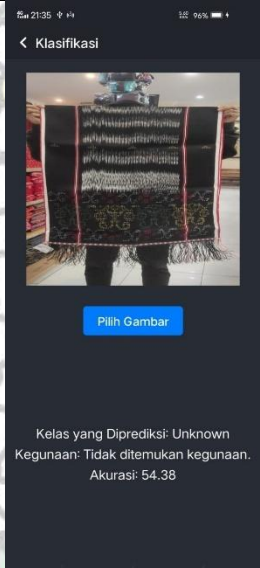

Pada tabel 4.1 Dapat dilihat sistem dapat mengklasifikasi dengan baik ketika pengambilan gambar dilakukan pada motif penuh tanpa gangguan objek lain dan motif yang ada pada ulos dapat terdeteksi serta menghasilkan output yang benar. Untuk melihat sejauh mana model dalam mengklasifikasi dilakukan pengujian dengan pengambilan motif penuh dengan gangguan objek lain dan dapat dilihat pada tabel 4.2.


Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sistem Model Resnet50 (motif penuh dengan gangguan objek lain)

No.	Data Ulos	<i>Actual Output</i>	<i>Desired Output</i>	Akurasi (%)	Status
1		Bintang Maratur - Mesin	Unknown	88.20	Salah
2		Mangiring - Mesin	Unknown	86.24	Salah

3		Ragi Hidup - Mesin	Unknown	41.68	Salah
4		Ragi Hidup - Tenun	Ragi Hidup - Tenun	94.90	Benar
5		Sadum - Tenun	Unknown	81.47	Benar

6	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sadum - Mesin Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat atau sebagai hadiah untuk mendoakan keharmonisan dan kebahagiaan keluarga. Akurasi: 99.28</p>	Sadum - Mesin	Sadum - Mesin	99.28	Benar
7	 <p>Kelas yang Diprediksi: Unknown Kegunaan: Tidak ditemukan kegunaan. Akurasi: 55.18</p>	Sibolang - Mesin	Unknown	55.18	Salah
8	 <p>Kelas yang Diprediksi: Unknown Kegunaan: Tidak ditemukan kegunaan. Akurasi: 31.53</p>	Sibolang - Tenun	Unknown	31.53	Salah

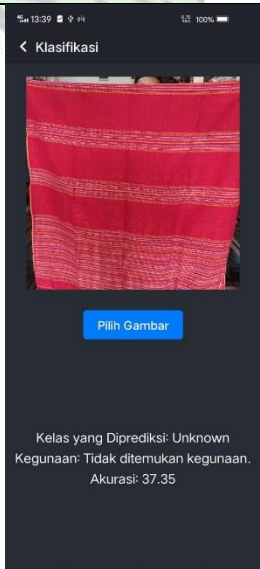
9		Mangiring - Tenun	Unknown	47.82	Salah
10		Bintang Maratur - Tenun	Unknown	54.38	Salah
11		Ragi Hotang - Mesin	Unknown	66.42	Salah


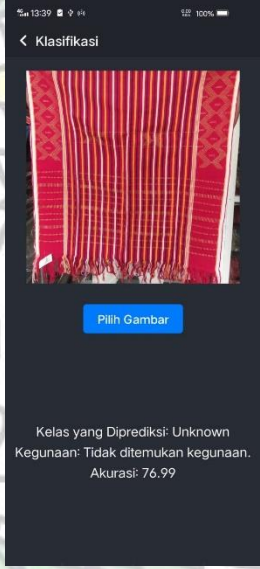
12		Ragi Hotang - Tenun	Unknown	72.72	Salah
----	---	---------------------------	---------	-------	-------

Berdasarkan proses pengujian yang dilakukan pada motif penuh dengan gangguan objek lain, maka disimpulkan bahwa sistem tidak sepenuhnya terdeteksi dengan baik.

Selanjutnya dilakukan pengujian pada objek yang tidak termasuk dalam jenis ulos Batak Toba yang dikenali dalam penelitian. Hasil pengujiannya dapat diamati pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Sistem Model Resnet50 pada Objek yang tidak termasuk dalam Penelitian

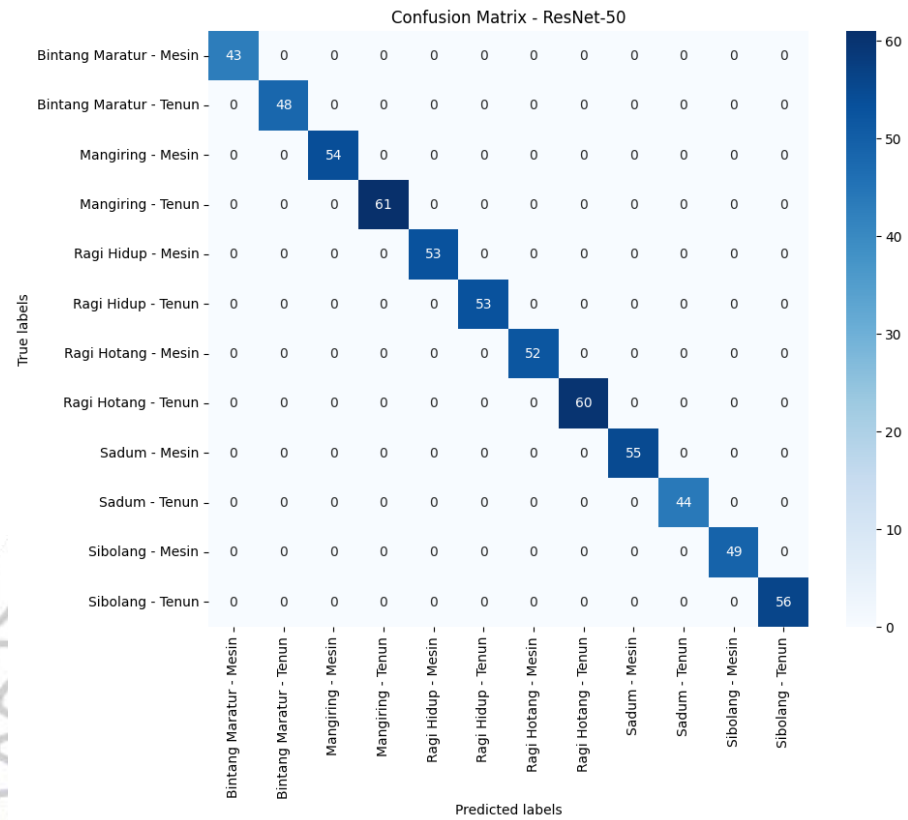
No.	Data Ulos	<i>Actual Output</i>	<i>Desired Output</i>	Akurasi (%)
1		Hatirongga (Simalungun)	Unknown	37.35

2		Nipes (Karo)	Sadum - Tenun	99.95
3		Beka Buluh (Karo)	Unknown	76.99

Berdasarkan proses pengujian yang dilakukan pada bukan objek penelitian, adanya jenis ulos dari Karo yaitu Nipes terdeteksi ke jenis ulos Sadum – Tenun dikarenakan ulos atau uis Nipes memiliki kemiripan dengan Ulos Sadum – Tenun apabila dilihat secara sekilas.

Selanjutnya, analisis model terbaik melibatkan penggunaan *confusion matrix*. *Confusion matrix* adalah alat evaluasi dalam analisis statistik yang mengevaluasi kinerja sistem klasifikasi dengan membandingkan hasil prediksi model dengan nilai sebenarnya dari data yang diuji. Model yang telah dievaluasi menggunakan sejumlah metrik evaluasi seperti akurasi (*accuracy*), presisi (*precision*), sensitivitas (*recall*), dan

f1-score. Gambar di bawah menunjukkan *confusion matrix* untuk model ResNet50.



Gambar 4.6 *Confusion Matrix* ResNet-50

Tabel 4.4 *Confusion Matrix* ResNet-50

Jenis Ulos	TP	TN	FP	FN
BM – Mesin	43	$628 - 43 = 585$	0	0
BM – Tenun	48	$628 - 48 = 580$	0	0
Ma – Mesin	54	$628 - 54 = 574$	0	0
Ma – Tenun	61	$628 - 61 = 567$	0	0
RHi – Mesin	53	$628 - 53 = 575$	0	0
RHi – Tenun	53	$628 - 53 = 575$	0	0
Rho – Mesin	52	$628 - 52 = 576$	0	0
Rho – Tenun	60	$628 - 60 = 568$	0	0
Sa – Mesin	55	$628 - 55 = 573$	0	0
Sa – Tenun	44	$628 - 44 = 584$	0	0

Si – Mesin	49	$628 - 49 = 579$	0	0
Si – Tenun	56	$628 - 56 = 572$	0	0

$$Accuracy = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)}$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

$$F1 = 2 * \frac{(precision*recall)}{(precision+recall)}$$

BM - Mesin

$$Accuracy = (43 + 585) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 43 / 43 = 1.0$$

$$Recall = 43 / 43 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

BM - Tenun

$$Accuracy = (48 + 580) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 48 / 48 = 1.0$$

$$Recall = 48 / 48 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Ma - Mesin

$$Accuracy = (54 + 574) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 54 / 54 = 1.0$$

$$Recall = 54 / 54 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Ma - Tenun

$$Accuracy = (61 + 567) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 61 / 61 = 1.0$$

$$Recall = 61 / 61 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

RHi - Mesin

$$Accuracy = (53 + 575) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 53 / 53 = 1.0$$

$$Recall = 53 / 53 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

RHi - Tenun

$$Accuracy = (53 + 575) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 53 / 53 = 1.0$$

$$Recall = 53 / 53 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Rho - Mesin

$$\text{Accuracy} = (52 + 576) / 628 = 1.0$$

$$\text{Precision} = 52 / 52 = 1.0$$

$$\text{Recall} = 52 / 52 = 1.0$$

$$\text{F1} = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Rho - Tenun

$$\text{Accuracy} = (60 + 568) / 628 = 1.0$$

$$\text{Precision} = 60 / 60 = 1.0$$

$$\text{Recall} = 60 / 60 = 1.0$$

$$\text{F1} = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Sa - Mesin

$$\text{Accuracy} = (55 + 573) / 628 = 1.0$$

$$\text{Precision} = 55 / 55 = 1.0$$

$$\text{Recall} = 55 / 55 = 1.0$$

$$\text{F1} = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Sa - Tenun

$$\text{Accuracy} = (44 + 584) / 628 = 1.0$$

$$\text{Precision} = 44 / 44 = 1.0$$

$$\text{Recall} = 44 / 44 = 1.0$$

$$\text{F1} = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Si - Mesin

$$\text{Accuracy} = (49 + 579) / 628 = 1.0$$

$$\text{Precision} = 49 / 49 = 1.0$$

$$\text{Recall} = 49 / 49 = 1.0$$

$$\text{F1} = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Si - Tenun

$$\text{Accuracy} = (56 + 572) / 628 = 1.0$$

$$\text{Precision} = 56 / 56 = 1.0$$



$$\text{Recall} = 56 / 56 = 1.0$$




$$\text{F1} = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$



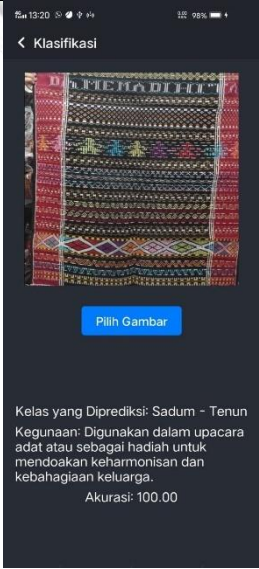
4.3.2. Model VGG16

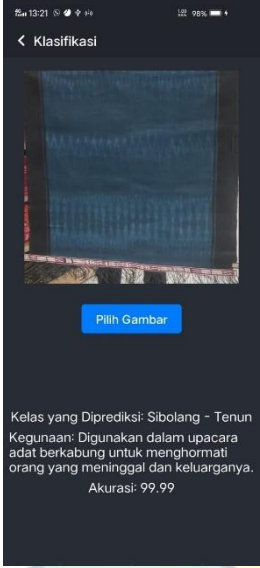


Berikut ini merupakan hasil pengujian sistem terhadap klasifikasi ulos Batak Toba dengan model VGG16.

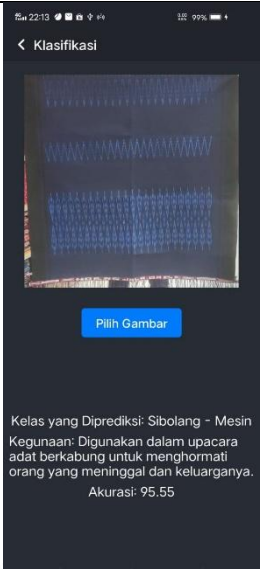
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Sistem Model VGG16 (motif penuh tanpa gangguan objek lain)

No.	Data Ulos	<i>Actual Output</i>	<i>Desired Output</i>	Akurasi	Status
1		Bintang Maratur - Mesin	Bintang Maratur - Mesin	98.71	Benar
2		Mangiring - Mesin	Mangiring - Mesin	99.09	Benar

3		Ragi Hidup - Mesin	Ragi Hidup - Mesin	99.96	Benar
4		Mangiring - Tenun	Mangiring - Tenun	99.32	Benar
5		Ragi Hotang - Mesin	Ragi Hotang - Mesin	100.00	Benar


6	 <p>Kelas yang Diprediksi: Ragi Hotang - Tenun</p> <p>Kegunaan: Biasanya digunakan dalam upacara pernikahan untuk memperkuat ikatan kedua mempelai, baik secara adat maupun spiritual.</p> <p>Akurasi: 99.94</p>	Ragi Hotang - Tenun	Ragi Hotang - Tenun	99.94	Benar
7	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sadum - Mesin</p> <p>Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat atau sebagai hadiah untuk mendoakan keharmonisan dan kebahagiaan keluarga.</p> <p>Akurasi: 100.00</p>	Sadum - Mesin	Sadum - Mesin	100.00	Benar
8	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sadum - Tenun</p> <p>Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat atau sebagai hadiah untuk mendoakan keharmonisan dan kebahagiaan keluarga.</p> <p>Akurasi: 100.00</p>	Sadum - Tenun	Sadum - Tenun	100.00	Benar




9	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sibolang - Tenun Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat berkabung untuk menghormati orang yang meninggal dan keluarganya. Akurasi: 99.99</p>	Sibolang - Tenun	Sibolang - Tenun	99.99	Benar
10	 <p>Kelas yang Diprediksi: Bintang Maratur - Tenun Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat untuk mendoakan agar kehidupan individu atau keluarga selalu teratur dan damai. Akurasi: 99.90</p>	Bintang Maratur - Tenun	Bintang Maratur - Tenun	99.90	Benar
11	 <p>Kelas yang Diprediksi: Ragi Hidup - Tenun Kegunaan: Dipakai dalam upacara adat seperti pernikahan dan kelahiran sebagai doa agar kehidupan yang diberkahi berlangsung bahagia dan panjang umur. Akurasi: 90.33</p>	Ragi Hidup - Tenun	Ragi Hidup - Tenun	90.33	Benar

12		Sibolang - Mesin	Sibolang - Mesin	95.55	Benar
----	---	---------------------	---------------------	-------	-------

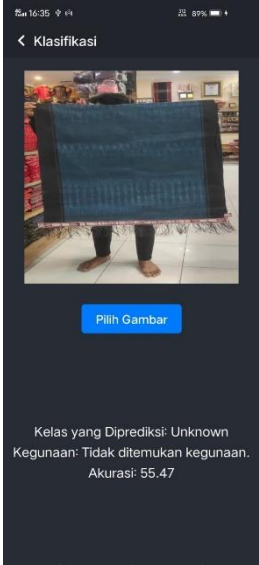


Pada tabel 4.5 Dapat dilihat sistem dapat mengklasifikasi dengan baik ketika pengambilan gambar dilakukan pada motif penuh tanpa gangguan objek lain dan motif yang ada pada ulos dapat terdeteksi serta menghasilkan output yang benar. Untuk melihat sejauh mana model dalam mengklasifikasi dilakukan pengujian dengan pengambilan motif penuh dengan gangguan objek lain dan dapat dilihat pada tabel 4.6.


Tabel 4.6 Hasil Pengujian Sistem Model VGG16 (motif penuh dengan gangguan objek lain)

No.	Data Ulos	<i>Actual Output</i>	<i>Desired Output</i>	Akurasi	Status
1		Bintang Maratur - Mesin	Bintang Maratur - Mesin	99.97	Benar

2		Mangiring - Mesin	Mangiring - Mesin	99.06	Benar
3		Ragi Hidup - Mesin	Ragi Hotang - Mesin	94.26	Benar
4		Ragi Hidup - Tenun	Ragi Hotang - Mesin	99.84	Salah

5	 <p>Kelas yang Diprediksi: Ragi Hidup - Tenun Kegunaan: Dipakai dalam upacara adat seperti pernikahan dan kelahiran sebagai doa agar kehidupan yang diberkahi berlangsung bahagia dan panjang umur. Akurasi: 92.39</p>	Sadum - Tenun	Ragi Hidup - Tenun	92.39	Salah
6	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sadum - Mesin Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat atau sebagai hadiah untuk mendoakan keharmonisan dan kebahagiaan keluarga. Akurasi: 100.00</p>	Sadum - Mesin	Sadum - Mesin	100.00	Benar
7	 <p>Kelas yang Diprediksi: Unknown Kegunaan: Tidak ditemukan kegunaan. Akurasi: 78.08</p>	Sibolang - Mesin	Unknown	78.08	Salah

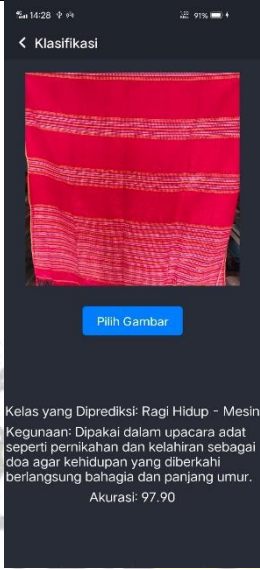

8		Sibolang - Tenun	Unknown	55.47	Salah
9		Mangiring - Tenun	Ragi Hotang - Mesin	95.74	Salah
10		Bintang Maratur - Tenun	Bintang Maratur - Tenun	98.82	Benar

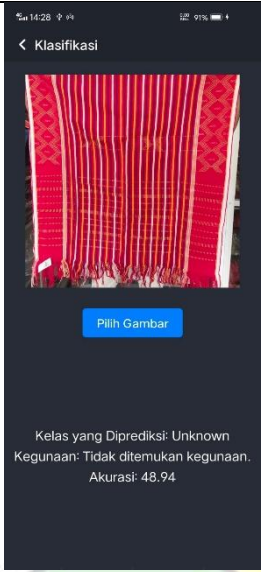
11		Ragi Hotang - Mesin	Ragi Hotang - Mesin	100.00	Benar
12		Ragi Hotang - Tenun	Ragi Hotang - Mesin	98.95	Salah

Berdasarkan proses pengujian yang dilakukan pada motif penuh dengan gangguan objek lain, maka disimpulkan bahwa sistem tidak sepenuhnya terdeteksi dengan baik.

Selanjutnya dilakukan pengujian pada objek yang tidak termasuk dalam jenis ulos Batak Toba yang dikenali dalam penelitian. Hasil pengujiannya dapat diamati pada tabel 4.7.

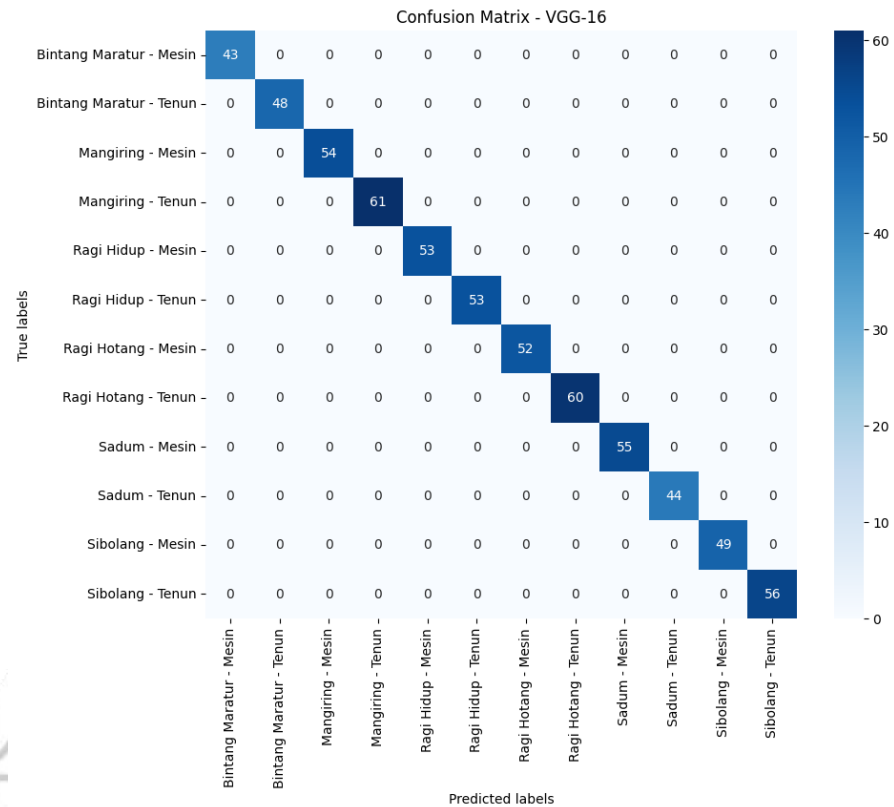
Tabel 4.7 Pengujian Sistem Model VGG16 pada Objek yang tidak termasuk dalam Penelitian

No.	Data Ulos	<i>Actual Output</i>	<i>Desired Output</i>	Akurasi (%)
1	 <p>Kelas yang Diprediksi: Ragi Hidup - Mesin Kegunaan: Dipakai dalam upacara adat seperti pernikahan dan kelahiran sebagai doa agar kehidupan yang diberkahi berlangsung bahagia dan panjang umur. Akurasi: 97.90</p>	Hatirongga (Simalungun)	Ragi Hidup - Mesin	97.90
2	 <p>Kelas yang Diprediksi: Sadum - Tenun Kegunaan: Digunakan dalam upacara adat atau sebagai hadiah untuk mendoakan keharmonisan dan kebahagiaan keluarga. Akurasi: 94.57</p>	Nipes (Karo)	Sadum - Tenun	94.57

3		Beka Buluh (Karo)	Unknown	48.94
---	---	----------------------	---------	-------

Berdasarkan proses pengujian yang dilakukan pada bukan objek penelitian, adanya jenis ulos Simalungun yaitu Hatirongga terdeteksi ke jenis ulos Ragi Hidup - Mesin dan dari Karo yaitu Nipes terdeteksi ke jenis ulos Sadum – Tenun dikarenakan apabila dilihat secara sekilas terlihat mirip dengan ulos Batak Toba.

Selanjutnya, analisis model terbaik melibatkan penggunaan *confusion matrix*. *Confusion matrix* adalah alat evaluasi dalam analisis statistik yang mengevaluasi kinerja sistem klasifikasi dengan membandingkan hasil prediksi model dengan nilai sebenarnya dari data yang diuji. Model yang dilatih dievaluasi menggunakan sejumlah metrik evaluasi seperti akurasi (*accuracy*), presisi (*precision*), sensitivitas (*recall*), dan *f1-score*. Gambar di bawah ini menunjukkan *confusion matrix* untuk model VGG16.



Gambar 4.7 Confusion Matrix VGG-16

Tabel 4.8 Confusion Matrix VGG-16

Jenis Ulos	TP	TN	FP	FN
BM – Mesin	43	$628 - 43 = 585$	0	0
BM – Tenun	48	$628 - 48 = 580$	0	0
Ma – Mesin	54	$628 - 54 = 574$	0	0
Ma – Tenun	61	$628 - 61 = 567$	0	0
RHi – Mesin	53	$628 - 53 = 575$	0	0
RHi – Tenun	53	$628 - 53 = 575$	0	0
Rho – Mesin	52	$628 - 52 = 576$	0	0
Rho – Tenun	60	$628 - 60 = 568$	0	0
Sa – Mesin	55	$628 - 55 = 573$	0	0
Sa – Tenun	44	$628 - 44 = 584$	0	0
Si – Mesin	49	$628 - 49 = 579$	0	0
Si – Tenun	56	$628 - 56 = 572$	0	0

$$Accuracy = \frac{(TP+TN)}{(TP+TN+FP+FN)}$$

$$Precision = \frac{TP}{(TP+FP)}$$

$$Recall = \frac{TP}{(TP+FN)}$$

$$F1 = 2 * \frac{(precision*recall)}{(precision+recall)}$$

BM - Mesin

$$Accuracy = (43 + 585) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 43 / 43 = 1.0$$

$$Recall = 43 / 43 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

BM - Tenun

$$Accuracy = (48 + 580) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 48 / 48 = 1.0$$

$$Recall = 48 / 48 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Ma - Mesin

$$Accuracy = (54 + 574) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 54 / 54 = 1.0$$

$$Recall = 54 / 54 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Ma - Tenun

$$Accuracy = (61 + 567) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 61 / 61 = 1.0$$

$$Recall = 61 / 61 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

RHi - Mesin

$$Accuracy = (53 + 575) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 53 / 53 = 1.0$$

$$Recall = 53 / 53 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

RHi - Tenun

$$Accuracy = (53 + 575) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 53 / 53 = 1.0$$

$$Recall = 53 / 53 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Rho - Mesin

$$Accuracy = (52 + 576) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 52 / 52 = 1.0$$

Rho - Tenun

$$Accuracy = (60 + 568) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 60 / 60 = 1.0$$

$$Recall = 52 / 52 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

$$Recall = 60 / 60 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Sa - Mesin

$$Accuracy = (55 + 573) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 55 / 55 = 1.0$$

$$Recall = 55 / 55 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Sa - Tenun

$$Accuracy = (44 + 584) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 44 / 44 = 1.0$$

$$Recall = 44 / 44 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Si - Mesin

$$Accuracy = (49 + 579) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 49 / 49 = 1.0$$

$$Recall = 49 / 49 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

Si - Tenun

$$Accuracy = (56 + 572) / 628 = 1.0$$

$$Precision = 56 / 56 = 1.0$$

$$Recall = 56 / 56 = 1.0$$

$$F1 = 2 * \frac{(1.0*1.0)}{(1.0+1.0)} = 1.0$$

4.3.3. Pemilihan Model Terbaik

Dalam perbandingan dua model yang diuji, VGG16 dan ResNet50, kedua model menunjukkan performa yang sama unggul dengan nilai metrik evaluasi sebagai berikut: akurasi 1.0, *Precision* 1.0, *Recall* 1.0, dan *F1-score* 1.0.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua model mampu mengklasifikasikan data dengan sempurna, baik dalam mengenali kelas yang benar (*Recall*) maupun menghindari prediksi kelas yang salah (*Precision*). Selain itu, kesempurnaan ini mencerminkan keseimbangan yang ideal antara *Precision* dan *Recall*, sebagaimana diindikasikan oleh nilai *F1-score* yang maksimal.

Kesamaan performa antara VGG16 dan ResNet50 menegaskan bahwa kedua arsitektur dapat diandalkan untuk tugas klasifikasi yang dilakukan.

Tabel 4.9 Pemilihan Model Terbaik

No.	Model	Jumlah Data Valid	<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
1	ResNet50	628	1.0	1.0	1.0	1.0
2	VGG16	628	1.0	1.0	1.0	1.0

Dalam pengujian aplikasi seluler, model VGG16 dan ResNet50 mampu mengidentifikasi setiap jenis ulos Batak Toba dengan baik pada motif penuh. Namun, pada jarak yang lebih jauh, VGG16 menunjukkan keunggulan dalam membedakan jenis-jenis ulos tersebut dibandingkan dengan ResNet50.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berikut ini dapat disimpulkan dari hasil penelitian yang dilakukan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan berbagai jenis ulos Batak Toba dengan menggunakan arsitektur CNN, khususnya VGG16 dan ResNet50 :

1. Dengan melatih 20 *epoch* pada kedua model, model VGG16 dan ResNet50 menunjukkan keduanya memiliki kinerja yang sama dengan akurasi sebesar 1.0.
2. Model VGG16 dan ResNet50 yang telah diuji pada sistem mampu membedakan setiap jenis ulos Batak Toba pada motif penuh tanpa gangguan objek lain. Namun, pada motif penuh tanpa gangguan objek lain, model VGG16 menunjukkan keunggulan dalam membedakan setiap jenis ulos Batak Toba dibandingkan dengan model ResNet50.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian penulis, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Membuat sistem yang dapat menampilkan *bounding box* dan mendeteksi secara *realtime*.
2. Menambahkan jenis ulos Batak Toba selain Bintang Maratur, Mangiring, Ragi Hidup, Ragi Hotang, Sadum, dan Sibolang serta pembedanya antara tenunan tangan dan menggunakan alat yang sudah ada polanya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, E. A., & Irwansyah. (2020). PERANCANGAN INFOGRAFIS PENGENALAN KAIN ULOS BATAK TOBA. *Jurnal FSD*, 169-182.
- Bezdan, T., & Bacanin, N. (2019). Convolutional Neural Network Layers and Architectures. *Sinteza 2019 - International Scientific Conference on Information Technology and Data Related Research, Belgrade*, 445-451.
- Chin, C.-L., Chin, M.-C., Tsai, T.-Y., & Chen, W.-E. (2018). Facial skin image classification system using Convolutional Neural Networks deep learning algorithm. *2018 9th International Conference on Awareness Science and Technology (iCAST) Fukuoka, Japan: IEEE*, 51-55.
- Firmando, H. B. (2021). Kearifan Lokal Tenun Tradisional Ulos Dalam Merajut Harmoni Sosial Di Kawasan Danau Toba. *Jurnal Sosiologi Dialektika Sosial*, 1-8.
- Gholamalinezhad, H., & Khosrav, H. (2020). Pooling Methods in Deep Neural Networks, a Review. *Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Hutagalung, E. F., & Sitompul, P. (2023). Implementasi Deep Learning Menggunakan Metode CNN untuk Klasifikasi Jenis Ulos Batak Toba. *Student Scientific Creativity Journal (SSCJ)*, 1-19.
- Ikechukwu, A. V., Murali, S., Deepu, R., & Shivamurthy, R. (2021). ResNet-50 vs VGG-19 vs training from scratch: A comparative analysis of the segmentation and classification of Pneumonia from chest X-ray images. *Global Transitions Proceedings*, 375-381.
- Kandel, I., & Castelli, M. (2021). Transfer Learning with Convolutional Neural Networks for Diabetic Retinopathy Image Classification. A Review. *Applied Sciences*.
- Khudeyer, R., & Almoosawi, N. (2023). Combination of machine learning algorithms and Resnet50 for Arabic Handwritten Classification. *Informatica*, 39-44.
- Kulsum, U., & Cherid, A. (2023). Penerapan Convolutional Neural Network Pada Klasifikasi Tanaman Menggunakan ResNet50. *Jurnal Sistem Informasi dan Sistem Komputer*, 221-228.

- Mikołajczyk, A., & Grochowski, M. (2018). Data augmentation for improving deep learning in image classification problem. *2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW)*, 117-122.
- Noorizki, A. Z., & Kusumawati, W. I. (2023). Perbandingan Performa Algoritma VGG16 dan VGG19 Melalui Metode CNN untuk Klasifikasi Varietas Beras. *Journal of Computer, Electronic, and Telecommunication*, 1-16.
- NURHIKMAT, T. (2018). IMPLEMENTASI DEEP LEARNING UNTUK IMAGE CLASSIFICATION MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) PADA CITRA WAYANG GOLEK.
- Nurkhasanah, & Murinto. (2021). Klasifikasi Penyakit Kulit Wajah Menggunakan Metode. *SAINTEKS*, 183-190.
- Rajagukguk, T. (2015). *ANALISA RAGAM HIAS BERBAGAI JENIS ULOS BATAK TOBA DALAM KEHIDUPAN MASYARAKAT BATAK TOBA*.
- Rasywird, E., Sinaga, R., & Pratama, Y. (2020). Analisis dan Implementasi Diagnosis Penyakit Sawit dengan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Informatika dan Komputer*, 117-123.
- Rikendry, & Maharil, A. (2022). Perbandingan Arsitektur VGG16 dan ResNet50 untuk Rekognisi Tulisan Tangan Aksara Lampung. *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, 236-243.
- SALEH, R. E. (2019). Deep convolutional neural network for face skin diseases identification. *2019 Fifth International Conference on Advances in Biomedical Engineering (ICABME) : IEEE*.
- Sarker, I. H. (2021). Deep Learning: A Comprehensive Overview on Techniques, Taxonomy, Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 1-20.
- Siregar, M. (2017). Industri Kreatif Ulos pada Masyarakat Pulau Samosir. *Jurnal Studi Kultural*, 1-5.
- Suprihanto, Awaludin, I., Fadhil, M., & Zulfikor, M. A. (2022). Analisis Kinerja ResNet-50 dalam Klasifikasi Penyakit Pada Daun Kopi Robusta. *Jurnal Informatika*, 116-122.

- Wibowo, W. H. (2023). Analisis Perbandingan Performa Arsitektur VGG16 dan VGG19 Algoritma CNN pada Klasifikasi Jenis Tanah.
- Wu, Z., Zhao, S., Peng, Y., He, X., Zhao, X., Huang, K., . . . Li, Y. (2019). Studies on different CNN algorithms for face skin disease classification based on clinical images. *IEEE*, 1-9.
- Zhao, Z., Wu, C.-M., Zhang, S., He, F., Liu, F., Wang, B., . . . Li, j. (2021). A Novel Convolutional Neural Network for the Diagnosis and Classification of Rosacea Usability Study. *JMIR MEDICAL INFORMATICS*, 1-10.

