

© Hak Cipta milik UIN Suska Riau

**PENERAPAN *DEEP LEARNING* MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN
ARSITEKTUR RESNET UNTUK KLASIFIKASI BATIK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

EKI SATRIA
11651103420



UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM
PEKANBARU**

2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

PENERAPAN *DEEP LEARNING* MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN
ARSITEKTUR *RESNET* UNTUK KLASIFIKASI BATIK

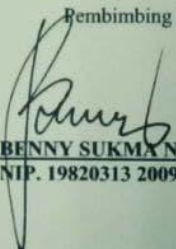
TUGAS AKHIR

Oleh

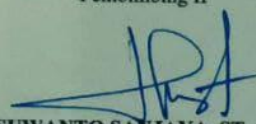
EKI SATRIA
11651103420

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 10 Februari 2021

Pembimbing I


BENNY SUKMA NEGARA, MT
NIP. 19820313 200901 1 009

Pembimbing II


SUWANTO SANJAYA, ST., M.Kom
NIP. 130 517 103

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN *DEEP LEARNING* MENGGUNAKAN
CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DENGAN
ARSITEKTUR RESNET UNTUK KLASIFIKASI BATIK**

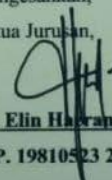
TUGAS AKHIR

Oleh

EKI SATRIA
11651103420

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 22 Januari 2021

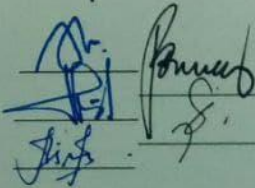
Pekanbaru,
Mengesahkan,
Ketua Jurusan,


Dr. Elin Husrani, S.T., M.Kom.
NIP. 19810523 200710 2 003


Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.
NIP. 19660604 199203 1 004

DEWAN PENGUJI

Ketua : Dr. Alwis Nazir, M.Kom.
Sekretaris : Benny Sukma Negara, MT.
Pembimbing II : Suwanto Sanjaya, ST., M.Kom.
Penguji I : Jasril, S.Si, M.Sc.
Penguji II : Iis Afrianty, ST, M.Sc.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan seizin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

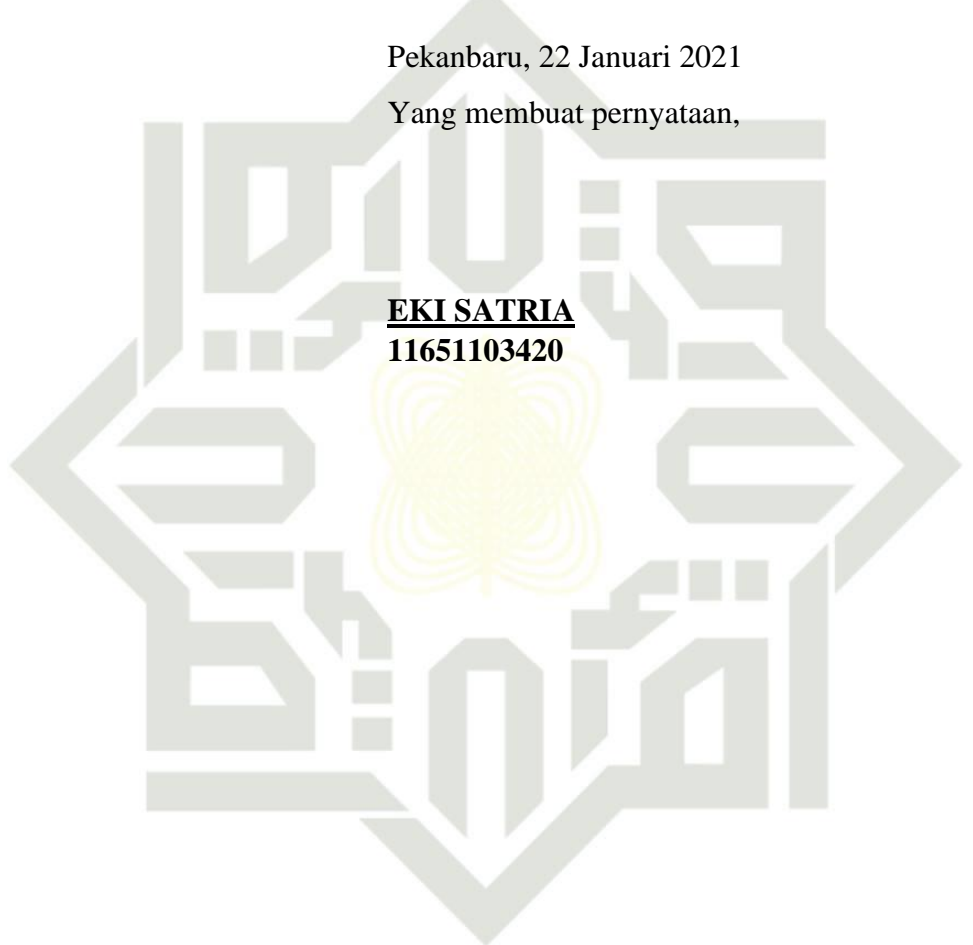
LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 22 Januari 2021

Yang membuat pernyataan,

EKI SATRIA
11651103420



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin

Dengan mengucapkan syukur pada Allah subhanallah wa ta'ala, telah kuselesaikan Tugas Akhir ini...

Bismillahirrahmanirrahim..

~Kupersembahkan Tugas Akhir Ku Ini Untuk~

Kedua Orang Tua Ku Tercinta...

Ayahanda Selamat, S.Pd. dan Ibunda Ijas

Adik Ku Tercinta...

Eva Malini

Edo Sanjaya

Serta,

Keluarga, Kerabat dan Teman-Teman terdekat ku...

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

PENERAPAN *DEEP LEARNING* MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DENGAN ARSITEKTUR *RESNET* UNTUK KLASIFIKASI BATIK

EKI SATRIA
11651103420

Tanggal Sidang : 22 Januari 2021

Periode Wisuda: September 2021

Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRAK

Batik tersusun dari berbagai gambar dan pola bernilai artistik tinggi yang disebut motif batik. Keberagaman motif batik dipengaruhi oleh budaya suatu daerah yang memiliki makna filosofis. Indonesia sebagai negara keberagaman budaya memiliki motif batik yang khas disetiap daerah. Pengenalan motif batik diperlukan pengetahuan khusus dibidang khazanah perbatikan nusantara. Berbagai metode diterapkan untuk melakukan klasifikasi citra khususnya dibidang *computer vision* dan kecerdasan buatan. Penelitian ini melakukan klasifikasi citra batik dengan menerapkan *Deep Learning* menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *Resnet*. Pengayaan data dilakukan dengan melakukan augmentasi data yaitu *zoom*, *horizontal flip*, *vertical flip* dan *rotation*. Jumlah dataset citra batik terdiri dari 3.900 citra dengan 50 kelas. Pengujian dilakukan dengan skenario membandingkan tingkat akurasi dan waktu komputasi antara data *original* dan augmentasi dengan pembagian data *training* dan *testing* sebesar 70%:30%, 80%:20% dan 90%:10%. Pengujian model terbaik terdapat pada eksperimen menggunakan data *original* dengan pembagian data *trainig* dan *testing* 90%:10% mendapatkan akurasi sebesar 100% dengan waktu komputasi selama 2.30 menit.

Kata Kunci: Batik, *Computer Vision*, *Convolutional Neural Network* (CNN), *Deep Learning*, *ResNet*

PENERAPAN *DEEP LEARNING* MENGGUNAKAN *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK* DENGAN ARSITEKTUR *RESNET* UNTUK KLASIFIKASI BATIK

EKI SATRIA
11651103420

Date of Final Exam : January 22nd, 2021

Graduation Ceremony Period: June 2021

Informatics Engineering Department

Faculty of Science and Technology

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRACT

Batik is composed of various images and patterns of high artistic value called batik motif. The diversity of batik motifs that are built by the culture of an area has a philosophical meaning. Indonesia as a country of cultural diversity with unique batik motifs in each region. The introduction of batik motifs requires special knowledge in the field of Indonesian batik treasures. Various methods are applied to perform image classification, especially in the fields of computer vision and artificial intelligence. The study conducted a classification of batik images by applying deep learning using the Convolutional Neural Network (CNN) method with Resnet architecture. Data questioning is done by augmenting the data, namely zoom, horizontal flip, vertical flip and rotation. The number of batik image dataset consists of 3,900 images with 50 classes. Testing is done by comparing the level of accuracy and computation time between the original and augmented data with the sharing of training and testing data by 70%: 30%, 80%: 20% and 90%: 10%. The best test model is found in the experiment using original data by dividing training data and testing 90%: 10% getting a value of 100% with a computation time of 2.30 minutes.

Keywords: *Deep Learning, Convolutional Neural Network (CNN), Data Augmentation, Classification, batik*

KATA PENGANTAR

Assalammu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Alhamdulillah rabbil'alamin, tak henti-hentinya penulis ucapkan kehadiran Tuhan yang tiada Tuhan selain Dia, Allah *subhanallah wa ta'ala* yang dengan rahmat dan hidayah-Nya penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik yang berjudul “Penerapan *Deep Learning* Menggunakan *Convolutional Neural Network* Dengan Arsitektur *ResNet* Untuk Klasifikasi Batik”. Tidak lupa dan tak akan pernah lupa bershalawat kepada Nabi dan Rasul-Nya, Nabi Muhammad *shalallahu 'alaihi wasalam* yang hanya menginginkan keimanan dan keselamatan bagi umatnya dan sangat belas kasihan lagi penyayang kepada orang mukmin.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar kesarjanaan pada jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Banyak sekali pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, baik berupa bantuan materi ataupun berupa motivasi dan dukungan kepada penulis. Semua itu tentu terlalu banyak bagi penulis untuk membalasnya, namun pada kesempatan ini penulis hanya dapat mengucapkan terima kasih kepada:

Bapak Prof. Dr. Suyitno, M.Ag selaku Plt. Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Bapak Dr. Ahmad Darmawi, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Ibu Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Bapak Novriyanto, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasehat selama perkuliahan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bapak Benny Sukma Negara, MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang selalu meluangkan waktu, memberikan ilmu, nasehat, saran, serta sabar membimbing penulis hingga tugas akhir ini selesai.

Bapak Suwanto Sanjaya, ST, M.Kom. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang selalu meluangkan waktu, memberikan ilmu, nasehat, saran, serta sabar membimbing penulis hingga tugas akhir ini selesai.

Ibu Keumala Anggraini, S.T., M.Kom. selaku Dosen Pembimbing III Tugas Akhir yang selalu meluangkan waktu, memberikan ilmu, nasehat, saran, serta sabar membimbing penulis hingga tugas akhir ini selesai.

Bapak Jasril, S.Si, M.Sc. selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberikan saran demi kemajuan dan penyempurnaan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Ibu Iis Afrianty, ST, M.Sc, CIBIA. selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberikan saran demi kemajuan dan penyempurnaan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Seluruh Dosen Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang banyak memberikan ilmunya dan arahan selama perkuliahan. Semoga ilmu yang bapak dan ibu berikan bermanfaat bagi penulis dan seluruh mahasiswa, Aamiin.

Khususnya untuk kedua orang tua Ibunda Ijas, dan Ayahanda Selamat, S.Pd., yang telah memberikan doa yang tulus, semangat, kasih sayang, mendidik, dan seluruh kebaikan yang selalu diberikan sehingga telah sampai pada tahap ini. Semoga selalu sehat dan semoga Allah membalas semua kebaikan Ayahanda dan Ibunda kelak, Aamiin.

Khususnya untuk Adik Eva Malini dan Edo Sanjaya yang selalu memberikan semangat dan mengingatkan untuk cepat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga adik diperlancar dalam segala urusannya, Aamiin.

Teman-teman seperjuangan yang telah menemani suka dan duka, menghiburku, mengisi waktuku, bertukar pikiran, mendukung, dan membantu selama masa kuliah hingga tugas akhir ini selesai (Rahmad Marsudi Nasution, M. Fajri Ramadhan, Hardi Nurmansyah, Deden

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Deswari, Dimas Reynaldi D.S, Wisnu Eka Putra, Trio Ningsih, Rozi Zaputra, Sarah Lasniari, Titania Aurilia, Rizky Putri, Annisa Putri, Zukhrofy Abbar, Jaka Pratama, Ari Ismanto, Rafi Darwis, Annisa Rahmahrini, Maya Kholida, Mustafa Arif Samsi, M. Iqbal, Emir Ramon, Dimas Cesar Ambimayu, Tri Agung Susilo, Mutia Aida Annisa, Nurul Aulia Rahman, Murti Anggraini, Janae Safitri, Nofriyanti ig, Novita Sari, Aulil Amri, M. Bezta Harvesto, Fuad Fawadil) semoga kita semua sukses, silaturahmi kita tetap terjalin, Aamiin.

4. Seluruh teman-teman TIF C 2016 dan TIF 2016 yang selalu menemani, memberi semangat, dan membantu ku selama perkuliahan. Semoga kita semua sukses, silaturahmi kita tetap terjalin, Aamiin.
5. Seluruh teman-teman ku yang selalu menemani ku selama masa-masa sekolah, serta mendukung ku, semoga silaturahmi kita selalu terjalin. Sukses dan semangat untuk kita semua, Aamiin.
16. Seluruh pihak yang belum penulis cantumkan, terima kasih atas dukungan baik material maupun spiritual.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kesalahan dan kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan laporan ini. Akhirnya penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan sesuatu yang bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya. Amin.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Pekanbaru, 22 Januari 2021

UIN SUSKA RIAU
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR RUMUS	v
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar belakang	I-1
1.2 Rumusan masalah.....	I-3
1.3 Batasan masalah	I-3
1.4 Tujuan penelitian.....	I-3
1.5 Sistematika penulisan.....	I-3
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 <i>Artificial Intelligence</i>	II-1
2.2 <i>Machine Learning</i>	II-2
2.3 <i>Artificial Neural Network</i>	II-3
2.3.1 <i>Arsitektur Artificial Neural Network</i>	II-5
2.3.2 <i>Backpropagation</i>	II-7
2.4 <i>Deep Learning</i>	II-8
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i>	II-9
2.5.1 <i>Convolution Layer</i>	II-10
2.5.2 <i>Pooling Layer</i>	II-12
2.5.3 <i>Fully Conected Layer</i>	II-13
2.5.4 <i>Activation Layer</i>	II-14
2.5.5 <i>Batch normalization</i>	II-15
2.5.6 <i>Flatten</i>	II-16
2.5.7 <i>Dropout Regularization</i>	II-16
2.5.8 <i>Softmax</i>	II-17



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5.9 CNN Architecture	II-18
2.6 Image Classification.....	II-20
2.7 Citra Digital.....	II-21
2.8 Batik	II-21
2.8.1 Motif Batik.....	II-22
2.9 Augmentasi Data	II-23
2.10 Confusion Matrix.....	II-25
2.11 Penelitian terkait.....	II-26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	III-1
3.1 Pengumpulan data	III-1
3.2 Deep Learning.....	III-2
3.3 Implementasi dan Pengujian	III-4
3.4 Kesimpulan.....	III-5
BAB IV n	IV-5
BAB V m	V-5
BAB VI PENUTUP	VI-6
6.1 Kesimpulan.....	VI-6
6.2 Saran.....	VI-6
DAFTAR PUSTAKA	vi
LAMPIRAN A	ix
LAMPIRAN B	xiv

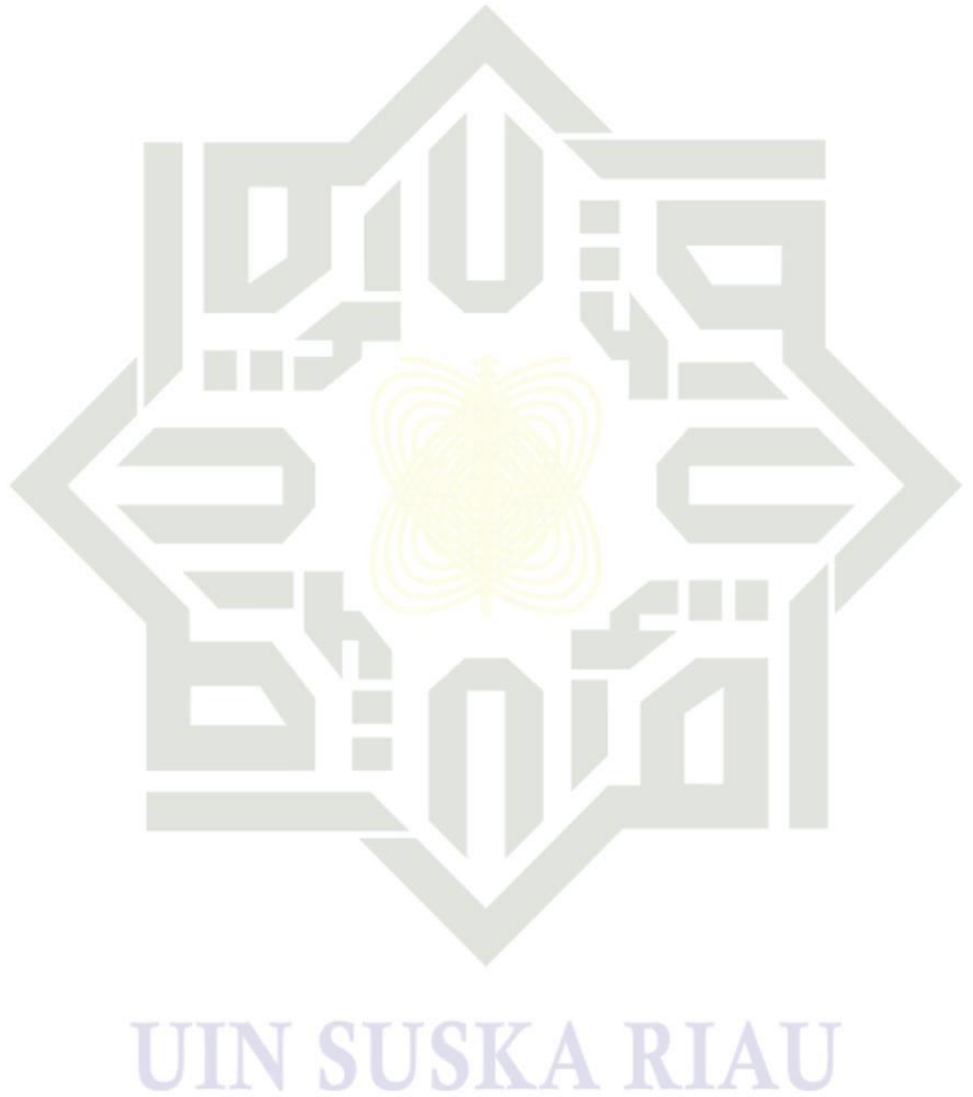
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Bagian utama dalam AI.....	II-1
Gambar 2.2 Jaringan Syaraf Manusia.....	II-4
Gambar 2.3 <i>Logic ANN</i>	II-5
Gambar 2.4 <i>Single layer</i>	II-6
Gambar 2. 5 <i>Multi layer</i>	II-6
Gambar 2.6 <i>Competitive Layer</i>	II-7
Gambar 2.7 Ilustrasi CNN.....	II-9
Gambar 2.8 <i>Max-pooling 2x2</i>	II-12
Gambar 2.9 <i>Fully connected layer</i>	II-14
Gambar 2.10 Grafik <i>Sigmoid</i>	II-14
Gambar 2.11 Grafik <i>Tanh</i>	II-15
Gambar 2.12 Grafik <i>ReLU</i>	II-15
Gambar 2.13 <i>Flatten</i>	II-16
Gambar 2. 14 <i>Dropout</i>	II-17
Gambar 2.15 <i>Batik</i>	II-22
Gambar 2.16 <i>Motif Batik</i>	II-23
Gambar 2.17 <i>Teknik Augmentasi</i>	II-24
Gambar 2.18 <i>Confusion matrix</i>	II-25
Gambar 3.1 <i>Metodologi penelitian</i>	III-1
Gambar 3.2 <i>Label Batik</i>	III-2
Gambar 3.3 <i>Arsitektur ResNet50</i>	III-2

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.2 Penelitian terkait	II-26
------------------------------------	-------



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
Rumus 2.1 Operasi konvolusi	II-10
Rumus 2.2 <i>Sigmoid</i>	II-14
Rumus 2.3 <i>Tanh</i>	II-14
Rumus 2.4 <i>Rectified linear unit (ReLU)</i>	II-15
Rumus 2.5 <i>Softmax</i>	II-17
Rumus 2.6 Akurasi	II-25
Rumus 2.6 <i>Precision</i>	II-25
Rumus 2.6 <i>Recall</i>	II-26
Rumus 2.6 <i>F1 Score</i>	II-26

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Batik merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang telah mendunia. Hal tersebut dibuktikan oleh pengakuan UNESCO pada 2 Oktober 2009 bahwa batik merupakan warisan budaya dunia yang berasal dari Indonesia (Minarno et al., 2014). Batik adalah kain yang dicat menggunakan canting dan lilin cair sehingga membentuk pola bernilai artistik tinggi (Rasyidi & Bariyah, 2020). Gambar atau pola yang terdapat pada batik disebut juga sebagai motif batik. Keberagaman motif batik dipengaruhi oleh kebudayaan di suatu daerah tersebut. Motif batik dibuat beragam bukan hanya untuk keindahan visual saja namun memiliki makna filosofis (Setyawan et al., 2015).

Indonesia sebagai negara dengan keberagaman budaya memiliki motif batik yang khas di setiap daerah (Arsa & Susila, 2019). Hal ini menjadi inspirasi para peneliti di bidang ilmu komputer untuk melakukan penelitian terkait klasifikasi batik yang relatif susah untuk dibedakan menggunakan mata manusia (Samsi & Soedewi, 2007). Diperlukan pengalaman dan pengetahuan khusus di bidang khazanah perbatikan nusantara untuk mengenali asal daerah dan jenis dari suatu motif batik daerah tertentu. Kemajuan ilmu komputer saat ini khususnya di bidang *computer vision*, klasifikasi citra dapat dilakukan menggunakan metode-metode kecerdasan buatan.

Para ilmuwan *computer vision* terus melakukan eksperimen dan pembaharuan untuk meningkatkan kehandalan suatu algoritma dan metode diantaranya di bidang klasifikasi gambar. Pada setiap tahunnya *ImageNet* mengadakan kompetisi *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC)* yaitu sebuah kompetisi evaluasi algoritma untuk deteksi objek dan klasifikasi gambar dalam skala besar (Stanford Vision Lab, n.d.). Arsitektur *ResNet* menempati peringkat 1 di ILSVRC dan *Common objects in Context (COCO)* tahun 2015 pada tugas *ImageNet detection, ImageNet localization, COCO detection, and COCO segmentation* (He et al., 2016). Arsitektur *ResNet* dapat mengklasifikasi citra pada

dataset *ImageNet* dengan tingkat akurasi yang tinggi, yaitu sebesar 80,62% untuk top-1 (He et al., 2016)

Penerapan metode klasifikasi gambar telah diterapkan oleh para peneliti sebelumnya. Hal tersebut dibuktikan dengan dilakukan penelitian oleh (Wicaksono et al., 2017) yang berjudul *Modified Convolutional Neural Network Architecture for Batik Motif Image Classification*. Penelitian ini memiliki tujuan mengklasifikasi gambar motif batik menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) yang dimodifikasi. Metode yang digunakan merupakan gabungan dari dua arsitektur CNN yaitu *GoogleNet* dan *Residual Network* sehingga menghasilkan arsitektur baru bernama *IncRes*. Eksperimen menggunakan *IncRes* mencapai tingkat akurasi sebesar 70,84%.

Penelitian terkait lainnya serta sebagai landasan pada penelitian ini dilakukan oleh (Arsa & Susila, 2019) tentang klasifikasi gambar yang berjudul *VGG16 in Batik Classification based on Random Forest*. Pada penelitian tersebut Arsa dan Susila melakukan klasifikasi gambar batik menggunakan metode CNN dengan arsitektur *VGG16* dan *VGG16* yang telah dimodifikasi. Eksperimen yang dilakukan menggunakan dataset batik berjumlah 300 gambar. Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah arsitektur *VGG16* biasa mendapatkan tingkat akurasi sebesar 88.42% sedangkan tingkat akurasi yang diperoleh *VGG16* yang telah dimodifikasi mencapai 97.58%. Tetapi permasalahannya pada penelitian tersebut tidak melakukan proses rekayasa gambar batik. Salah satu teknik rekayasa gambar dataset yang sering digunakan yaitu dengan cara teknik augmentasi data. Augmentasi data perlu dilakukan karena dapat meningkatkan akurasi dari model CNN yang dilatih (Mahmud et al., 2019). Sehingga pada penelitian ini akan melakukan proses augmentasi data pada citra data batik yang akan dijadikan sebagai *dataset*.

Berdasarkan latar belakang dan penelitian-penelitian yang telah dilakukan maka pada penelitian ini akan melakukan klasifikasi batik menggunakan CNN dengan arsitektur *ResNet*. Arsitektur *ResNet* yang digunakan adalah *ResNet50* karena waktu komputasi lebih cepat dibandingkan *ResNet101* dan *ResNet152* (Fitria & Setyono, 2018).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



1.2 Rumusan masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan adalah bagaimana menerapkan metode CNN menggunakan arsitektur *ResNet-50* untuk klasifikasi batik serta mengukur tingkat akurasi yang didapatkan.

1.3 Batasan masalah

Pada penelitian ini ditentukan batasan masalah agar cakupan tidak meluas atau menyimpang dari yang telah direncanakan. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. *Dataset* yang akan digunakan berjumlah sebanyak 3.900 gambar.
2. Jumlah kelas pada *dataset* sebanyak 50 kelas (jenis batik).
3. Arsitektur *ResNet* yang digunakan adalah *ResNet-50*.

1.4 Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode CNN menggunakan arsitektur *ResNet-50* untuk klasifikasi batik.
2. Mengukur tingkat akurasi dari arsitektur CNN *ResNet-50*.

1.5 Sistematika penulisan

Penulisan laporan tugas akhir ini tersaji dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang uraian latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang studi pustaka terhadap teori-teori yang berhubungan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB IV

Bab ini akan menjabarkan tentang metodologi penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini.

ANALISA DAN PERANCANGAN

Bab ini berisi tentang analisa dan perancangan eksperimen yang akan digunakan sebagai tahap dasar implementasi yang akan dilaksanakan berikutnya.

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang implementasi dan pengujian model.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

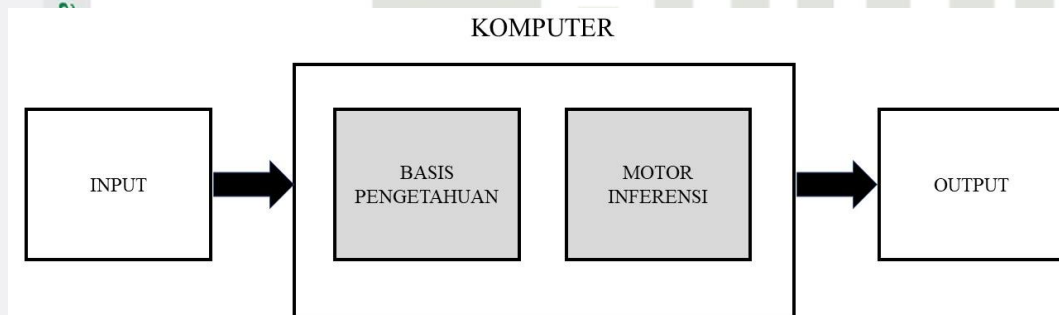
Bab ini merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Artificial Intelligence

Penelitian Alan Turing pada tahun 1950 membuat sebuah tes yang dinamakan tes turing merupakan awal mula dari lahirnya *artificial intelligence* (AI). Tes tersebut menguji kecerdasan mesin dengan melibatkan manusia secara langsung. Skenario pada tes ini adalah seorang penguji berada di ruangan pertama, di ruang kedua terdapat manusia lain dan mesin berada pada ruangan ketiga. Penguji tersebut memberikan pertanyaan kepada manusia secara lisan dan pertanyaan pada mesin diajukan menggunakan teks. Jika jawaban dari keduanya sama, maka mesin tersebut dinyatakan memiliki kecerdasan (Neapolitan & Jiang, 2018).

AI merupakan bagian dari cabang ilmu komputer. Bahasa program yang digunakan sama dengan sistem konvensional, namun menggunakan logika yang berbeda. Penerapan AI pada beberapa kasus dioperasikan dengan logika yang sederhana, akan tetapi pada kasus lain misalnya jaringan syaraf tiruan menggunakan logika yang lebih kompleks yaitu menirukan cara kerja syaraf pada manusia untuk proses komputasi sehingga mendapatkan sebuah solusi (IntroBooks, 2018).



Gambar 2.1 Bagian utama dalam AI

Berdasarkan gambar 2.1 pada AI terdapat dua komponen yang sangat penting dalam pemrosesan data sehingga menjadi sebuah solusi yaitu (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018):

Knowledge Base (Basis Pengetahuan). Bagian ini berisi tentang fakta-fakta, teori, pemikiran dan hubungan antara satu dengan yang lainnya.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Inference Engine (Motor Inferensi) yaitu kemampuan menarik kesimpulan berdasarkan pengalaman yang telah dipelajari oleh mesin.

Penerapan algoritma AI pada kehidupan manusia semakin hari semakin banyak digunakan. Oleh karenanya para ilmuwan secara persisten melakukan pengembangan algoritma-algoritma baru untuk memperbaiki kekurangan dari algoritma AI sebelumnya. Saat ini, pengembangan algoritma kecerdasan buatan banyak terinspirasi dari cara kerja biologis otak manusia.

2.2 Machine Learning

Machine learning (ML) pertama kalinya diperkenalkan oleh Arthur Samuel pada tahun 1959. Arthur Samuel menjelaskan ML adalah sebuah cabang ilmu komputer yang memberikan komputer kemampuan pembelajaran tanpa pemrograman yang jelas (Samuel A.L., 1959). ML dirancang agar memungkinkan seseorang dapat menyelesaikan permasalahan yang sulit diselesaikan melalui melalui sebuah program yang dibuat dan dirancang oleh manusia.

Kinerja ML diukur berdasarkan optimalisasi minimal nilai fungsi loss dan error. Loss adalah ukuran kedekatan atau perbedaan dari model yang dihasilkan dengan data asli, sedangkan error adalah suatu nilai yang digunakan untuk menghitung *loss*. Parameter yang pembelajaran yang digunakan akan mempengaruhi nilai *loss* dan *error*. ML memiliki kekurangan pada proses pembelajaran yaitu membutuhkan data masukan yang banyak dan membutuhkan waktu komputasi yang lama (J. W. G. Putra, 2019).

Berikut ini beberapa penerapan machine learning yang telah berhasil dilakukan (Mohri et al., 2012) :

1. Klasifikasi teks atau dokumen
2. Pemrosesan bahasa alami
3. Pengenalan ucapan
4. *Optical character recognition* (OCR)
5. Aplikasi komputasi biologi
6. *Computer vision*
7. Deteksi penipuan

8. *Game*
9. *Robotic*
10. Diagnosis penyakit
11. Sistem rekomendasi

ML memiliki beberapa macam skenario dalam proses pembelajaran yang dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. *Supervised Learning*

Supervised Learning merupakan suatu jenis pembelajaran yang menerima data *input* yang memiliki label. Jenis pembelajaran ini banyak diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan prediksi seperti klasifikasi, regresi dan peringkat.

2. *Unsupervised Learning*

Unsupervised Learning adalah jenis pembelajaran yang melakukan pengolahan data masukan tanpa label. Cara kerja pada pembelajaran ini yaitu data masukan diproses dengan cara mengelompokkan berdasarkan karakteristik-karakteristik data.

3. *Reinforcement learning*

Reinforcement learning merupakan jenis pembelajaran yang mengolah data campuran. Jenis pembelajaran ini bertujuan untuk memaksimalkan proses pembelajaran ketika mengolah data, sehingga jenis pembelajaran akan dapat melakukan pembelajaran terhadap semua jenis data.

2.3 *Artificial Neural Network*

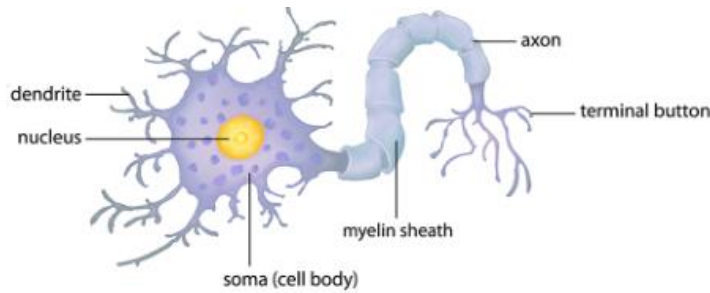
Artificial Neural Network (jaringan syaraf tiruan) adalah suatu model komputasi paralel yang meniru fungsi dari sistem jaringan syaraf biologi otak manusia. Dalam otak manusia terdiri dari milyaran neuron yang saling berhubungan. Hubungan ini disebut dengan Synapses. Komponen neuron terdiri dari satu inti sel yang akan melakukan pemrosesan informasi, satu akson dan minimal satu dendrit. Informasi yang masuk akan diterima oleh dendrit. Selain itu, dendrit juga menyertasi akson sebagai keluaran dari suatu pemrosesan informasi (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



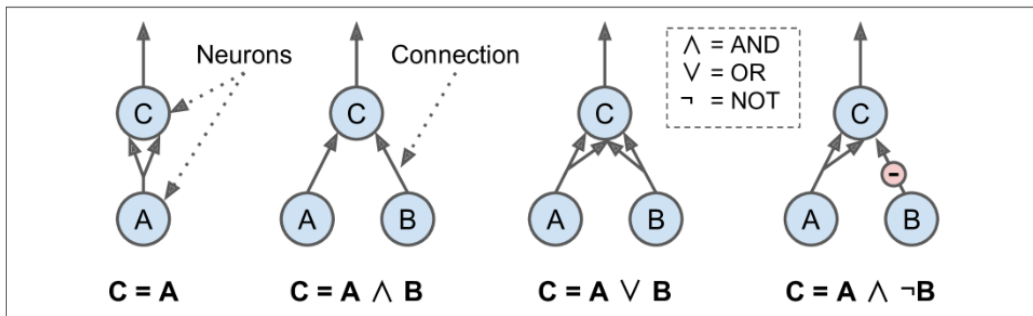
Gambar 2.2 Jaringan Syaraf Manusia

Sumber: (Rosebrock, 2017)

Cara kerja dari sistem syaraf diatas adalah bermula pada sinyal masuk melalui *dendrite* menuju *cell body*. Kemudian sinyal akan di proses didalam *cell body* berdasarkan fungsi tertentu. Jika sinyal hasil proses melebihi nilai ambang batas tertentu maka sinyal tersebut akan membangkitkan neuron untuk meneruskan sinyal tersebut. Sedang jika dibawah nilai ambang batasnya maka sinyal tersebut akan dihalangi, kemudian sinyal yang diteruskan akan menuju ke axon dan akhirnya menuju ke neuron lainnya melewati *synapse* (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018).

Model dari *artificial neural network* memiliki banyak lapisan atau *layer* sehingga sulit dibaca dan dipahami oleh manusia. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. *Input layer* bertugas sebagai penerima masukan yang kemudian diteruskan kedalam *hidden layer* yang bertugas untuk memproses dan melakukan perhitungan fungsi aktivasi pada setiap neuron. Sedangkan *output layer* berfungsi sebagai penerima *output* yang dihasilkan oleh *hidden layer* (J. W. G. Putra, 2019).

Neural network memiliki prinsip kerja yang sederhana dengan memberikan nilai inputan kepada *neuron*, nilai inputan yang diberikan berupa nilai biner 0 dan 1. Jika sebuah neuron mendapatkan inputan 1 maka neuron tersebut aktif, sedangkan ketika neuron mendapatkan nilai 0 maka neuron tersebut mati. Aktivasi sebuah neuron juga dipengaruhi oleh inputan dari neuron sebelumnya, sebagaimana yang dijelaskan pada gambar dibawah ini (Géron, 2019):



Gambar 2.3 Logic ANN

Sumber : (Géron, 2019)

Pada gambar *neural network* paling kiri neuron C akan aktif ketika menerima dua inputan dari neuron A, namun sebaliknya jika neuron C akan mati ketika tidak menerima inputan dari neuron A.

- Gambar *neural network* selanjutnya menerapkan logika AND dalam fungsi aktivasi neuron, yang artinya neuron C akan hidup ketika mendapatkan kedua inputan dari neuron A dan neuron B.
- *Neural network* berikutnya menerapkan logika OR untuk fungsi aktivasi neuron, maka neuron C akan aktif ketika menerima inputan dari neuron A atau neuron B ataupun keduanya.
- *Neural network* terakhir menggunakan logika NOT dalam fungsi aktivasi neuron, neuron C hanya akan aktif ketika menerima inputan dari neuron A dan kondisi neuron B dalam keadaan mati atau sebaliknya.

2.3.1 Arsitektur Artificial Neural Network

Arsitektur jaringan syaraf tiruan terbentuk dari susunan neuron dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang saling terhubung antara satu sama lain (Budiharto & Suhartono, 2015). Kedalaman (*depth*) pada jaringan syaraf tiruan berarti jumlah *layer*, sedangkan lebar jaringan merupakan jumlah unit pada layer (J. W. G. Putra, 2019). Berikut ini merupakan bentuk-bentuk arsitektur dari jaringan syaraf tiruan (Budiharto & Suhartono, 2015):

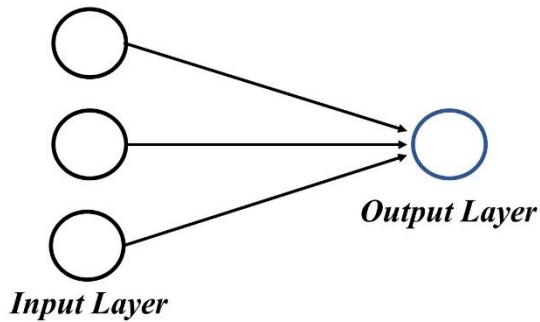
Single Layer Network (Jaringan lapisan tunggal)

Single Layer Network merupakan bentuk sederhana dari jaringan syaraf tiruan. Jaringan ini hanya terdiri dari satu lapisan (*layer*) yakni lapisan input

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

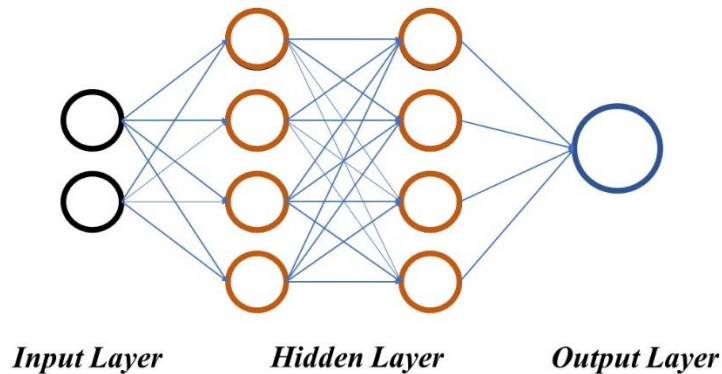
yang berguna sebagai penerima masukan dan lapisan output sebagai pemberi respon dari masukan tersebut.



Gambar 2.4 Single layer

Multilayer Network (Jaringan lapisan banyak)

Multilayer Network merupakan jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari beberapa lapisan (*layer*). Lapisan-lapisan tersebut diantaranya adalah *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. Lapisan *hidden layer* terdapat diantara *input* dan *output layer*. *Layer-layer* tersebut saling terhubung dengan bobot.



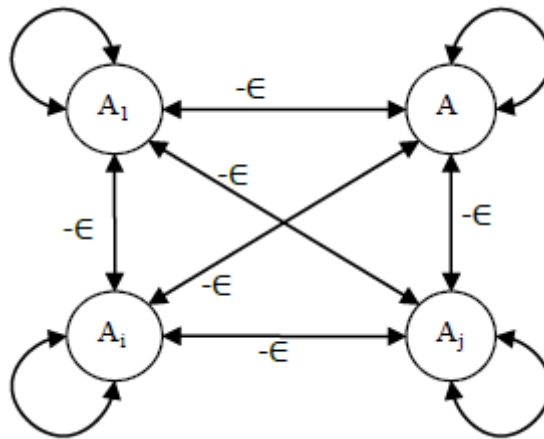
Gambar 2. 5 Multi layer

Competitive Layer Network

Pada *Competitive Layer Network* hubungan antar jaringan tidak terlihat. jaringan-jaringan tersebut saling terhubung dengan sebuah bobot $-\epsilon$.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 Competitive Layer

2.3.2 Backpropagation

Algoritma pelatihan *backpropagation* atau propagasi balik pertama kali dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh Rumelhart dan McClelland untuk dipakai pada jaringan syaraf tiruan multi-layer. Algoritma ini termasuk dalam pelatihan terbimbing (*supervised*). Algoritma *backpropagation* adalah algoritma yang melatih jaringan dengan menyebarkan error output mundur dari lapisan output sampai ke lapisan input. Error ini berfungsi mengevaluasi turunan dari fungsi kesalahan untuk penyesuaian bobot agar memperoleh output sesuai dengan target yang diinginkan (Yeung et al., 2010). Metode *backpropagation* populer karena sangat baik dalam menangani masalah pengenalan pola-pola kompleks. Algoritma *backpropagation* dibagi menjadi dua bagian yaitu algoritma pelatihan dan algoritma aplikasi atau pengujian. Algoritma pelatihan terdiri dari *feedforward* atau perambatan maju, *backpropagation* atau propagasi balik dari kumpulan kesalahan, dan perubahan atau penyesuaian bobot. Algoritma aplikasi atau pengujian hanya terdiri dari tahap *feedforward* atau perambatan maju saja (Puspitaningrum, 2006).

Pelatihan *backpropagation* meliputi tiga tahap. Tahap pertama adalah tahap maju (*forward*). tahap ini menghitung maju tahap layer input sampai tahap *layer output* dengan menggunakan fungsi aktivasi yang telah ditentukan. Tahap kedua adalah tahap mundur (*backward*), pada tahap ini selisih antara *output* jaringan dengan target yang diinginkan merupakan kesalahan yang terjadi. Kesalahan tersebut dipropagasikan mundur, mulai dari garis yang terhubung langsung dengan setiap unit pada *layer output*. Kemudian tahap yang ketiga adalah tahap yang akan



memodifikasi bobot untuk menurunkan tingkat kesalahan yang terjadi (Jumarwanto et al., 2009).

2.4 Deep Learning

Deep Learning adalah bagian dari metodologi *machine learning* yang menggunakan jaringan syaraf tiruan. ML hanya berfokus pada cara komputer belajar tanpa terprogram secara spesifik (Gulli & Pal, 2017). *Deep learning* merupakan bentuk pembelajaran dari *deep neural network*. Disebut *deep* karena jaringan memiliki banyak lapisan atau *layer*. *Deep neural network* merupakan bentuk dari jaringan syaraf tiruan yang memiliki banyak layer. Biasanya terdiri dari 3 lapisan lebih. Dalam *deep neural network*, estimasi parameter sulit dilakukan karena jaringan ini memiliki banyak lapisan dan sinapsis bobot (J. W. G. Putra, 2019).

Deep learning dapat menyelesaikan permasalahan yang tidak dapat diselesaikan oleh *multilayer perceptron* yaitu menentukan relasi tersembunyi antara *input* dan *output*. Pada *deep neural network* terjadi banyak proses transformasi yaitu mengubah input menjadi suatu representasi berbentuk *hidden layer* dengan struktur hirarki. Proses pembelajaran pada *deep learning* cenderung lebih lama karena *deep learning* memiliki banyak parameter. Namun hal tersebut dapat diatasi dengan regulasi, *successive learning* ataupun *autoencoder*. Teknik yang sering digunakan adalah *Successive learning* yaitu membangun suatu jaringan secara bertahap, contohnya kita melatih jaringan neural menggunakan 3 layer, lalu kita tambahkan satu *layer* lagi sehingga menjadi 4 *layer* dan seterusnya (J. W. G. Putra, 2019).

Algoritma yang digunakan pada *feature engineering* dapat menemukan pola umum yang penting untuk membedakan antara kelas dalam *deep learning*, metode CNN sangatlah bagus dalam menemukan fitur yang baik pada citra ke lapisan berikutnya untuk membentuk hipotesis nonlinier yang dapat meningkatkan kompleksitas sebuah model. Model yang kompleks tentunya akan membutuhkan waktu pelatihan yang lama sehingga di dunia *deep learning* penggunaan GPU sudah sangatlah umum (Danukusumo & Pudi, 2017).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

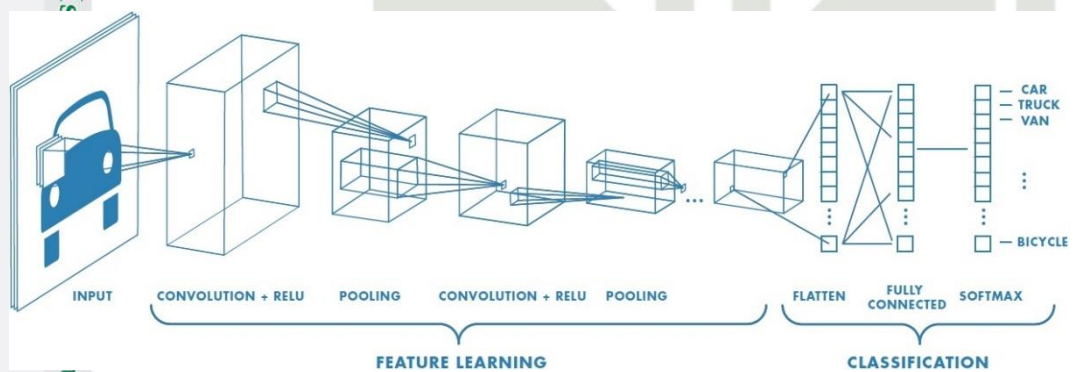
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5 Convolutional Neural Network

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu metode DL, dimana metode ini merupakan hasil dari pengembangan dari algoritma *Multilayer Perceptron* (MLP) (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018). Gagasan dasar CNN terinspirasi oleh konsep bidang reseptif dalam biologi, dimana bidang reseptif merupakan fitur dari korteks visual hewan yang bertindak sebagai detektor yang peka terhadap rangsangan pada jenis tertentu (Stenroos, 2017).

Jaringan konvolusi terinspirasi dari pola hubungan antar *neuron visual cortex* pada binatang. *Cortical neuron* memberi tanggapan stimulasi hanya dalam suatu area terbatas pada bidang visual atau bidang reseptif. Bidang-bidang reseptif ini saling bertumpang tindih secara parsial (*partially overlap*) yang mencakup seluruh bidang reseptif. CNN terdiri dari tiga lapisan diantaranya adalah lapisan masukan (*input layer*), lapisan keluaran (*output layer*) dan lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Pada *hidden layer* terdapat lapisan-lapisan yang tersusun secara bertumpuk. Lapisan-lapisan tersebut diantaranya adalah *convolutional layer*, *pooling layers*, *normalization layer*, *ReLU layer*, *fully connected layer* dan *loss layer*. arsitektur CNN tersusun dari 3 dimensi yaitu lebar (*width*), tinggi (*height*) dan kedalaman (*depth*) yang mana lebar dan tinggi merupakan representasi dari dimensi gambar dan kedalaman merupakan tiga kanal dari gambar berwarna yaitu *Red*, *Green* dan *Blue* (RGB) (Suyanto, 2018).



Gambar 2.7 Ilustrasi CNN

Sumber : (mathworks.com)

Berdasarkan gambar diatas, tahap pertama pada arsitektur CNN adalah tahap konvolusi. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan sebuah kernel dengan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

ukuran tertentu. Perhitungan jumlah kernel yang dipakai tergantung dari jumlah fitur yang dihasilkan. Kemudian dilanjutkan menuju fungsi aktivasi, biasanya menggunakan fungsi aktivasi ReLU (*Rectifier Linear Unit*), Selanjutnya setelah keluar dari proses fungsi aktivasi kemudian melalui proses *pooling*. Proses ini diulang beberapa kali sampai didapatkan peta fitur yang cukup untuk dilanjutkan ke *fully connected neural network*, dan dari *fully connected network* adalah *output class*.

Algoritma CNN dapat mempertahankan hubungan spasial dari citra masukan saat melakukan *filtering*. CNN mengambil piksel dari citra masukan, lalu mengubahnya melalui *ReLU layers*, dan *pooling layers*. Kemudian di akhir digabungkan dalam *fully connected layer* dan dilakukan aktivasi fungsi *softmax* untuk memperoleh nilai probabilitas dari masing-masing kelas, dimana data masukan diklasifikasikan ke dalam kelas dengan probabilitas tertinggi (Ker et al., 2017).

2.5.1 Convolution Layer

Convolution (konvolusi) didefinisikan sebagai operasi dua fungsi. Dalam menganalisis citra, fungsi pertama merupakan nilai masukan atau nilai piksel di suatu posisi dalam citra. Sedangkan fungsi kedua merupakan menjadikan sebuah matriks filter atau kernel. Nilai keluaran diperoleh dari perkalian titik dua fungsi. Filter kemudian digeser ke posisi berikutnya pada citra, yang kemudian disebut sebagai panjang *stride* (Ker et al., 2017).

Operasi konvolusi dapat dilihat sebagai perkalian perkalian matriks antara citra masukan dan kernel dimana keluarannya dihitung dengan dot product. Selain itu, penentuan volume output juga dapat ditentukan dari masing-masing lapisan dengan hyperparameters. Hyperparameter yang digunakan pada persamaan di bawah ini digunakan untuk menghitung banyaknya neuron aktivasi dalam sekali output. Perhatikan rumus berikut:

$$\text{Feature Map} = (W - F + 2P) / (S + 1) \tag{2.1}$$

Keterangan:

W = Ukuran volume gambar

F = Ukuran Filter

P = Nilai *Padding* yang digunakan

S = Ukuran Pergeseran (*Stride*)

Berdasarkan persamaan di atas, dapat dihitung ukuran spasial dari volume *output* dimana *hyperparameter* yang dipakai adalah ukuran volume (W), filter (F), *Stride* yang diterapkan (S) dan jumlah *padding* nol yang digunakan (P). *Stride* merupakan nilai yang digunakan untuk menggeser filter melalui input citra dan *Zero-Padding* adalah nilai untuk mendapatkan angka nol di sekitar border citra.

Lapisan konvolusi berperan sebagai ekstraktor fitur yang mana mempelajari representasi fitur gambar yang dimasukkan (Rawat & Wang, 2017). Parameter pada lapisan konvolusi fokus pada penggunaan kernel pembelajaran. Kernel-kernel tersebut berukuran kecil pada dimensi spasial dan menyebar keseluruhan kedalaman (*depth*) pada *input*. Ketika gambar mengenai *convolutional layer* maka setiap filter melewati dimensi spasial *input* untuk menghasilkan sebuah peta aktivasi (*activation map*) atau *feature map* (O'Shea & Nash, 2015).

Setiap neuron pada *convolutional layer* terhubung pada lokasi kecil dari volume input yang disebut ukuran bidang reseptif (*receptive field size*) dari neuron yang berfungsi untuk mengecilkan model yang dihasilkan pada jaringan syaraf standar. Contohnya ketika kita mempunyai input gambar RGB (*Red, Green, Blue*) berukuran 64x64 berarti 64x64x3, kemudian kita atur ukuran bidang reseptifnya menjadi 6x6x3, maka kita akan mempunyai total 108 bobot pada setiap neuron pada *convolutional layer*, namun pada pada bentuk JST standar masing-masing neuron akan memiliki bobot sebanyak 12.288 (O'Shea & Nash, 2015).

convolutional layer dapat mengurangi kompleksitas model secara signifikan dengan melakukan optimisasi *output*. Ukuran *output* dipengaruhi oleh 3 parameter, yaitu sebagai berikut:

1. *Depth* berfungsi sebagai penentu jumlah total neuron pada jaringan, semakin kecil nilainya maka jumlah neuron akan semakin kecil sehingga kemampuan model untuk mengenali pola akan berkurang.
2. *Stride* adalah parameter pengatur banyaknya pergeseran filter.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

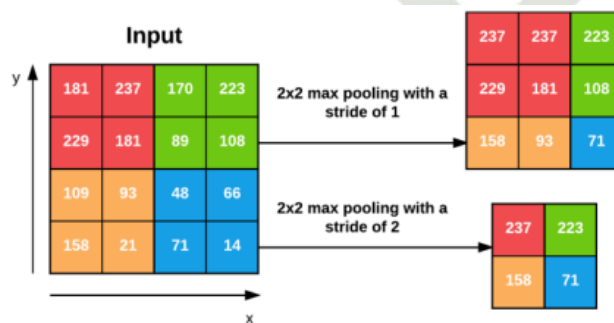
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. *Zero padding* merupakan parameter penentu jumlah piksel yang ditambahkan pada setiap sisi input.

2.5.2 Pooling Layer

Pooling layer atau subsampling diletakkan di antara *convolution layer* dan *ReLU layer* dengan tujuan untuk mengurangi jumlah parameter perhitungan, seperti lebar dan tinggi citra, tetapi bukan kedalaman citra (Ker et al., 2017). Fungsi dari *pooling* ini adalah untuk mereduksi input secara spasial (mengurangi jumlah parameter) dengan operasi *down-sampling*. Umumnya, metode *pooling* yang digunakan adalah *max pooling* atau mengambil nilai terbesar dari bagian tersebut.

Metode *pooling* terbagi menjadi tiga macam *pooling* yang biasa digunakan yaitu *low-pooling*, *average pooling* dan *max-pooling*. *Low-pooling* adalah pengambilan nilai yang paling rendah. *Average pooling* yaitu pengambilan nilai rata-rata sedangkan *max-pooling* adalah pengambilan nilai yang tertinggi. Lapisan *pooling* yang dimasukkan diantara lapisan konvolusi secara berturut-turut dalam arsitektur model CNN dapat secara progresif mengurangi ukuran volume *output* pada *feature map*, sehingga mengurangi jumlah parameter dan perhitungan di jaringan dan untuk mencegah terjadinya *overfitting*. Lapisan *pooling* bekerja di setiap tumpukan *feature map* dan melakukan pengurangan pada ukurannya. Salah satu bentuk lapisan *pooling* yang umum digunakan adalah menggunakan filter dengan ukuran 2x2 yang diaplikasikan dengan langkah sebanyak dua dan beroperasi pada setiap irisan dari *feature map* (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018).



Gambar 2.8 Max-pooling 2x2

Sumber : (Rosebrock, 2017)



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Gambar diatas merupakan operasi menggunakan *max-pooling*. *Output* dari proses *pooling* adalah sebuah matriks dengan dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan citra awal. Lapisan *pooling* diatas akan beroperasi pada setiap irisan kedalaman volume input secara bergantian. Jika dilihat dari gambar diatas operasi *max-pooling* dengan menggunakan ukuran filter 2x2. Masukan pada proses tersebut berukuran 4x4, dari masing-masing 4 angka pada input operasi tersebut diambil nilai maksimalnya kemudian dilanjutkan membuat ukuran output baru menjadi ukuran 2x2 (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018).

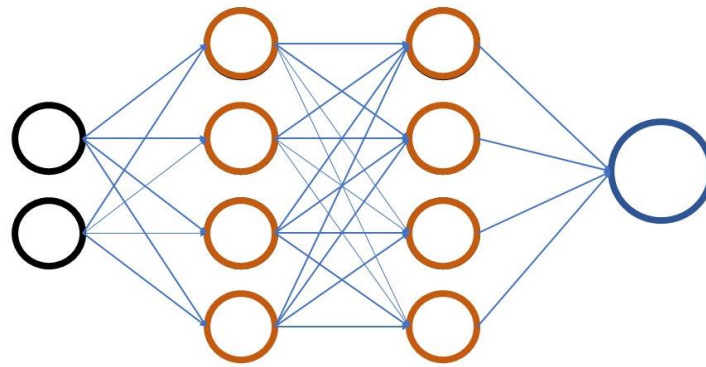
2.5.3 Fully Conected Layer

Lapisan terakhir dalam CNN adalah *fully connected layer*, yang berarti setiap neuron pada lapisan sebelumnya dihubungkan dengan setiap neuron di *fully connected layer*, seperti *convolutional*, ReLU, dan *pooling layer*, memungkinkan terdapat satu atau lebih *fully connected layer* pada suatu arsitektur CNN. Hal tersebut bergantung pada tingkat abstraksi fitur yang diinginkan. Lapisan ini menggunakan keluaran dari lapisan sebelumnya (*convolutional*, ReLU, atau *pooling*) sebagai masukkannya, dan menghitung nilai probabilitas untuk diklasifikasikan ke dalam berbagai kelas yang tersedia (Ker et al., 2017).

Perbedaan antara lapisan *Fully-Connected* dan lapisan konvolusi biasa adalah neuron di lapisan konvolusi terhubung hanya ke daerah tertentu pada input, sementara lapisan *Fully-Connected* memiliki neuron yang secara keseluruhan terhubung. Namun, kedua lapisan tersebut masih mengoperasikan operasi dot, sehingga fungsinya tidak begitu berbeda (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Input Layer

Hidden Layer

Output Layer

Gambar 2.9 Fully connected layer

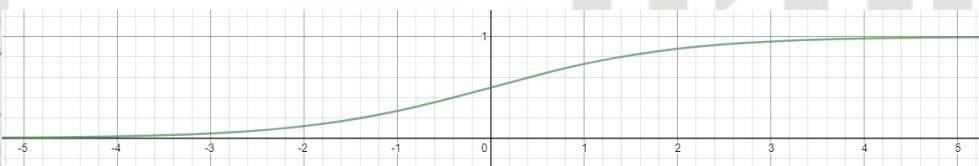
2.5.4 *Activation Layer*

Pada *activation layer* terdapat beberapa fungsi aktivasi yang digunakan untuk menentukan apakah neuron dari jaringan tersebut akan diaktifkan atau dinonaktifkan. Secara umum terdapat 2 jenis *activation function*, *Linear* dan *Non-Linear Activation function*. Berikut beberapa fungsi aktivasi yang berbeda untuk digunakan (Munir, 2019).

1. *Sigmoid*

Sigmoid merupakan fungsi non-linear dengan mempunyai nilai rentang antara 0 dan 1. Fungsi ini dihasilkan dari rumus persamaan berikut:

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (2.2)$$



Gambar 2.10 Grafik Sigmoid

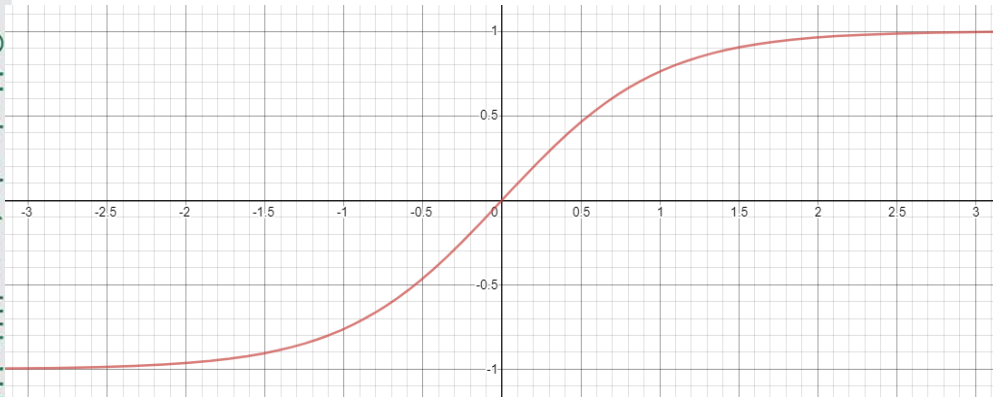
2. *Tanh*

Tanh merupakan fungsi non-linear yang memiliki nilai keluaran berada dalam rentang -1 dan 1. *Tanh* memiliki rumus persamaan adalah sebagai berikut:

$$f(x) = \tanh x \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2.3)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

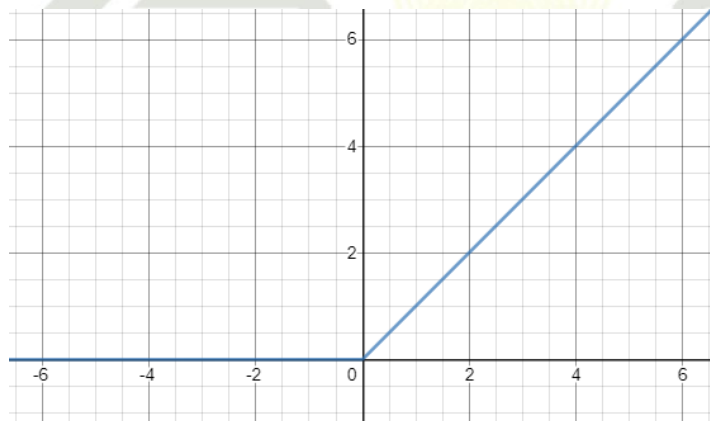


Gambar 2.11 Grafik Tanh

3. *Rectified linear unit (ReLU)*

Rectified linear unit (ReLU) bersifat non-linear dengan kombinasi linear, sehingga *layers* yang berbeda dapat ditumpuk bersama. Nilai keluarannya berada dalam kisaran 0 hingga tak terbatas. Berikut ini merupakan rumus persamaan pada fungsi ReLU.

$$R(z) = \max(0, z) \quad (2.4)$$



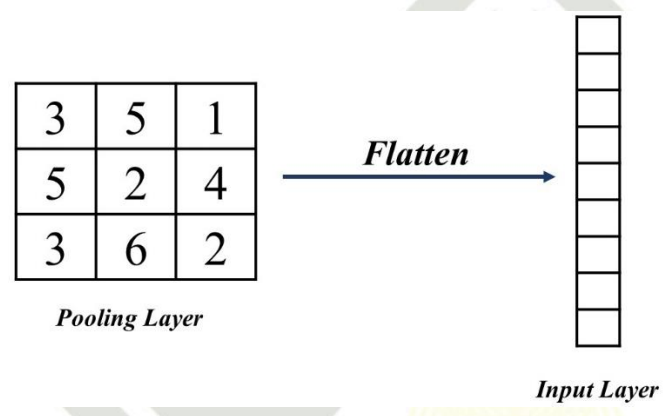
Gambar 2.12 Grafik ReLU

2.5.5 *Batch normalization*

batch normalization merupakan sebuah fungsi untuk menormalisasikan suatu nilai masukan. prinsip kerja batch normalization yaitu dengan menskalakan nilai agar menjadi lebih kecil. fungsi ini digunakan agar proses komputasi menjadi lebih sederhana sehingga waktu komputasi lebih singkat. penerapan batch normalization dapat meningkatkan kinerja pada resnet (Furusho et al., 2019).

2.5.6 Flatten

Output dari proses konvolusi yaitu setelah dilakukan operasi *average pooling* masih berbentuk multidimensional *array* sehingga belum bisa dijadikan *input* pada *neural network*. Inputan pada *neural network* harus berbentuk *vector* satu dimensi. *Flatten* merupakan sebuah fungsi mengubah multi dimensional *array* menjadi *vector* tunggal atau menjadi *array* satu dimensi. *Output* dari fungsi *flatten* akan menghasilkan *array* satu dimensi yang dijadikan *input* pada *fully connected layer*.



Gambar 2.13 Flatten

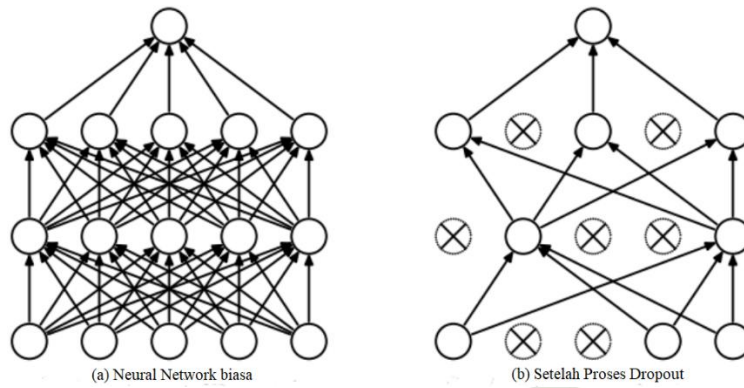
2.5.7 Dropout Regularization

Masalah umum yang dihadapi dalam machine learning adalah *overfitting*. *Overfitting* terjadi ketika model "memorize" data pelatihan dan tidak dapat digeneralisasi ketika direpresentasikan dengan berbagai contoh dalam test. Ada beberapa cara yang harus dihindari *overfitting*, terutama melalui regularisasi. Regularisasi adalah proses membatasi koefisien ke nol. Regularisasi dapat diringkas sebagai teknik yang digunakan untuk menghukum koefisien yang dipelajari sehingga mereka cenderung ke nol, oleh karena itu perlu menerapkan teknik *dropout*. Istilah ini mengacu pada *dropout* unit (*hidden*, *input*, dan *output*) dalam *neural network*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 14 Dropout

Dropout adalah teknik regularisasi umum yang diterapkan secara acak "dropping" beberapa *neuron* selama gerakan *forward* and *backward*. Untuk menerapkan *dropout*, kami menentukan probabilitas *neuron* yang didropped sebagai sebuah parameter. Dengan dropping *neuron* secara acak, kami memastikan bahwa model dapat melakukannya menggeneralisasi lebih baik dan karenanya menjadi sedikit lebih fleksibel (Xie et al., 2018).

2.5.8 Softmax

Fungsi *softmax* digunakan untuk metode klasifikasi dengan jumlah kelas yang banyak, seperti *regresi logistik multinomial*, *Naive Bayes Classifier*, ANN, dan lain sebagainya. *Softmax* merupakan sebuah fungsi yang mengubah nilai bobot keluaran dari semua proses di *fully connected layer* menjadi rentang nilai 0 dan 1. *Output* dari *softmax* yang bernilai 1 akan dijadikan sebagai kelas keluaran dari proses klasifikasi. Fungsi *softmax* digunakan dalam *layer* yang terdapat pada *neural network* dan biasanya terdapat pada *layer* terakhir untuk mendapatkan keluaran. Pada *softmax layer* tidak menerapkan fungsi aktivasi melainkan menggunakan fungsi *softmax* (Nurhikmat & Purwaningsih, 2018).

Secara sepsifiknya fungsi ini biasa digunakan pada metode klasifikasi multinomial *logistic regression* dan *multiclass linear discriminant analisis*. Berikut adalah fungsi yang diberikan:

$$f_j(z) = \frac{e^{z_j}}{\sum_k e^{z_k}} \tag{2.5}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Notasi f_j menunjukkan hasil fungsi untuk setiap elemen ke- j pada vektor keluaran kelas. Argumen z adalah hipotesis yang diberikan oleh model pelatihan agar dapat diklasifikasi oleh fungsi *Softmax*. *Softmax* juga memberikan hasil yang lebih intuitif dan juga memiliki interpretasi probabilistik yang lebih baik dibanding algoritma klasifikasi lainnya. *Softmax* memungkinkan kita untuk menghitung probabilitas untuk semua label. Dari label yang ada akan diambil sebuah vektor nilai bernilai riil dan merubahnya menjadi vektor dengan nilai antara nol dan satu yang bila semua dijumlah akan bernilai satu.

2.5.9 CNN Architecture

Para peneliti dibidang klasifikasi gambar terus melakukan eksperimen agar mendapatkan akurasi yang lebih maksimal. Hal ini dibuktikan banyaknya para peneliti mengikuti kompetisi *ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition* (ILSVRC) yaitu sebuah kompetisi evaluasi algoritma untuk deteksi objek dan klasifikasi gambar dalam skala besar. Kompetisi ini diselenggarakan setiap tahunnya oleh *ImageNet* yang merupakan sebuah situs yang telah disepakati oleh para peneliti di bidang *image processing* diseluruh dunia. Pada situs tersebut terdapat kumpulan *image dataset* yang diupload dari para peneliti seluruh dunia. Pada kompetisi ILSVRC seluruh metode hasil pengembangan para peneliti diujikan dengan seluruh *dataset* yang ada ada *ImageNet*, sehingga metode yang berhasil mendapatkan akurasi tertinggi akan dijadikan sebagai pemenang.

2.5.9.1 AlexNet

AlexNet merupakan arsitektur pemenang tantangan pada kompetisi *ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition* (ILSVRC) pada tahun 2012 dengan mengurangi kesalahan Top-5 dari 26% menjadi 15.3%. Jaringan ini menyerupai LeNet tetapi memiliki kemampuan pembelajaran lebih dalam. Ia melakukan peningkatan jumlah filter setiap lapisan dan menyusun lebih banyak lapisan convolutional untuk ditumpuk. Arsitektur ini terdiri dari 11×11 , 5×5 , dan 3×3 *kernel convolutional*, *max pooling*, *dropout*, augmentasi data, dan aktivasi ReLU. Aktivasi ReLU dilampirkan setiap setelah *convolutional layer* dan *fully connected layer*. Diperlukan waktu selama dua hari untuk menguji jaringan ini pada GPU S80 Nvidia Geforce, oleh sebab itu jaringan ini dibagi menjadi dua saluran

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pipa. Desainer ALexNet terdiri dari Alex Krizhevsky, Geoffrey Hinton, dan Ilya Sutskever.

2.5.9.2 ZFNet

ZFNet merupakan pemenang *ImageNet Large Scale Visual Recognition Competition* (ILSVRC) pada tahun 2013. Para peneliti mampu mengurangi tingkat kesalahan top-5 menjadi 14.8%. Hal tersebut diperoleh dengan mempertahankan struktur AlexNet namun melakukan perubahan pada hyperparameternya.

2.5.9.3 VGG

VGGNet merupakan *runner-up* pada kompetisi ILSVRC tahun 2014. Arsitektur CNN yang diusulkan oleh VGGNet terdiri dari 16 *convolutional layers*. Jaringan ini dilatih selama tiga minggu pada 4 GPU. Karena keseragaman arsitekturnya, VGGNet merupakan jaringan yang sangat menarik untuk ekstraksi fitur dari citra. Tantangan terbesar yang dihadapi untuk jaringan ini adalah 138 juta parameternya, yang menjadi sulit untuk ditangani.

2.5.9.4 GoogleNet

GoogleNet merupakan pemenang ILSVRC pada tahun 2014 dengan menunjukkan tingkat kesalahan Top-5 dari model ini adalah sebesar 6.67%. Kinerja model ini hampir menyerupai kinerja manusia, sehingga pencipta jaringan dipaksa untuk melakukan evaluasi kembali. Setelah melakukan pelatihan selama berminggu-minggu, para ahli akhirnya mencapai tingkat kesalahan Top-5 sebesar 5.1% pada model tunggal dan 3.6% untuk ansambel. Jaringan ini merupakan CNN berbasis LeNet yang dijuluki dengan modul inception. Jaringan ini menggunakan *batch normalization*, distorsi citra, dan RMSprop. Jaringan ini merupakan jaringan CNN dengan kedalaman 22 layer tetapi dapat mampu mengurangi 60 juta parameter menjadi menjadi 4 juta.

2.5.9.5 Residual Network (ResNet)

Residual Network atau yang biasa disebut sebagai ResNet merupakan salah satu arsitektur dari CNN yang diusulkan oleh He, dkk. pada tahun 2015. Arsitektur ini dibangun untuk mengatasi permasalahan pada pelatihan DL, karena pelatihan DL pada umumnya memakan cukup banyak waktu dan terbatas pada jumlah lapisan

tertentu. Solusi permasalahan yang diusulkan oleh ResNet adalah dengan menerapkan *skip connection* atau *shortcut*. Kelebihan model ResNet dibandingkan dengan model arsitektur CNN yang lain adalah kinerja dari model ini tidak menurun walaupun arsitekturnya semakin dalam. Selain itu, perhitungan komputasi yang dilakukan lebih ringan dan kemampuan untuk melatih jaringan yang lebih baik.

Model ResNet diimplementasikan dengan melakukan *skip connection* pada dua sampai tiga layer yang mengandung ReLU dan *batch normalization* di antara arsitekturnya. *Residual Block* pada ResNet dapat dilakukan apabila dimensi data masukan sama dengan dimensi data keluaran. Selain itu, Setiap blok ResNet terdiri dari 2 layer (untuk jaringan ResNet 18 dan ResNet 34) atau 3 layer (untuk jaringan ResNet 50, 101, 152). Dua lapisan awal dari arsitektur ResNet menyerupai GoogleNet dengan melakukan *convolution* 7×7 dan *max pooling* berukuran 3×3 dengan jumlah *stride* 2. ResNet memiliki beberapa macam jenis arsitektur yang dibedakan berdasarkan jumlah *layer* yang digunakan, mulai dari 18 *layer*, 34 *layer*, 50 *layer*, 101 *layer*, sampai 152 *layer* (He et al., 2016).

2.6 Image Classification

Image classification (klasifikasi gambar) merupakan sebuah proses yang dilakukan untuk menempatkan gambar ke dalam suatu kategori tertentu. Klasifikasi citra dapat dilakukan menggunakan metode *computer vision*. Salah satu metode tersebut adalah klasifikasi citra. Proses klasifikasi dilakukan dengan cara memasukkan setiap citra dari data masukkan pada training set dan memberikan pelabelan data sesuai kelas yang telah ditentukan. Saat proses klasifikasi, label pada data akan dijadikan sebagai perbandingan dengan hasil hipotesis yang dihasilkan oleh model pembelajaran dan akan menghasilkan nilai error. Klasifikasi yang terawasi dapat melakukan klasifikasi citra maupun objek lainnya dengan sangat efektif dan akurat. Terdapat banyak metode dan algoritma yang dapat mendukung proses klasifikasi yang terawasi terutama dengan teknik *deep learning* (Putri, 2019).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.7 Citra Digital

Citra adalah suatu media berisikan informasi dari bentuk representasi atau imitasi dari suatu objek yang disajikan secara visual. Citra terbagi menjadi dua jenis yaitu citra analog dan citra digital (Sukardi, 2015). Citra digital adalah suatu citra yang tersimpan dalam bentuk *file* digital serta dapat diolah menggunakan komputer (Zufar & Setiyono, 2016). Citra digital direpresentasikan secara numerik dari gambar dua dimensi. Sebuah gambar dapat didefinisikan sebagai fungsi 2 dimensi $f(x,y)$ di mana x dan y merupakan titik koordinat bidang datar, dan harga dari fungsi f dari setiap pasangan titik koordinat (x,y) yang disebut dengan intensitas atau level keabuan (*grey level*) dari suatu gambar. Ketika nilai titik x,y dan nilai intensitas f terbatas dengan nilai diskrit, maka gambar tersebut akan dapat dikatakan sebagai sebuah citra digital (Gonzales & Woods, 2002).

Citra juga dapat dikatakan sebagai suatu matriks dengan nilai-nilai piksel warna di dalamnya. ukuran suatu citra dapat dinyatakan dengan matrik ukuran $M \times N$, yaitu M adalah jumlah baris dan N adalah jumlah kolom serta piksel dijadikan sebagai jumlah elemen pada citra (D. Putra, 2010). Pengolahan citra digital dilakukan seperti perbaikan kualitas citra (dengan peningkatan kontras, restorasi citra, dan transformasi warna), melakukan transformasi citra (seperti transformasi translasi, rotasi, geometrik, dan skala), mengambil informasi dari deskripsi objek atau pengenalan objek yang terdapat pada citra, melakukan pemilihan fitur citra untuk dianalisis, kompresi atau reduksi data,, transmisi data, dan lain sebagainya (Sukardi, 2015).

2.8 Batik

Batik merupakan salah satu warisan nusantara yang unik. Keunikannya ditunjukkan dengan berbagai macam motif yang memiliki makna tersendiri. Berdasarkan etimologi dan terminologinya, batik merupakan rangkaian kata *mbat* dan *titik*. *Mbat* dalam bahasa Jawa dapat diartikan sebagai *ngembat* atau melempar berkali-kali, sedangkan *titik* berasal dari kata *titik*. Jadi, *membatik* artinya melempar titik berkali-kali pada kain. Adapula yang mengatakan bahwa kata *batik* berasal dari kata *amba* yang berarti kain yang lebar dan kata *titik*. Artinya batik merupakan titik-titik yang digambar pada media kain yang lebar sedemikian sehingga menghasilkan

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pola-pola yang indah. Dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia, batik memiliki arti kain bergambar yang pembuatannya secara khusus dengan menuliskan atau menerakan malam pada kain itu, kemudian pengolahannya diproses dengan cara tertentu (Arini, 2011).

Batik sudah ada sejak jaman Majapahit dan sangat populer sampai saat ini. Tidak ada yang dapat memastikan kapan batik tercipta. Namun, motif batik dapat terlihat pada artefak seperti pada candi dan patung. Kesenian batik adalah kesenian gambar di atas kain untuk pakaian yang menjadi salah satu kebudayaan keluarga raja-raja Indonesia. Memang pada awalnya batik dikerjakan hanya terbatas dalam keraton, untuk pakaian raja dan keluarga, serta para pengikutnya. Batik yang masuk kalangan istana diklaim sebagai milik dalam benteng, orang lain tidak boleh mempergunakannya. Hal inilah yang menyebabkan kekuasaan raja serta pola tata laku masyarakat dipakai sebagai landasan penciptaan batik. Akhirnya, didapat konsepsi pengertian adanya batik klasik dan tradisional. Penentuan tingkatan klasik adalah hak prerogatif raja (Arini, 2011).



Gambar 2.15 Batik
 Sumber : (Arsa & Susila, 2019)

2.8.1 Motif Batik

Keanekaragaman motif batik dari seluruh Indonesia membuat beberapa orang kesulitan untuk mengenalinya. Untuk memudahkan pengenalan, beberapa seniman batik mengelompokkan motif-motif tersebut berdasarkan bentuk geometris setiap motif, yaitu: kelompok dengan ragam hias geometris dan ragam hias non geometris. Batik dengan ragam hias geometris adalah batik dengan dasar

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berbentuk bangun geometri seperti persegi, persegi panjang, lingkaran, segitiga, dan lainnya. Contoh dari batik geometris yaitu bentuk motif kawung, parang, nitik, ceplok, dan lain sebagainya. Sedangkan, batik dengan ragam hias nongeometris adalah batik dengan unsur dasar bukan bangun geometris. Ragam hias ini cenderung fleksibel dan lebih menceritakan keadaan alam atau masyarakat sekitar dengan bentuk bunga, daun, hewan, dan lainnya. Contoh dari batik nongeometris yaitu batik motif mega mendung (Samsi & Soedewi, 2007).



Gambar 2.16 Motif Batik

Sumber : (Arsa & Susila, 2019)

2.9 Augmentasi Data

Augmentasi data adalah suatu proses dalam pengolahan data gambar. augmentasi merupakan proses mengubah atau memodifikasi gambar sedemikian rupa sehingga komputer akan mendeteksi bahwa gambar yang diubah adalah gambar yang berbeda, namun manusia masih dapat mengetahui bahwa gambar yang diubah tersebut adalah gambar yang sama (Wang & Perez, 2017). Augmentasi dapat meningkatkan akurasi dari model CNN yang dilatih karena dengan augmentasi model mendapatkan data-data tambahan yang dapat berguna untuk membuat model yang dapat melakukan generalisasi dengan lebih baik (Mahmud et al., 2019).

Augmentasi data memiliki beberapa metode dalam mengolah data gambar, Metode-metode yang dimaksud adalah sebagai berikut (Shijie et al., 2017):

Cropping

Cropping adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara memangkas bagian dari gambar asli dan merubah ukuran gambar yang dipangkas ke resolusi tertentu.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. *Flipping*

Flipping adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara membalikan gambar secara horizontal maupun vertikal.

Rotation

Rotation adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara memutar gambar secara acak.

Shifting

Shifting adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara gambar digeser ke arah kiri atau kanan, jarak terjemahan dan panjang langkah dapat ditentukan secara manual untuk mengubah lokasi konten gambar.

Color Jittering

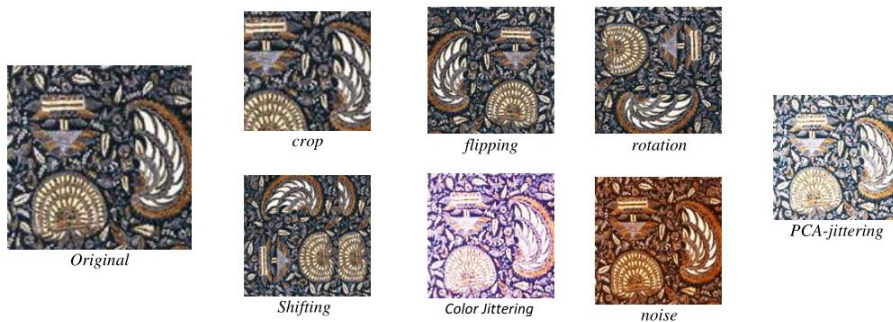
Color Jittering adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara mengubah secara acak faktor saturasi warna, kecerahan dan kontras dalam ruang warna gambar.

6. *Noise*

Noise adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara menambahkan noise secara acak ke saluran RGB dari setiap pixel dalam gambar.

7. *PCA Jittering*

PCA (Principal Component analysis) *Jittering* adalah metode augmentasi yang dilakukan dengan cara melakukan PCA pada gambar untuk mendapatkan komponen utama, kemudian ditambahkan ke gambar asli dengan gangguan gaussian sebesar (0,0,1) untuk menghasilkan gambar baru.



Gambar 2.17 Teknik Augmentasi

2.10 Confusion Matrix

Keberhasilan eksperimen menggunakan metode klasifikasi ditandai dengan semua *dataset* berhasil diklasifikasi berdasarkan kelasnya. Namun kemampuan metode yang kita gunakan belum tentu dapat menghasilkan kinerja sesuai harapan. Maka diperlukan sebuah metode untuk mengukur hasil klasifikasi yang telah diperoleh, yaitu dengan menggunakan metode *Confussion Matrix*. *Confusion matrix* juga sering disebut *error matrix*. Pada dasarnya *confusion matrix* memberikan informasi perbandingan hasil klasifikasi yang dilakukan oleh sistem (model) dengan hasil klasifikasi sebenarnya. *Confusion matrix* berbentuk tabel matrik yang menggambarkan kinerja model klasifikasi pada serangkaian data uji yang nilai sebenarnya diketahui (Nugroho, 2019). Gambar dibawah ini merupakan *confusion matrix* dengan 4 kombinasi nilai prediksi dan nilai aktual yang berbeda.

		Actual Values	
		1 (Postive)	0 (Negative)
Predicted Values	1 (Positive)	<p>TP (True Positive)</p>	<p>FP (False Positive) <small>Type I Error</small></p>
	0 (Negative)	<p>FN (False Negative) <small>Type II Error</small></p>	<p>TN (True Negative)</p>

Gambar 2.18 *Confusion matrix*

Sumber : (medium.com)

Berdasarkan Gambar 2.18 terdapat 4 istilah sebagai representasi hasil proses klasifikasi pada *confusion matrix*. Keempat istilah tersebut adalah *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP) dan *False Negative* (FN). *Confusion matrix* dapat mengevaluasi performa dari suatu model dengan cara menerapkan rumus berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP+TN}{P+N} \quad (2.6)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2.7)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2.8)$$

$$\text{F1 Score} = 2 \times \frac{\text{Recall} \times \text{Precision}}{\text{Recall} + \text{Precision}} \quad (2.9)$$

Akurasi digunakan sebagai parameter sebagaimana akurat suatu model melakukan klasifikasi.

2.11 Penelitian terkait

Tabel 2.2 berikut ini merupakan tabel yang berisikan kumpulan jurnal-jurnal tentang penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian pada tugas akhir ini.

Tabel 2.1 Penelitian terkait

No	Tahun	Judul	Nama Peneliti	Metode	Hasil
1	2020	<i>Batik pattern recognition using convolutional neural network</i>	Mohammad Arif Rasyidi, Taufiqotul Bariyah	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> menggunakan arsitektur DensNet	Eksperimen menggunakan DensNet mendapatkan akurasi sebesar 94%
2	2019	<i>VGG16 in Batik Classification based on Random Forest</i>	Dewa Made Sri Arsa, Anak Agung Ngurah Hary Susila	<i>Deep learning on VGG16 architecture</i> dengan <i>Random Forest</i>	VGG16 yang telah dikembangkan mendapatkan tingkat akurasi sebesar 97,58% yang lebih tinggi daripada VGG16 biasa yaitu sebesar 88.42%
3	2018	<i>Classification of Indonesian Batik Using Deep Learning Techniques and Data Augmentation</i>	I Made Artha Agastya, Arief Setyanto	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> menggunakan arsitektur VGG-16 dan VGG-19	Klasifikasi menggunakan VGG-16 dan VGG-19 mencapai akurasi 90%
4	2018	<i>Classification of Batik Motifs Using</i>	Jonathan Tristanto, Janson	<i>Convolutional Neural</i>	Eksperimen menggunakan CNN

<p>© Hak cipta milik UIN Suska Riau</p> <p>State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau</p>		<i>Convolutional Neural Networks</i>	Hendryli, and Dyah Erny Herwindiati	<i>Network (CNN)</i>	menghasilkan akurasi sebesar 56%	
	5	2018	<i>Classification of Batik Image using Grey Level Co-occurrence Matrix Feature Extraction and Correlation Based Feature Selection</i>	Nani Sulistianing sih, Indah Soesanti, Rudy Hartanto	<i>Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM), Backpropagation, K-Nearest Neighbor</i>	Klasifikasi batik menggunakan <i>Backpropagation</i> mencapai tingkat akurasi 83% dan <i>K-Nearest Neighbor</i> 67%
	6	2018	<i>Batik Classification Using Deep Convolutional Network Transfer Learning</i>	Yohanes Gultom, Rian Josua Masikome, and Aniati Murni Arymurthy	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> menggunakan arsitektur VGG16	Akurasi yang didapatkan menggunakan VGG16 sebesar 89%, SIFT dan SURF sebesar 88%
	7	2018	<i>A Survey Effect of the Number of GLCM Features on Classification Accuracy of Lasem Batik Images using K-Nearest Neighbor</i>	Candra Irawan, Ericha Nurvia Ardyastiti, De Rosal Ignatius Moses Setiadi, Eko Hari Rachmawan to, Christy Atika Sari	<i>Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	Hasil tes menunjukkan bahwa penggunaan empat dan lima jenis Fitur GLCM mendapatkan akurasi yang sama di setiap percobaan
	8	2017	<i>Modified Convolutional Neural Network Architecture for Batik Motif Image Classification</i>	Ardian Yusuf Wicaksono, Nanik Suciati, Chastine Fatichah, Keiichi Uchimura, Gou Koutaki	<i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> menggunakan arsitektur gabungan GoogleNet dan ResNet (IncRes)	Hasil akurasi menggunakan IncRes sebesar 70,84%

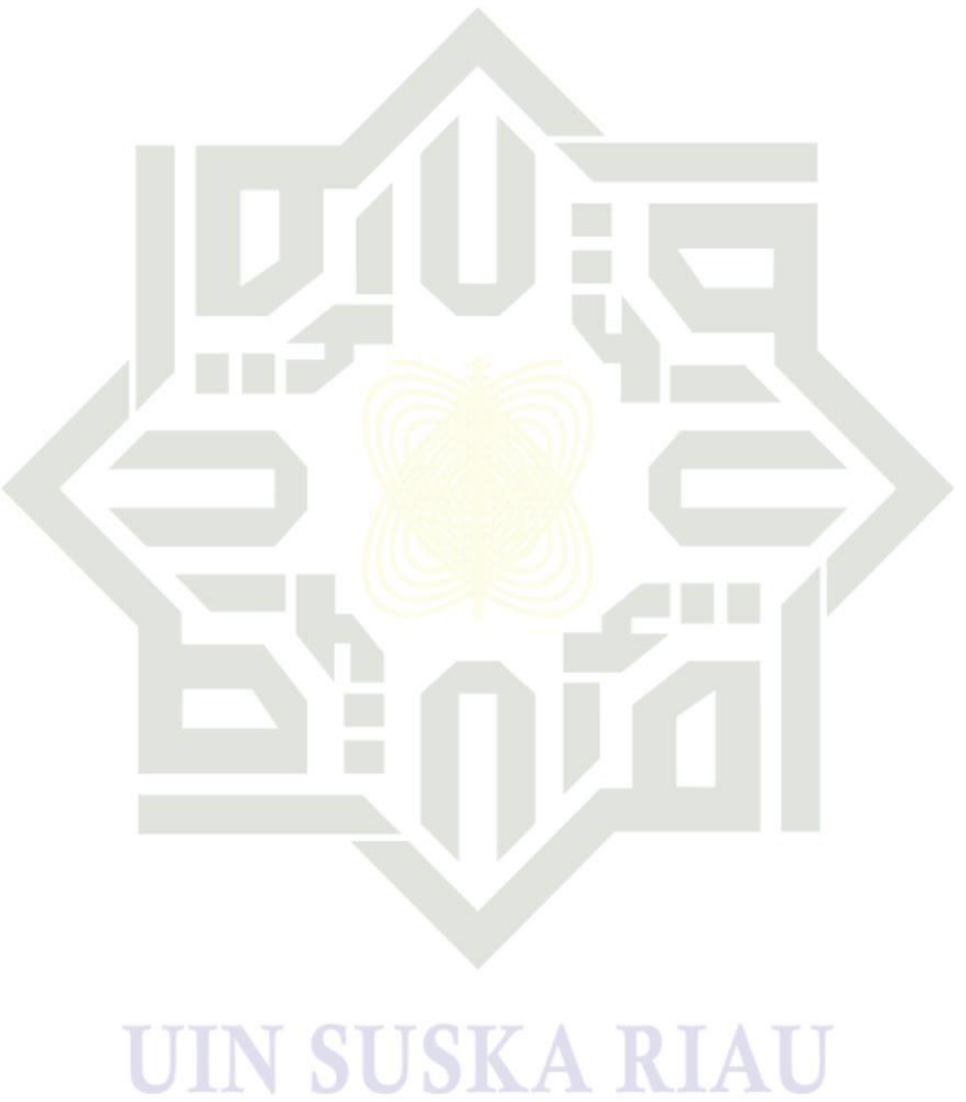
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

9	2017	<i>Image Enhancement Segmentation Indonesian's Batik Based On Fuzzy C-Means Clustering Using Median Filter</i>	Wildan, Dian Nirmala Santi, Adzhal Arwani Mahfudh, Moch Arief Soeleman	<i>algorithm Fuzzy C-Means (FCM)</i>	Didapatkan hasil akhir eksperimen yaitu nilai MSE = 0.2917, PSNR = 5.3508.
10	2016	<i>Batik Lasem Images Classification Using Voting Feature Intervals 5 and Statistical Features Selection Approach</i>	Teny Handhayani	<i>Voting Feature Intervals 5 algorithm</i>	Akurasi maksimal mencapai 99,96%
11	2015	Pengklasifikasi an Motif Batik Berdasarkan Representasi Bentuk Dengan Metode <i>Chain Code</i>	Ajeng Wulandari, Nugroho Agus Haryono, Kristian Adi Nugraha	<i>Chain Code, K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	Rata-rata akurasi hasil klasifikasi adalah 43%
12	2015	<i>Fast Discrete Curvelet Transform And HSV Color Features For Batik Image Classification</i>	Nanik Suciati, Agri Kridanto, Mohammad Farid Naufal, Muhammad Machmud dan Ardian Yusuf Wicaksono	<i>Fast Discrete Curvelet Transform (FDCT), ruang Hue Saturation Value (HSV), K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	Eksperimen ini memberikan hasil yang baik, yang ditunjukkan oleh tingkat kesalahan klasifikasi sebesar 3,33% untuk vektor fitur gabungan.
13	2015	<i>Automatic Batik Motifs Classification using Various Combinations of SIFT Features Moments and</i>	Iwan Setyawan, Ivanna K. Timotius, Marchellius Calvin	<i>SIFT features, K-Nearest Neighbor (KNN)</i>	Eksperimen menghasilkan tingkat akurasi klasifikasi 31,43%

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



--	--	--	--	--

k-Nearest Neighbor

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

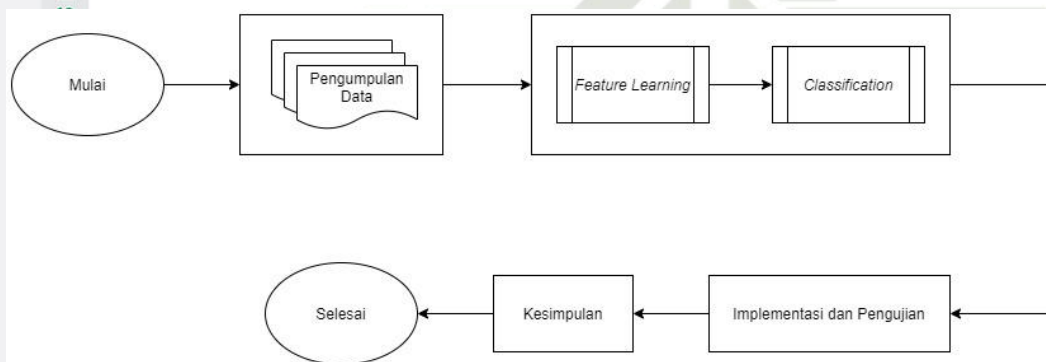
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan memerlukan alur dari proses-proses pada setiap tahapan. Metodologi penelitian merupakan pedoman atau tahapan dalam melakukan penelitian. Alur setiap proses menjadi pedoman dari tahap awal penelitian hingga selesai. Metodologi penelitian bertujuan agar tahapan-tahapan yang dilakukan berjalan secara terstruktur. Berikut tahapan-tahapan dalam penelitian.



Gambar 3.1 Metodologi penelitian

3.1 Pengumpulan data

Pada tahapan ini penulis melakukan pengumpulan data gambar batik yang akan dijadikan sebagai data masukan. Pengumpulan data dilakukan melalui dua skenario yaitu skenario pertama, mengambil langsung dari situs repositori Github melalui URL <https://github.com/agusekominarno/Batik> didapatkan data sebanyak 300 gambar batik. Skenario kedua, data batik didapatkan melalui proses data augmentasi yang menghasilkan 3.600 gambar batik. Data augmentasi dilakukan pada setiap gambar batik dengan teknik rotasi, pembesaran dan gabungan keduanya. *Dataset* batik yang digunakan pada penelitian ini terdapat 50 kelas jenis motif batik dengan masing-masing kelas batik terdapat 72 gambar. Gambar batik yang telah berhasil dikumpulkan memiliki ukuran dimensi sebesar 128 x 128 pixels. *Dataset* yang digunakan merupakan *dataset public* didapatkan dalam keadaan data yang telah siap untuk dijadikan sebagai data masukan pada ResNet50 sehingga tidak perlu dilakukan data *preprocessing*, hal ini juga menjadi alasan penulis menggunakan *dataset* tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Data gambar batik memiliki jumlah kelas yang banyak sehingga setiap kelas perlu diberikan label agar menjadi acuan ketika dilakukan proses klasifikasi.

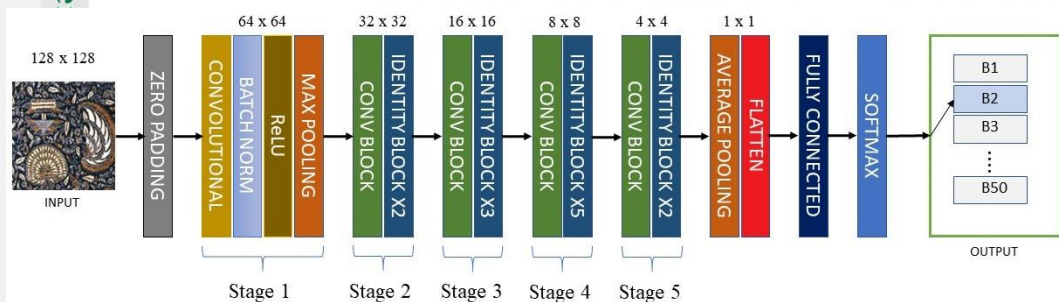
Berikut ini gambar *dataset* batik beserta label:



Gambar 3.2 Label Batik

3.2 Deep Learning

Penerapan *deep learning* pada penelitian ini menggunakan metode CNN. Metode CNN dipilih karena memiliki pengenalan yang tinggi dengan proses pembelajaran yang mendalam. Pada metode CNN terdapat berbagai macam arsitektur yang dihasilkan melalui proses eksperimen yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Model klasifikasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah *ResNet50*. Pada penelitian (Fitria & Setyono, 2018), model *ResNet50* telah terbukti dapat menghasilkan akurasi pengenalan yang tinggi dengan waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan dengan *ResNet101* dan *ResNet152*.



Gambar 3.3 Arsitektur ResNet50

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pada Gambar 3.3 diatas menjelaskan tahapan arsitektur *ResNet50* yang akan diterapkan pada penelitian ini untuk klasifikasi gambar batik. Berikut ini adalah tahapan-tahapan arsitektur *ResNet50* dalam melakukan klasifikasi gambar:

1. Data citra batik berukuran 128×128 *pixel* sebagai data masukan.
2. Data masukan diproses dengan menambahkan *zero padding* berukuran 3×3 .
3. Stage 1
 - a. Dilakukan operasi *convolutional* dengan filter 7×7 dengan *64 channel*.
 - b. Dilakukan operasi fungsi *batch normalization*.
 - c. Ditambahkan fungsi aktivasi menggunakan ReLu.
 - d. Dilakukan operasi fungsi *max pooling* 3×3 dengan *stride = 2*.
 - e. Output dari proses tahapan ini menghasilkan ukuran citra 64×64 *pixel*.
4. Stage 2
 - a. Dilakukan operasi *convolusi block* dengan filter 1×1 , 3×3 dan 1×1 dengan channel 64, 64 dan 256 serta *stride = 1*.
 - b. Dilakukan operasi *identity block* dengan filter 1×1 , 3×3 dan 1×1 dengan channel 64, 64 dan 256 serta *stride = 1* yang dilakukan perulangan sebanyak 2 kali.
 - c. Output dari proses tahapan ini menghasilkan ukuran citra 32×32 *pixel*.
5. Stage 3
 - a. Dilakukan operasi *convolusi block* dengan filter 1×1 , 3×3 dan 1×1 dengan channel 128, 128 dan 512.
 - b. Dilakukan operasi *identity block* dengan filter 1×1 , 3×3 dan 1×1 dengan channel 128, 128 dan 512 yang dilakukan perulangan sebanyak 3 kali.
 - c. Output dari proses tahapan ini menghasilkan ukuran citra 16×16 *pixel*.
6. Stage 4
 - a. Dilakukan operasi *convolusi block* dengan filter 1×1 , 3×3 dan 1×1 dengan channel 256, 256 dan 1024.
 - b. Dilakukan operasi *identity block* dengan filter 1×1 , 3×3 dan 1×1 dengan channel 256, 256 dan 1024 yang dilakukan perulangan sebanyak 5 kali.
 - c. Output dari proses tahapan ini menghasilkan ukuran citra 8×8 *pixel*.

7. Stage 5

- a. Dilakukan operasi *convolusi block* dengan filter 1 x 1, 3 x 3 dan 1 x 1 dengan channel 512, 512 dan 2048.
- b. Dilakukan operasi *identity block* dengan filter 1 x 1, 3 x 3 dan 1 x 1 dengan channel 512, 512 dan 2048 yang dilakukan perulangan sebanyak 2 kali.
- c. Output dari proses tahapan ini menghasilkan ukuran citra 4 x 4 *pixel*.

8. Output dari proses *convolutional* sebelumnya akan diproses dengan menambahkan *average pooling* dan melakukan proses *flatten*, sehingga akan menghasilkan output *array* satu dimensi.

9. Output dari operasi *flatten* selanjutnya akan diproses pada *neural network* menggunakan *fully connected layer* dengan algoritma *backpropagation*.

10. Setelah proses pada *neural network* selesai maka akan dihasilkan nilai bobot yang selanjutnya akan dilakukan proses klasifikasi dengan metode *softmax*.

11. Hasil dari proses klasifikasi akan dihasilkan berupa kelas data.

Eksperimen yang akan dilakukan menggunakan *dataset* sebanyak 3.900 gambar batik sebagai data masukan. Pembagian *dataset* sebagai data uji dan data latih menggunakan *splitting dataset* 70%:30%, 80%:20%, dan 90%:10%. Eksperimen dilakukan bertujuan untuk mengetahui apakah penerapan model *ResNet50* berhasil untuk pengenalan motif batik pada data asli dan data augmentasi serta mengukur tingkat akurasi dan waktu komputasi yang dihasilkan

3.3 Implementasi dan Pengujian

Pada tahapan ini, implementasi model berdasarkan analisa dan perancangan. Implementasi dilakukan dengan menjalankan model *ResNet 50*. Tahapan pengujian dilakukan untuk menguji model telah dibuat dapat bekerja dengan baik serta untuk mengetahui tingkat akurasi yang didapatkan. Metode pengujian model *ResNet 50* diterapkan berdasarkan perancangan skenario eksperimen. Eksperimen yang dilakukan adalah menguji dan membanding tingkat akurasi yang didapatkan antara menggunakan data *original* dengan data augmentasi dengan skenario *splitting dataset* 70%:30%, 80%:20%, dan 90%:10% serta dengan berbagai nilai *hyperparameter* seperti *width*, *height*, *learning rate*, dan *epoch*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

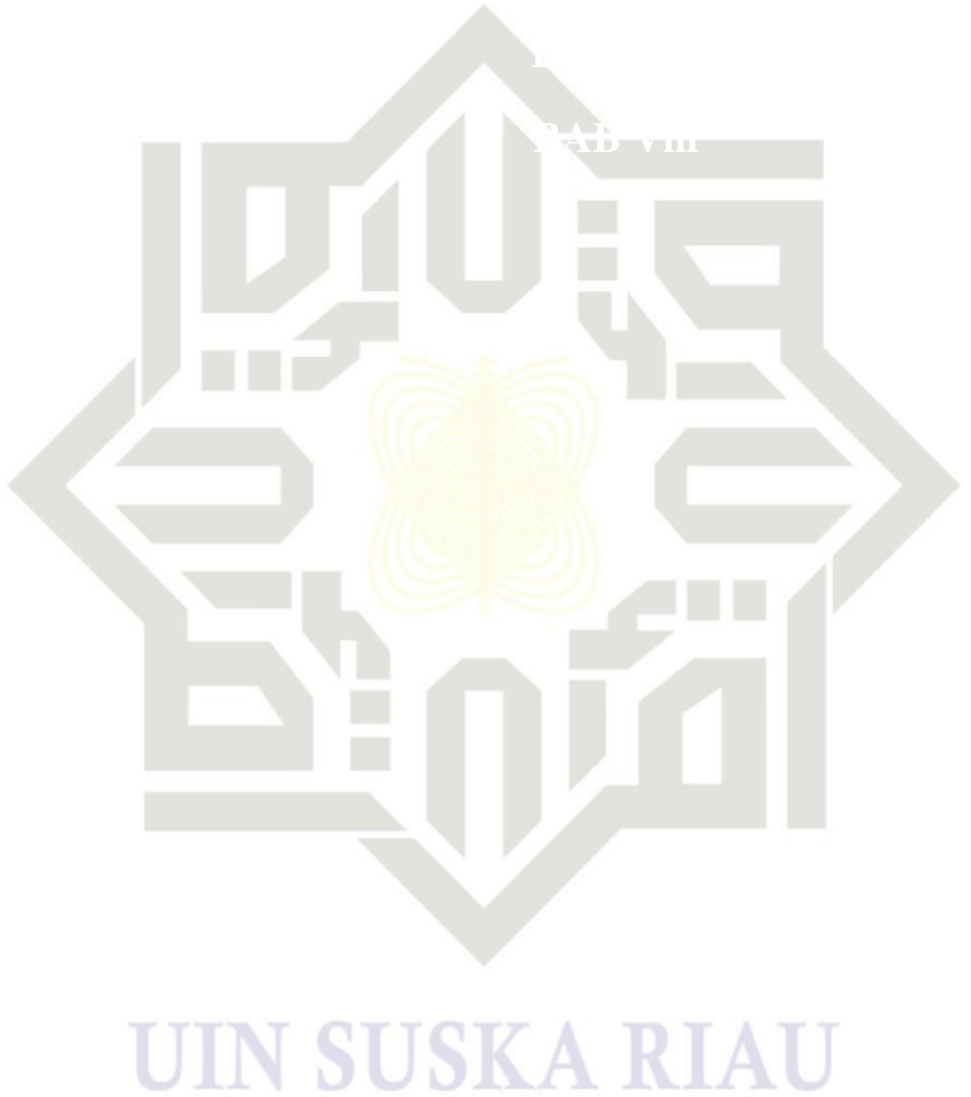
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.4 Kesimpulan

Akhir dari semua tahapan penelitian ini yaitu kesimpulan. Kesimpulan berisikan rangkuman hasil analisis dari semua eksperimen yang dilakukan pada penelitian ini. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah penerapan metode CNN menggunakan arsitektur *ResNet50* berhasil dan mengetahui tingkat akurasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan implementasi dan pengujian model *ResNet* 50 untuk klasifikasi batik yang telah berhasil dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan model *ResNet*-50 berhasil melakukan klasifikasi dengan prediket *excellent classification*.
2. Penerapan augmentasi data dapat meningkatkan akurasi pada model *ResNet*-50.
3. Pelatihan model *ResNet*-50 menggunakan data citra batik mendapatkan akurasi terbaik yaitu sebesar **100%**.
4. Berdasarkan pengamatan dari visualisasi proses *training* dan *testing* tidak ditemukan indikasi terjadinya *overfitting*

6.2 Saran

Penulis memberikan beberapa saran yang dapat dijadikan bahan untuk mengembangkan penelitian ini pada penelitian selanjutnya. Saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pelatihan model *ResNet*50 dengan nilai *LR* dan *Epoch* yang berbeda
2. Klasifikasi batik dapat dilakukan dengan metode *CNN* menggunakan arsitektur yang berbeda.
3. Pengumpulan *dataset* batik dapat dilakukan dengan metode yang berbeda untuk memperbanyak jumlah motif batik sehingga akan memperkaya data.
4. Menerapkan *pre-processing* citra seperti *Gray-Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM), *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization* (CLAHE), dll agar sistem lebih dapat mengenali citra dengan baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Arini, A. M. dan B. (2011). *Batik: Warisan Adiluhung Nusantara, Andi Offset*. G-Media.
- Arsa, D. M. S., & Susila, A. A. N. H. (2019). VGG16 in Batik Classification based on Random Forest. *Proceedings of 2019 International Conference on Information Management and Technology, ICIMTech 2019, 1*(August), 295–299. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2019.8843844>
- Budiharto, W., & Suhartono, D. (2015). *Artificial Intelligence Konsep Dan Penerapannya* (1st ed.). ANDI.
- Dankusumo, & Pudi, K. (2017). Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Citra Candi Berbasis Gpu. *Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya Yogyakarta*. <http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/12425>
- Fitria, N., & Setyono, P. (2018). Betawi Traditional Food Image Detection using ResNet and DenseNet. *2018 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, 441–445.
- Furusho, Y., Lee, W. S., & Suzuki, T. (2019). ResNet and Batch-normalization Improve Data Separability. *Proceedings of Machine Learning Research, 101*, 94–108.
- Géron, A. (2019). *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow* (N. Tache (ed.); Second Edi). O'Reilly Media.
- Gonzales, R. C., & Woods, R. E. (2002). *Digital image processing*. Prentice hall.
- Gulli, A., & Pal, S. (2017). *Deep Learning With Keras*. Packt Publishing Ltd.
- He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2016-Decem*, 770–778. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.90>
- IntroBooks. (2018). *Artificial Intelligence*. IntroBooks.
- Jumarwanto, A., Hartanto, R., & Prastiyanto, D. (2009). Aplikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation Untuk Memprediksi Penyakit Tht Di Rumah Sakit Mardi Rahayu Kudus. *Teknik Elektro, 1*.
- Ker, J., Wang, L., Rao, J., & Lim, T. (2017). Deep Learning Applications in Medical Image Analysis. *IEEE Access, 6*(December 2017), 9375–9379. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2788044>
- Mahmud, K. H., Adiwijaya, & Faraby, S. Al. (2019). Klasifikasi Citra Multi-Kelas Menggunakan Convolutional Neural Network. *E-Proceeding of Engineering, 6*(1), 2127–2136.
- Minarmo, A. E., Munarko, Y., Kurniawardhani, A., Bimantoro, F., & Suciati, N. (2014). Texture feature extraction using co-occurrence matrices of sub-band

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



image for batik image classification. *2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology, ICoICT 2014*, 249–254. <https://doi.org/10.1109/ICoICT.2014.6914074>

Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2012). *Foundations of Machine Learning* (T. Dietterich (ed.)). MIT Press.

Neapolitan, R. E., & Jiang, X. (2018). *Artificial Intelligence With an Introduction to Machine Learning* (Kedua). CRC Press Taylor & Francis Group.

Nugroho, K. S. (2019). *Confusion Matrix untuk Evaluasi Model pada Supervised Learning*. Medium. [https://medium.com/@ksnugroho/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f#:~:text=Terdapat 4 istilah sebagai representasi,dan False Negative \(FN\).](https://medium.com/@ksnugroho/confusion-matrix-untuk-evaluasi-model-pada-unsupervised-machine-learning-bc4b1ae9ae3f#:~:text=Terdapat 4 istilah sebagai representasi,dan False Negative (FN).)

Nurhikmat, T., & Purwaningsih, T. (2018). Implementasi Deep Learning Untuk Image Classification Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Citra Wayang Golek. *Program Studi Statistika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia*.

O'Shea, K., & Nash, R. (2015). *An Introduction to Convolutional Neural Networks*. December. <http://arxiv.org/abs/1511.08458>

Prasetyo, E. (2014). *Data Mining, Mengolah Data Menjadi Informasi Menggunakan Matlab* (1st ed.). ANDI.

Puspitaningrum, D. (2006). *Pengantar jaringan saraf tiruan* (S. Suyantoro (ed.)). Andi.

Putra, D. (2010). *Pengolahan Citra Digital* (1st ed.). ANDI.

Putra, J. W. G. (2019). *Pengenalan Konsep Pembelajaran Mesin dan Deep Learning* (1.2). Tokyo Institute of Technology.

Rasyidi, M. A., & Bariyah, T. (2020). Batik pattern recognition using convolutional neural network. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 9(4), 1430–1437. <https://doi.org/10.11591/eei.v9i4.2385>

Rawat, W., & Wang, Z. (2017). Deep Convolutional Neural Networks for Image Classification: A Comprehensive Review. *Massachusetts Institute of Technology*. https://doi.org/10.1162/NECO_a_00990

Rosebrock, A. (2017). *Deep Learning for Computer Vision with Python* (1.1.0). PYIMAGESEARCH.

Samsi, & Soedewi, S. (2007). *Teknik dan Ragam Hias Batik*.

Samuel A.L. (1959). Some Studies in Machine Learning. *IBM Journal of Research and Development*, 44(1.2).

Setyanwan, I., Timotius, I. K., & Calvin, M. (2015). Automatic batik motifs classification using various combinations of SIFT features moments and k-Nearest Neighbor. *Proceedings - 2015 7th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering: Envisioning the Trend of Computer, Information and Engineering, ICITEE 2015*, 3(d), 269–274.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2015.7408954>

Shijie, J., Ping, W., Peiyi, J., & Siping, H. (2017). Research on data augmentation for image classification based on convolution neural networks. *Proceedings - 2017 Chinese Automation Congress, CAC 2017, 2017-Janua(201602118)*, 4165–4170. <https://doi.org/10.1109/CAC.2017.8243510>

Stanford Vision Lab. (n.d.). *ImageNet Large Scale Visual Recognition Challenge (ILSVRC)*. [www.Image-Net.Org](http://www.image-net.org). Retrieved June 25, 2020, from <http://www.image-net.org/challenges/LSVRC/>

Stenroos, O. (2017). Object detection from images using convolutional neural networks. *Master's Programme in Computer, Communication and Information Sciences Aalto University*, 75.

Sukardi. (2015). *Pengolahan Citra Digital*.

Suyanto. (2018). *Machine Learning Tingkat Dasar dan Lanjut*. Informatika.

Wang, J., & Perez, L. (2017). The Effectiveness of Data Augmentation in Image Classification using Deep Learning. *Stanford University 450 Serra Mall*.

Wicaksono, A. Y., Suciati, N., Fatchah, C., Uchimura, K., & Koutaki, G. (2017). Modified Convolutional Neural Network Architecture for Batik Motif Image Classification. *IPTEK Journal of Science*, 2(2), 26–30. <https://doi.org/10.12962/j23378530.v2i2.a2846>

Xie, Y., Le, L., Zhou, Y., & Raghavan, V. V. (2018). Deep Learning for Natural Language Processing. In *Handbook of Statistics* (Vol. 38). <https://doi.org/10.1016/bs.host.2018.05.001>

Yeung, D. S., Cloete, I., Shi, D., & Ng, W. W. Y. (2010). *Sensitivity Analysis for Neural Networks* (G. Rozenberg (ed.)). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-02532-7>

Zufar, M., & Setiyono, B. (2016). Convolutional Neural Networks Untuk Pengenalan Wajah Secara Real-time. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 5(2), 128862.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.











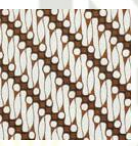








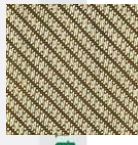





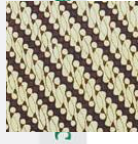


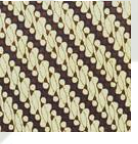
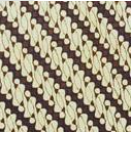

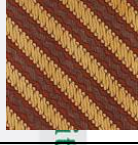


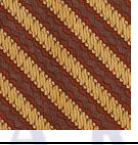


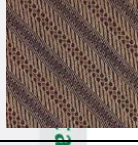










2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.















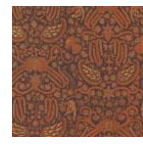















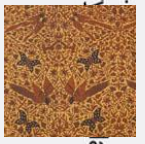



















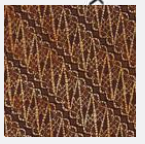




LAMPIRAN A










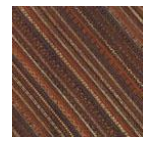









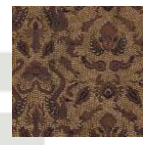









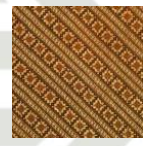













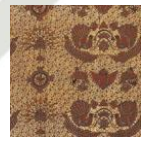











DATA CITRA BATIK ORIGINAL









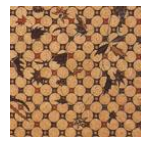










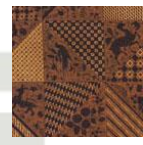





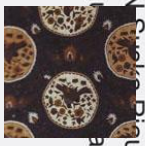
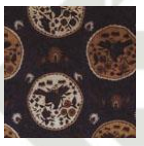



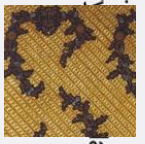



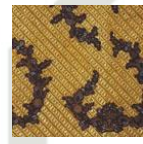














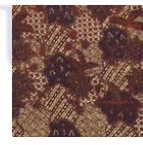



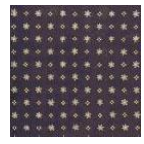
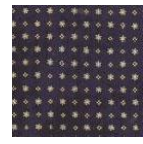
Berikut adalah data citra batik *original* yang digunakan sebagai *dataset* pada penelitian ini. Data citra batik bersifat data *public* yang diunduh melalui situs repositori *Github* melalui url <https://github.com/agusekominarno/Batik>. Data citra batik berjumlah 300 citra terdiri dari 50 kelas seperti uraian pada tabel A.1 berikut
















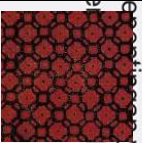

















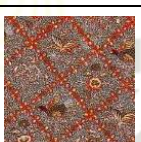






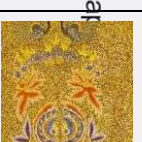

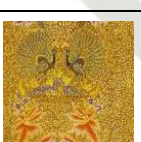


Tabel A. 1 Data citra batik *original*

Batik	K	Batik	K	Batik	K	Batik	K	Batik	K	Batik	K
	B1		B1		B1		B1		B1		B1
	B2		B2		B2		B2		B2		B2
	B3		B3		B3		B3		B3		B3
	B4		B4		B4		B4		B4		B4
	B5		B5		B5		B5		B5		B5
	B6		B6		B6		B6		B6		B6
	B7		B7		B7		B7		B7		B7
	B8		B8		B8		B8		B8		B8

	<p>Hak Cipta Diindungi Undang-Undang</p> <p>10) Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber atau mengutip hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p>	B9		B9		B9		B9		B9
		B10		B10		B10		B10		B10
		B11		B11		B11		B11		B11
		B12		B12		B12		B12		B12
		B13		B13		B13		B13		B13
		B14		B14		B14		B14		B14
		B15		B15		B15		B15		B15
		B16		B16		B16		B16		B16
		B17		B17		B17		B17		B17
		B18		B18		B18		B18		B18
	B19		B19		B19		B19		B19	

	<p>Hak Cipta Diindungi Undang-Undang</p> <p>1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengcantumkan nama penulis, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p> <p>2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p>	B20		B20		B20		B20		B20
		B21		B21		B21		B21		B21
		B22		B22		B22		B22		B22
		B23		B23		B23		B23		B23
		B24		B24		B24		B24		B24
		B25		B25		B25		B25		B25
		B26		B26		B26		B26		B26
		B27		B27		B27		B27		B27
		B28		B28		B28		B28		B28
		B29		B29		B29		B29		B29
	B30		B30		B30		B30		B30	

	<p>Hak Cipta Diindungi Undang-Undang</p> <p>1. Diarangi mengutip sebagian atau seluruh karya tulis atau tanpa mengcantumkan nama penulisannya, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p> <p>2. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.</p>	B31		B31		B31		B31		B31
		B32		B32		B32		B32		B32
		B33		B33		B33		B33		B33
		B34		B34		B34		B34		B34
		B35		B35		B35		B35		B35
		B36		B36		B36		B36		B36
		B37		B37		B37		B37		B37
		B38		B38		B38		B38		B38
		B39		B39		B39		B39		B39
		B40		B40		B40		B40		B40
	B41		B41		B41		B41		B41	

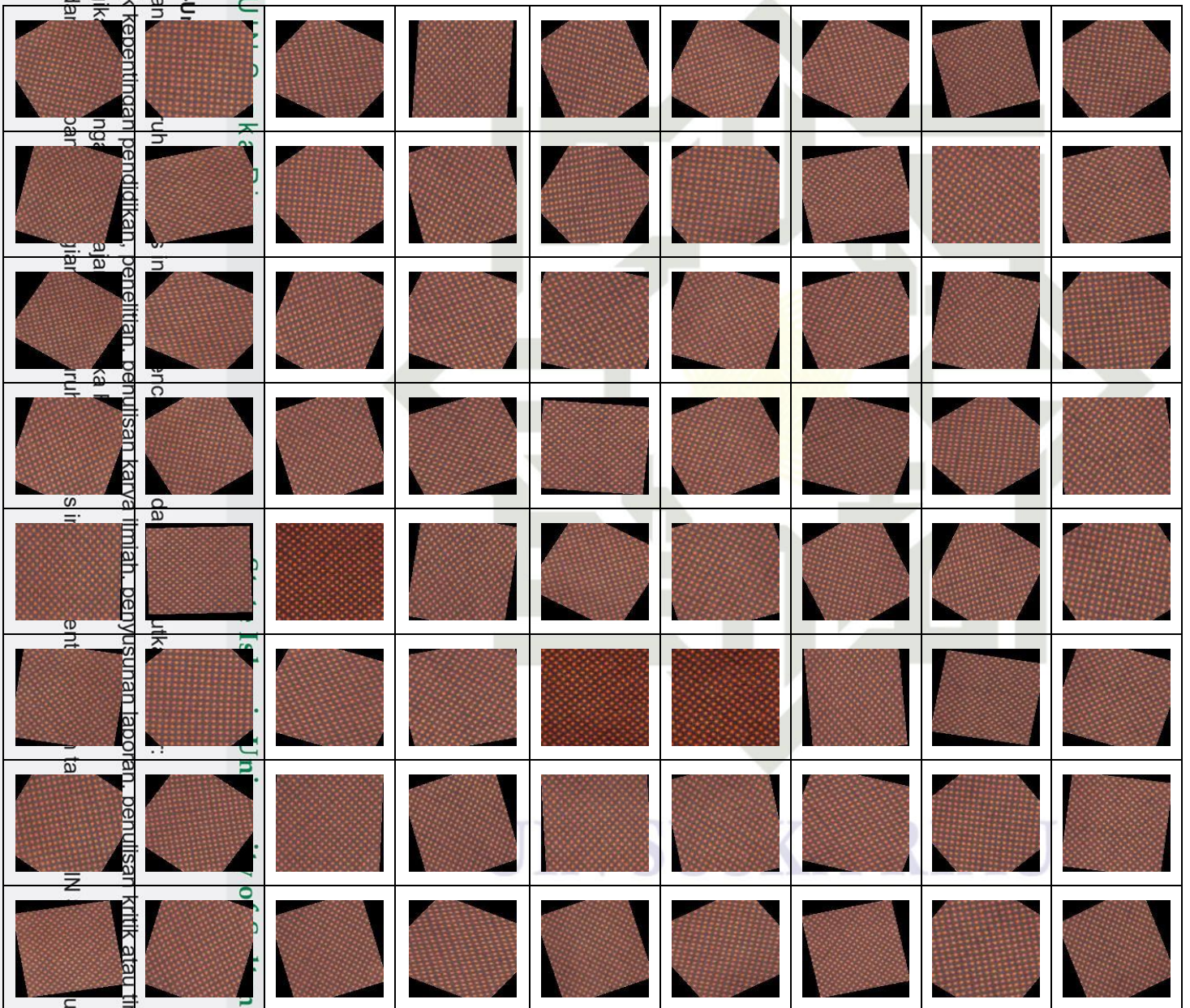
	<p>Hak Cipta Diindungi Undang-Undang</p> <p>14. Di larang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis atau tanpa melakukan penyalinan, penjiplakan, atau pengutipan dengan cara dan bentuk apa pun untuk kepentingan pendididkan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penerbitan sumber atau izin UIN Suska Riau.</p>	B42		B42		B42		B42		B42
		B43		B43		B43		B43		B43
		B44		B44		B44		B44		B44
		B45		B45		B45		B45		B45
		B46		B46		B46		B46		B46
		B47		B47		B47		B47		B47
		B48		B48		B48		B48		B48
		B49		B49		B49		B49		B49
		B50		B50		B50		B50		B50

LAMPIRAN B

DATA CITRA BATIK AUGMENTASI

Berikut adalah data citra batik yang telah berhasil melalui proses pre-processing yaitu Augmentasi data. Data citra batik augmentasi berjumlah 3.600 citra yang terbagi menjadi 50 kelas.

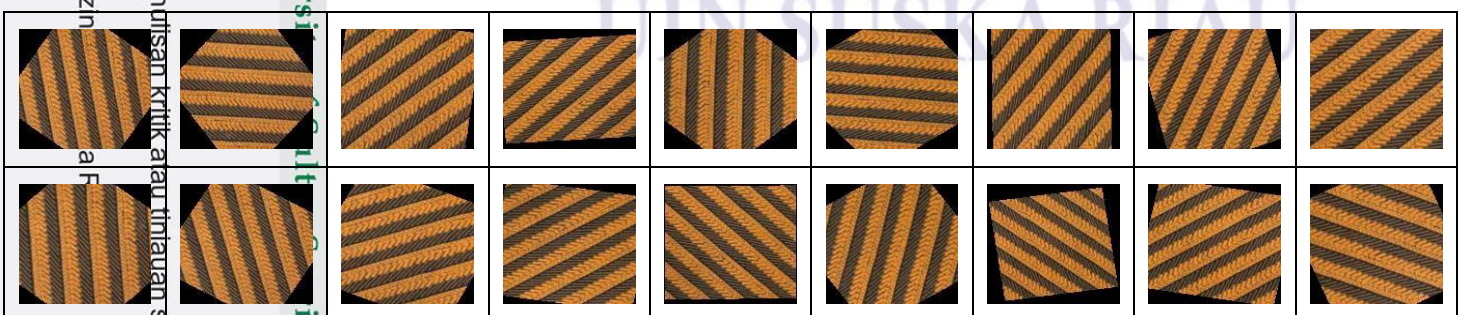
B.1 Kelas Batik B1



B.2 Kelas Batik B2

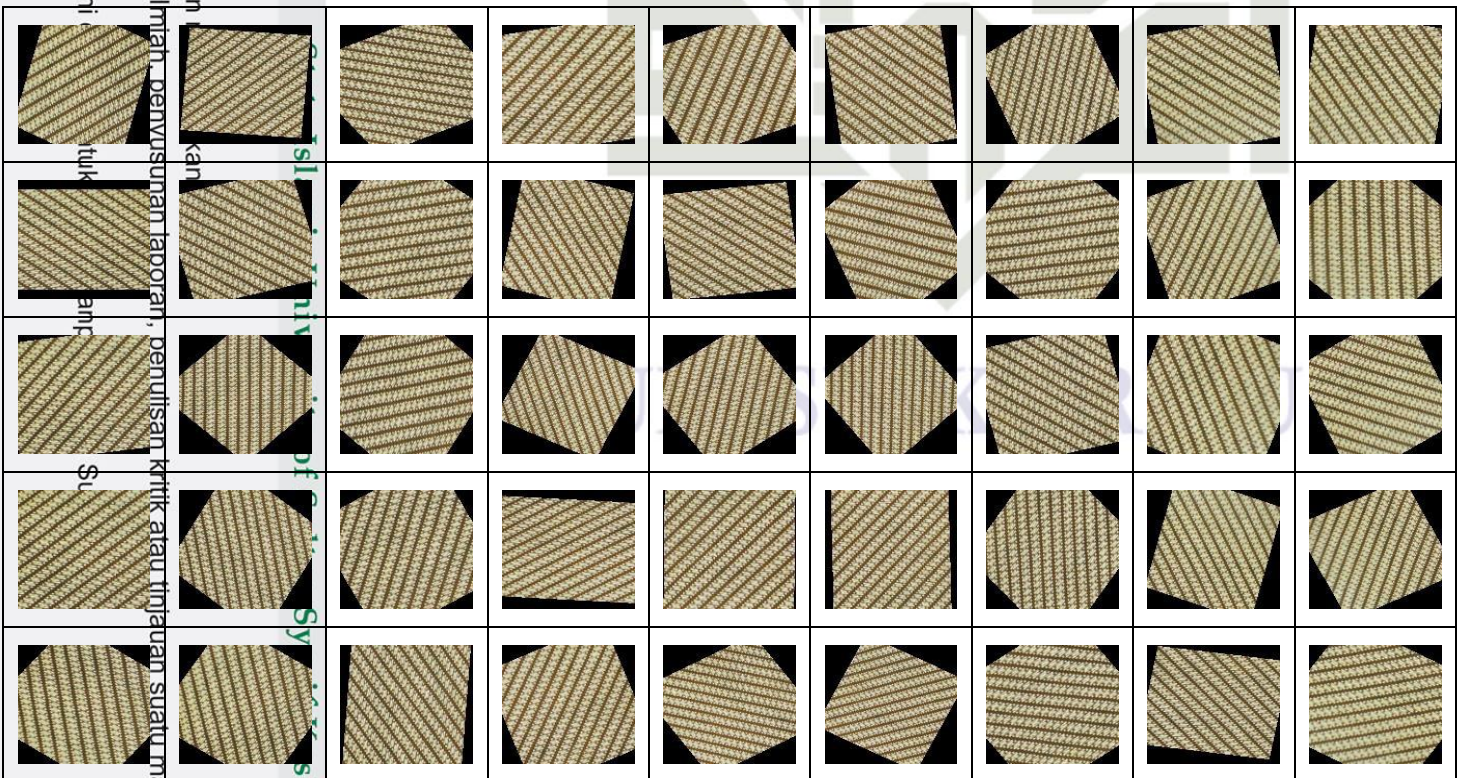


B.3 Kelas Batik B3

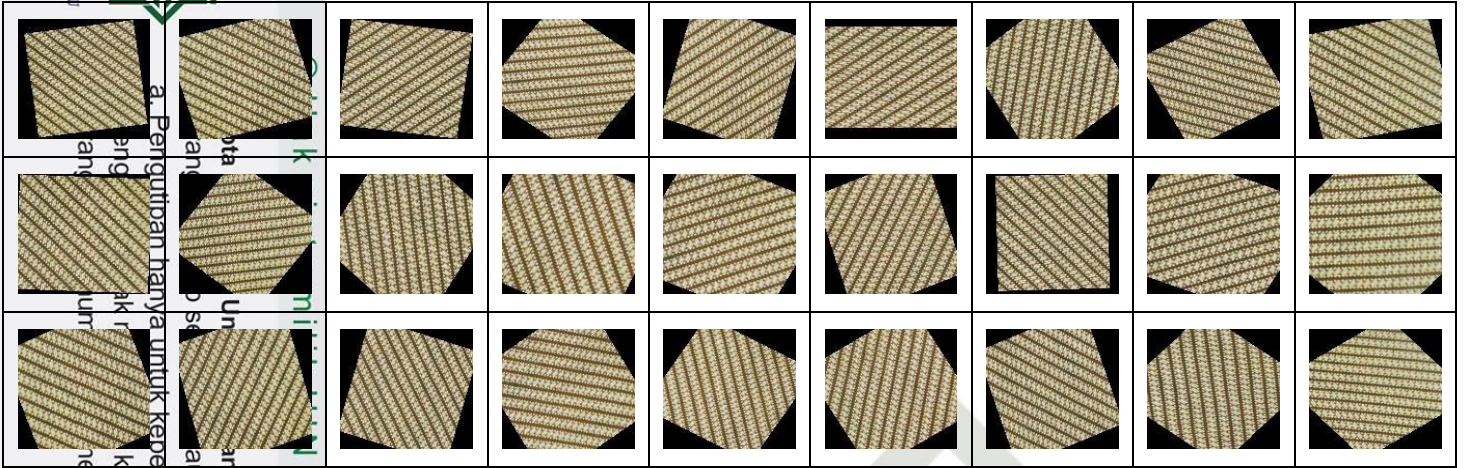




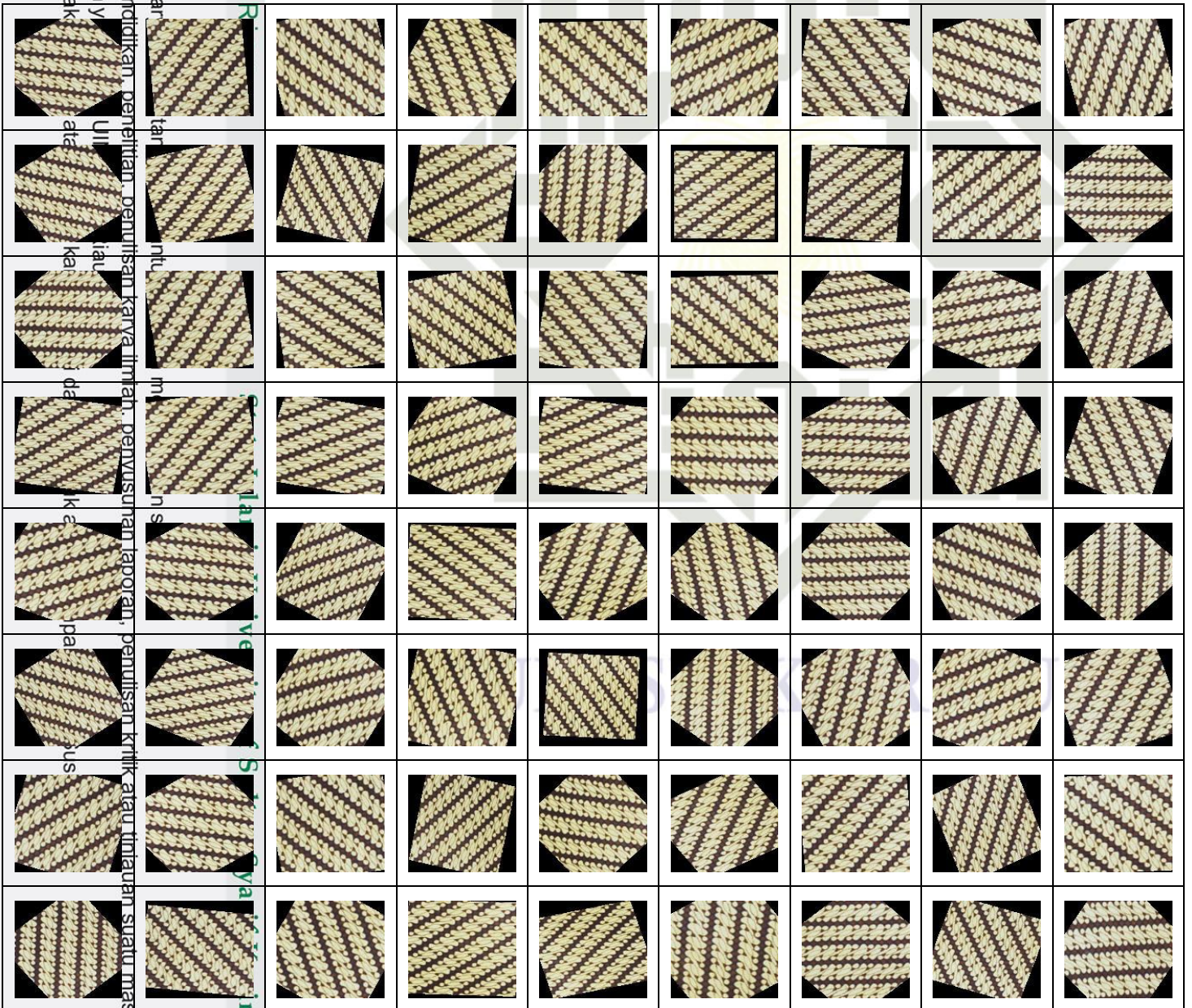
B.4 Kelas Batik B4



a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 c. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 d. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 e. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.



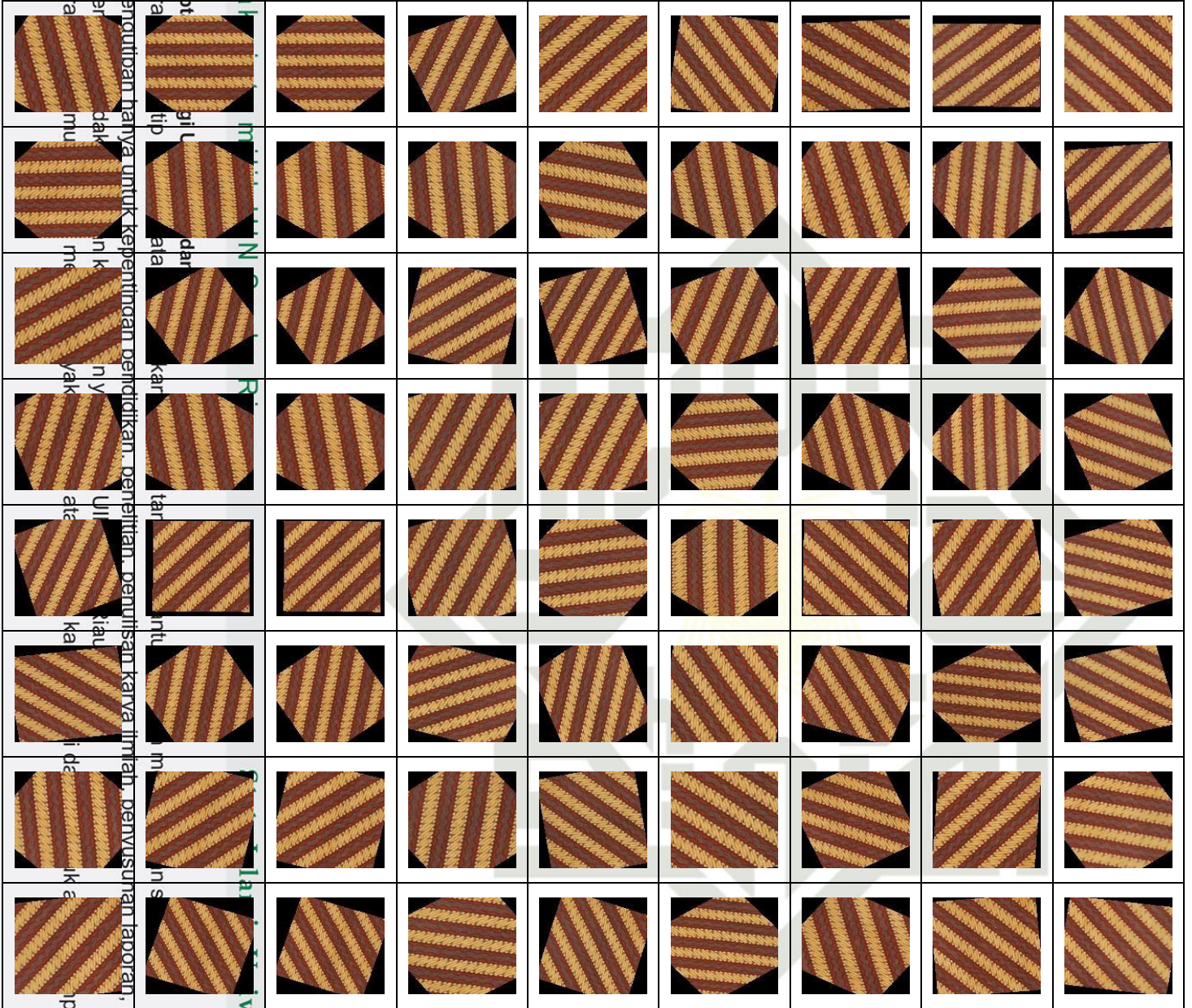
B.5 Kelas Batik B5



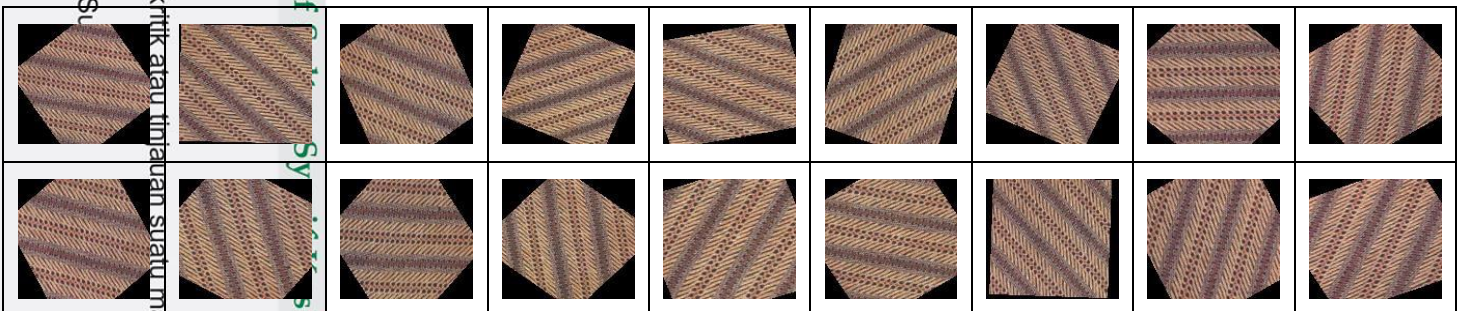
a. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 c. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 d. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

B.6 Kelas Batik B6

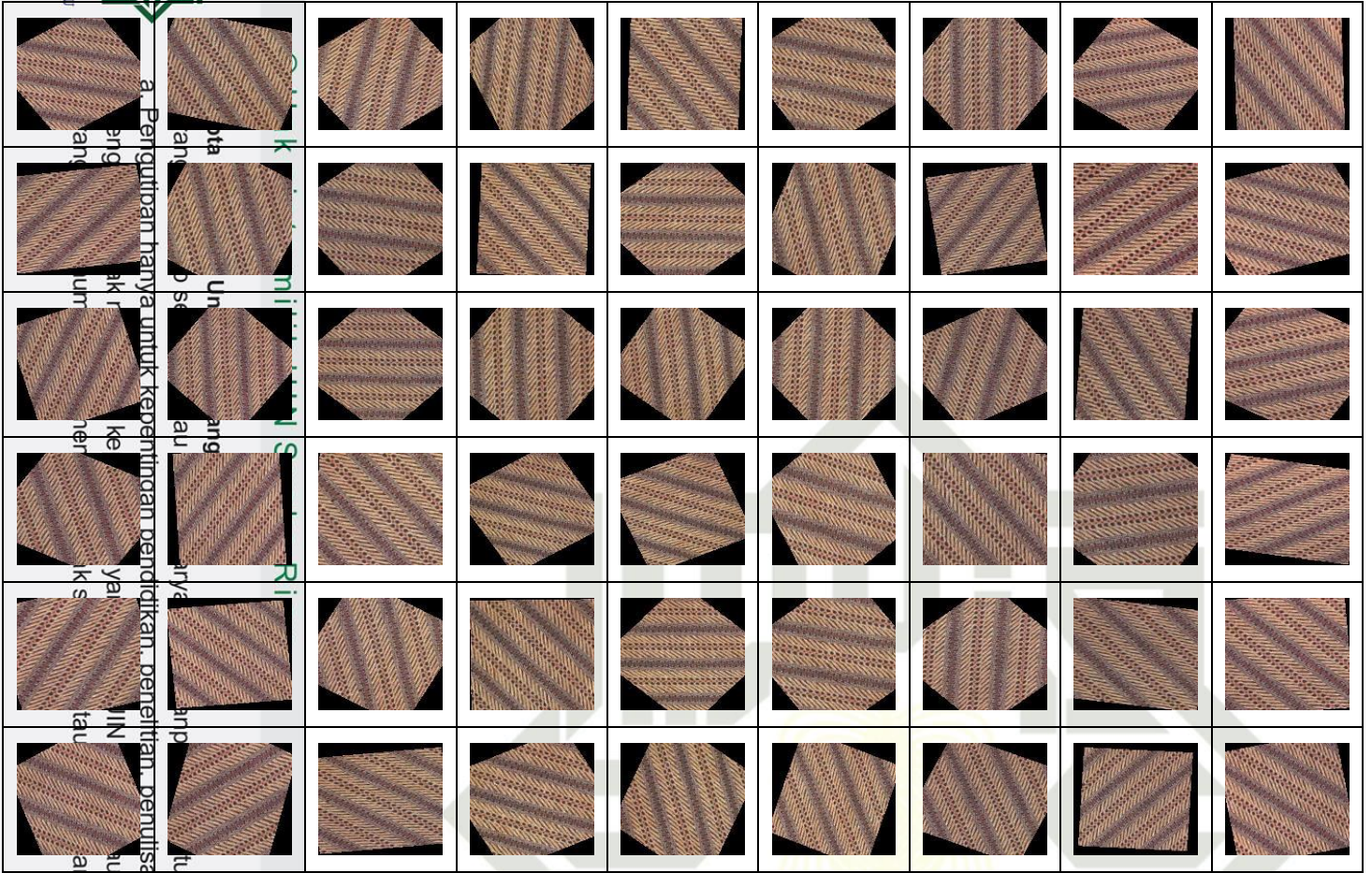
1. Diarata
2. Diarata



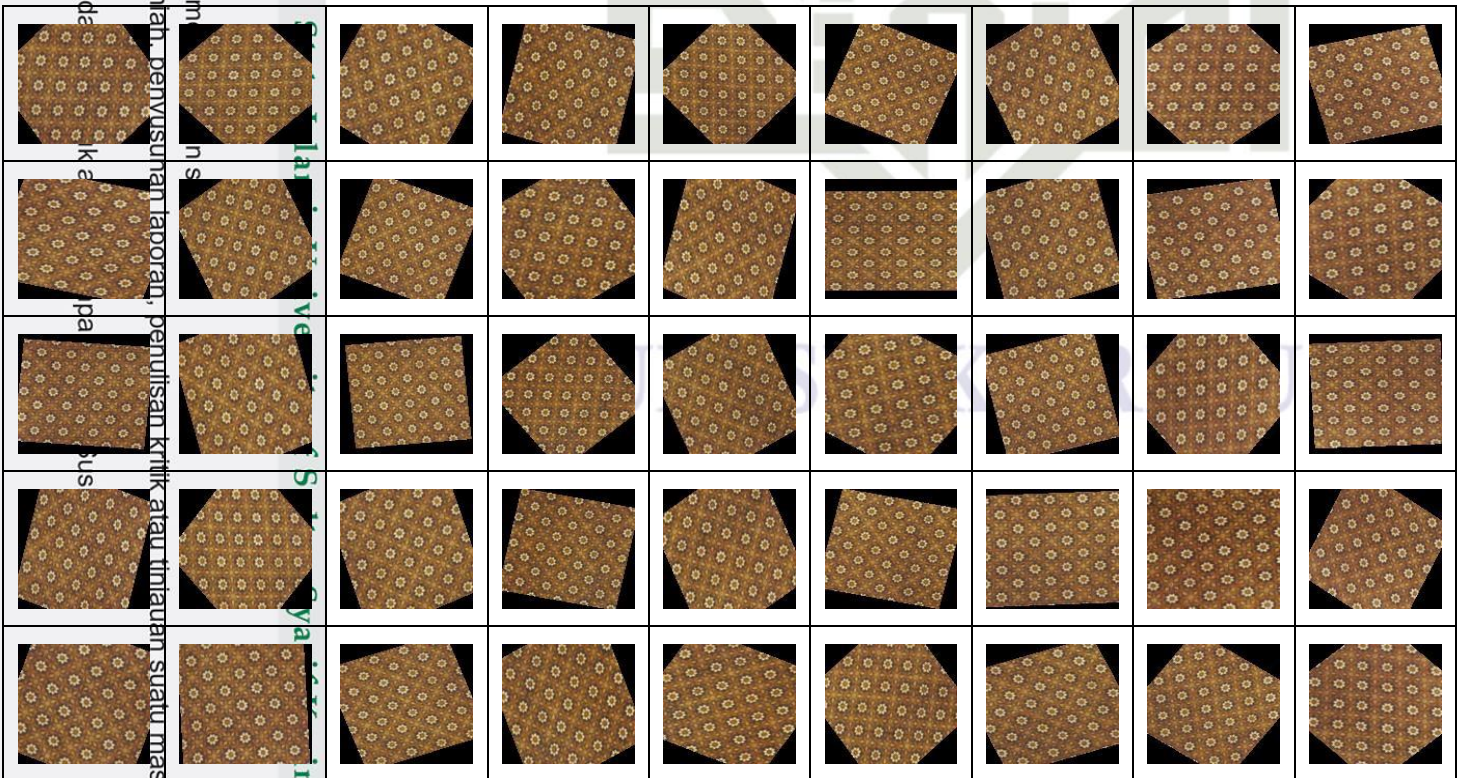
B.7 Kelas Batik B7



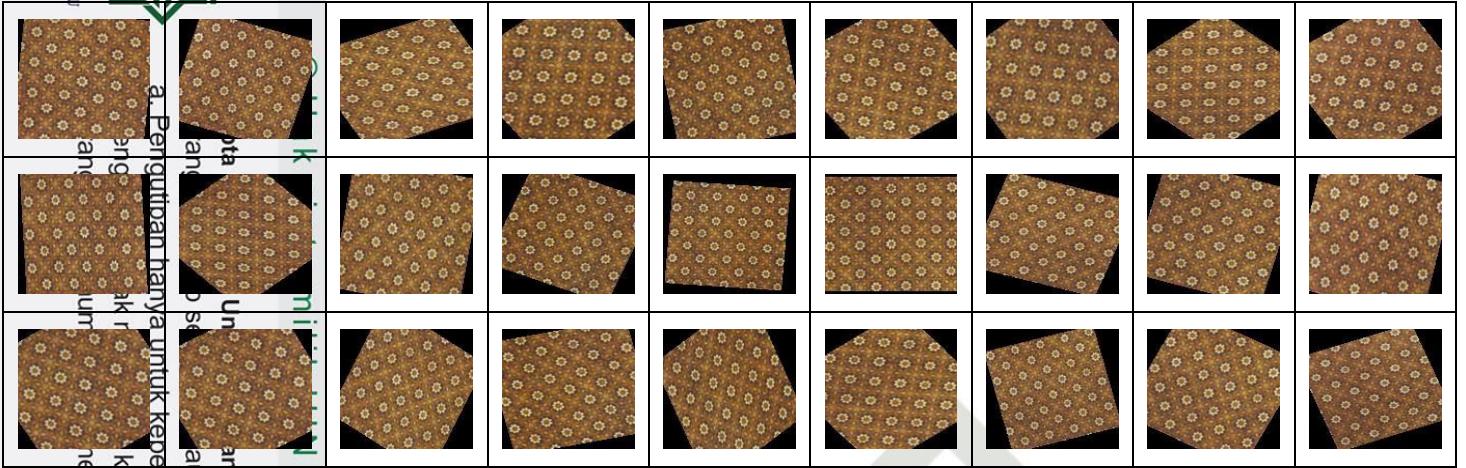
Hak Cipta
 1. Diarata
 a. Penentuan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Per...
 2. Diarata



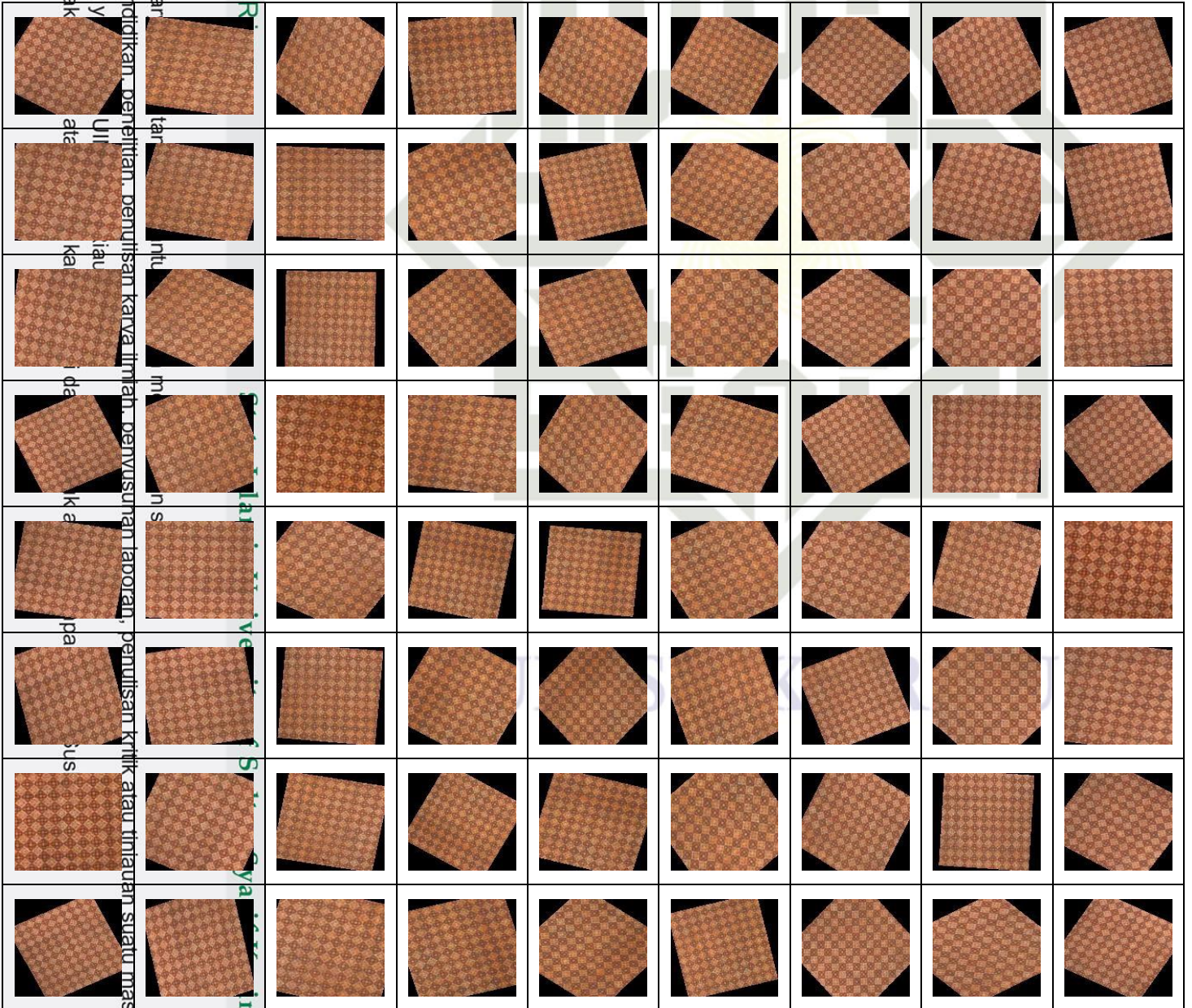
B.8 Kelas Batik B8



a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 c. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 d. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 e. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 f. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 g. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 h. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 i. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 j. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 k. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 l. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 m. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 n. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 o. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 p. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 q. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 r. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 s. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 t. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 u. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 v. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 w. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 x. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 y. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...
 z. Pengujian ini dilakukan dengan cara tulis ini dan...



B.9 Kelas Batik B9

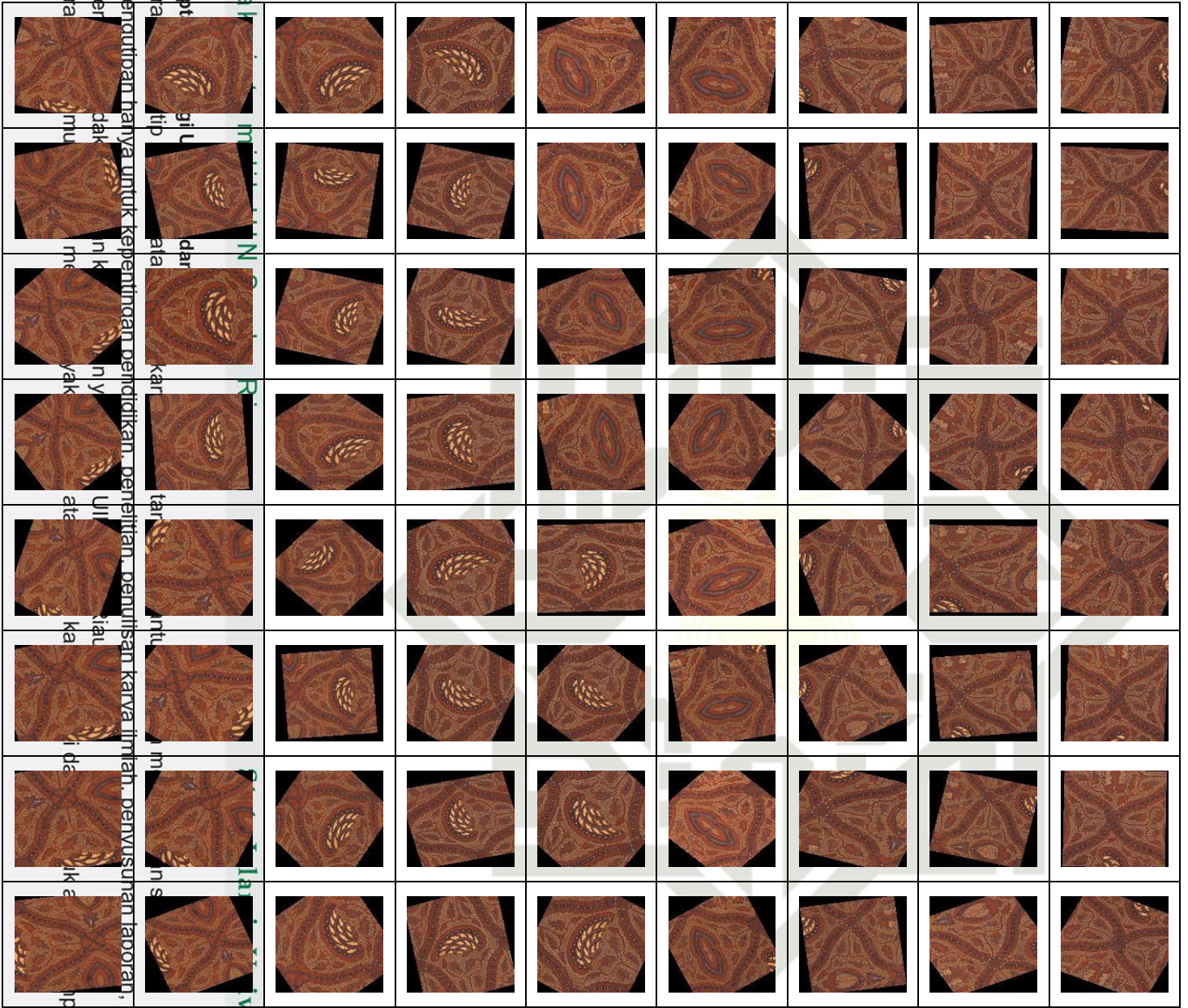


a. Pengujian hanya untuk kepentingan peninjauan kembali atau seluruh karangan batik yang bersangkutan. Untuk kepentingan peninjauan kembali atau seluruh karangan batik yang bersangkutan.

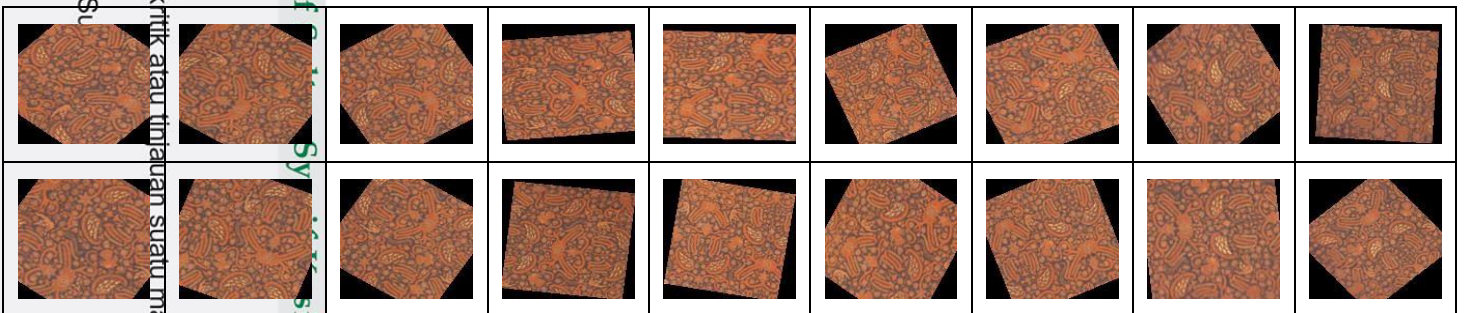
UIN SUSKA RIAU

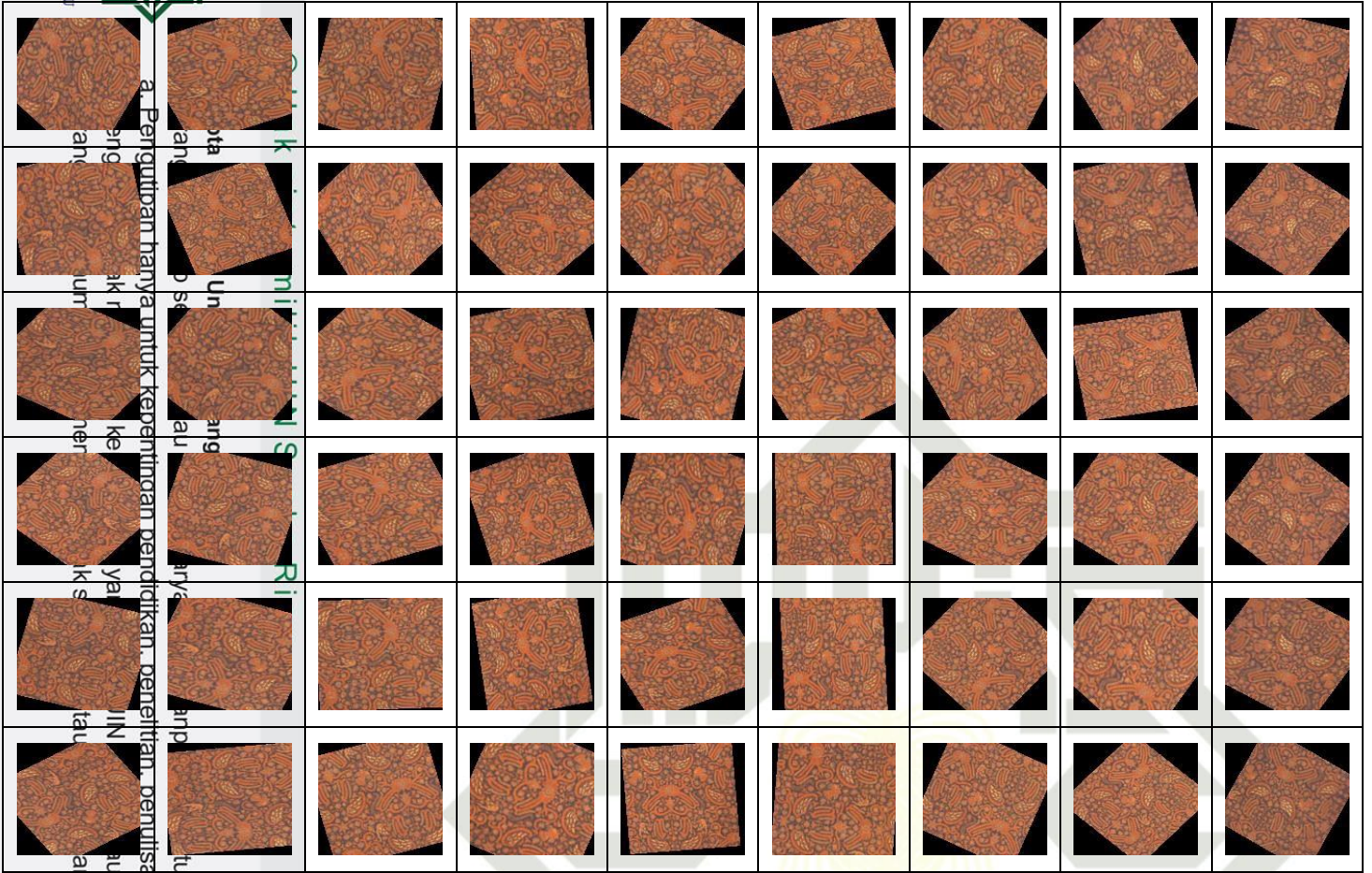
B.10 Kelas Batik B10

- Hak Cipta
 1. Diartikan sebagai...
 2. Diartikan sebagai...



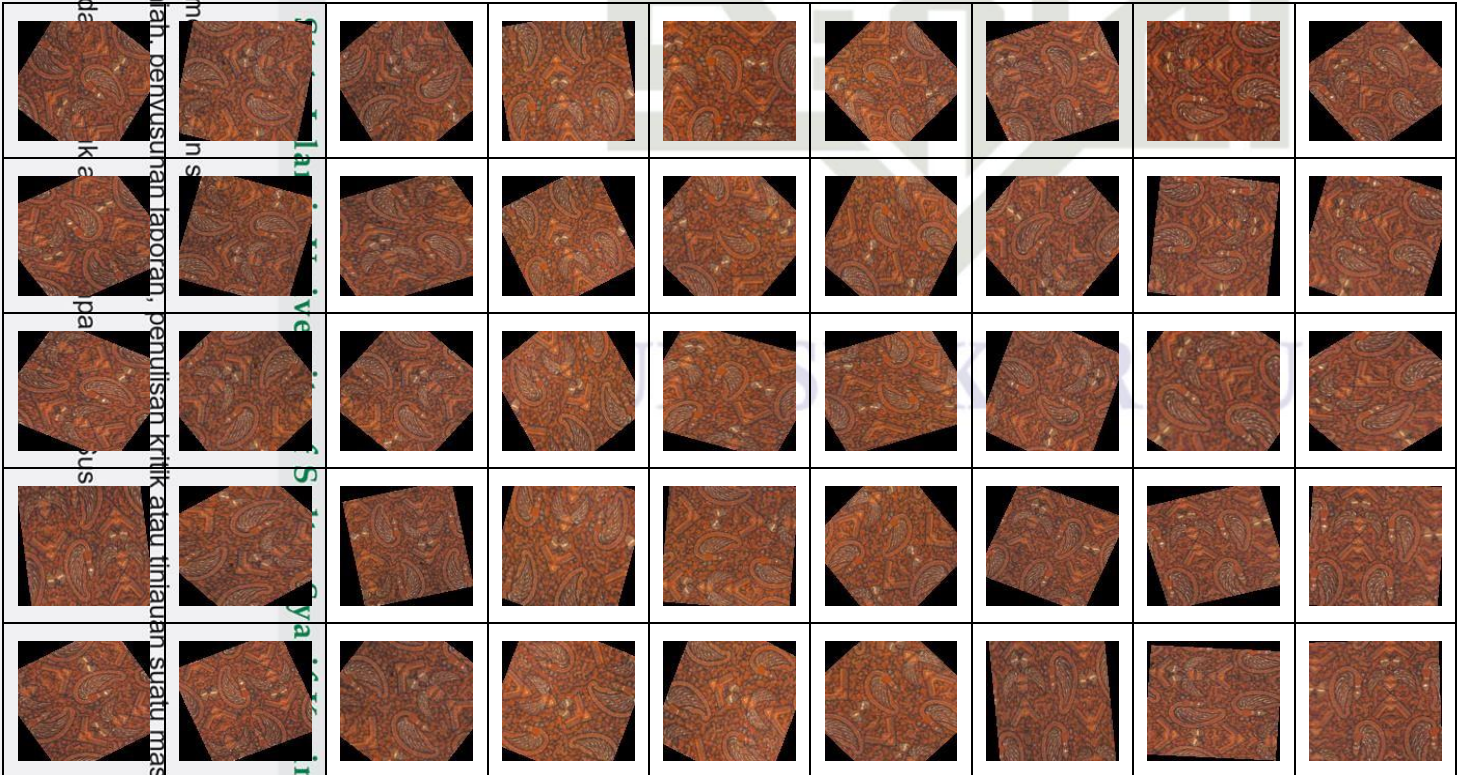
B.11 Kelas Batik B11



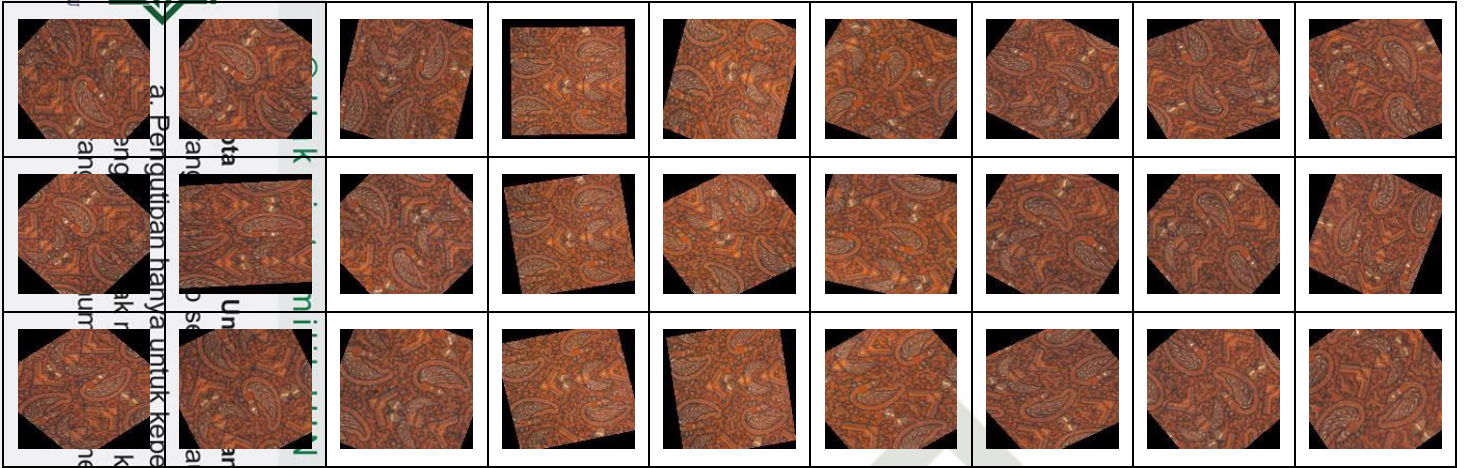


a. Pengumpulan hanya untuk kepentingan pengabdian, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

B.12 Kelas Batik B12

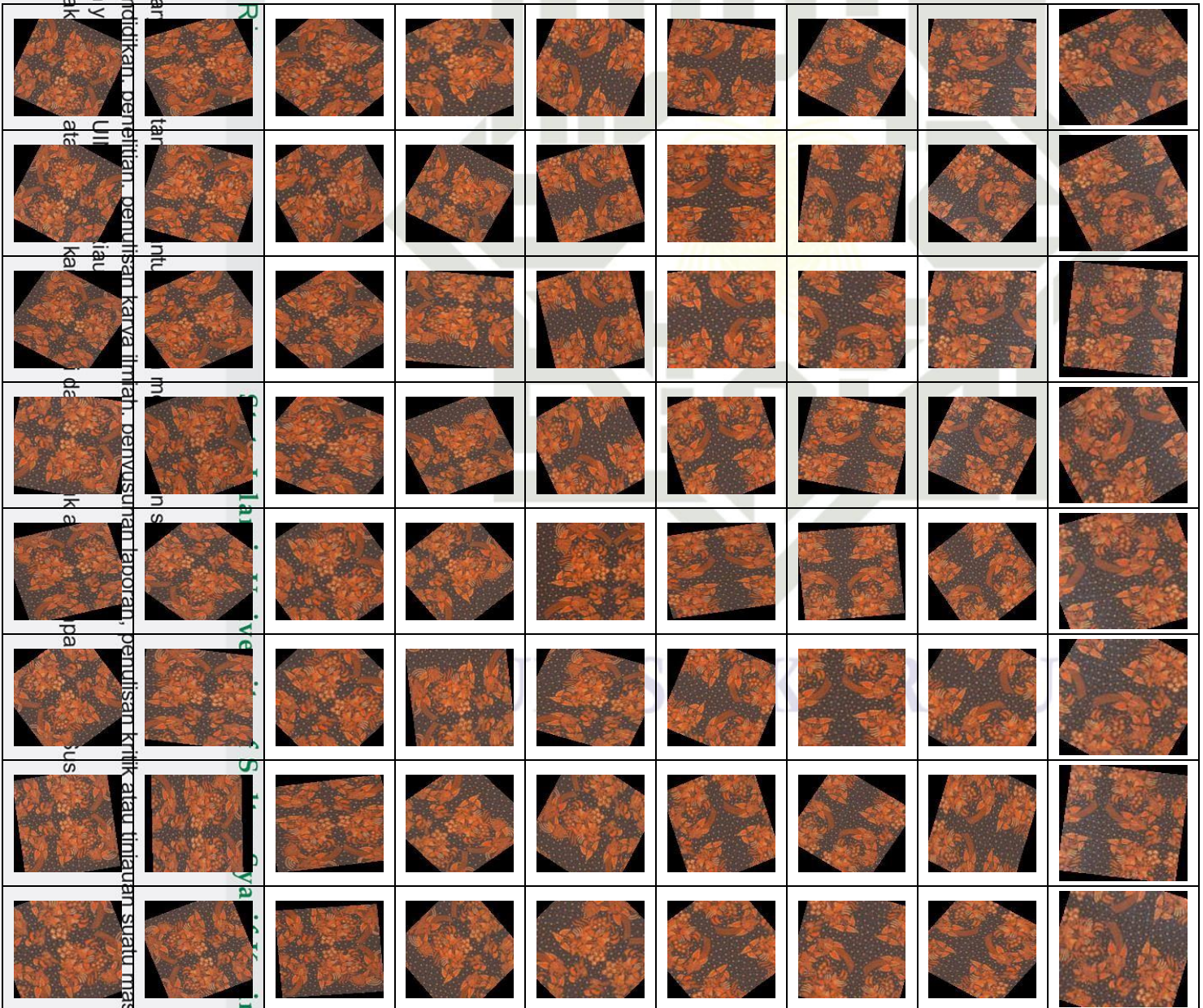


UIN SUSKA RIAU



a. Pengujian hanya untuk kepentingan penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

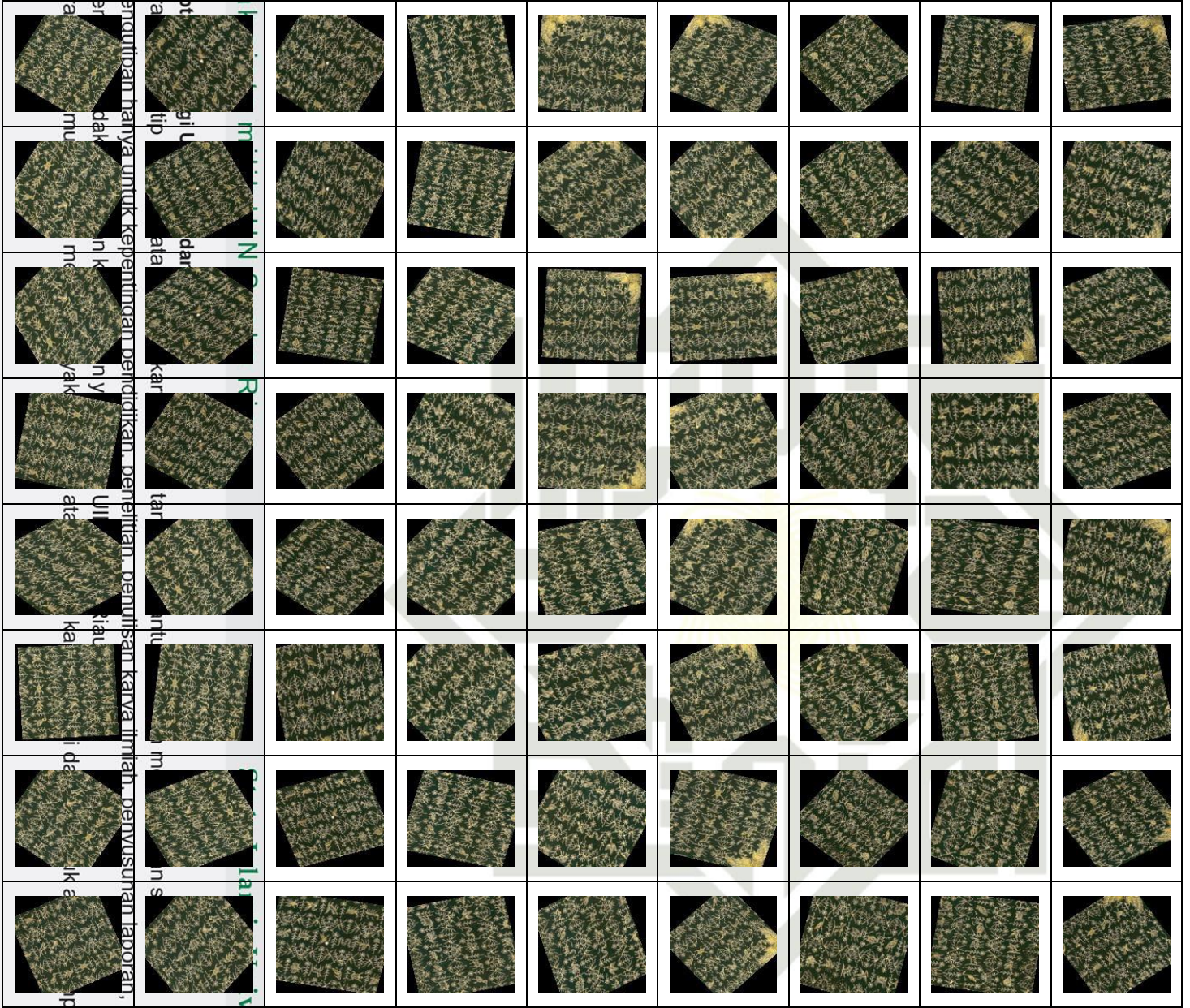
B.13 Kelas Batik B13



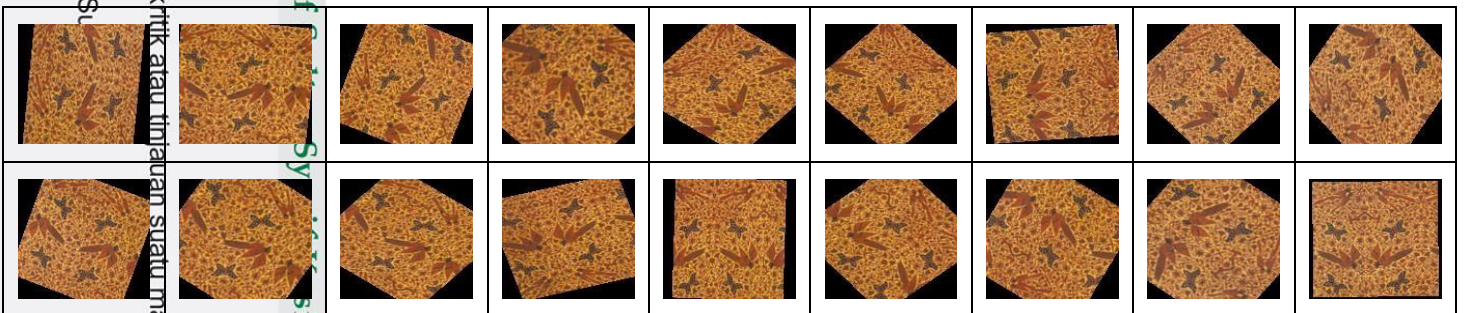
UIN SUSKA RIAU

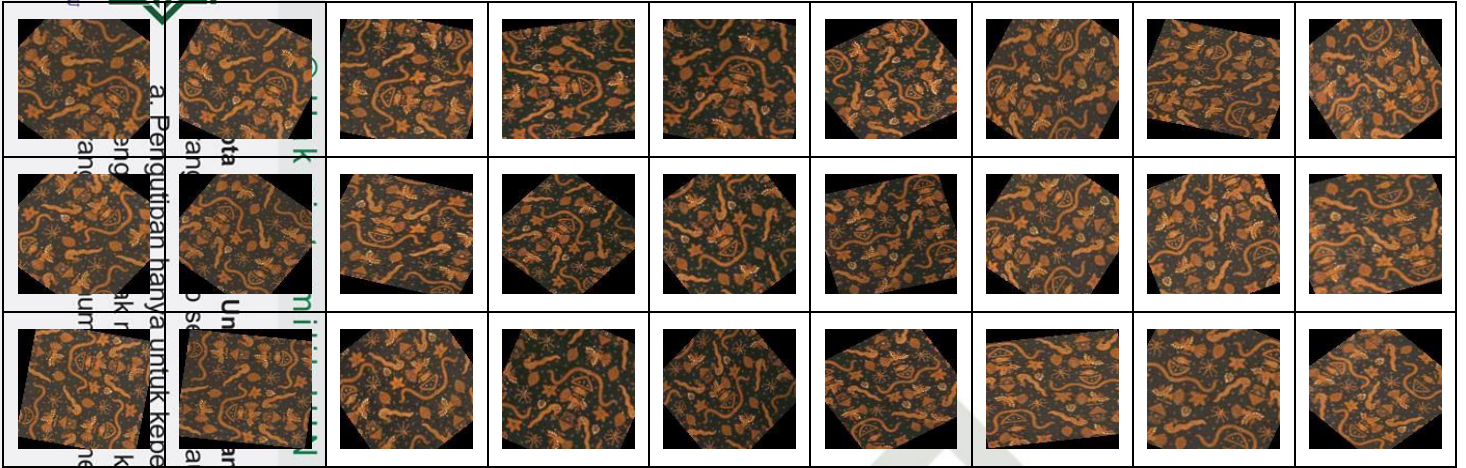
B.14 Kelas Batik B14

1. Diarata
2. Diarata



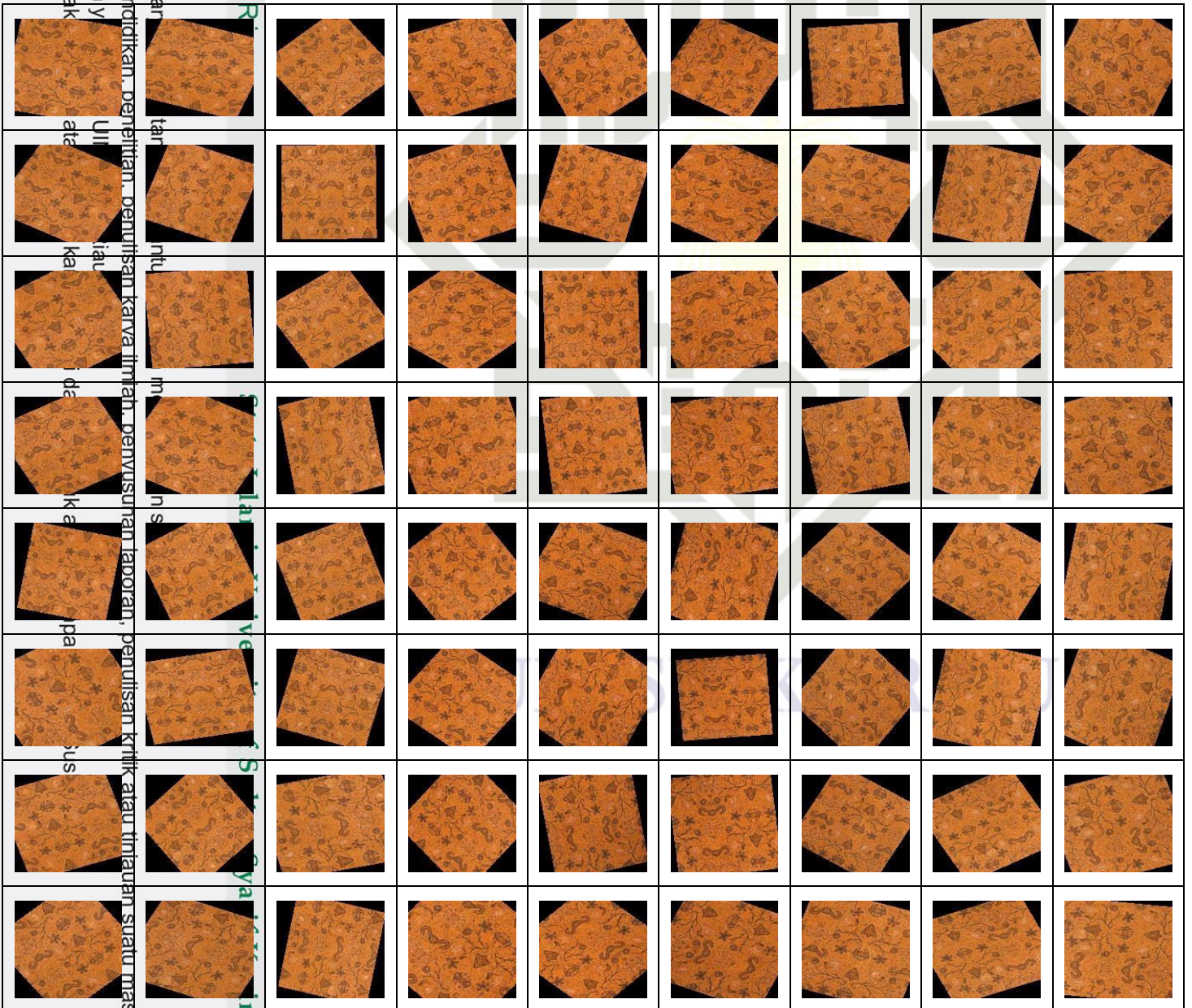
B.15 Kelas Batik B15





a. Penugasan hanya untuk kepentingan penelitian atau seluruh karak-
 ter yang penting yang akan mempengaruhi

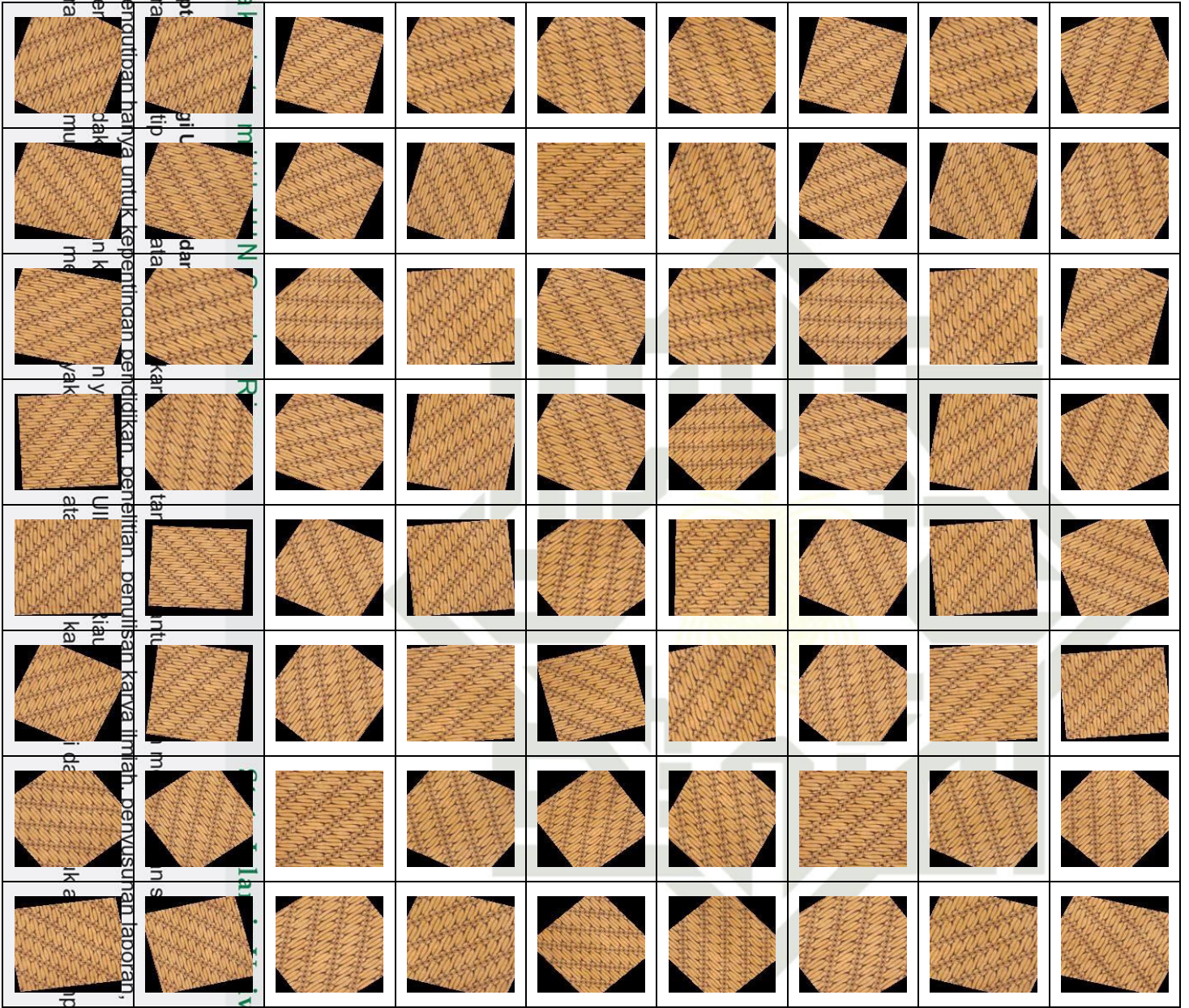
B.17 Kelas Batik B17



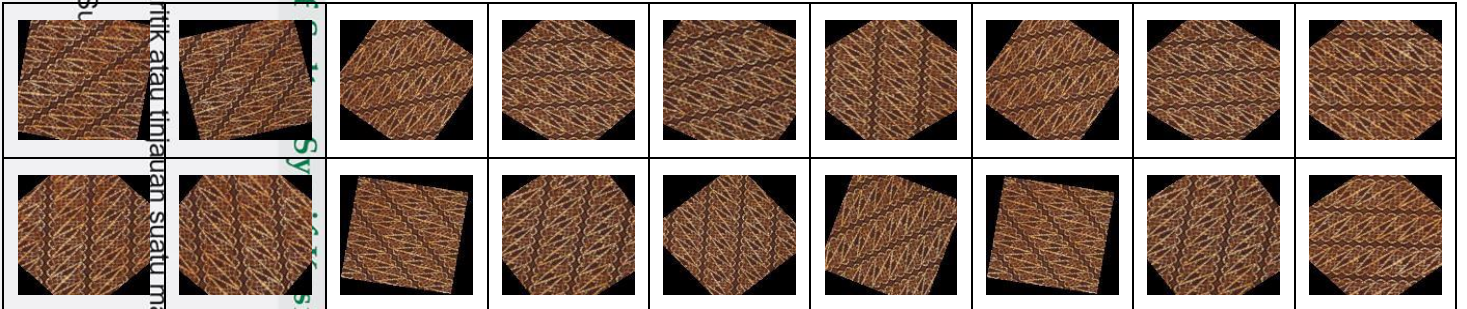
Uji atau ka-
 da-
 k a-
 pa-
 sus-
 tin Ri-
 a

B.18

Kelas Batik B18



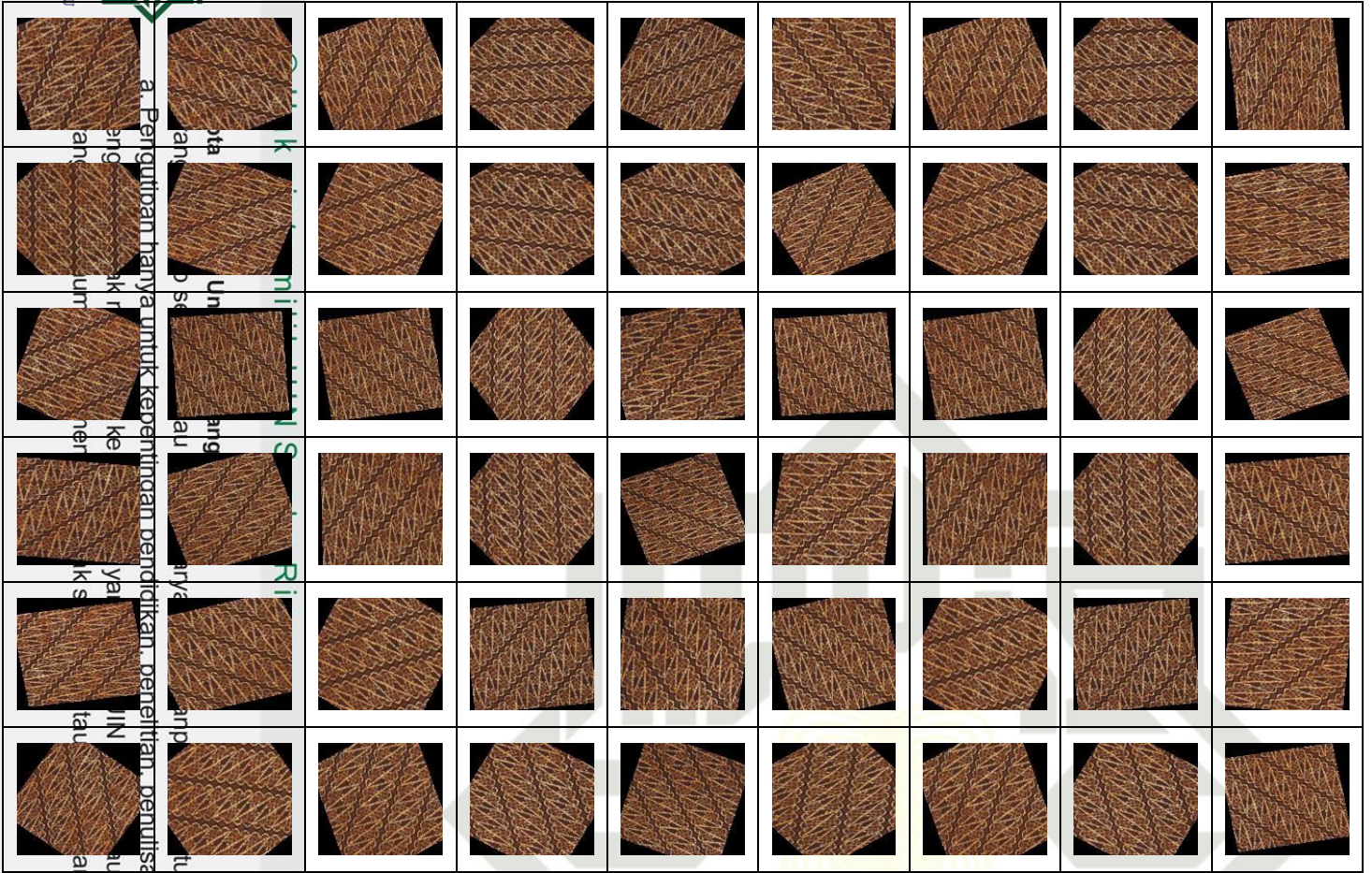
B.19 Kelas Batik B19



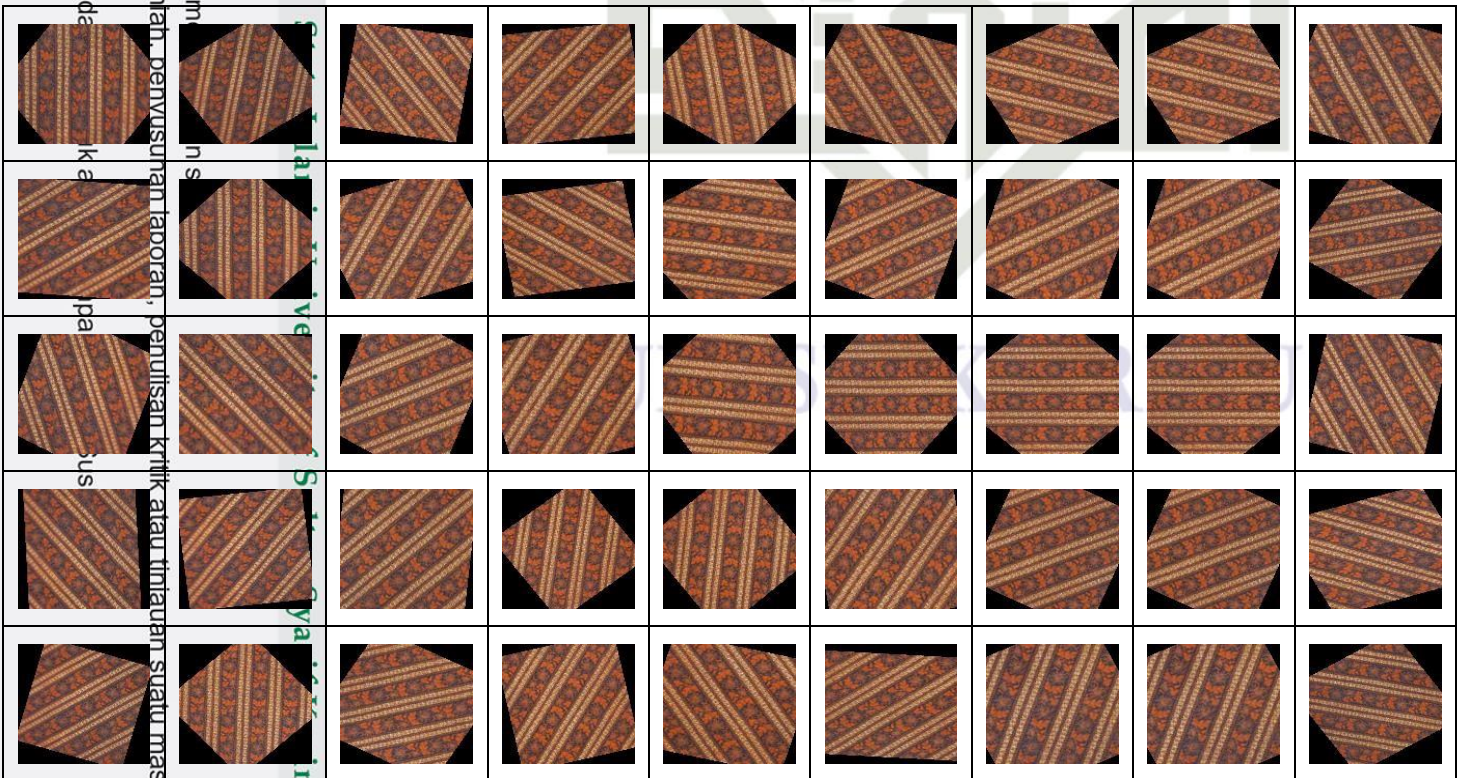
UIN SUSKA RIAU

© Hal... m... N... R... U... i... n... Riau

Hak Cipta
 1. Diartai...
 2. Diartai...
 a. Penontohan hanya untuk kepentingan pemadukan penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Per...
 UIN Su...

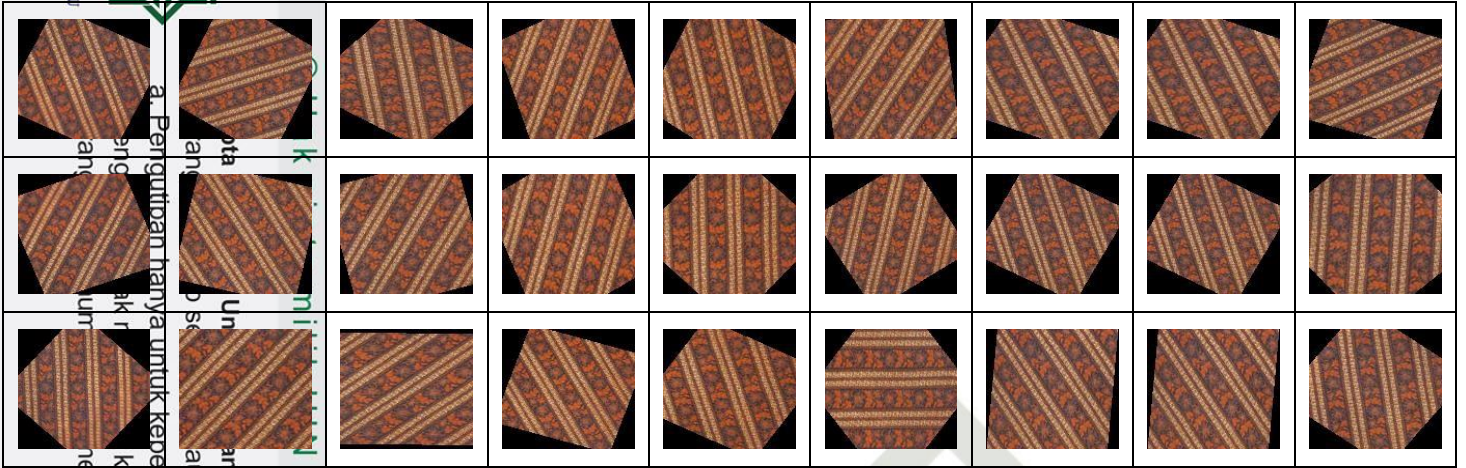


B.20 Kelas Batik B20

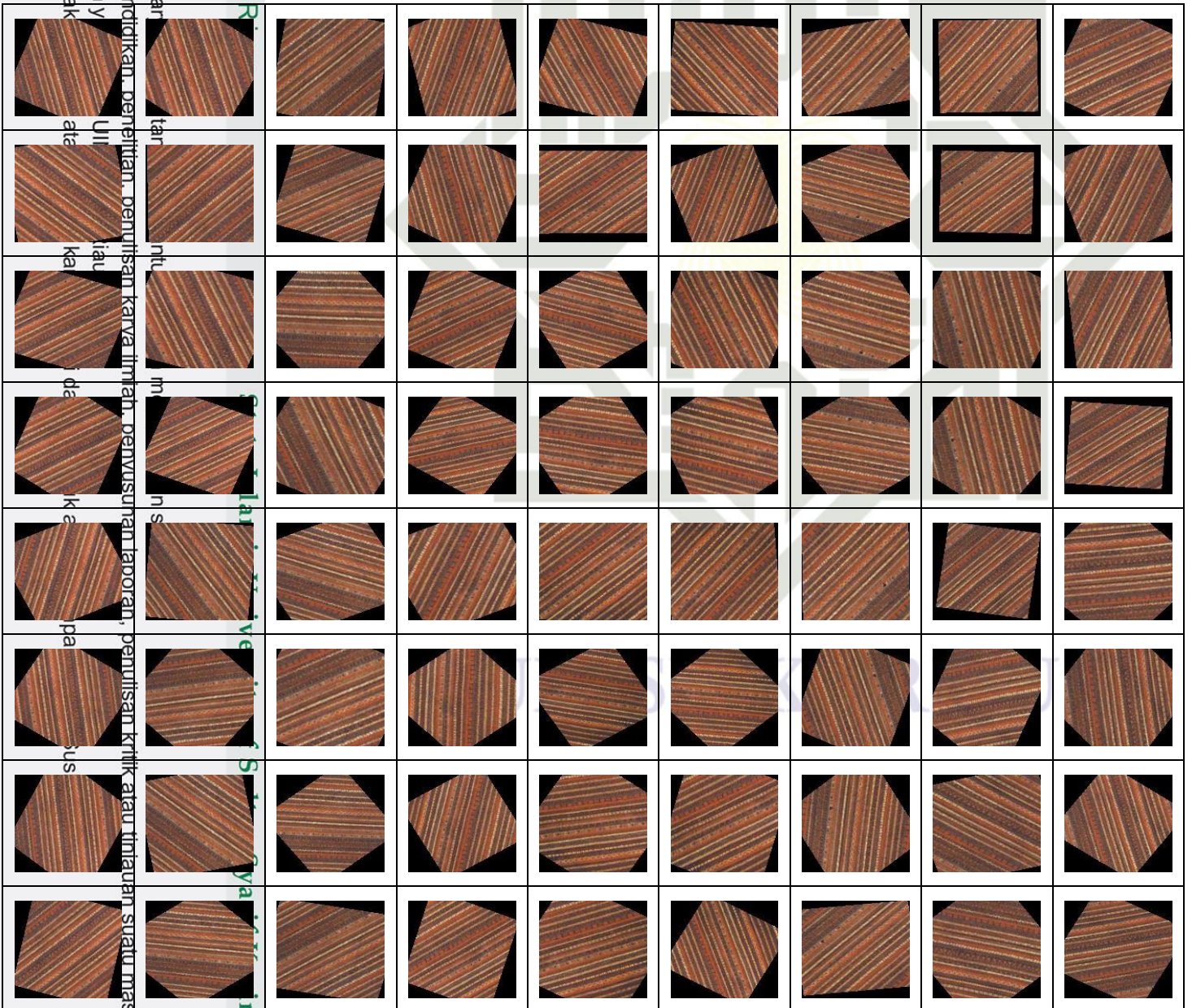


a. Pengujian hanya untuk kepentingan pengujian, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan atau tuis ini dan sebagainya.

UIN SUSKA RIAU



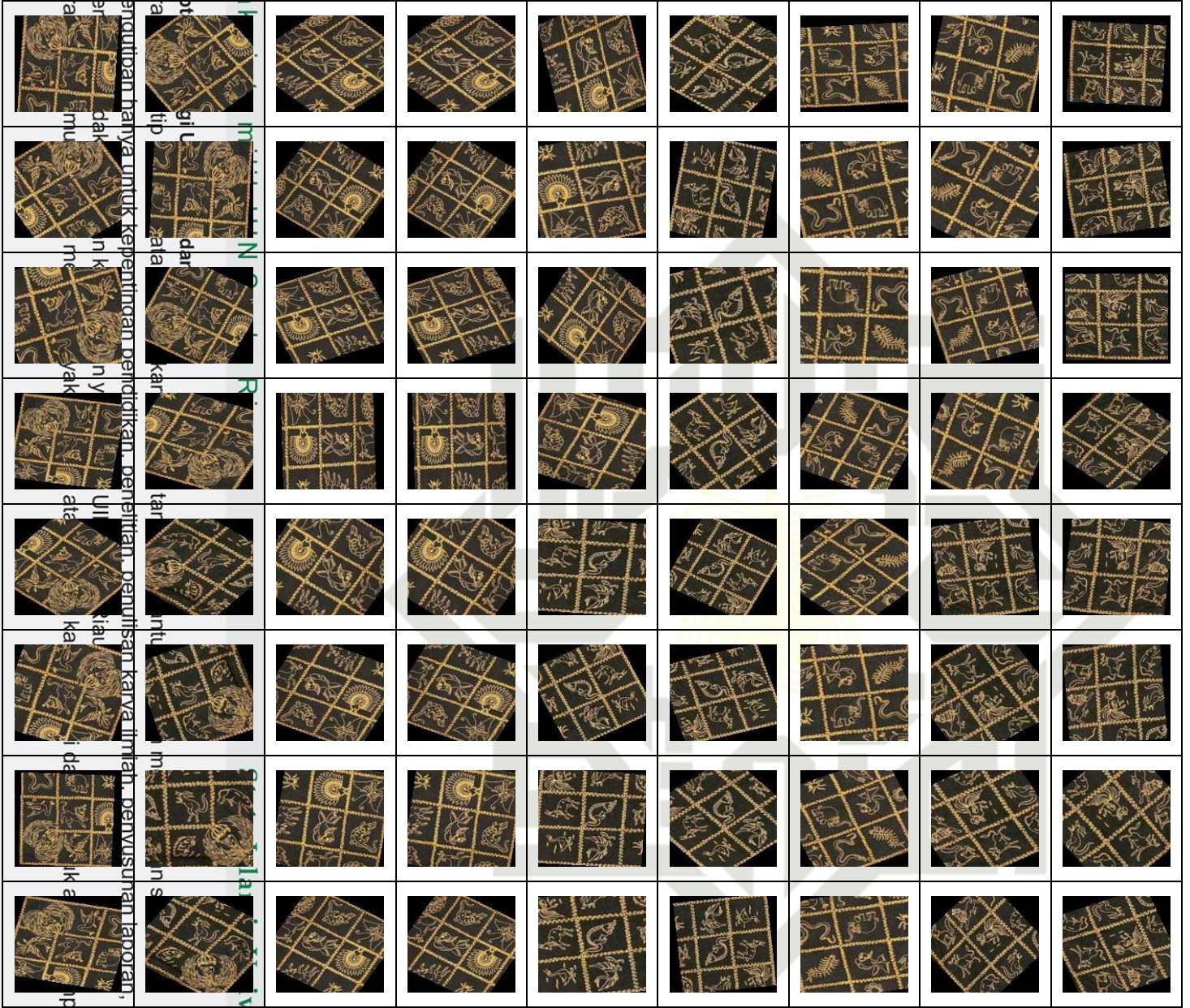
B.21 Kelas Batik B21



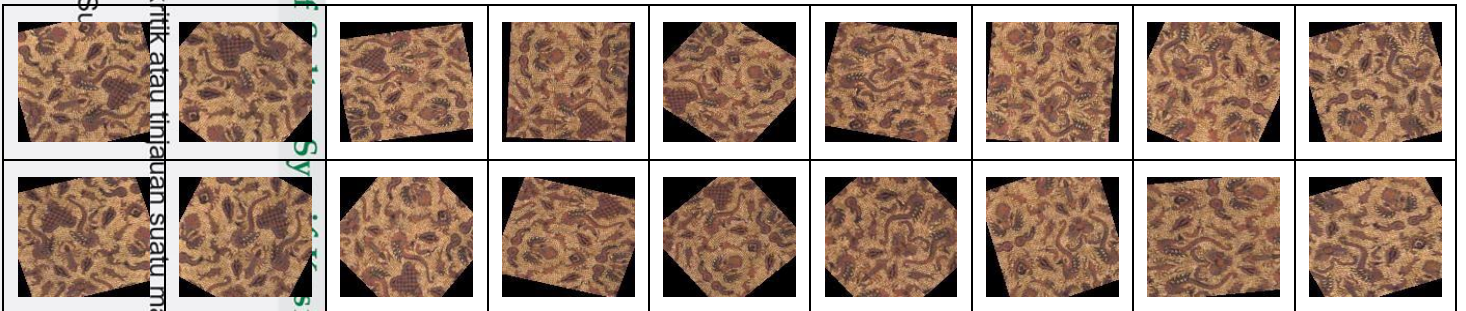
a. Pengujian hanya untuk kepentingan penjadwalan, peninjauan, penulisan karva ilmiah, penusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengujian hanya untuk kepentingan penjadwalan, peninjauan, penulisan karva ilmiah, penusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 c. Pengujian hanya untuk kepentingan penjadwalan, peninjauan, penulisan karva ilmiah, penusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 d. Pengujian hanya untuk kepentingan penjadwalan, peninjauan, penulisan karva ilmiah, penusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

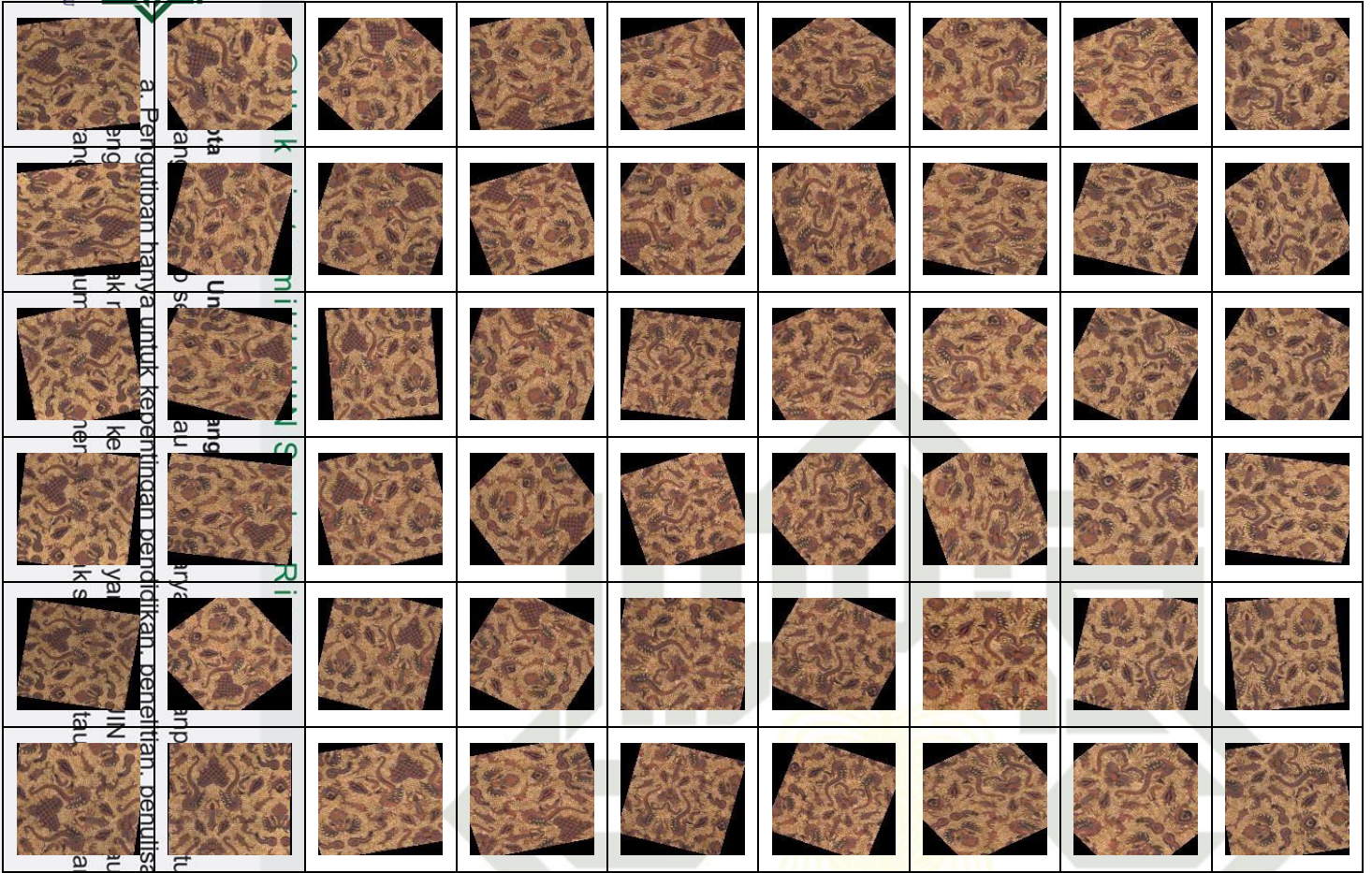
B.22 Kelas Batik B22

1. Diarahkan
2. Diarahkan



B.23 Kelas Batik B23





B.24 Kelas Batik B24

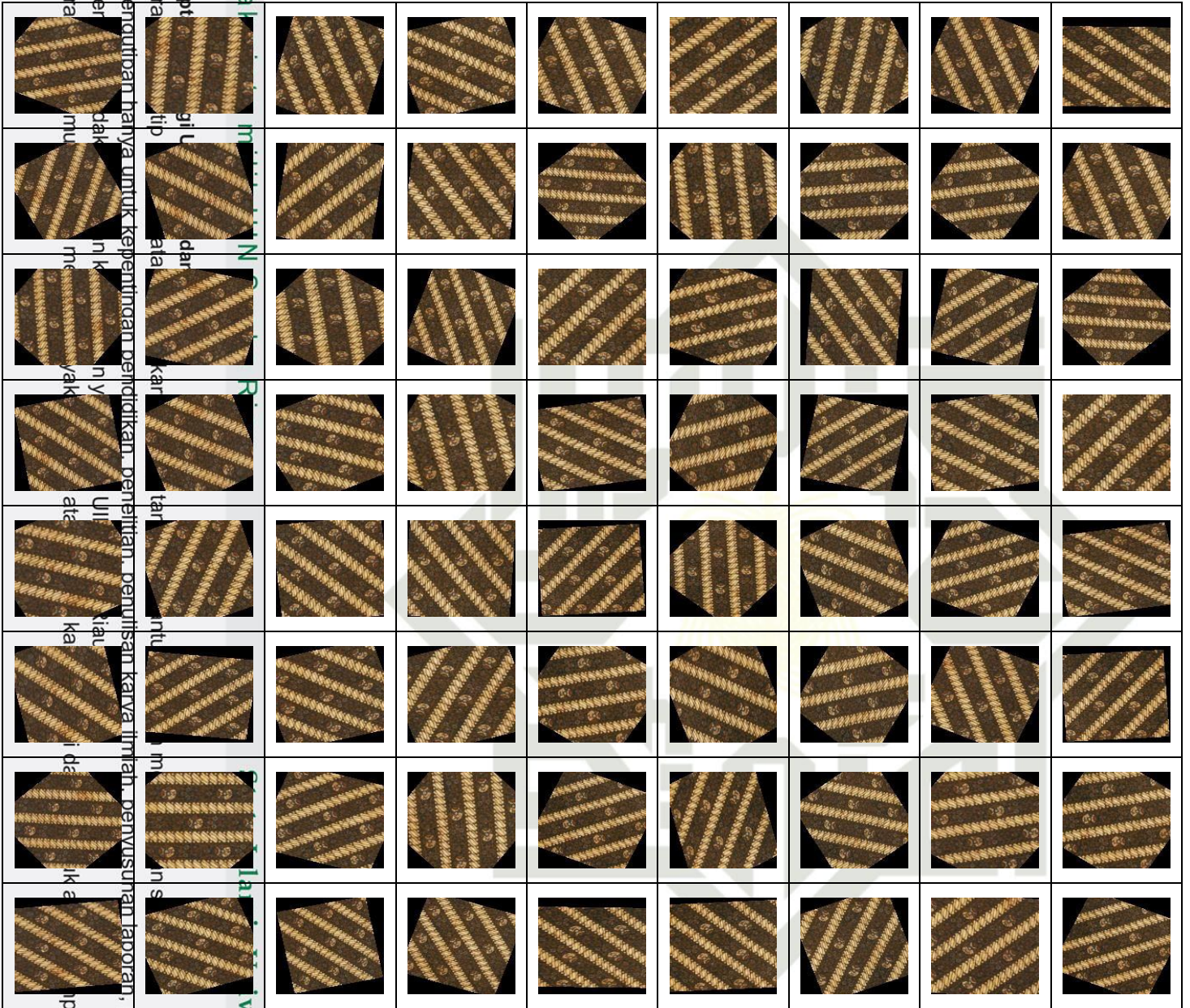


a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. aya tulis ini da

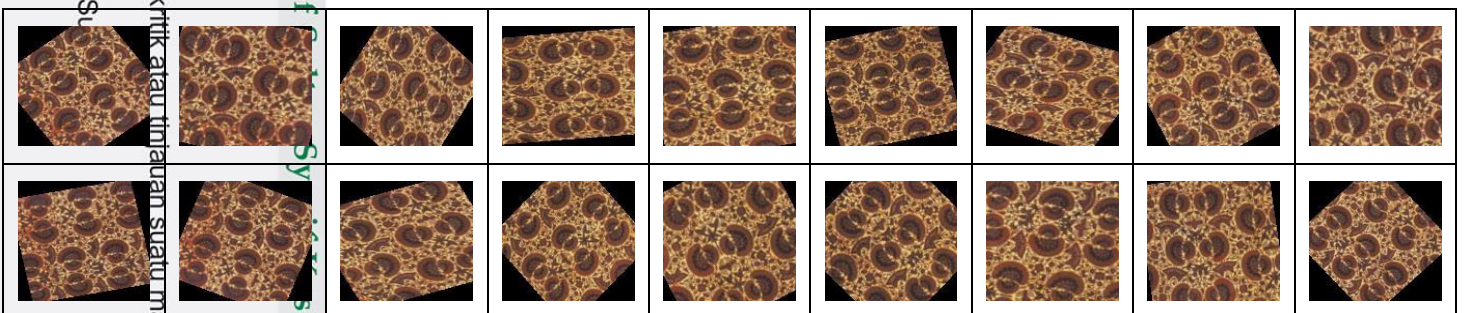
Selanjutnya, UIN SUSKA RIAU

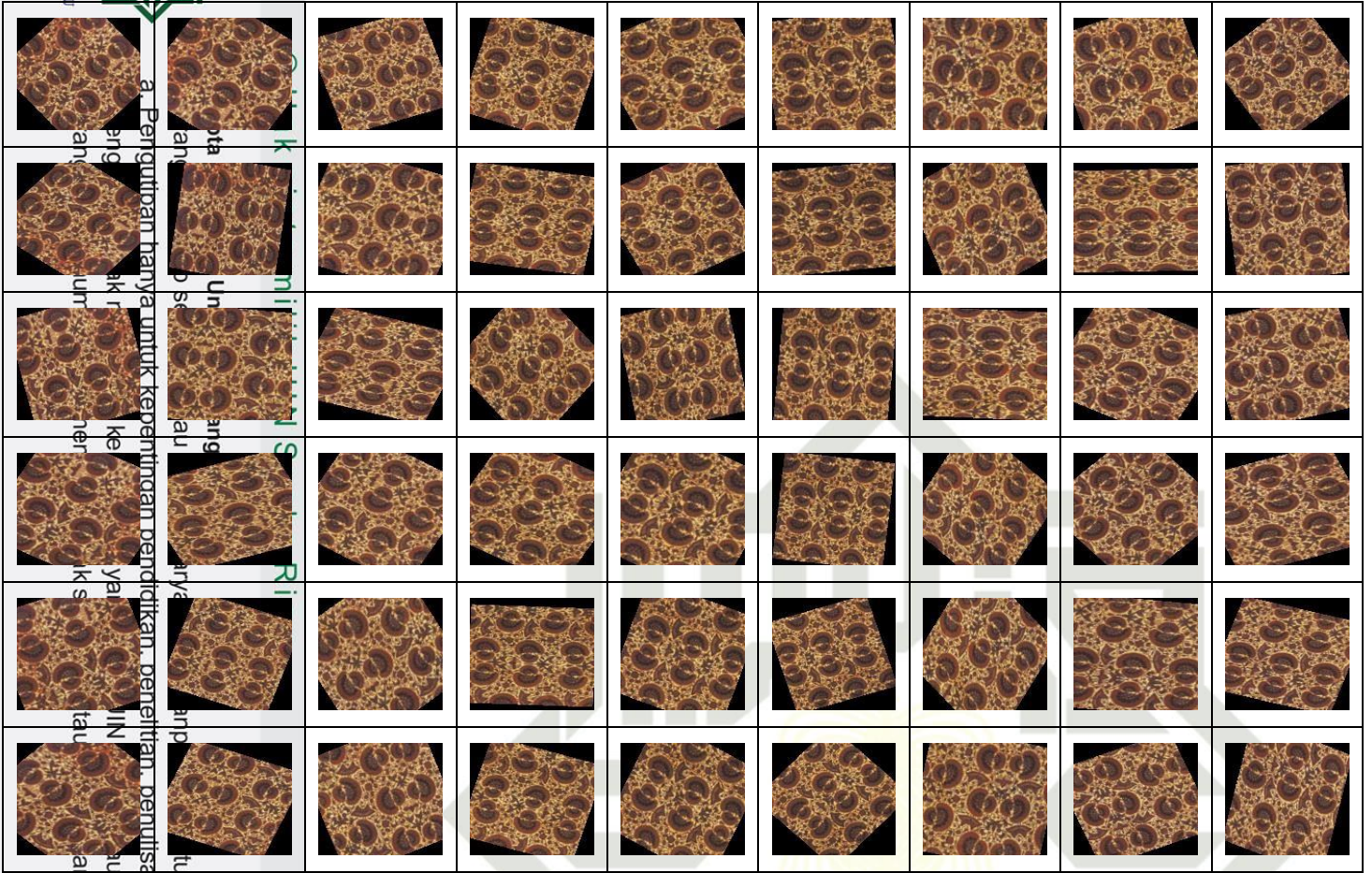
B.26 Kelas Batik B26

1. Diartikan
2. Diartikan

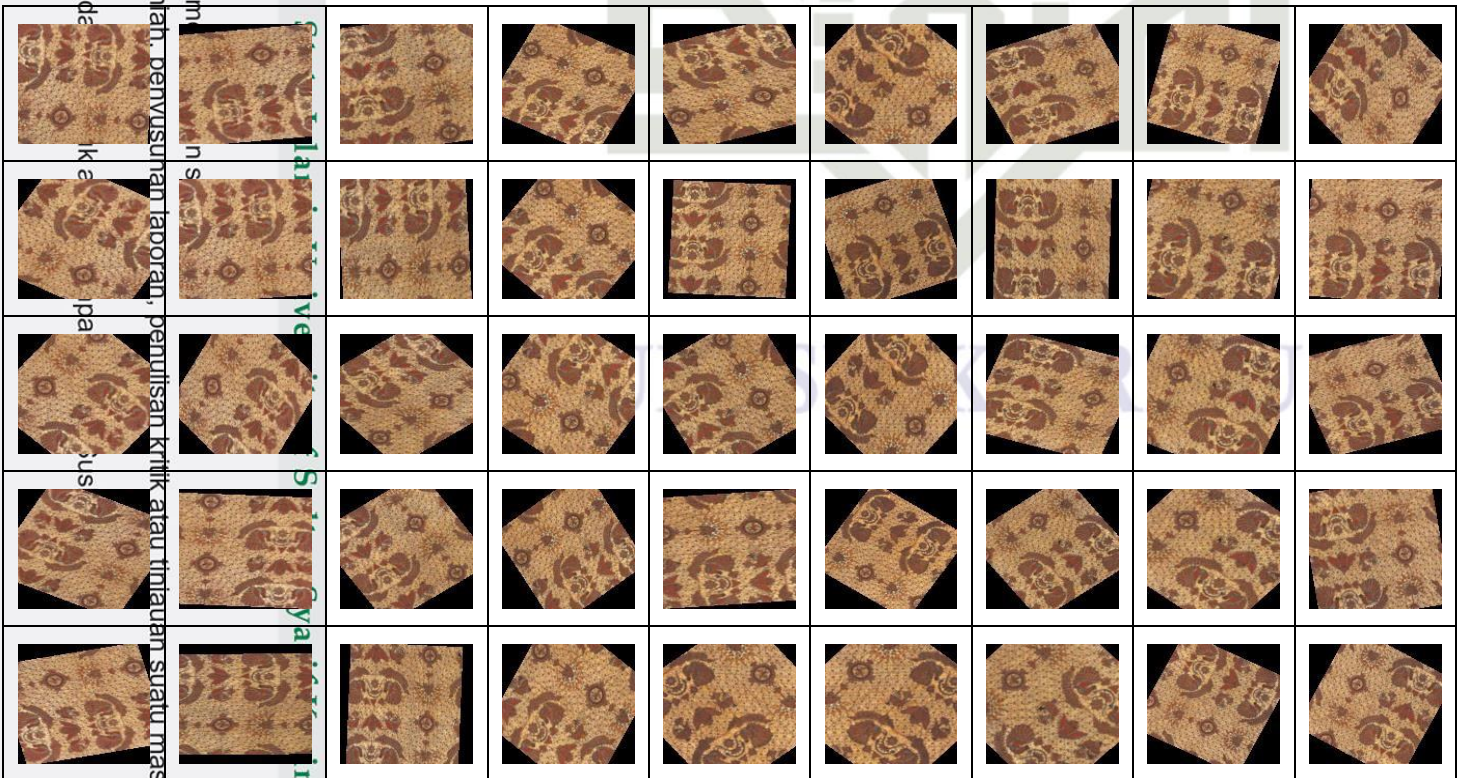


B.27 Kelas Batik B27





B.28 Kelas Batik B28



a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

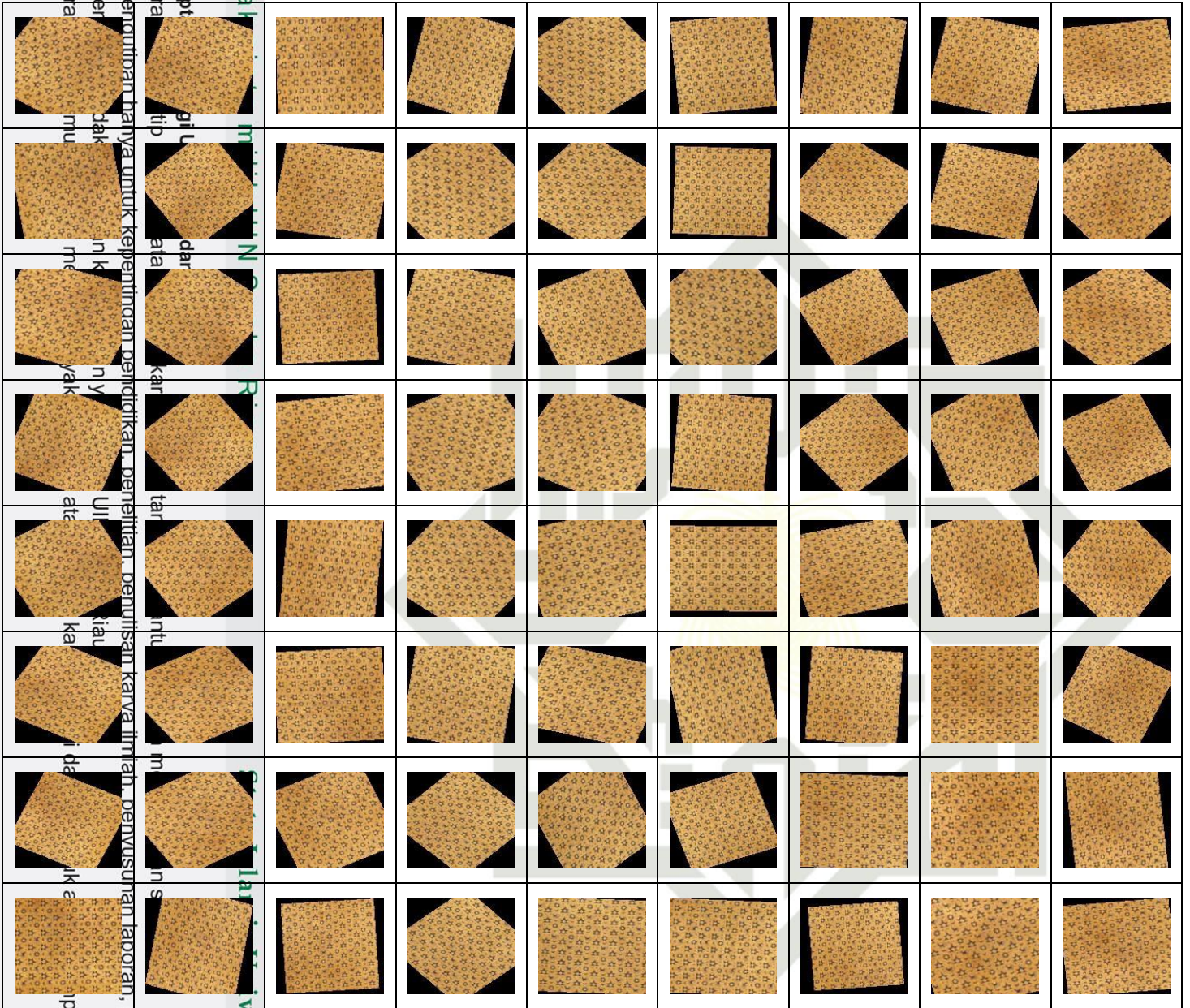
a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

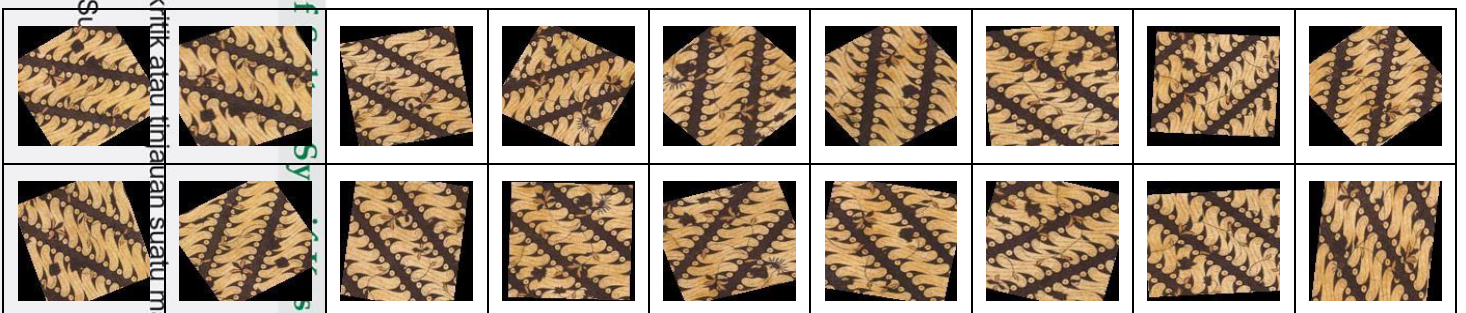
a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

B.30 Kelas Batik B30

- Hak Cipta
 1. Diarar
 a. Penantioan hanya untuk kepentingan memodifikasi, penentian, penurisan karva linah, penusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Per
 2. Diara

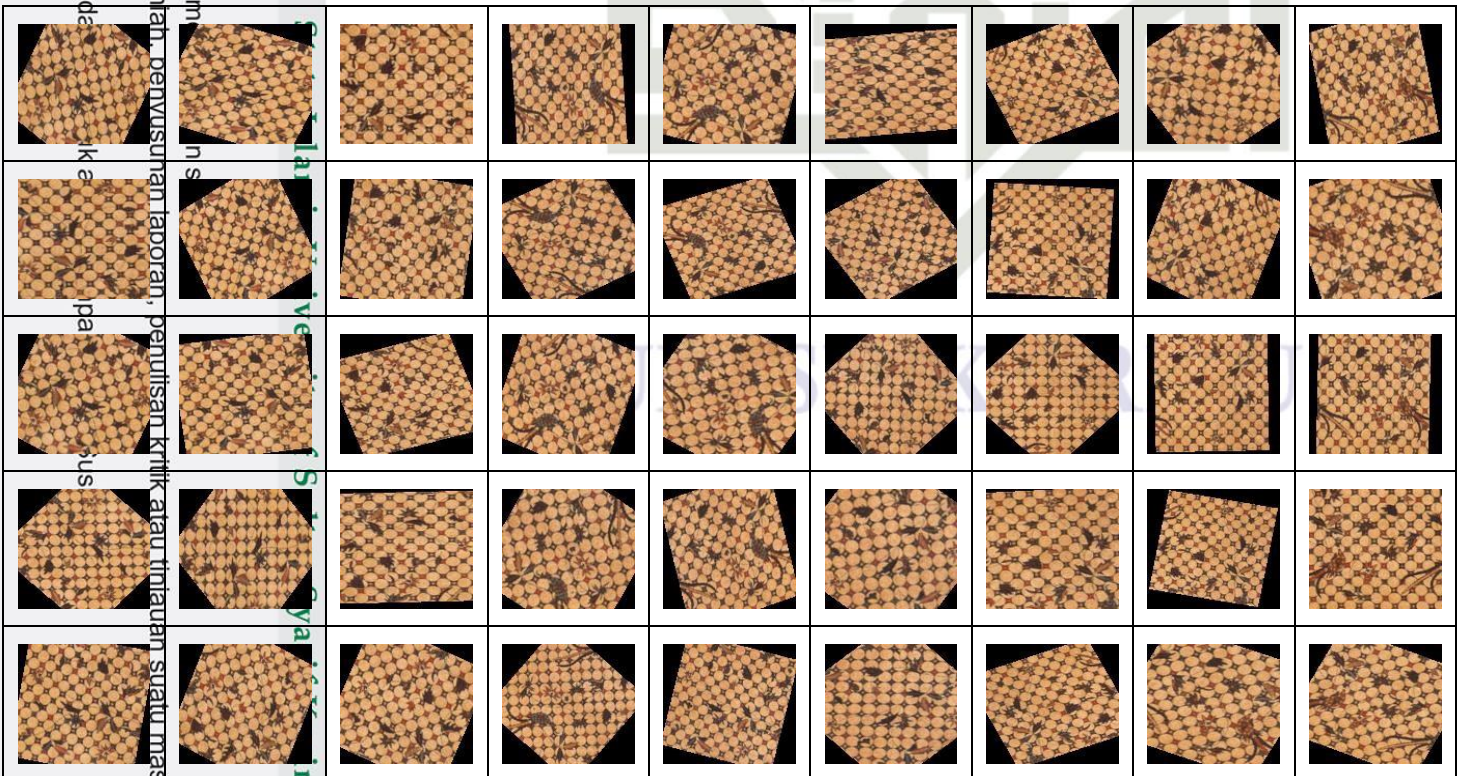


B.31 Kelas Batik B31



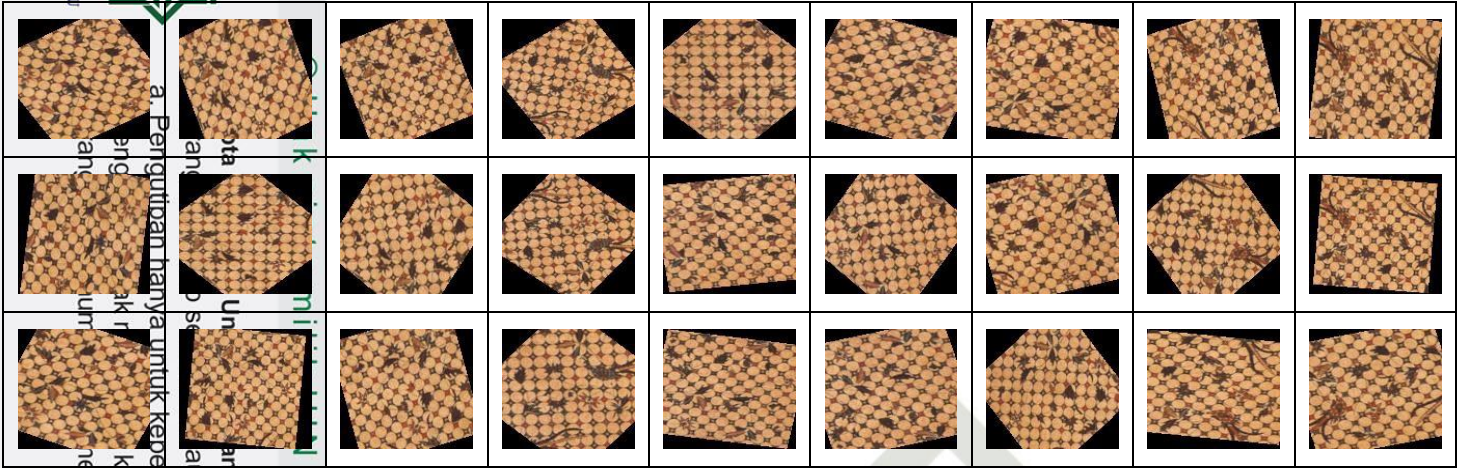


B.32 Kelas Batik B32

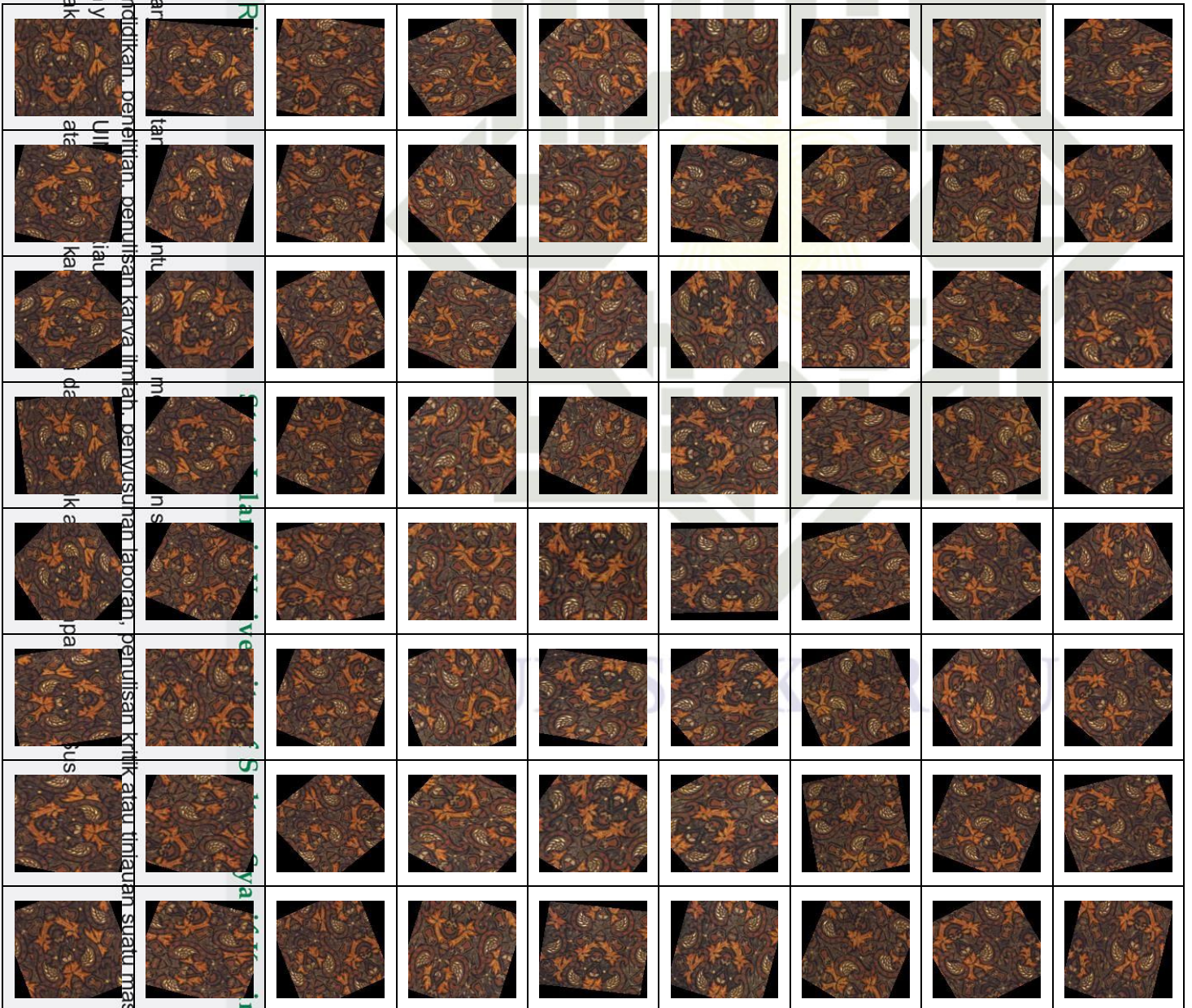


a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Boleh digunakan dan dimuat kembali asalkan untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Boleh dituliskan ini dan ini.

UIN SUSKA RIAU

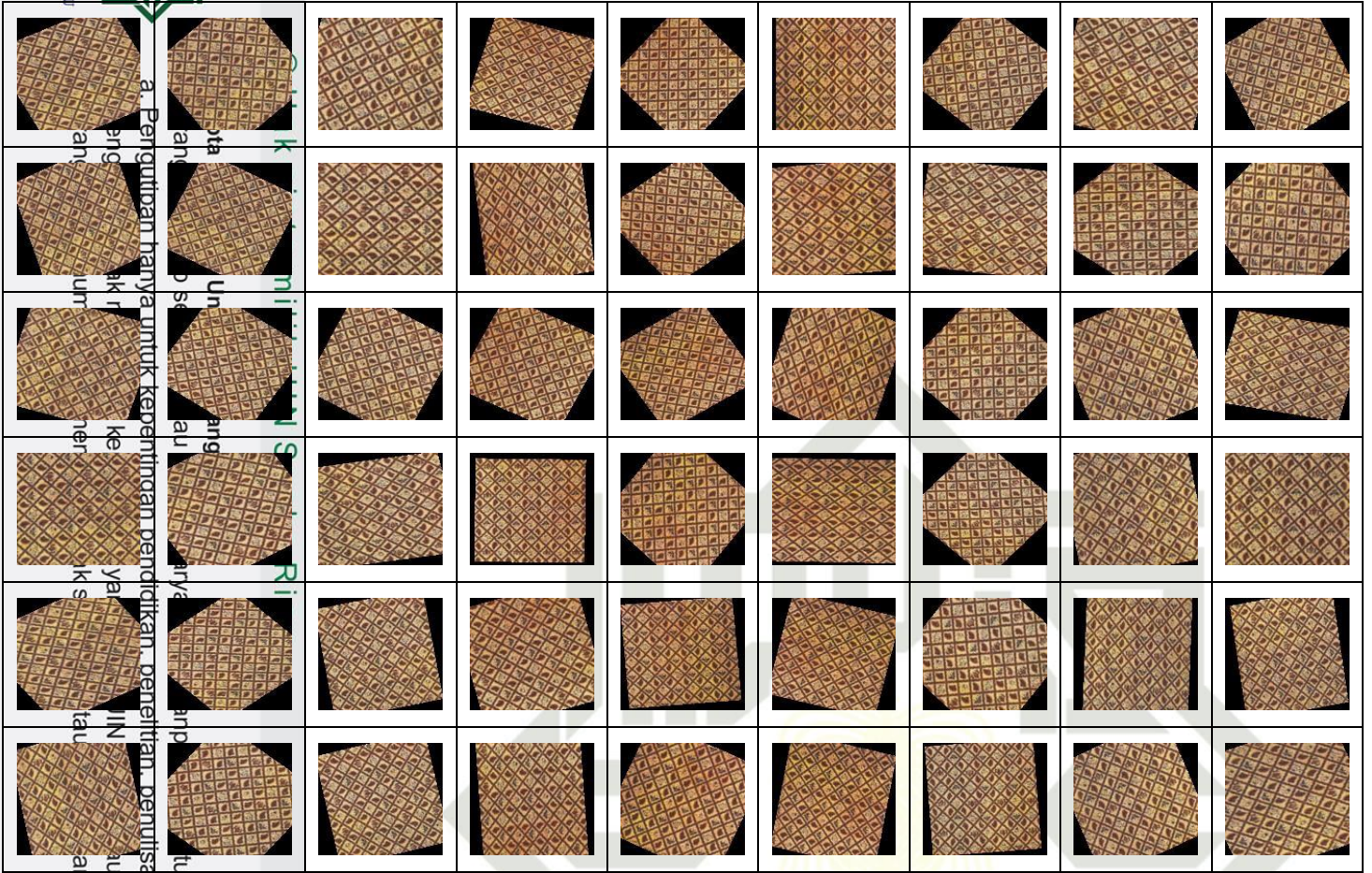


B.33 Kelas Batik B33



a. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karva ilmiah, penulisan kritk atau tinjauan suatu masalah. Ujinya hanya untuk keperluan penulisan karva ilmiah, penulisan kritk atau tinjauan suatu masalah.

UIN SUSKA RIAU

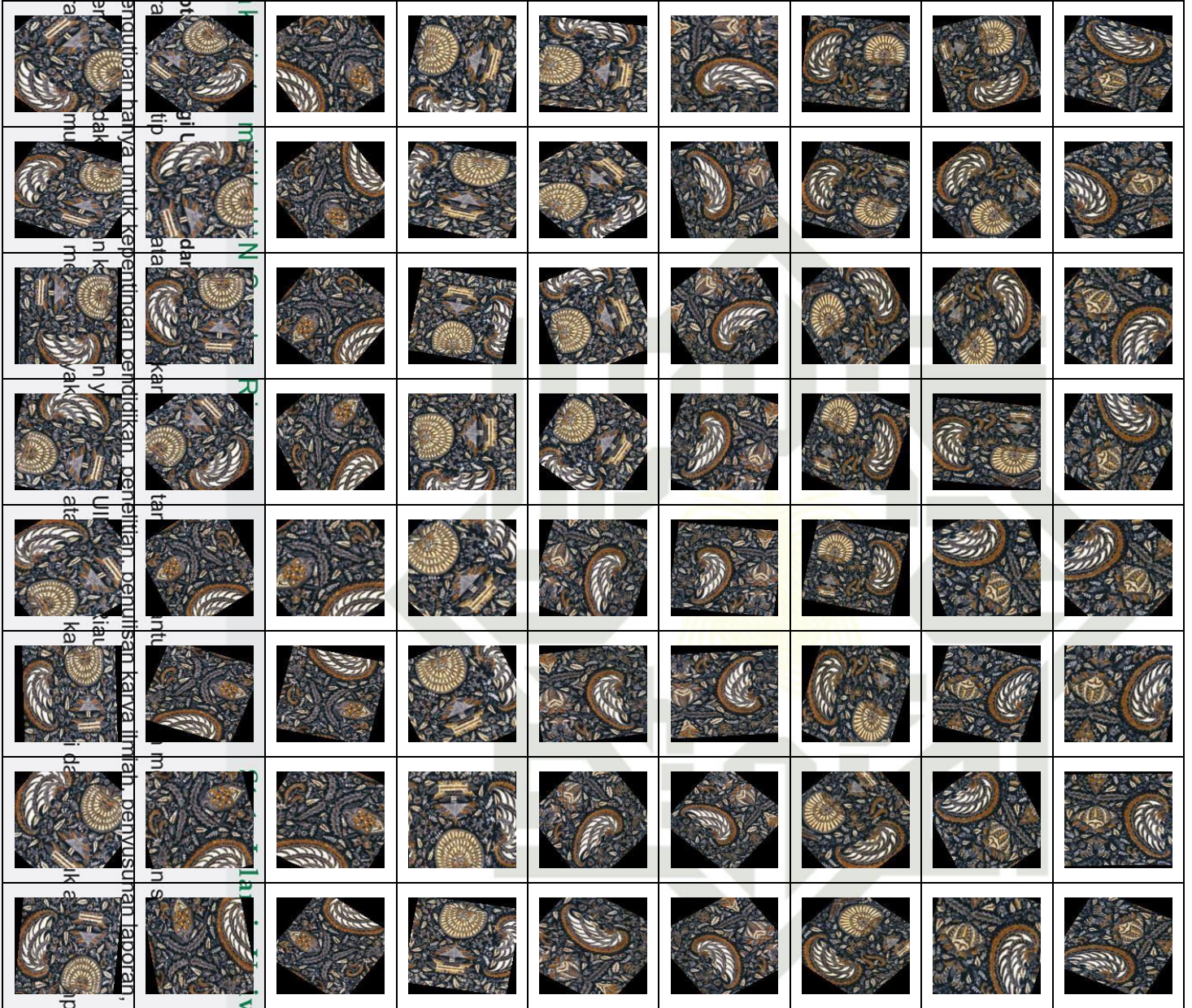


B.36 Kelas Batik B36

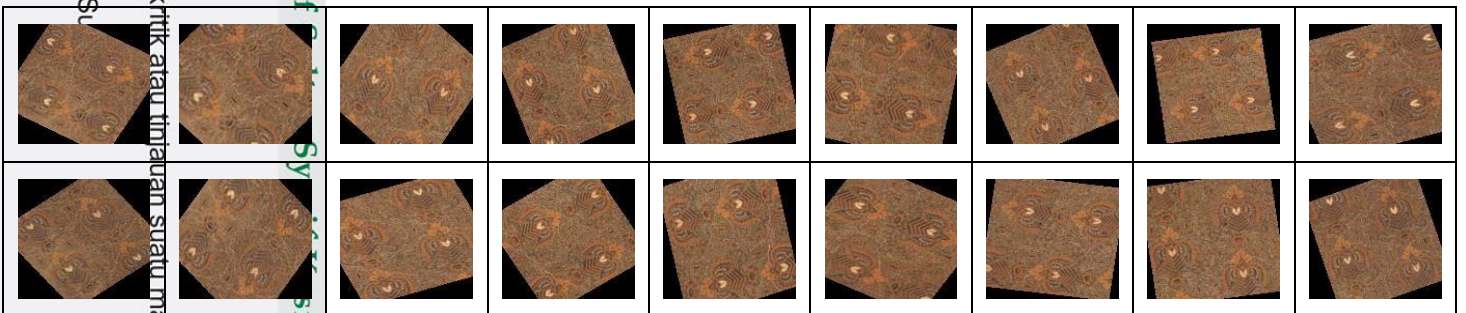


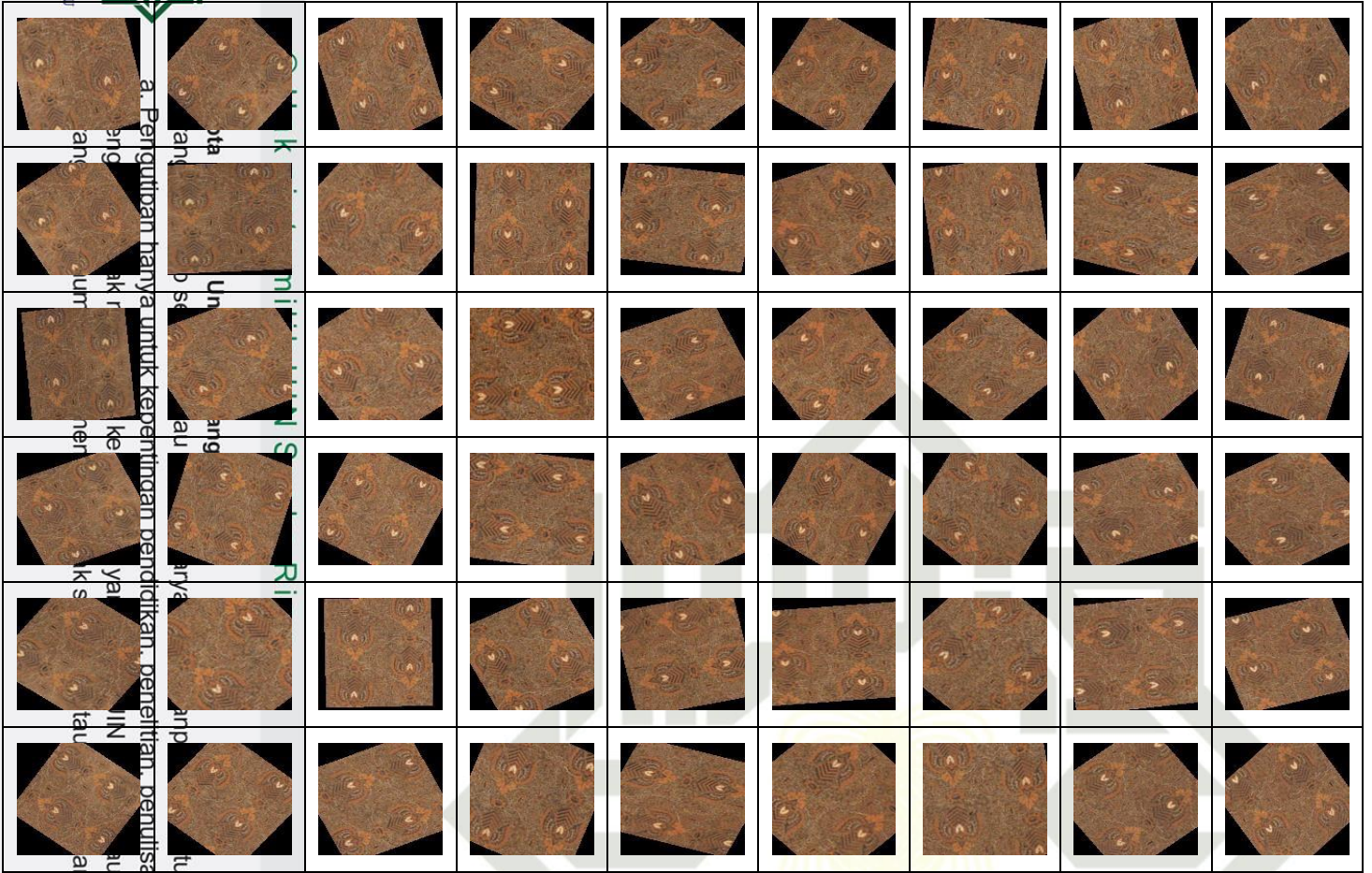
B.38 Kelas Batik B38

1. Diartikan
2. Diartikan

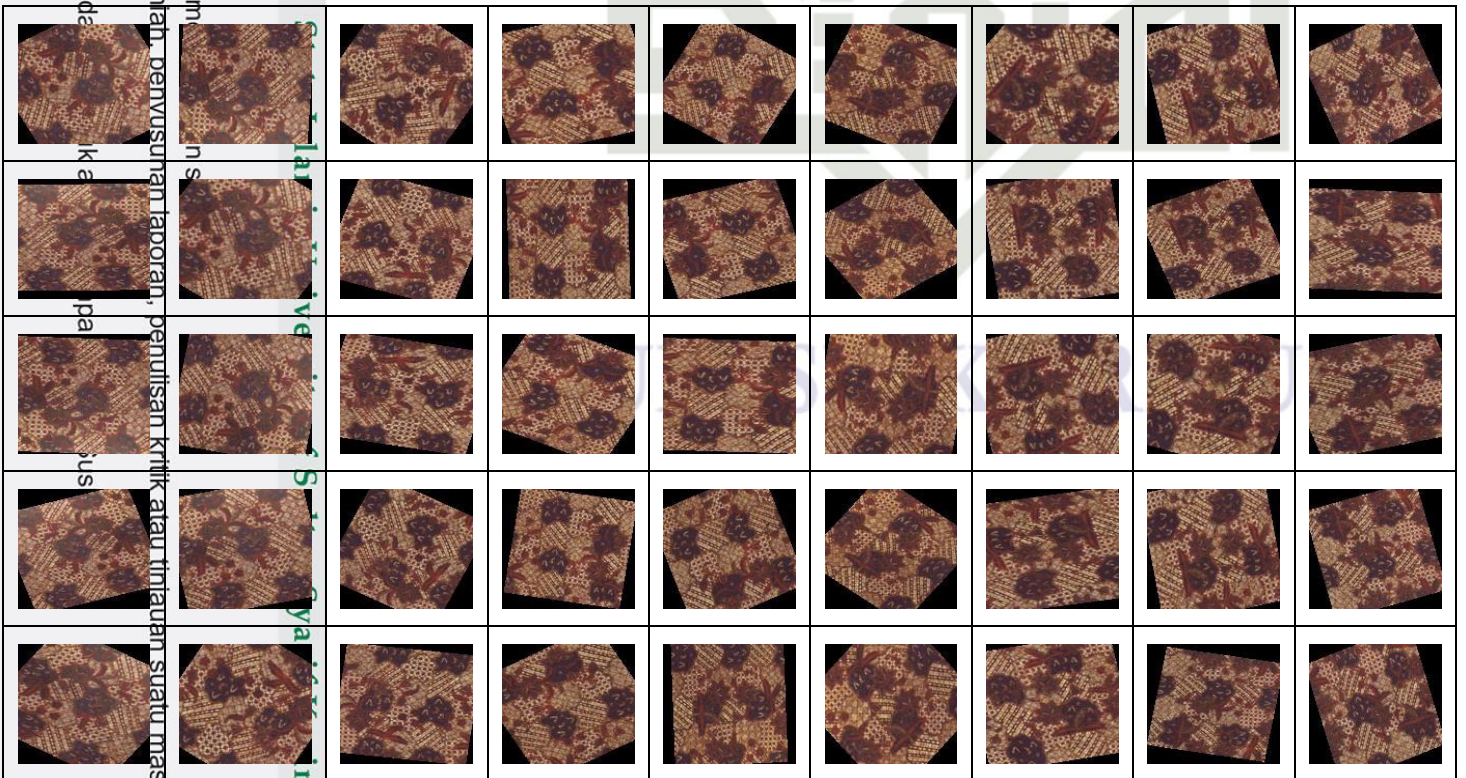


B.39 Kelas Batik B39



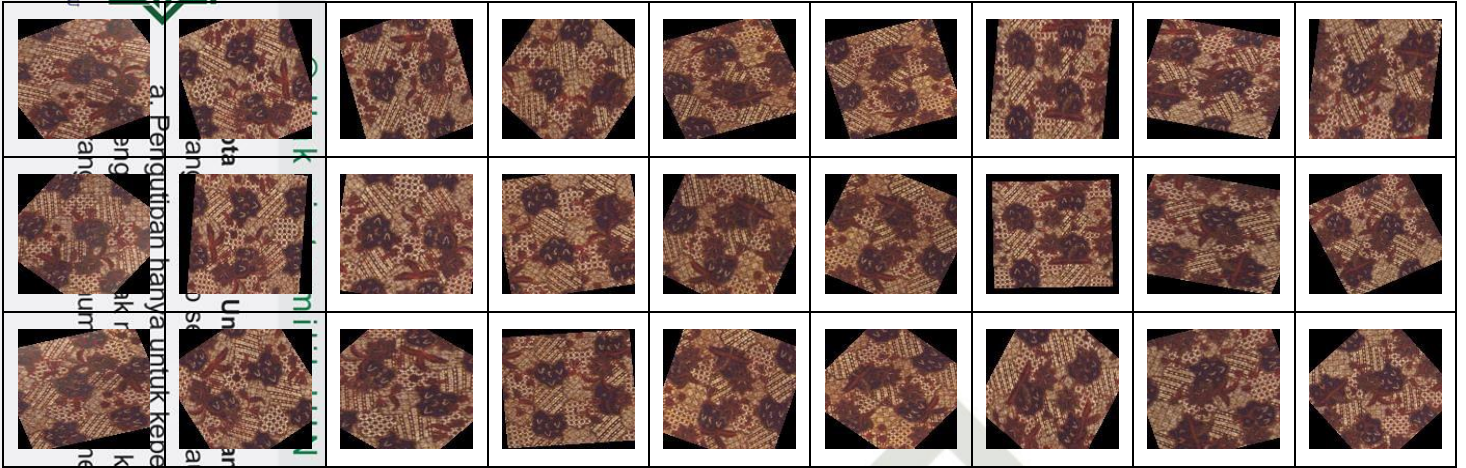


B.40 Kelas Batik B40

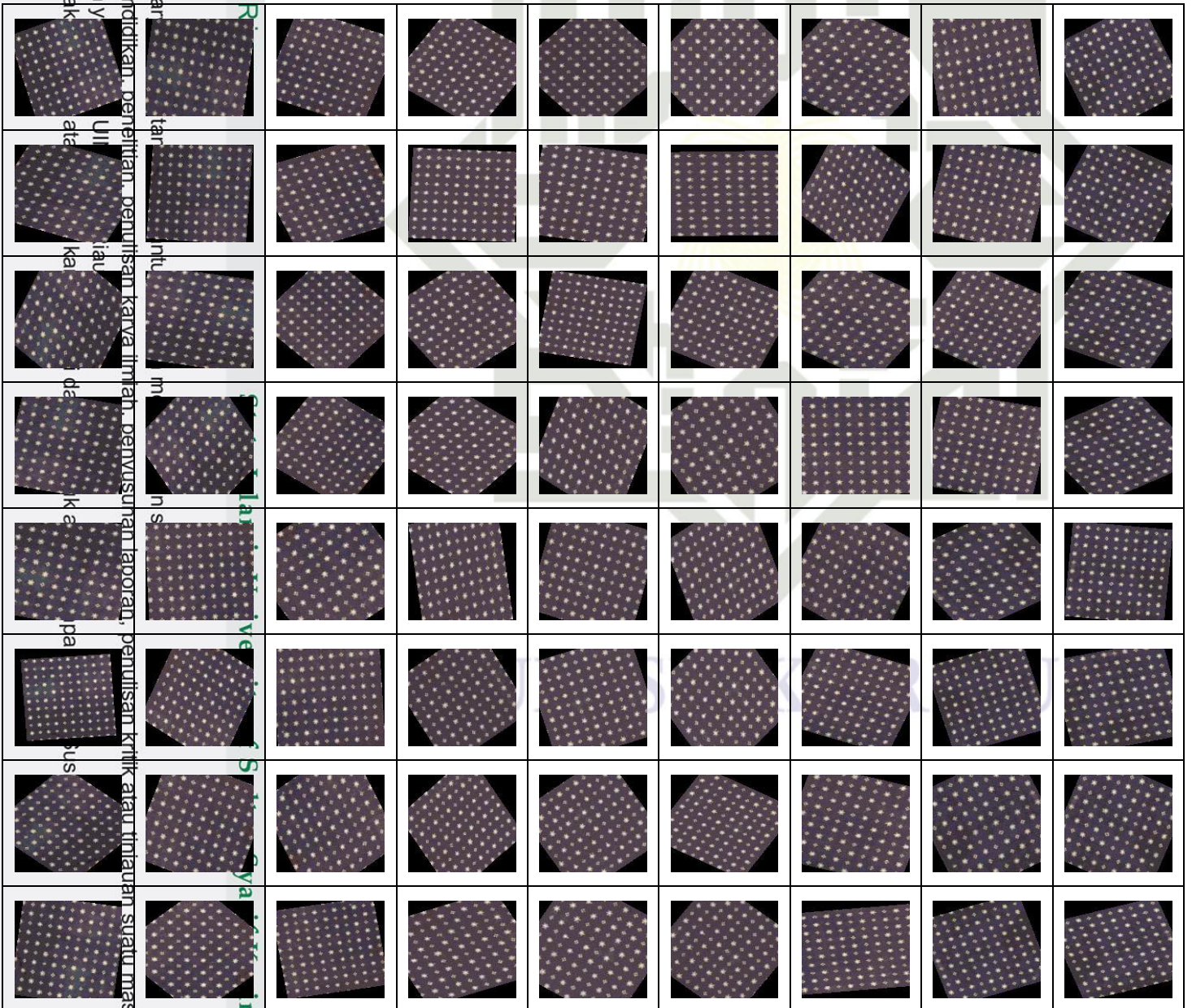


a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. aya tulis ini da

UIN SUSKA RIAU



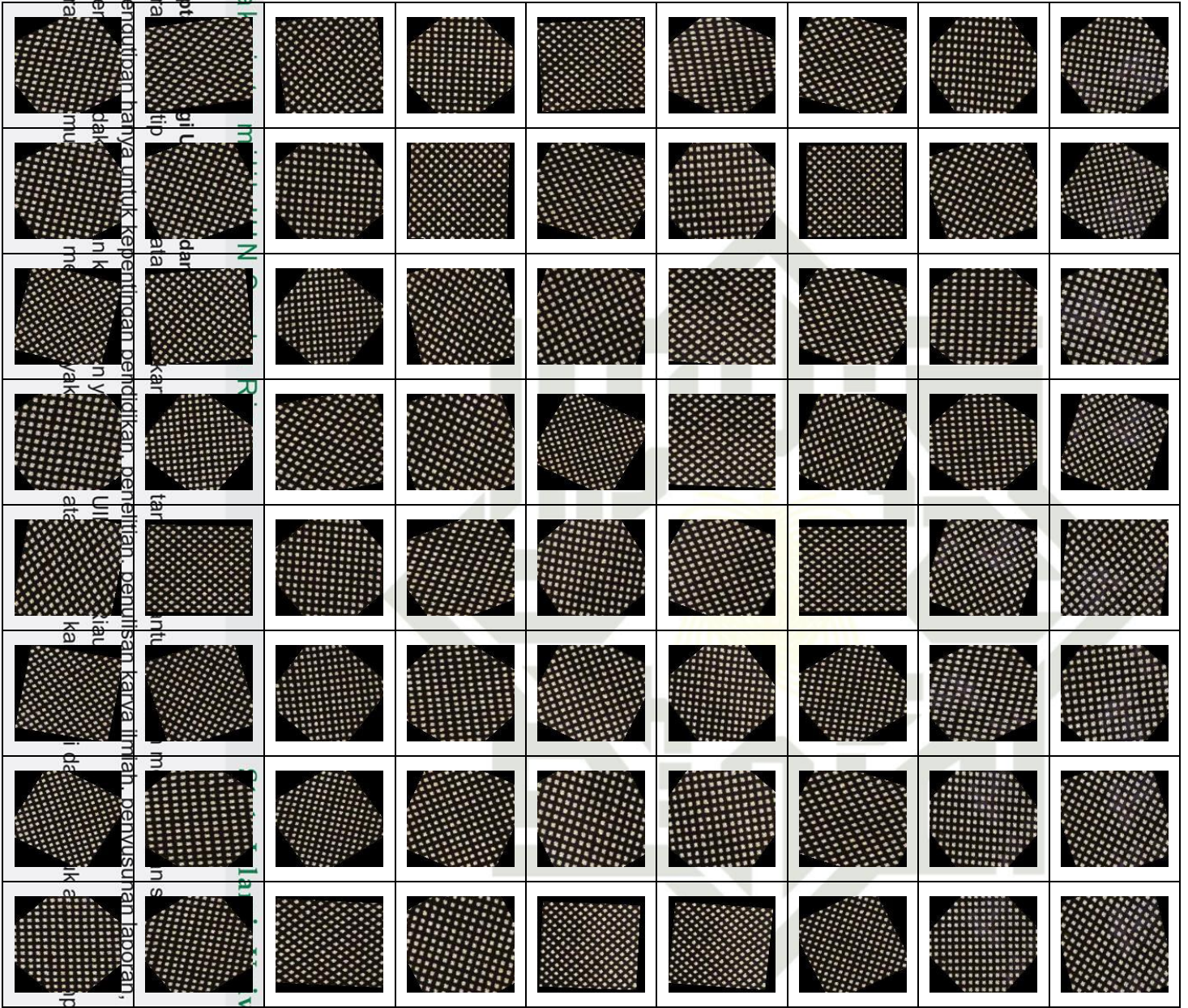
B.41 Kelas Batik B41



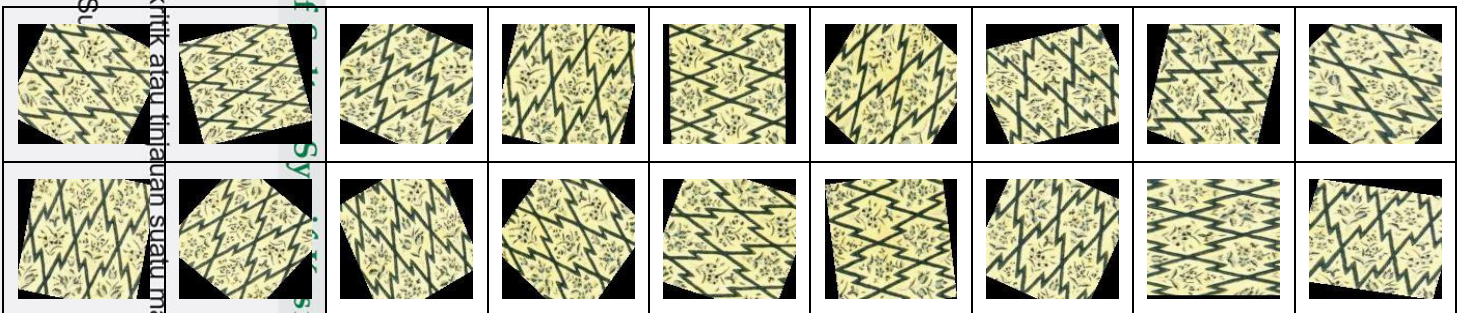
a. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. kepentingan yang lain tidak diperkenankan. Uraian atau seluruh karangan yang diterbitkan, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. kepentingan yang lain tidak diperkenankan.

Suska Riau

B.42 Kelas Batik B42

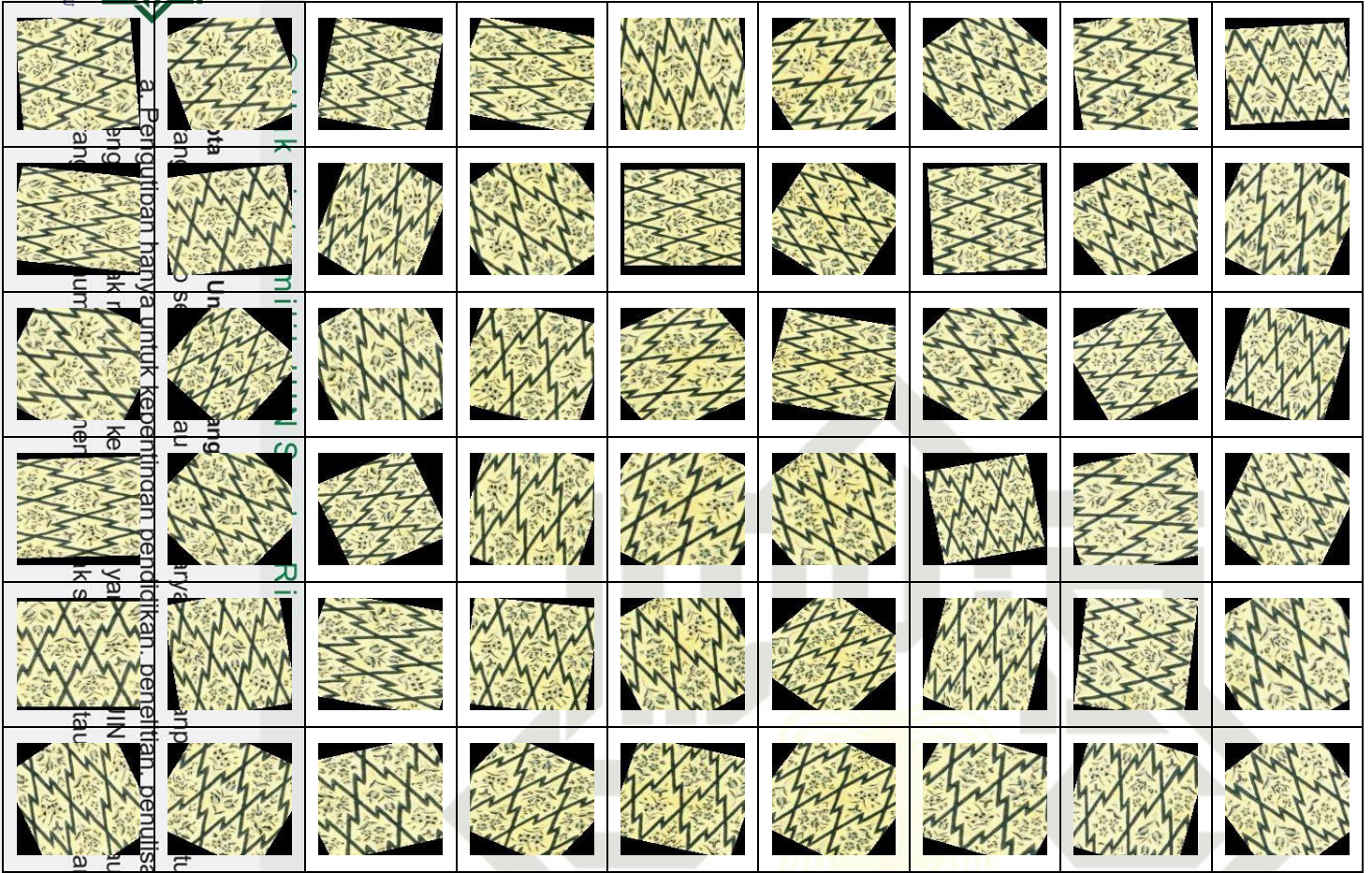


B.43 Kelas Batik B43

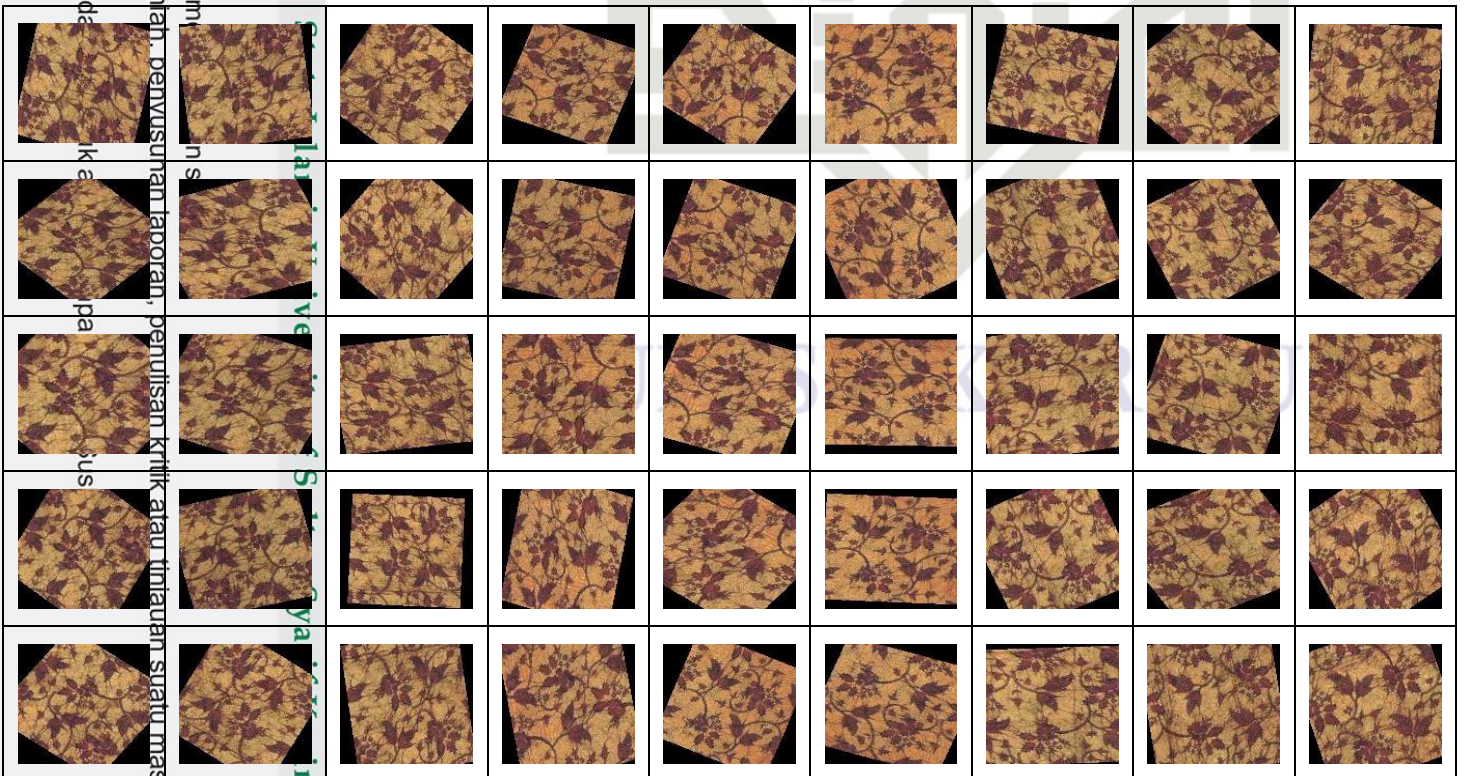


Hak Cipta
 1. Diarai
 a. Penauipaan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Perindakmu
 2. Diarai

© Halim M. S. R. University of Riau

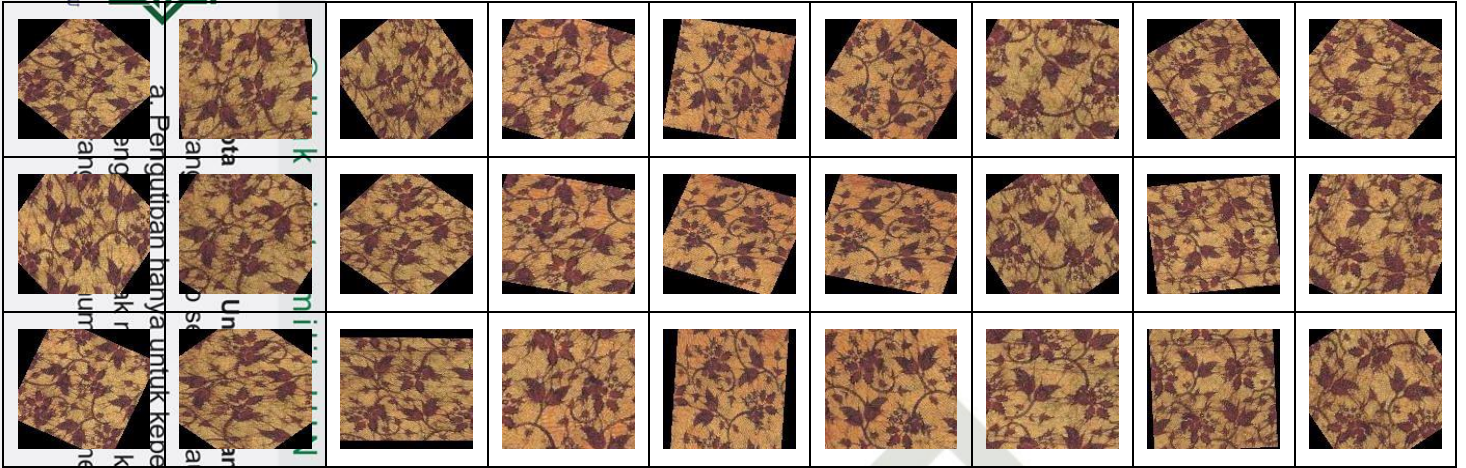


B.44 Kelas Batik B44



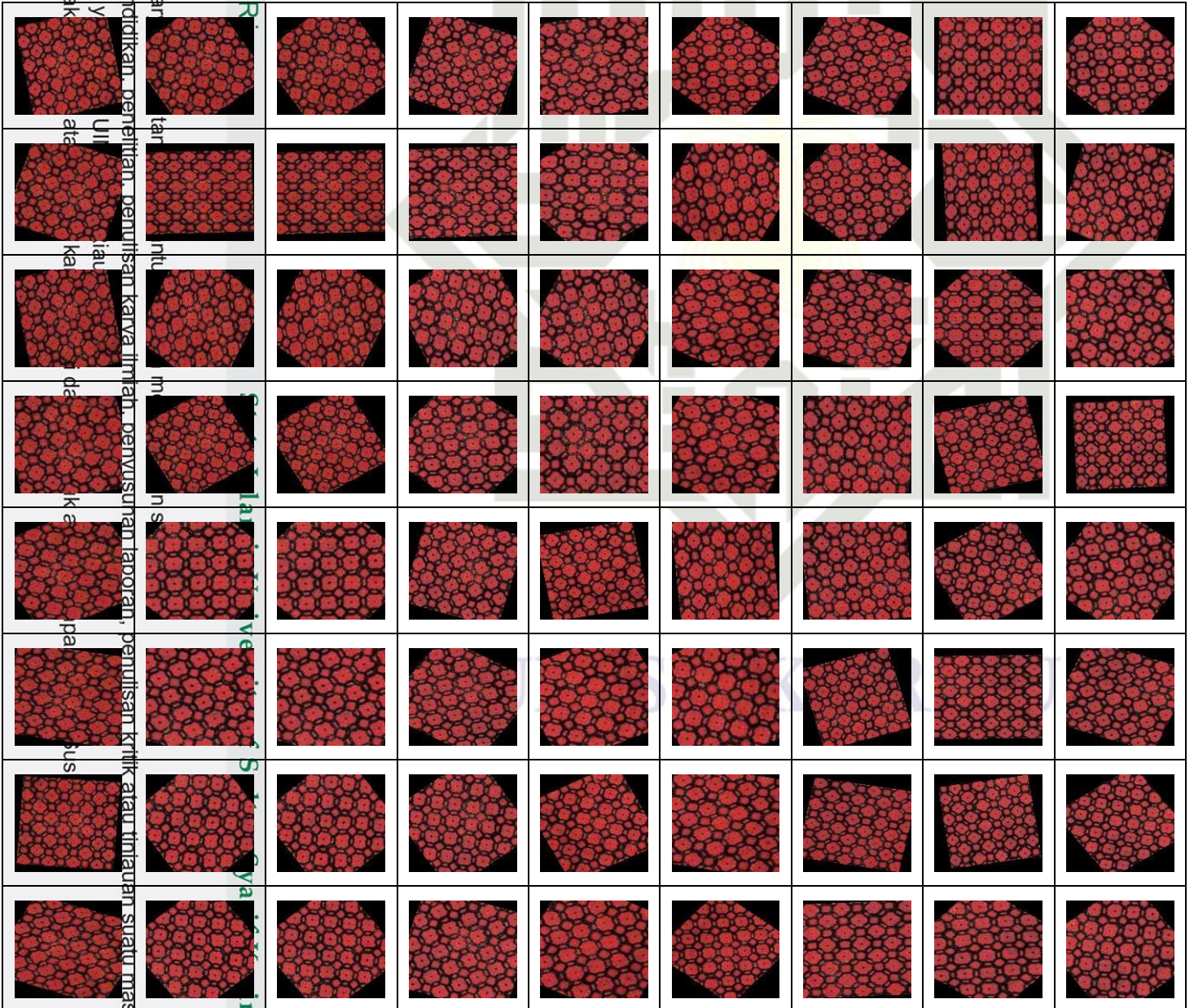
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebermanfaatan dan kebermanfaatan dari penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebermanfaatan dan kebermanfaatan dari penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebermanfaatan dan kebermanfaatan dari penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebermanfaatan dan kebermanfaatan dari penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebermanfaatan dan kebermanfaatan dari penelitian ini.



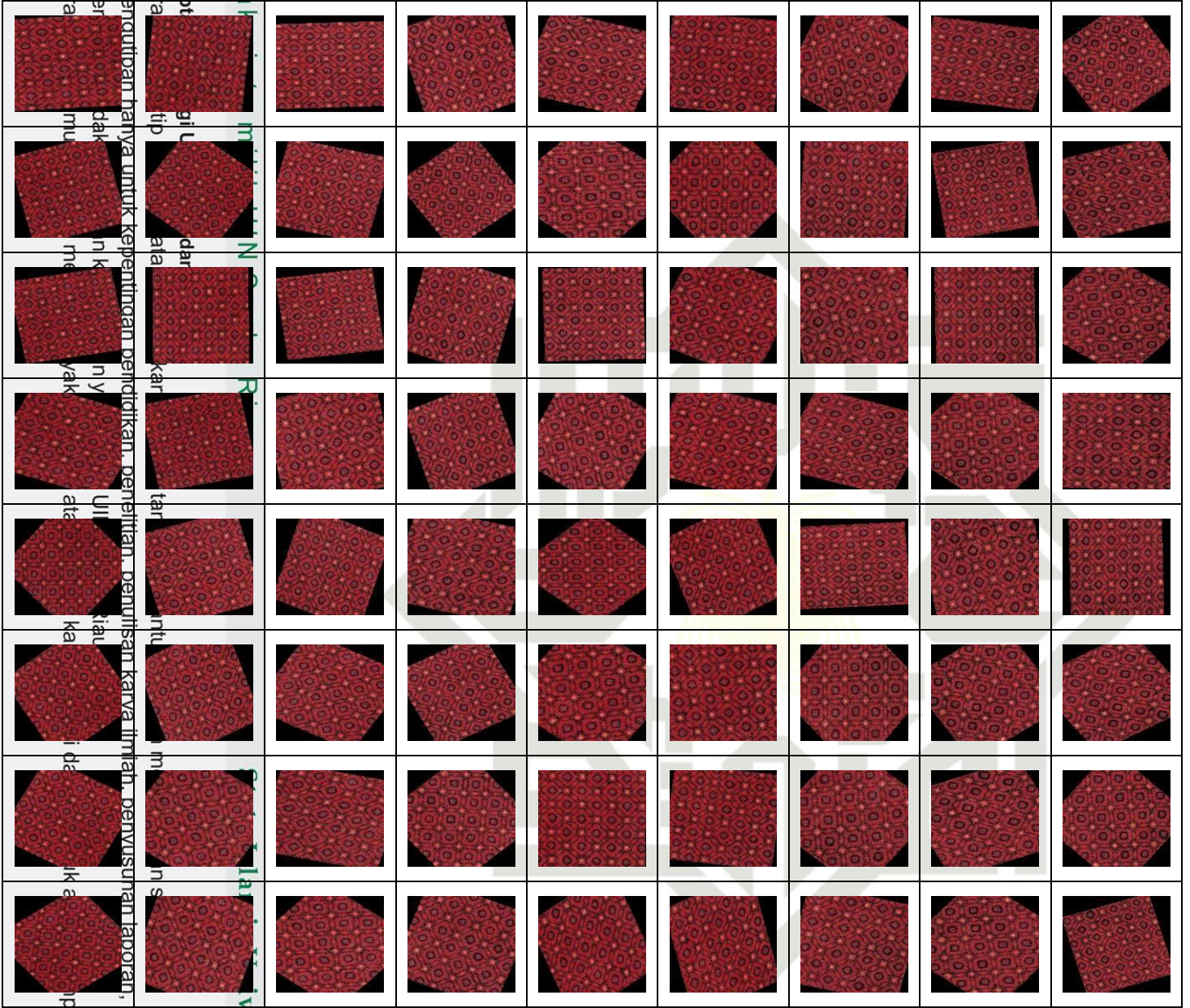
Penelitian hanya untuk kepentingan penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. UIN SUSKA RIAU

B.45 Kelas Batik B45

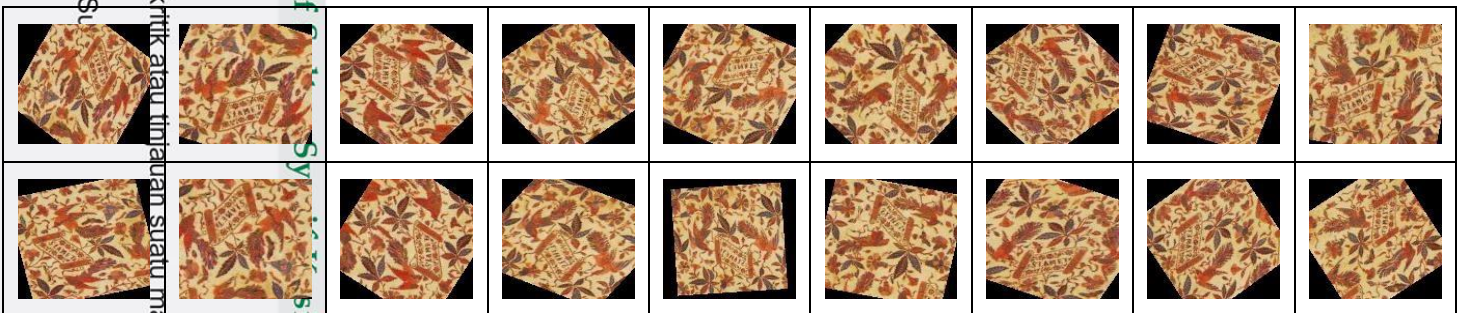


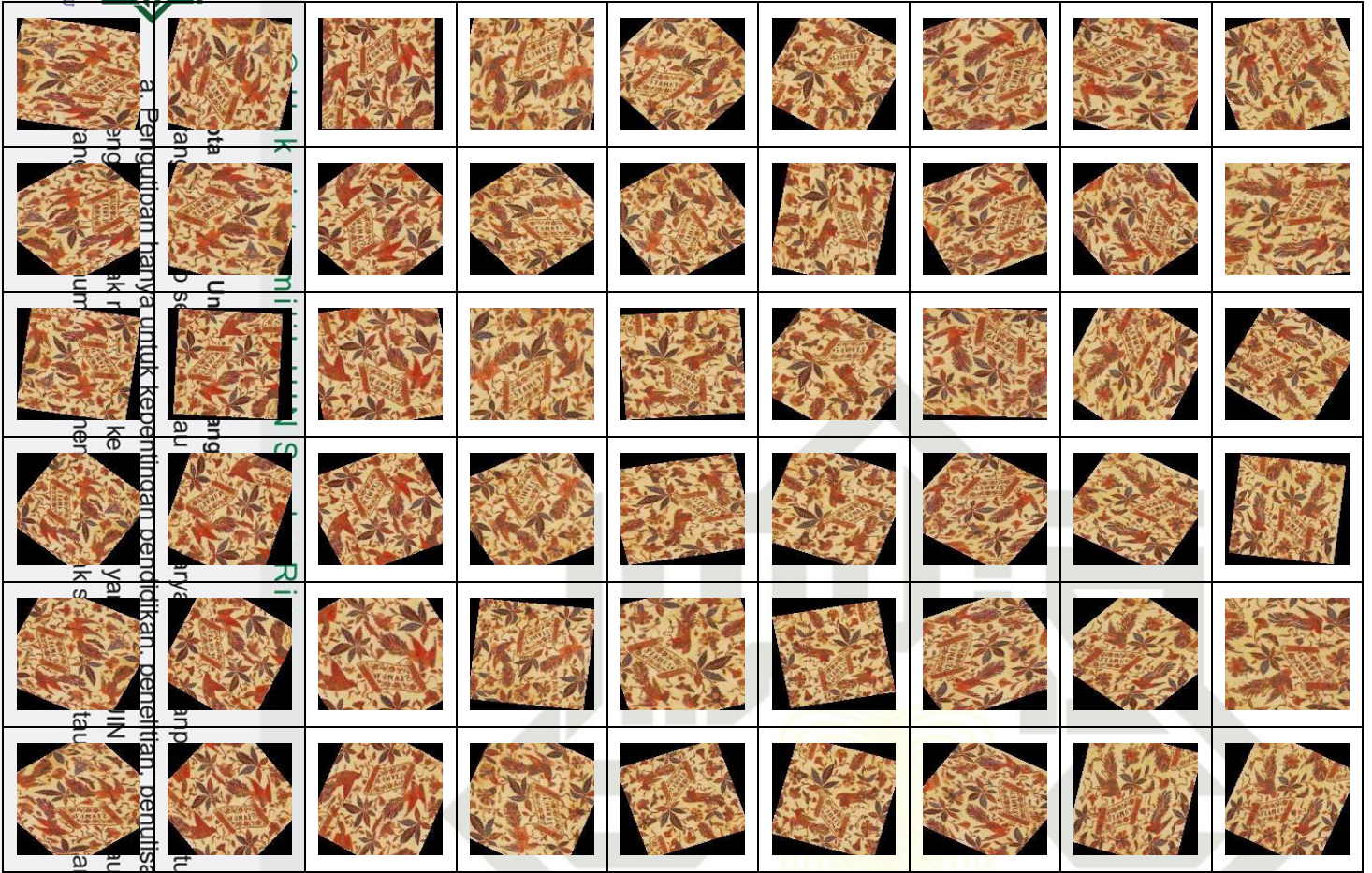
B.46 Kelas Batik B46

- Hak Cipta
 1. Diarar
 a. Penantioan hanya untuk kepentingan pemadukan, penelitian, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Per
 2. Diarar

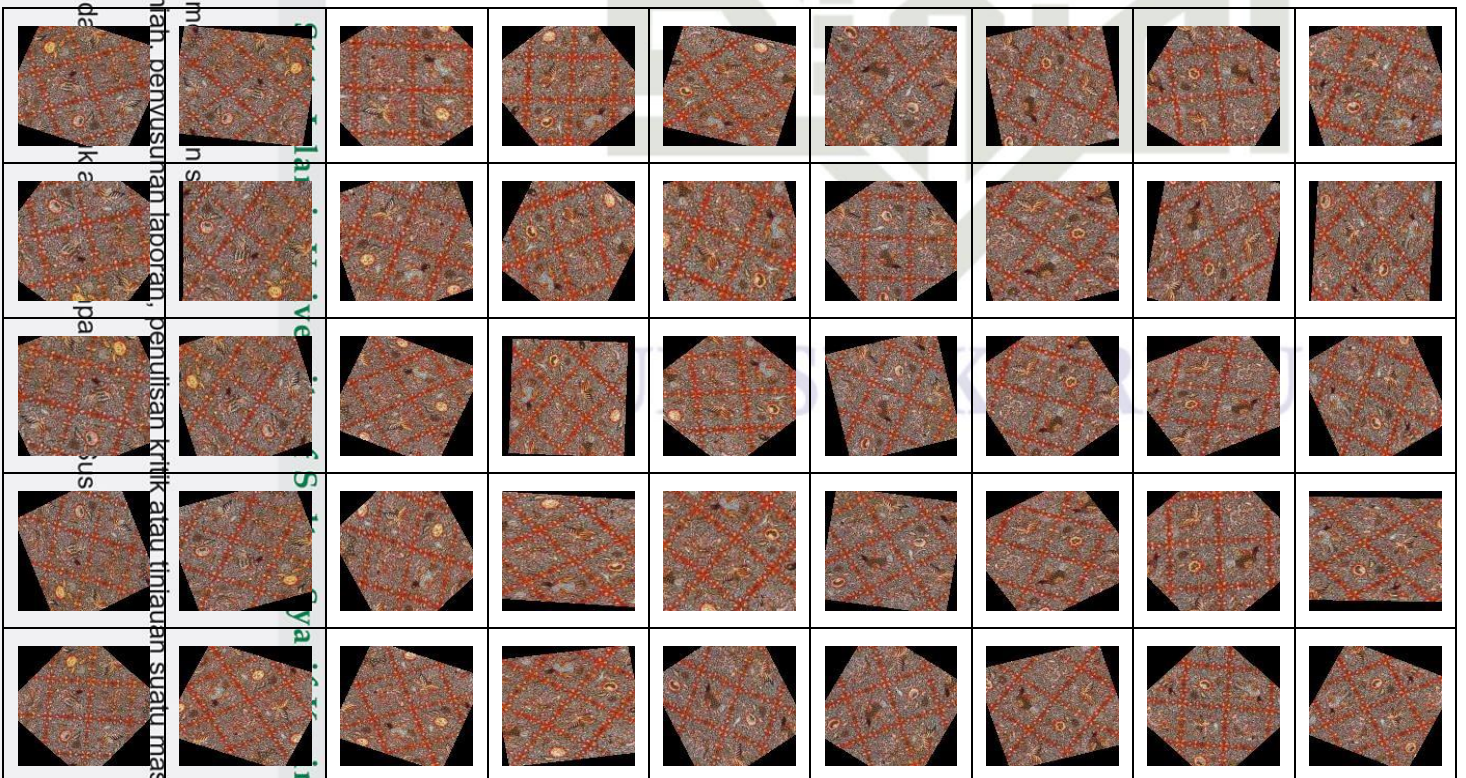


B.47 Kelas Batik B47

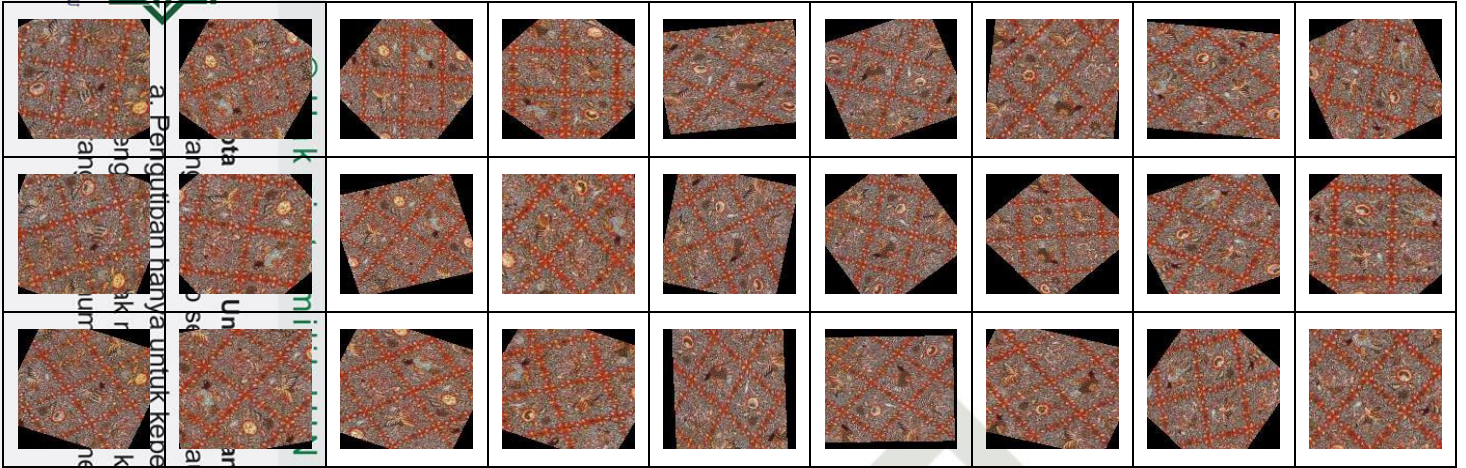




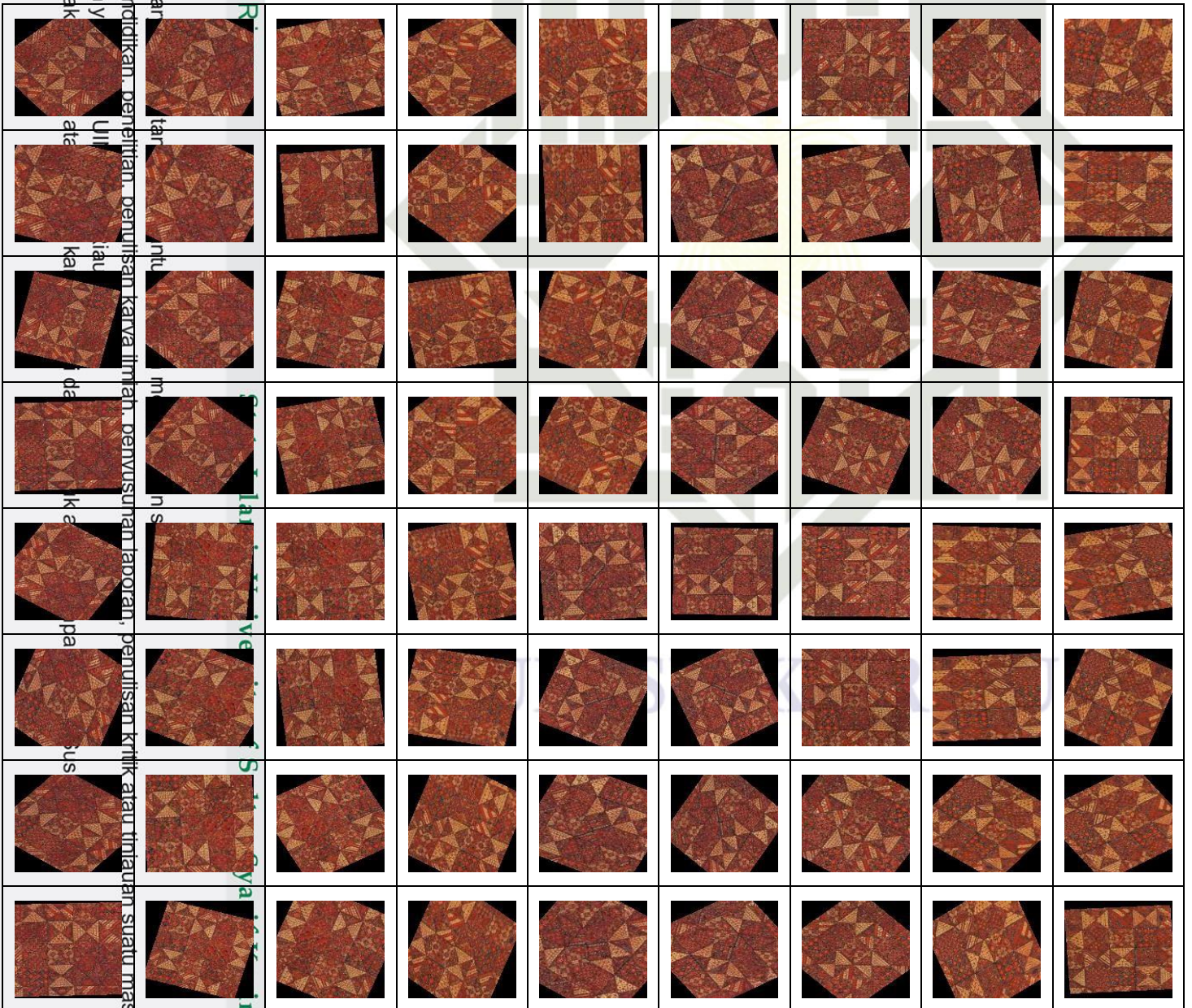
B.48 Kelas Batik B48



a. Pengujian hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Hanya tulis ini dan tidak ada yang lain.



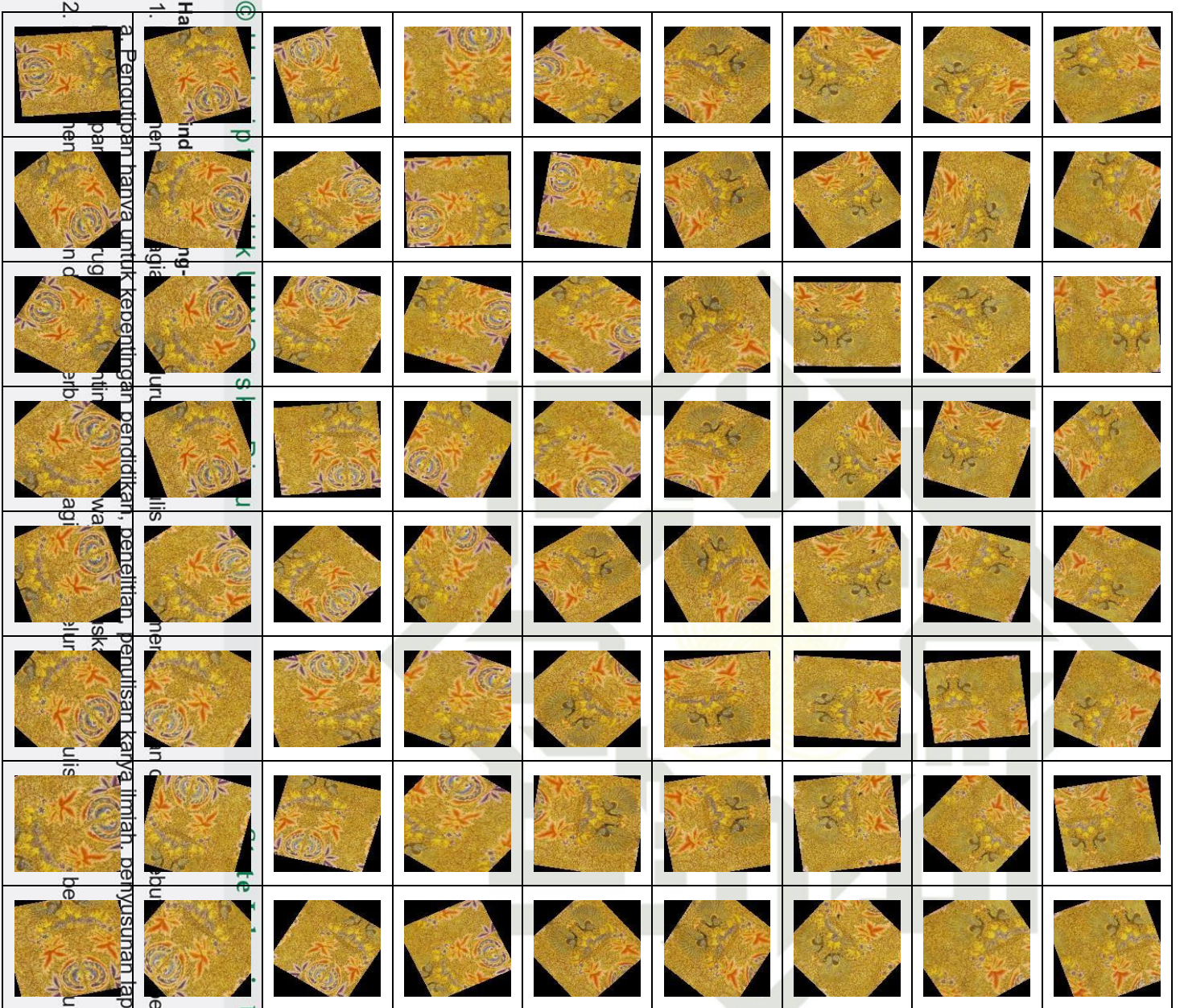
B.49 Kelas Batik B49



a. Pengujian hanya untuk kepentingan penulisan karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Uraian atau seluruh karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah. Uraian atau seluruh karya ilmiah, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

Suska Riau

B.50 Kelas Batik B50



1. Hal...
 2. Penawaran hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 tanpa izin UIN Suska Riau.