



IMAGE MATCHING UNTUK MENDUKUNG PENTASHIH DALAM
MENGANALISIS PENULISAN MUSHAF AL-QUR'AN STANDAR
UTSMANI MENGGUNAKAN METODE TEMPLATE MATCHING

SIDANG KUALIFIKASI

TRI WAHYU WIDYANINGSIH
99221907

PROGRAM DOKTOR TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS GUNADARMA
2023

IMAGE MATCHING UNTUK MENDUKUNG PENTASHIH DALAM
MENGANALISIS PENULISAN MUSHAF AL-QUR'AN STANDAR
UTSMANI MENGGUNAKAN METODE TEMPLATE MATCHING

SIDANG KUALIFIKASI

TRI WAHYU WIDYANINGSIH

Telah disetujui oleh :

PROF. DR. SARIFUDDIN MADENDA, S.Si., D.E.A
Promotor

Nama Ko-Promotor
Ko-Promotor

Jakarta, 2023

Daftar Isi

Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	iv
Daftar Tabel	v
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Penelitian	3
1.2.1 Rumusan Masalah	3
1.2.2 Batasan Penelitian	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kontribusi dan Manfaat Penelitian	4
2 TELAAH PUSTAKA	5
2.1 Citra Digital	5
2.1.1 Representasi Citra Digital	5
2.1.2 Operasi Dasar Citra Digital	6
2.1.3 Ekstraksi Fitur	6
2.1.4 Morfologi	6
2.2 Image Matching	7
2.3 Template Matching	8
2.4 Fiture Based Matching	9
2.5 Perbandingan Telaah Pustaka	9
3 METODE PENELITIAN	12
3.1 Gambaran Umum Penelitian	12
3.1.1 Teknik Pengumpulan Data	13
3.2 Akuisisi Data	14
3.3 Analisis Data	15
3.4 Image Pre-Processing	15
3.5 Image Matching	17
3.6 Rekomendasi Hasil Pentashihan	17

Daftar Gambar

3.1	Tahapan Penelitian	12
3.2	SOP Pentashihan	14
3.3	Lama Waktu Pentashihan	14
3.4	Halaman dengan bingkai	15
3.5	Halaman tanpa bingkai	15
3.6	Proses menghilangkan bingkai	16
3.7	1 halaman dengan 2 surat	16

Daftar Tabel

Bab 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi berkembang dengan pesat dan memberikan dampak positif di masyarakat, karena teknologi mempunyai peran penting di berbagai bidang. Seperti pada bidang pendidikan [HN21] [Gon+21] [WY23] [NRS23], kesehatan [Aym23] [BWS15] [HGG07], maupun industri [Tom21]. Hingga saat ini perkembangan teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat antara lain kecerdasan buatan [NRS23] [Gon+21] [He+23], *internet of things* [Wu+18], *big data* [Wu+18] [Lee23], *cloud computing* [Aym23] [Lee23], *data science* [Lee23], dan multimedia [Swa+24].

Multimedia merupakan representasi, pemrosesan, penyimpanan, dan penyebaran informasi independen yang dapat diproses dan terdiri dari berbagai jenis media seperti teks, gambar, suara, dan video [Li23]. Data teks, gambar, dan suara sebelum dianalisis harus melalui beberapa tahapan yang disebut dengan pengolahan data multimedia [He+23], [Gib21], [HM16], [Li23]. Teknologi pengolahan data teks antara lain NLP (*Natural Language Processing*) [PKŠ23] [Luo22] [Kas+22] [Fan+21], *Text Mining* [PKŠ23] [Çak16], dan *Text Classification* [MH23] [Fan+21]. Penelitian terkait data suara antara lain klasifikasi data ucapan [Ben+00], pesan suara [Kat94] [Gem+11], deteksi dan klasifikasi suara [Al+18] [Tah+07], dan pemrosesan suara [Ale+] [Meh+12]. Pengolahan data gambar [TP23] [PLS10] [SO07] [Su+09] [Doo+04] dilakukan untuk meningkatkan kualitas gambar sebelum diproses lebih lanjut, beberapa penelitian pengolahan gambar antara lain dengan menggunakan teknologi *big data* [Hu+23] [WY23], *machine learning* [Sup+17], dan kecerdasan buatan [Pan+20].

Al-Quran merupakan kitab suci umat Islam yang memiliki 30 juz, 114 surat, dan 6236 ayat. Mushaf Al-Qur'an Standar Indonesia adalah Al-Qur'an yang dibakukan cara penulisan (rasm), harakat, tanda baca, dan tanda-tanda waqafnya sesuai dengan hasil kesepakatan musyawarah kerja ulama Al-Qur'an Indonesia yang ditetapkan pemerintah dan dijadikan pedoman dalam penerbitan Mushaf Al-Qur'an di Indonesia [Kem16]. Oleh karena itu, Al-Quran yang dicetak oleh penerbit di Indonesia merujuk pada standarisasi tersebut. Mushaf Standar Indonesia meliputi Standar Utsmani, Standar Bahriyyah, dan

Braille.

Unit pelaksana di Kementerian Agama (Kemenag) bernama Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an (LPMQ) bertugas dan berfungsi melakukan pentashihan Mushaf Al-Qur'an, pengawasan penerbitan, pencetakan, dan peredarannya di Indonesia [Kem16]. Pentashihan adalah kegiatan meneliti, memeriksa, dan membetulkan Mushaf Al-Qur'an yang akan diterbitkan dengan cara membacanya secara berulang ulang oleh para pentashih sehingga tidak ditemukan kesalahan [Kem16]. Orang yang melakukan kegiatan pentashihan disebut dengan pentashih yaitu seseorang dengan kualifikasi dan syarat tertentu.

Apabila naskah Mushaf Al-Qur'an telah ditashih dan diizinkan untuk diterbitkan maka Kemenag akan mengeluarkan Surat Tanda Tashih yaitu surat pengesahan yang dikeluarkan oleh LPMQ. LPMQ akan mengeluarkan Surat Ijin Edar yaitu surat pengesahan untuk setiap Mushaf Al-Qur'an luar negeri (tidak dicetak di dalam negeri) yang sudah diperiksa dan diizinkan untuk diedarkan di Indonesia.

Perkembangan teknologi memudahkan pengguna untuk membaca dan mempelajari Al-Quran melalui ponsel karena bersifat portabel sehingga mushaf tidak hanya berupa cetak namun juga berupa dokumen digital. Oleh karena itu perlu adanya verifikasi dari Kemenag untuk selalu menjaga keabsahan Al-Quran yaitu dengan proses tashih. Proses pentashihan membutuhkan waktu kurang lebih satu bulan untuk mentashih satu naskah mushaf Al-Qur'an 30 Juz karena membutuhkan ketelitian dengan pemeriksaan berulang-ulang.

Untuk membantu dan mendukung para pentashih maka dilakukan proses tashih digital untuk mengurangi lama waktu proses pentashihan, serta memberikan rekomendasi mengenai ketidakcocokan maupun kesalahan penulisan. Tashih digital akan menggunakan metode (*image matching*) dengan pendekatan *feature based*.

Image matching merupakan metode pencocokan citra yang memiliki tiga metode yaitu *area-based*, *feature-based*, dan *symbolic based* [Pan12]. Pada penelitian ini menggunakan pencocokan berbasis fitur yaitu pendekatan dalam pengolahan citra yang fokus kepada ekstraksi, deskripsi dan pencocokan fitur-fitur khusus yang dianggap signifikan dalam gambar. Pencocokan gambar melibatkan dua jenis gambar utama yaitu gambar template yang akan digunakan sebagai referensi atau model untuk pencocokan, dan gambar target yaitu gambar yang akan dicari kemiripannya dengan gambar template.

Penulis melakukan penelitian dengan judul "Image Matching Untuk Mendukung Pentashih Dalam Menganalisis Penulisan Mushaf Al-Quran Standar Utsmani Menggunakan Metode Template Matching" yang bertujuan untuk mengurangi lama waktu proses tashih dan memberikan rekomendasi berupa naskah perbaikan guna membantu dan mendukung para ahli dalam meneliti, memeriksa, dan membetulkan mushaf Al-Qur'an sebelum diterbitkan.

1.2 Rumusan Masalah dan Batasan Penelitian

1.2.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan, ditemukan beberapa permasalahan yang perlu ditangani pada proses tashih digital. Permasalahan-permasalahan tersebut dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan pengaturan ukuran halaman pada gambar template dan gambar target ?
2. Bagaimana melakukan pengaturan warna pada gambar template dan gambar target ?
3. Bagaimana melakukan normalisasi terhadap penomoran ayat yang memiliki desain bingkai yang berbeda-beda pada setiap cetakan mushaf, agar tidak terbaca sebagai anomali ?
4. Bagaimana melakukan pencocokan gambar pada halaman template dan halaman target?

1.2.2 Batasan Penelitian

Mengingat adanya beberapa permasalahan yang ada dalam domain yang diteliti, penulis membuat batasan masalah agar fokus dan penyelesaian masalah penelitian dapat tercapai. Batasan masalah dalam penelitian yang dilakukan adalah:

1. Menggunakan naskah Mushaf Al-Qur'an Standar Ustmani sebagai rujukan
2. Tashih digital melayani naskah Al-Qur'an 30 juz tanpa terjemahan
3. Naskah awal berupa e-dokumen (.jpg)
4. Pencocokan gambar dilakukan pada ayat di setiap halaman mushaf

1.3 Tujuan Penelitian

Secara umum penelitian ini bertujuan membangun sistem tashih digital yang antara lain terdiri dari :

1. Menghasilkan metode untuk mengatur ukuran halaman pada gambar template dan gambar target.
2. Menghasilkan metode untuk mengatur warna pada gambar template dan gambar target.
3. Menghasilkan algoritma untuk normalisasi terhadap penomoran ayat yang memiliki desain bingkai yang berbeda-beda pada setiap cetakan mushaf, agar tidak terbaca sebagai anomali.

4. Menghasilkan metode untuk pencocokan gambar pada halaman template dan halaman target.

1.4 Kontribusi dan Manfaat Penelitian

Kontribusi penelitian dibagi menjadi dua yaitu turut berpartisipasi dalam menjaga keabsahan Al-Qur'an serta mendukung proses tashih di LPMQ Kementerian Agama. Adapun manfaat hasil penelitian adalah:

1. Mengurangi lama waktu proses tashih
2. Mendukung para pentashih dalam memeriksa naskah awal
3. Membangun tashih digital sebagai alternatif yang mendukung LPMQ
4. Tashih digital membantu memberikan rekomendasi berupa naskah perbaikan

Bab 2

TELAAH PUSTAKA

2.1 Citra Digital

Gambar dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$ dimana x dan y adalah koordinat spasial. Apabila x,y dan nilai intensitas f berhingga, besaran diskrit, maka gambar tersebut merupakan hambar digital. Bidang pengolahan gambar digital mengacu pada pemrosesan gambar digital melalui media digital komputer. Gambar digital terdiri dari beberapa elemen yang memiliki lokasi dan nilai tertentu yang disebut dengan elemen gambar, elemen citra, pel dan piksel. Piksel merupakan istilah yang paling banyak digunakan untuk menunjukkan elemen gambar digital. Pengolahan citra adalah pemrosesan citra menjadi citra lain untuk tujuan tertentu, misalnya mendapatkan kualitas citra yang lebih baik. Pengolahan citra digital adalah pemrosesan citra digital dengan melakukan operasi pemrosesan sinyal dengan menggunakan komputer[GW08]

2.1.1 Representasi Citra Digital

Komputer mampu mengenali citra melalui berbagai jenis representasi citra yang terdiri dari [Dij23]:

- Citra Grayscale
Citra yang memiliki rentang piksel antara 0 hingga 255, 0 mewakili warna hitam dan 255 mewakili warna putih.
- Citra Berwarna (Mode RGB)
Citra ini memiliki mode RGB, dimana setiap piksel dalam citra memiliki tiga nilai untuk mewakili warna merah, hijau, dan biru dalam rentang 0 - 255.
- Citra Biner
Memiliki dua nilai piksel yaitu hitam dan putih, dan menggunakan nilai biner yaitu 0 untuk hitam dan 1 untuk putih.
- Matriks Citra
Citra ini direpresentasikan dengan matriks dua dimensi dimana setiap

elemen matriks mewakili nilai piksel di lokasi yang sesuai dalam citra. Matriks dapat diolah menggunakan operasi matematika untuk menghasilkan efek tertentu pada citra.

2.1.2 Operasi Dasar Citra Digital

Merupakan serangkaian operasi matematika dan transformasi yang diterapkan pada citra untuk menghasilkan citra baru. Operasi dasar citra digital antara lain :

- Peningkatan Kecerahan dan Kontras
- Transformasi Logaritmik
- Transformasi Gamma
- Operasi Konvolusi
- Transformasi Citra

Transformasi Citra merupakan proses merubah citra digital dari domain spasial (pada piksel individu) ke domain frekuensi atau domain lain untuk tujuan tertentu. Transformasi untuk mengubah bentuk atau posisi objek dalam citra disebut dengan transformasi geometrik yang terdiri dari rotasi, pemantulan, dan skalasi [Dij23].

2.1.3 Ekstraksi Fitur

Fitur citra merupakan informasi yang dapat diukur atau diekstraksi dari citra. Fitur citra dapat berupa tekstur, warna, bentuk, tepi, pola dan intensitas piksel. Ekstraksi fitur merupakan proses mengkonversi citra ke dalam bentuk representasi yang lebih sederhana dan informatif yang disebut fitur. Ekstraksi fitur memiliki beberapa metode [Dij23] diantaranya adalah ekstraksi fitur bentuk yang terdiri dari :

- Ekstraksi fitur geometrik, yang melibatkan pengukuran fitur geometrik seperti panjang, lebar, area, dan bentuk objek.
- Transformasi hough yang digunakan untuk mendeteksi garis atau bentuk tertentu dalam citra
- Deskriptor bentuk yang menggambarkan bentuk objek dengan menggunakan deskriptor.

2.1.4 Morfologi

Matematika morfologi merepresentasikan citra objek dua dimensi sebagai suatu himpunan matematika dalam ruang Euclidean dimana dapat berupa ruang kontinyu atau ruang diskrit [IZ14]. Operasi - operasi morfologi terdiri dari :

- Translasi

Translasi berarti bahwa sebuah citra digeser pada arah (x,y) dimana (x,y) adalah koordinat matriks. Operasi translasi dinyatakan sebagai berikut :

$$A_w = (a, b) + (x, y) : (a, b) \in A$$

- Dilasi

Operasi dilasi dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen objek dengan menambah lapisan di sekeliling objek sehingga citra hasil cenderung menebal. Dilasi A oleh B dinotasikan sebagai berikut :

$$A \oplus B = \bigcap_{x \in B} A_x$$

- Erosi

Operasi ini kebalikan dari operasi dilasi, operasi erosi akan melakukan pengurangan pada citra asal yang lebih kecil dibanding elemen penstruktur.

$$A \ominus B = w : B_w \subseteq A$$

$$A \ominus B = \bigcap_{b \in B} A_b$$

- Opening

Proses opening didefinisikan sebagai proses erosi yang dilanjutkan dengan proses dilasi dimana kedua proses tersebut dilakukan berulang pada semua titik (x,y).

$$(A)_{opening} = A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$$

2.2 Image Matching

Image matching merupakan metode pencocokan gambar, menggunakan beberapa algoritma pencocokan berdasarkan konten gambar, fitur, struktur, warna, derajat keabuan dan tekstur dalam menemukan kemiripan gambar. Terdapat dua metode pencocokan gambar, yaitu berdasarkan pada fitur warna dan fitur gambar. Metode fitur warna menghitung nilai warna setiap titik piksel kemudian melakukan pencocokan, sehingga memerlukan komputasi dalam jumlah besar dan waktu yang lama tanpa ketahanan yang tinggi. Metode fitur

gambar berarti mengekstraksi titik-titik fitur dari setiap gambar (fitur tekstur, tepi, sudut) kemudian mencocokkannya dengan gambar lainnya melalui perhitungan derajat korelasi. Metode ini memerlukan komputasi lebih sedikit namun memiliki ketahanan yang lebih baik [Din+14]. Pencocokan gambar atau citra merupakan metode yang sering dilakukan pada teknologi *computer vision* dengan berbagai aplikasi, dan metode ini dapat dilihat sebagai masalah klasifikasi dengan luaran cocok atau tidak cocok [Lu21]. Teknik pengenalan berdasarkan pencocokan mewakili setiap kelas dengan vektor pola prototipe. Pola yang tidak diketahui ditugaskan ke kelas yang paling dekat dengan metrik yang telah diketahui. Pendekatan yang digunakan adalah pengklasifikasian jarak minimum dengan menghitung jarak (Euclidean) antara vektor yang tidak diketahui dengan masing-masing vektor prototipe, dengan mengambil jarak terkecil untuk mengambil keputusan. Pendekatan yang kedua berdasarkan korelasi yang dirumuskan secara langsung dalam gambar [GW08].

- Pengklasifikasian jarak minimum mendefinisikan prototipe setiap kelas pola menjadi vektor rata-rata dari pola kelas tersebut.

$$m_j = \frac{1}{N_j} \sum_{x \in \omega_j} x_j \quad j = 1, 2, \dots, W$$

$\frac{1}{N_j}$ merupakan banyaknya vektor pola dari kelas ω_j , dan penjumlahannya diambil dari vektor-vektor tersebut. W adalah jumlah kelas pola. Untuk menentukan keanggotaan kelas dari vektor pola x yang tidak diketahui adalah dengan menugaskan ke kelas prototipe terdekat.

- Mencocokkan berdasarkan korelasi

2.3 Template Matching

Template matching merupakan metode untuk mengenal pola tertentu pada sebuah citra digital. Dengan membandingkan gambar template dan gambar target, metode ini mencari nilai minimum error citra masukan. Citra dengan nilai minimum error merupakan citra yang paling sesuai dengan citra template. Nilai minimum error diperoleh dari pola piksel pada citra tersebut [Asi17]. Dua metode yang umum digunakan pada template matching [HH11] adalah :

- Substaksi citra, yaitu citra-citra dianggap sebagai vektor dan norm dari perbedaan merupakan nilai atau ukuran ketidaksamaan
- Korelasi, merupakan dot product dari dua citra dan dianggap sebagai pengukuran dari kesamaan kedua citra tersebut karena mewakili sudut antara citra-citra setelah ternormalisasi dan dianggap sebagai vektor. Korelasi memutuskan kemiripan obyek berdasarkan kesamaan bentuk, skala, dan arah, sehingga perbedaan warna akan terdeteksi sebagai obyek

yang sama. Algoritma korelasi memiliki persamaan sebagai berikut :

$$D(m,n) = \sum_{i=m}^{m+M-1} \sum_{j=n}^{n+N-1} |t(i,j) - r(i-m, j-n)|^2$$

Template matching diperoleh ketika $D(m,n)$ bernilai minimum :

$$c(m,n) = \sum_1 \sum_2 t(i,j) - r(i-m, j-n)$$

2.4 Fitur Based Matching

Fitur yang sering digunakan untuk pencocokan gambar adalah dengan menggunakan *keypoint* (titik kunci). Titik - titik tersebut lebih mudah diekstraksi dibandingkan dengan lainnya, dan dapat diklasifikasikan menjadi sudut maupun bagian-bagian dari gambar yang memiliki ciri-ciri visual tertentu (blob)[Ma+21]. Blob disebut sebagai suatu area dengan kelompok piksel yang dapat diidentifikasi dalam citra, dan memiliki ciri-ciri visual tertentu yang digunakan untuk mewakili objek tertentu dalam citra. Fitur blob dapat ditulis dalam bentuk $(x, y, dV = \theta)$, dengan (x,y) sebagai koordinat piksel lokasi fitur dan $dV = \theta$ menunjukkan informasi bentuk blob sebuah fitur[Ma+21].

Ciri sudut (*corner feature*) merupakan titik perpotongan dua garis lurus berbentuk "L", "T", dan "X" atau titik kelengkungan tinggi suatu kontur. Deteksi sudut adalah menghitung respon sudut dan membedakannya dari area gambar tepi, datar, atau area gambar lain. Metode lain untuk pencarian sudut adalah berbasis gradien, intensitas, dan kelengkungan kontur [Ma+21].

Algoritma yang menggunakan fitur titik utama *keypoint feature* antara lain SIFT (Scale Invariant Feature Transform), SURF (Speeded Up Robust Feature), dan ORB (oriented Fast and Rotated Brief) telah banyak digunakan dalam pencocokan gambar yang mampu memberikan ketahanan yang signifikan terhadap penskalaan, rotasi, dan keburaman [Lu21]. SIFT dipublikasikan oleh David Lowe pada tahun 1999, algoritma ini mampu deteksi fitur lokal pada gambar. Dengan algoritma ini citra akan diubah menjadi fitur lokal untuk mengenali objek melalui titik point atau *keypoint* [SB13]. Algoritma pada metode SIFT antara lain :

1. Scale Space Extreme Detection
2. Keypoint Localization
3. Orientation Assignment
4. Keypoint Descriptor

2.5 Perbandingan Telaah Pustaka

Dalam melakukan penelitian ini penulis melakukan studi literatur antara lain [Din+14] dengan judul artikel *An Image Matching Method Based On the*

Analysis of Grey Correlation Degree and Feature. Algoritma yang dibandingkan untuk pencocokan gambar adalah SIFT dan GCD. SIFT (Scale-Invariant Feature Transform) digunakan untuk ekstraksi fitur dan GCD (Analisis Gray Correlative Degree) menghitung derajat korelasi untuk mencocokkan titik-titik fitur. Eksperimen pencocokan menggunakan dua gambar dalam kondisi berbeda. Dengan membandingkan kedua metode tersebut diperoleh akurasi dan ketahanan yang tinggi ketika pencocokan gambar dengan lama waktu yang hampir sama. Pencocokan untuk dua gambar asli SIFT lebih unggul (SIFT : 33 titik kecocokan dengan lama waktu proses adalah 0,2652 detik, GCD: 29 titik kecocokan dengan lama waktu 0,2964). Untuk pencocokan setelah gambar dirotasi SIFT jauh lebih unggul (SIFT : 82 titik kecocokan dalam 0.34 detik, GCD: 48 titik kecocokan dalam 0,7644 detik. Dan ketika pencocokan dengan gambar lain Analisis Gray Correlative lebih akurat (GCD: 0 titik kecocokan dalam 0,7644 detik, SIFT: 3 titik kecocokan dalam 0,3744 detik). Dalam penelitian ini tidak ada penjelasan proses pencocokan gambar dilakukan pada platform apa dan spesifikasi minimum hardware yang diperlukan.

Penelitian [Lu21] dengan judul *Improving Image Matching Accuracy with Keypoint Features and Feature Fusion* telah menggunakan model ansambel yang menggabungkan fitur keypoint seperti SIFT, SURF, dan ORB untuk pengambilan gambar yang lebih akurat. Fitur SIFT dan SURF dicocokkan menggunakan Bag of Words (BOW), dan fitur ORB menggunakan uji rasio 2-NN, untuk menghitung kemiripan antara dua gambar yang dicocokkan. Model ansambel membentuk klasifikasi berdasarkan tiga kemiripan yang disediakan oleh deskriptor titik kunci. Metode yang diusulkan mencapai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan fitur titik kunci tunggal. Tingkat kemiripan pencocokan gambar : SIFT 67%, SURF 70%, ORB 46%. Ansambel (Adaboost) presicion, recall, dan F1 paling tinggi di banding metode lainnya. Namun tingkat kemiripan pada teknik pencocokan dengan metode ansambel tidak dicantumkan pada hasil analisis.

Penelitian berjudul *Pengenalan Huruf Pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Template Matching* telah menganalisis proses pengenalan pada citra digital menggunakan algoritma template matching. Identifikasi citra huruf menggunakan aplikasi OCR (Optical Character Recognition) dan biasanya dikonversi kedalam tulisan (teks). Template matching digunakan untuk mengenali pola, input gambar dibandingkan dengan citra yang terdapat pada basis data melalui pola piksel masing-masing. Kedua gambar tersebut akan dibandingkan secara terus menerus dengan menghitung titik kesesuaian antara gambar input dan template. Nilai titik kesesuaian dengan error paling minimum memiliki tingkat kecocokan yang paling tinggi. Artikel ini tidak menjelaskan proses pemisahan atau deteksi huruf pada citra, peneliti langsung menganalisis citra huruf yang dibandingkan dengan citra template dengan menghitung nilai minimal error dengan metode template matching. Serta tidak ada tampilan aplikasi untuk menampilkan gambar template dari basis data dengan gambar masukan **Asih**.

Penelitian berjudul *Pencocokan Citra Berbasis SIFT (Scale Invariant Feature Transform) Menggunakan Arc Cosinus*, telah mengkombinasikan metode

SIFT dan Arc Cosinus dan menghasilkan nilai rata-rata kecocokan citra berdasarkan perubahan sudut pengambilan citra yaitu 33,498%, berdasarkan perubahan ukuran skala citra mencapai 60,237%, perubahan rotasi citra 82,78%. Pengambilan citra masukan masih kurang baik sehingga akurasi pencocokan belum maksimal, dapat dilihat pada parameter perubahan sudut pengambilan citra [SB13].

Artikel berjudul Deteksi Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo dengan Feature Matching. SIFT mampu menghasilkan deskripsi fitur lebih banyak dibanding dengan ORB. Fast Library Approximated Nearest Neighbor (FLANN) lebih baik dibandingkan dengan Brute Force dalam melakukan pencocokan fitur. Proses validasi rata-rata sebesar 10,424 dengan menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE) [Zul+23].

Penelitian berikutnya berjudul Aplikasi Pengenal Citra Nomor Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Template Matching bertujuan mendeteksi plat nomor kendaraan bermotor menggunakan metode template matching dengan keberhasilan 80,25% untuk data sampel (foto diambil dengan jarak 2-4m) dan 97,77% untuk data ideal (diambil dengan jarak 2-3 m. Menggunakan dataset plat nomor(0-9, dan A-Z) digunakan sebagai karakter template, pengambilan data uji dengan menfoto. Namun pada artikel ini belum menjelaskan pre-processing citra hingga pencocokan image dengan template matching [KSL16].

Artikel yang berjudul Implementasi Metode Template Matching Untuk Klasifikasi Citra Anggrek Pensil Bengkulu telah berhasil membangun sistem untuk mengklasifikasi anggrek Bengkulu dengan nilai kemiripan 11,704 serta identik 267ms waktu pencocokan. Kendala yang ditemui adalah proses menampilkan nilai pixel yang memerlukan waktu hingga 2 jam dengan ukuran image 1000 pixel x 1500 pixel. Nilai kemiripan ditentukan dengan menghitung nilai error. Proses menampilkan nilai cukup lama [JA21].

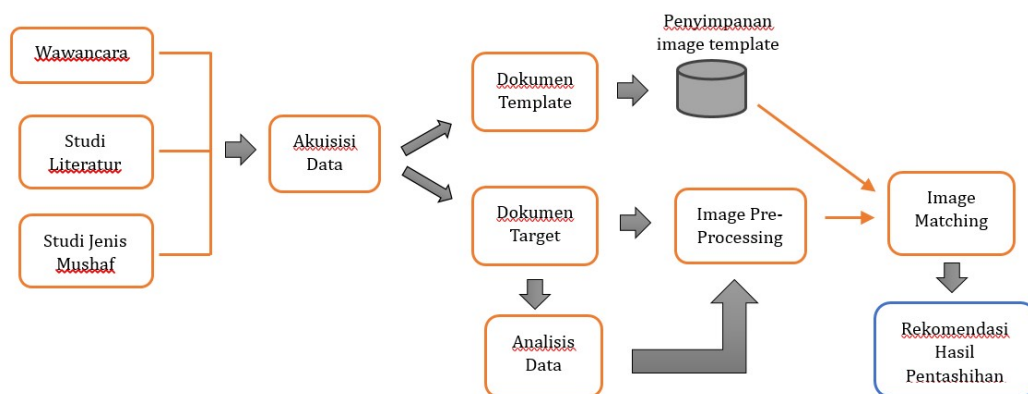
Bab 3

METODE PENELITIAN

3.1 Gambaran Umum Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam memperoleh data untuk tujuan tertentu, sehingga harus rasional, sistematis, dan empiris. Rasional berarti penelitian harus masuk akal, bersifat empiris sehingga orang lain dapat memahami cara atau langkah yang digunakan, sistematis berarti proses dalam penelitian bersifat logis. Data yang digunakan dalam penelitian sebaiknya memiliki kriteria antara lain valid, dapat diandalkan, dan obyektif [Sat23]. Tujuan penelitian secara umum adalah menganalisis kemiripan dan ketidakcocokan antara file mushaf Al'Qur'an yang dijadikan rujukan dan file mushaf yang akan di tashih.

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahapan penelitian untuk memperoleh informasi yang benar dan tujuan penelitian dapat tercapai.



Gambar 3.1: Tahapan Penelitian

3.1.1 Teknik Pengumpulan Data

Wawancara

Wawancara dilakukan terhadap pimpinan dan staff LPMQ untuk memperoleh informasi yang tepat. Kegiatan wawancara tersebut dilakukan pada :

- 23 Oktober 2023 kepada Kepala LPMQ
- 30 Oktober 2023 kepada Kepala LPMQ
- 30 dan 31 Oktober kepada Staff LPMQ
- 15, 28, dan 29 November kepada Staff LPMQ
- 1 dan 4 Desember kepada Staff LPMQ

Hasil dari kegiatan wawancara adalah sebagai berikut :

- Mengetahui SOP pelayanan pentashihan di LPMQ Kemenag
- Analisis sistem sebelum pentashihan
- Memperoleh data file Mushaf yang diterbitkan oleh LPMQ Kemenag
- Mengambil gambar contoh hasil pentashihan yang dilakukan oleh para pentashih format Surat Tanda Tashih yang dikeluarkan oleh LPMQ untuk penerbit

Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai penelitian-penelitian serupa yang telah dilakukan sebelumnya, sehingga diperoleh metode maupun teknik yang tepat. Studi literatur dilakukan untuk mengetahui kontribusi dan kebaruan yang dihasilkan dari penelitian yang sedang dikembangkan.

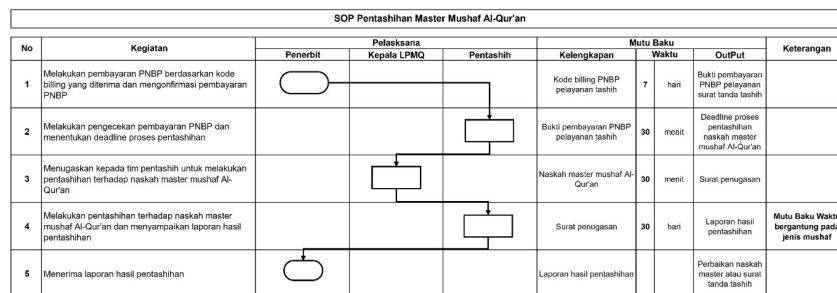
Studi Jenis Mushaf

LPMQ Kemenag memiliki tiga standar Mushaf yaitu :

1. Mushaf Al Qur'an Standar Ustmani yang diperuntukkan bagi khalayak umum,
2. Mushaf Standar Bahriyyah untuk para penghafal Al Qur'an
3. Mushaf Standar Braille untuk para tunanetra.

Analisis Sistem Berjalan

Pada gambar 3.2 menunjukkan proses pentashihan mushaf Al Qur'an yang didaftarkan oleh penerbit dengan variasi lama waktu pentashihan bergantung pada jenis naskah mushaf terdapat pada gambar 3.3. Penerbit mendaftarkan Mushaf yang akan ditashih melalui halaman web SILAT (Sistem Informasi Layanan Tanda Tashih) serta pengurusan administrasi, setelah terverifikasi LPMQ menunjuk tim pentashih untuk mentashih Mushaf dalam durasi waktu yang telah ditentukan. Mushaf yang diserahkan kepada LPMQ harus berupa dokumen cetak [Kem23].



Gambar 3.2: SOP Pentashihan

NO	JENIS NASKAH MASTER MUSHAF	NASKAH MASTER AWAL
1	Mushaf Al-Qur'an 30 Juz	30 HK
2	Mushaf Al-Qur'an dan Terjemahnya	45 HK
3	Mushaf Al-Qur'an Tajwid Warna/Kode Tajwid	45 HK
4	Mushaf Al-Qur'an Waqaf Ibtida'	45 HK
5	Mushaf Al-Qur'an Qiraat	45 HK
6	Mushaf Al-Qur'an Transliterasi	45 HK
7	Al-Qur'an Audio/Visual	60 HK
8	Mushaf Al-Qur'an Digital	30 HK
9	Mushaf Al-Qur'an Terjemah Perkata	90 HK
10	Mushaf Al-Qur'an dan Tafsirnya	90 HK
11	Mushaf Al-Qur'an Luar Negeri	30 HK
12	Mushaf Al-Qur'an Braille	120 HK
13	Surah Yasin dan Bacaan Tahliil	10 HK
14	Juz 'Amma dan Terjemahnya	10 HK
15	Majmu' Syarif	10 HK
16	Metode Baca Tulis Al-Qur'an	30 HK
17	Kaligrafi	10 HK

Gambar 3.3: Lama Waktu Pentashihan

Waktu yang diperlukan untuk mentashih bervariasi tergantung dengan jenis naskah selama 30 sampai 120 hari kerja. 10 hari kerja dapat dilakukan untuk juz'Amma, Yassin dan buku Tahlil, dan kaligrafi

3.2 Akuisisi Data

Pada tahapan akuisisi data dilakukan pengumpulan dan penyiapan data. Penelitian ini menggunakan dua data yaitu :

1. Dokumen Mushaf yang diterbitkan oleh LPMQ yang menjadi dokumen rujukan oleh para penerbit. Dokumen rujukan ini akan disebut dengan dokumen template.
2. Dokumen yang diajukan oleh penerbit untuk ditashih oleh LPMQ Kemenag, yang akan disebut dengan dokumen target. Pada sistem yang

berjalan dokumen target berupa naskah Mushaf yang dicetak, untuk sistem yang diajukan data target berupa citra digital yang akan menjadi data input.

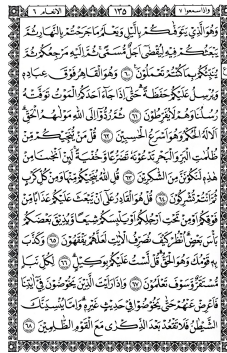
3.3 Analisis Data

Pada tahapan ini dilakukan analisis apakah ditemukan kesalahan atau ketidaksesuaian pada dokumen target merujuk pada dokumen template. Ketidaksesuaian tersebut akan diperbaiki pada tahap image pre processing.

3.4 Image Pre-Processing

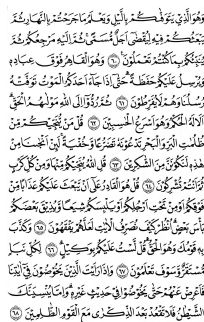
Pada tahapan ini, dokumen target diolah agar dapat dicocokkan dengan dokumen template. Yang dilakukan pada tahapan ini antara lain :

1. Menghilangkan bingkai pada halaman

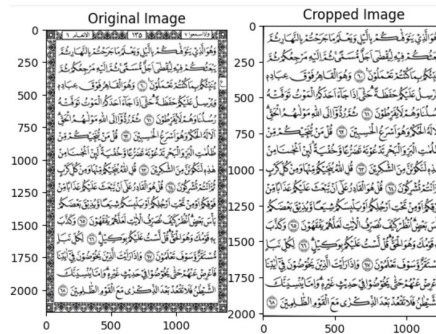


Gambar 3.4: Halaman dengan bingkai

Penerbit memiliki desain tampilan layout masing-masing di setiap halaman mushaf. Sehingga tidak ada standarisasi desain bingkai disetiap halaman, oleh karena itu perlu proses menghilangkan bingkai pada setiap halaman untuk proses image matching.



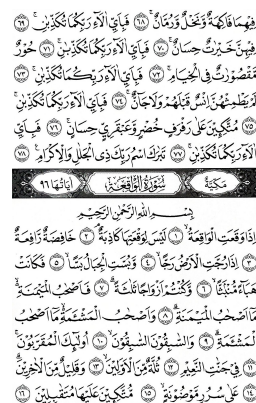
Gambar 3.5: Halaman tanpa bingkai



Gambar 3.6: Proses menghilangkan bingkai

Proses menghilangkan bingkai dilakukan untuk memudahkan proses pencocokan gambar, diketahui ordinat untuk Mushaf berukuran B5 dilakukan *cropping* dengan ukuran kiri 65, atas 80, kanan 1325, bawah 2100. Contoh proses tersebut dapat dilihat pada gambar 3.6.

2. Menghilangkan bingkai sesuai jumlah surat
Proses menghilangkan bingkai di setiap halaman mushaf bergantung dengan banyaknya surat di halaman tersebut. Halaman dengan jumlah surat lebih dari satu juga memiliki jumlah bingkai lebih dari satu, sehingga perlu menghilangkan bingkai pada setiap surat di halaman tersebut.



Gambar 3.7: 1 halaman dengan 2 surat

3. Normalisasi penomoran ayat
Penomoran ayat memiliki desain yang bervariasi pada setiap Mushaf sesuai dengan desain dari penerbit, sehingga perlu melakukan normalisasi pada nomor ayat agar tidak terbaca sebagai anomali, yaitu dengan menentukan ordinat pada setiap nomor ayat pada setiap surat.
4. Menyamakan ukuran halaman
Dokumen target yang akan ditashih melalui sistem harus memiliki ukuran yang sama dengan dokumen template. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian ukuran halaman.

3.5 Image Matching

Pada tahap ini dilakukan pencocokan gambar target terhadap gambar template menggunakan metode template matching. Tahapan yang perlu dianalisis antara lain :

- Penyesuaian warna pada halaman target dan halaman template
- Penyesuaian ukuran pada halaman template dan halaman target
- Normalisasi penomoran ayat pada setiap halaman
- Proses pencocokan dilakukan per halaman mulai surat Al Fatihah sampai dengan surat An-Nas

3.6 Rekomendasi Hasil Pentashihan

Proses pencocokan gambar menggunakan image matching dilakukan untuk membantu pentashih dalam memeriksa Mushaf Al-Qur'an. Tashih berfungsi untuk menemukan kesalahan penulisan isi kandungan ayat pada surat. Proses ini disebut dengan tashih digital karena proses pencocokan image target dan image template dilakukan dengan terkomputerisasi dengan menggunakan algoritma image matching berbasis fitur.

Keluaran yang dihasilkan oleh sistem tashih digital berupa dokumen rekomendasi hasil pentashihan yang memuat ketidaksesuaian antara gambar target dengan gambar template. Rekomendasi hasil tashih tersebut akan mendukung pentashih dalam memeriksa naskah Mushaf yang diajukan oleh penerbit, tidak untuk menggantikan pentashih sebagai ahli tashih.

DAFTAR PUSTAKA

- [Kat94] Yusuhsa Kato. “Voice Message Summary for Voice Services”. **in**April: 1994, **pages** 13–16.
- [Ben+00] Luigino Benetazzo **and** others. “Speech / Voice-Band Data Classification for Data Traffic Measurements in Telephone-Type Systems”. **in**49: 2 (2000), **pages** 413–417.
- [Doo+04] Saul R Dooley **and** others. “Efficient Implementation of Accurate Geometric Transformations for 2-D and 3-D Image Processing”. **in**13: 8 (2004), **pages** 1060–1065.
- [HGG07] Abdul Hafeez-Baig, Shelly Grist **and** Raj Gururajan. “Technology Management, Data management, Improved outcomes, Efficiency and Software limitation influencing the use of wireless technology for healthcare in Pakistan”. **in**6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS 2007): 2007, **pages** 1104–1110. DOI: 10.1109/ICIS.2007.177.
- [SO07] Raghavendra Singh **and** Antonio Ortega. “Reduced-Complexity Delayed-Decision Algorithm for Context-Based Image Processing Systems”. **in**16: 8 (2007), **pages** 1937–1945.
- [Tah+07] Aboozar Taherkhani **and** others. “Nonlinear Signal Processing for Voice Disorder Detection by Using Modified GP Algorithm and Surrogate Data Analysis”. **in**(2007): **pages** 0–4.
- [GW08] Rafael Gonzalez **and** Richard E. Woods. *Digital Image Processing 3rd Edition*. 2008. ISBN: 9780131687288.
- [Su+09] Guangda Su **and** others. “THEORY AND APPLICATION OF IMAGE NEIGHBORHOOD PARALLEL PROCESSING Guangda”. **in**2009 16th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP): IEEE, 2009, **pages** 2313–2316. ISBN: 9781424456543. DOI: 10.1109/ICIP.2009.5414487.
- [PLS10] Ivan Prudyus, Leonid Lazko **and** Serhiy Semenov. “Satellite Images Quality Improvement for Multilevel Data Processing”. **in**2010 International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET): (2010), **pages** 56–58.

- [Gem+11] Eser Gemikonakli **and others**. “Impacts of Buffering of Voice Calls in Integrated Voice and Data Services”. **in** *2011 UkSim 13th International Conference on Computer Modelling and Simulation*: 2011, **pages** 507–512. DOI: 10.1109/UKSIM.2011.103.
- [HH11] Jans Hendry **and** Risanuri Hidayat. “Template Matching Untuk Deteksi Obyek Citra Dengan Menggunakan Algoritma Korelasi”. **in** (2011).
- [Meh+12] Daryush D Mehta **and others**. “Mobile Voice Health Monitoring Using a Wearable Accelerometer Sensor and a Smartphone Platform”. **in** *IEEE Transaction on Biomedical Engineering*: 59.11 (2012), **pages** 3090–3096. DOI: 10.1109/TBME.2012.2207896.
- [Pan12] Leo Pantimena. “EVALUASI PENENTUAN TITIK KONJUGASI PADA FOTO STEREO DENGAN MENGGUNAKAN METODE AREA-BASED IMAGE MATCHING”. **in** X: (2012), **pages** 34–51.
- [SB13] Agus Setiawan **and** Ruri Suko Basuki. “Pencocokan Citra Berbasis Scale Invariant Feature Transform (SIFT) menggunakan Arc Cosinus”. **in** (2013).
- [Din+14] Zishuo Ding **and others**. “An image matching method based on the analysis of grey correlation degree and feature points”. **in** *NAECON 2014 - IEEE National Aerospace and Electronics Conference*: 2014, **pages** 157–162. DOI: 10.1109/NAECON.2014.7045795.
- [IZ14] Suhendro Irianto **and** Zaini. *Pengolahan citra digital*. 2014.
- [BWS15] Ruyu Bai, Xiaoli Wang **and** Qiang Su. “The impact of healthcare information technology on quality and safety of healthcare: A literature review”. **in** *2015 12th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM)*: 2015, **pages** 1–4. DOI: 10.1109/ICSSSM.2015.7170274.
- [Çak16] Mehmet Ulaú Çakör. “Text Mining Analysis in Turkish Language Using Big Data Tools”. **in** 2016: DOI: 10.1109/COMPSAC.2016.203.
- [HM16] Jose Herrera **and** German Molto. “Detecting Events in Streaming Multimedia with Big Data Techniques”. **in** (2016): DOI: 10.1109/PDP.2016.45.
- [Kem16] Kemenag. *Peraturan Menteri Agama Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2016*. 2016.
- [KSL16] Bayu Sy Kurniawan, Steven Ray Sentinuwo **and** Oktavian A Lantang. “Aplikasi Pengenal Citra Nomor Kendaraan Bermotor Menggunakan Metode Template Matching”. **in** 8: (2016).
- [Asi17] Munjiat Setiani Asih. “Pengenal Huruf Pada Citra Digital Menggunakan Algoritma Template Matching”. **in** (2017).

- [Sup+17] Artjoms Suponenkovs **and others**. “Application of image recognition and machine learning technologies for payment data processing review and challenges”. *in 2017 5th IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE)*: 2017, **pages** 1–6. DOI: 10.1109/AIEEE.2017.8270536.
- [Al-+18] Ahmed Al-nasheri **and others**. “Voice Pathology Detection and Classification Using Auto-Correlation and Entropy Features in Different Frequency Regions”. *in 6*: (2018), **pages** 6961–6974. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2696056.
- [Wu+18] Jinsong Wu **and others**. “Information and Communications Technologies for Sustainable Development Goals : State-of-the-Art , Needs and Perspectives”. *in 20*: 3 (2018), **pages** 2389–2406. DOI: 10.1109/COMST.2018.2812301.
- [Pan+20] Andreas S Panayides **and others**. “AI in Medical Imaging Informatics : Current Challenges and Future Directions”. *in 24*: 7 (2020), **pages** 1837–1857. DOI: 10.1109/JBHI.2020.2991043.
- [Fan+21] Shaowen Fan **and others**. “Research on data processing method of railway safety information based on NLP technology”. *in 2021 3rd International Academic Exchange Conference on Science and Technology Innovation (IAECST)*: 2021, **pages** 1304–1307. DOI: 10.1109/IAECST54258.2021.9695846.
- [Gib21] Jerry D. Gibson. *multimedia Communications Directions and Innovations*. 2021. ISBN: 0122821602.
- [Gon+21] Xiaoyan Gong **and others**. “Development of GPU Enhanced AI Education Platforms for K-12 Schools”. *in 2021 China Automation Congress (CAC)*: 2021, **pages** 5662–5666. DOI: 10.1109/CAC53003.2021.9727283.
- [HN21] Zhewei He **and** Xiaohong Niu. “Applying Artificial Intelligence to Primary and Secondary School Physical Education”. *in 2021 2nd International Conference on Information Science and Education (ICISE-IE)*: 2021, **pages** 1577–1581. DOI: 10.1109/ICISE-IE53922.2021.00349.
- [JA21] Juju Jumadi **and** Abdussalam Al Akbar. “IMPLEMENTASI METODE TEMPLATE MATCHING UNTUK KLASIFIKASI CITRA ANGGREK PENSIL BENGKULU”. *in June 2020*: (2021).
- [Lu21] Tongyu Lu. “Improving Image Matching Accuracy with Keypoint Features and Feature Fusion”. *in 2021 IEEE 3rd International Conference on Frontiers Technology of Information and Computer (ICFTIC)*: 2021, **pages** 513–520. DOI: 10.1109/ICFTIC54370.2021.9647145.
- [Ma+21] Jiayi Ma **and others**. “Image Matching from Handcrafted to Deep Features : A Survey”. *in International Journal of Computer Vision*: (2021), **pages** 23–79.

- [Tom21] Prof Pancho Tomov. “Industrial Development in the Context of Global Changes in Technology and Automation”. in *2021 IV International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech)*: (2021), pages 1–4. DOI: 10.1109/HiTech53072.2021.9614213.
- [Kas+22] Shamal Kashid **and others**. “Approach of a Multilevel Secret Sharing Scheme for Extracted Text Data”. in *2022 IEEE Students Conference on Engineering and Systems (SCES)*: 2022, pages 1–5. DOI: 10.1109/SCES55490.2022.9887697.
- [Luo22] Wanbo Luo. “Research and Implementation of Text Topic Classification Based on Text CNN”. in *2022 3rd International Conference on Computer Vision, Image and Deep Learning International Conference on Computer Engineering and Applications (CVIDL ICCEA)*: 2022, pages 1152–1155. DOI: 10.1109/CVIDLICCEA56201.2022.9824532.
- [Aym23] Jasjit S. Suri Ayman El-Baz. *Cloud Computing in Medical Imaging*. 2023. ISBN: 9780367702397. DOI: 10.1201/9781003145189.
- [Dij23] Rohman Dijaya. *Buku Ajar Pengolahan Citra Digital*. 2023. ISBN: 9786234640755.
- [He+23] X I U He **and others**. “A Reversible Multimedia Representation Method and Its Applications in Multimedia Processing”. in *IEEE Access*: 11.May (2023), pages 62436–62448. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3288020.
- [Hu+23] Yahui Hu **and others**. “Research on Image Analysis and Processing Technology Based on Big Data Technology”. in *2023 IEEE 2nd International Conference on Electrical Engineering, Big Data and Algorithms (EEBDA)*: (2023), pages 1383–1386. DOI: 10.1109/EEBDA56825.2023.10090749.
- [Kem23] Kemenag. *SILAT-Sistem Informasi Layanan Tanda Tashih*. 2023. URL: <https://tashih.kemenag.go.id/>.
- [Lee23] Roger Lee. *Big Data , Cloud Computing , and Data Science Engineering*. 2023. ISBN: 9783031196072.
- [Li23] Jianqing Li. “Research on Multimedia Information Processing System based on Data Mining Technology”. in *2023 3rd International Symposium on Computer Technology and Information Science (ISCTIS)*: (2023), pages 877–883. DOI: 10.1109/ISCTIS58954.2023.10213025.
- [MH23] Fuad Muftie **and** Muhammad Haris. “IndoBERT Based Data Augmentation for Indonesian Text Classification”. in *2023 International Conference on Information Technology Research and Innovation (ICITRI)*: IEEE, 2023, pages 128–132. ISBN: 9798350324945. DOI: 10.1109/ICITRI59340.2023.10250061.

- [NRS23] Michael Neumann, Maria Rauschenberger **and** Eva-Maria Schön. ““We Need To Talk About ChatGPT”: The Future of AI and Higher Education”. *in 2023 IEEE/ACM 5th International Workshop on Software Engineering Education for the Next Generation (SEENG)*: 2023, **pages** 29–32. DOI: 10.1109/SEENG59157.2023.00010.
- [PKŠ23] Jitka Poměnková, Petr Koráb **and** David Štrba. “Text Data Pre-Processing for Time-series Modelling”. *in 2023 33rd International Conference Radioelektronika (RADIOELEKTRONIKA)*: 2023, **pages** 1–6. DOI: 10.1109/RADIOELEKTRONIKA57919.2023.10109034.
- [Sat23] Nofri Satriawan. *Pengertian Metode Penelitian dan Jenis-jenis Metode Penelitian*. 2023. URL: <https://ranahresearch.com/metode-penelitian-dan-jenis-metode-penelitian/>.
- [TP23] Ashwini Tuppad **and** Shantala Devi Patil. “Data Pre-processing Issues in Medical Data Classification”. *in 2023 International Conference on Network, Multimedia and Information Technology (NMI-TCON)*: (2023), **pages** 1–6. DOI: 10.1109/NMITCON58196.2023.10275855.
- [WY23] Yakun Wang **and** Fuxiang Yu. “Visualization and Analysis of Mapping Knowledge Domains for AI Education System Studies”. *in 2023 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET)*: 2023, **pages** 475–479. DOI: 10.1109/ICIET56899.2023.10111115.
- [Zul+23] Zulaikha **and others**. “Deteksi Kartu Tanda Mahasiswa (KTM) Universitas Islam Negeri (UIN) Walisongo dengan Feature Matching”. *in Zeta-Math Journal*: 8.1 (2023), **pages** 1–6. DOI: 10.31102/zeta.2023.8.1.1-6.
- [Swa+24] Suman Kumar Swarnkar **and others**. *Multimedia Data Processing and Computing*. CRC Press - Taylor Francis Group, 2024. ISBN: 9781032469317.
- [Ale+] Enrico Alessi **and others**. “Voice Processing by Wideband Accelerometers with Immunity to Environmental Acoustic Noise”. *in 2022 IEEE Sensors*: (), **pages** 1–4. DOI: 10.1109/SENSORS52175.2022.9967339.