**BAB I**

**PENDAHULUAN**

* 1. **Latar Belakang**

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan [bumi](https://id.wikipedia.org/wiki/Bumi) akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan [gelombang seismik](https://id.wikipedia.org/wiki/Gelombang_seismik). Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan [kerak bumi](https://id.wikipedia.org/wiki/Kerak_Bumi) (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang dialami selama periode waktu. Berdasarkan informasi Badan Mateorologi, Klimaologi, dan Geofisika yang termuat pada https://www.bmkg.go.id/, sejak tanggal 29 Juli 2018 hingga tanggal 6 September 2018 sudah tercatat 60 gempa yang memiliki magnitude lebih dari atau sama dengan 5.0 SR. Data terbaru adalah gempa bumi tektonik yang terjadi di Pulau Lombok, Provinsi Nusa Tenggara Barat dan sudah terjadi sejak tanggal 29 Juli 2018 hingga sampai dengan Bulan September gempa masih dirasakan oleh masyarakat Lombok, khususnya masyarakat Kabupaten Lombok Utara. Tercatat sudah sebanyak 5 gempa besar terjadi dengan magnitudo lebih dari 6,0 SR [1].

Akibat dari gempa bumi yang melanda Lombok ribuan rumah rata dengan tanah, tepatnya 32.129 rumah rusak akibat gempa Lombok yang sudah diverifikasi oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) [1]. Akibat dari kerusakan bangunan yang melanda bangunan kecil hingga gedung tinggi, pemerintah Provinsi Nusa Tenggara Barat dan Kementerian Sosial Republik Indonesia menurunkan tim *assessment* bangunan untuk memeriksa kelayakan dari bangunan yang terkena dampak. Kegiatan *assessment* bangunan dilakukan untuk melihat tingkat kelayakan dan keamanan gedung pasca gempa bumi yang melanda Lombok, Nusa Tenggara Barat. Dalam pelaksanaannya, kegiatan *assessment* bangunan dapat ditempuh melalui dua tahap, yaitu pemeriksaan awal dan pemeriksaan detail melalui serangkaian pengujian sebelum disimpulkan dalam penilaian keandalan. Sampai pada tahap pengujian telah tersedia beberapa standar dan manual yang dapat digunakan sebagai acuan.

Kegiatan *assessment* bangunan pasca gempa bumi dilakukan secara manual, yaitu dengan memeriksa retakan (*crack*) bangunan, mengukur tingkat kerusakan, dan disesuaikan dengan standar yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan layak tidaknya bangunan tersebut digunakan. Retakan merupakan gejala akibat gaya yang bekerja atau banyak kombinasi yang melebihi dari pada kapasitas bangunan atau komponen materialnya [2]. Akan tetapi kegiatan *assessment* dengan memeriksa ratakan pada bangunan saat ini masih dilakukan secara manual dan membutuhkan tenaga ahli di bidangnya sehingga masyarakat umum tidak bisa dan sulit untuk melakukan pemeriksaan bangunan yang dimiliki secara mandiri. Tentu saja hal ini memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengetahui hasilnya sehingga akan menjadi masalah ketika bangunan yang diperiksa membutuhkan penanganan yang cepat.

Saat ini pengolahan citra digital dan pengenalan pola sudah banyak digunakan untuk melakukan analisis terhadap berbagai macam hal, termasuk dalam mengambil kesimpulan. Pada intinya prinsip penganalan pola ini mengikuti prinsip kerja otak manusia dalam mengenali dan menyimpulkan tentang berbagai objek yang ditangkap oleh panca indra manusia, khususnya mata untuk citra dan telinga untuk suara. Hal ini menjadi kesempatan untuk memanfaatkan konsep pengenalan pola dan pengolahan citra digital dalam melaksanakan kegiatan *assessment* bangunan pasca gempa.

Berbagai macam penelitian terkait pengenalan pola dan pengolahan citra digital yang pernah dilakukan dalam menentukan suatu kesimpulan. Pada proses yang ada pada pengenalan pola dan pengolahan citra digital terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, beberapa diantaranya yang biasa menjadi topik pengenalan pola dan pengolahan citra digital adalah pada tahapan ekstraksi fitur dan klasifikasi. Ektraksi fitur dan klasifikasi dalam pengenalan pola dan pengolahan citra digital merupakan sebuah tahapan yang membutuhkan metode khusus untuk menerapkannya sehingga penelitian-penelitian tentang pengenalan pola dan pengolahan citra digital sebagian besar berfokus pada kedua hal tersebut.

Beberapa penelitian tentang konsep pengenalan pola dan pengolahan citra digital pernah dilakukan untuk melakukan klasifikasi terhadap retakan bangunan. Pada jurnal yang berjudul “*Crack detection using image processing: A critical review and analysis*”. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan konsep pengenalan pola dan pengolahan citra digital pada kasus pengenalan dan klasifikasi retakan dapat menentukan kerusakan (rusak atau tidak rusak) mencapai persentase 75-95%.

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan lebih spesifik pada metode ekstraksi fitur dan klasifikasi antara lain: 1) melakukan ekstraksi ciri menggunakan metode *zoning* dan *momen*, beberapa diantaranya (untuk ekstraksi fitur) adalah penelitian Pengenalan Huruf Tulisan Tangan menggunakan Metode *Zoning* dan *Support Vector Machine* pada tahun 2007 yang berhasil mendapatkan tingkat akurasi 84,62%. Selain itu, penelitian tentang Pengenalan Huruf Alfabet Menggunakan Tujuh Invarian Momen Hu dan Jaringan Saraf Tiruan LVQ (*Learning Vector Quantization*) pada tahun 2014 dengan hasil angka rata-rata pengenalan sebesar 79,5% [3].

Berdasarkan permasalahan dan pemaparan tersebut dan untuk memudahkan masyarakat dalam melakukan pemeriksaan terhadap bangunan dengan melihat kondisi retakan (*crack*) bangunannya, maka dalam penelitian ini akan dibuat sebuah sistem klasifikasi retakan (*crack*) dengan menggunakan pengenalan pola yang dapat mengategorikan suatu retakan masuk ke jenis ringan, sedang atau berat, menggunakan metode ekstraksi fitur *zoning* dan *momen* serta klasifikasi menggunakan *quadratic discriminant analysis*.

* 1. **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, perumusan masalah untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menerapkan metode *zoning* dan *momen* sebagai ekstraksi fitur yang digunakan dan metode klasifikasi *quadratic discriminant analysis* dalam menentukan kategori kerusakan pada bangunan (ringan, sedang, dan berat)?
2. Bagaimana membuat model menggunakan metode *zoning* dan *momen* serta klasifikasi *quadratic discriminant analysis* untuk melakukan pengenalan retakan (*crack*) bangunan dalam menentukan kategori kerusakan pada bangunan (ringan, sedang, dan berat)?
3. Bagaimana perfoma dari metode ekstraksi fitur *zoning* dan momen serta klasfikikasi *quadratic discriminant analysis* untuk melakukan pengenalan retakan (*crack*) pada bangunan dalam menentukan kategori kerusakanbangunan (ringan, sedang, dan berat) berdasarkan presentase tingkat akurasi, presisi, dan *recall*?
   1. **Batasan Masalah**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, terdapat beberapa batasan masalah membangun sistem klasifikasi kelayakan bangunan berdasarkan retakan (*crack*) antara lain sebagai berikut:

1. Kategori hasil klasifikasi dibagi menjadi tiga kelas yaitu rusak ringan, rusak sedang dan rusak berat.
2. Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data retakan (*crack*) gempa bumi di Kabupaten Lombok Utara, NTB pada tahun 2018 dalam bentuk foto/gambar dengan jumlah ±1200 data foto/gambar retakan yang telah dianotasi sebelumnya.
3. Objek pengamatan pada penelitian ini adalah wilayah korban gempa Kabupaten Lombok Utara, NTB pada tahun 2018.
4. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *zoning* dan *momen* untuk ekstraksi fitur dan menggunakan metode klasifikasi *quadratic discriminant analysis*.
   1. **Tujuan**

Berikut adalah tujuan dilakukan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

* 1. Untuk membangun dan membuat sebuah model klasifikasi kategori kerusakan bangunan berdasarkan retakan dengan menggunakan metode *quadratic discriminant analysis* (QDA).
  2. Untuk menerapkan metode *zoning* dan *momen* dalam ekstraksi fitur sebuah citra dan metode *quadratic discriminant analysis* dalam menentukan kategori kelayakan bangunan pasca gempa berdasarkan retakan (*crack*) bangunan.
  3. Untuk menguji tingkat akurasi metode *zoning* dan *momen* sebagai metode dalam ekstrasi fitur dari citra reatakan (*crack*)dan *quadratic discriminant analysis* sebagai metode klasifikasi dalam melakukan pengenalan retakan (*crack*) bangunan untuk menentukan kategori kerusakan pada bangunan (ringan, sedang, dan berat).
  4. Untuk mengetahui perfoma metode ekstraksi fitur *zoning* dan momen serta klasfikikasi *quadratic discriminant analysis* dalam melakukan pengenalan retakan (*crack*) bangunan dalam menentukan kategori kerusakan pada bangunan (ringan, sedang, dan berat).
  5. **Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagi penyusun
2. Menerapkan ilmu yang telah didapatkan selama proses perkuliahan di Program Studi Informatika Fakultas Teknik Universitas Mataram.
3. Menambah wawasan dalam bidang pengenalan pola.
4. Melatih penyusun dalam menyelesaikan suatu permasalahan dengan menerapkan konsep pengenalan pola.
5. Bagi pembaca
6. Mendapatkan wawasan dan ilmu pengetahuan mengenai pemanfaatan pengenalan pola dalam menyelesaikan suatu permasalahan.
7. Menerapkan hasil dari skripsi ini pada permasalahan yang berhubungan dengan pengenalan pola retakan (*crack*).
8. Mendapatkan informasi dan literatur tentang pengaplikasian dari konsep pengenalan pola.
   1. **Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

* 1. Bab I Pendahuluan

Bab ini menjelaskan dasar-dasar dari penulisan laporan tugas akhir, yang terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, serta sistematika penulisan laporan tugas akhir.

* 1. Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Bab ini membahas teori-teori yang berhubungan dengan topik penelitian, meliputi retakan (*crack*), pengenalan pola, *statistical feature*,dan klasifikasi *statistical feature*.

* 1. Bab III Metodologi Penelitian

Pada Bab Metodologi Penelitian ini membahas tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian dan pengembangan perangkat lunak.

* 1. Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini merupakan bab yang akan menjelaskan tentang hasil analisis penerapan metode pada kasus pada penelitian tugas akhir ini.

* 1. Bab V Kesimpulan

Bab ini membahas implementasi yang dilakukan terhadap pengenalan pola pada dekstopmenggunakan aplikasi MATLAB dengan metode *statistical feature* (*zoning*)untuk melakukan ekstraksi fitur dari citra dan klasifikasi *statistical classifier* (*quadratic discriminant analysis*) sebagai metode dalam melakukan klasifikasi kerusakan bangunan.

# **BAB II**

# **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

* 1. **Tinjauan Pustaka**

Pada tahun 2013 dilakukan penelitian tentang Pengenalan Aksara Jawa. Penelitian ini menggunakan metode ektraksi fitur *statistical feature* dengan metode *zoning*. Hasil penelitian dengan judul Pengenalan Aksara Jawa Tulisan Tangan Dengan Menggunakan Ekstraksi Fitur Zoning Dan Klasifikasi K-Nearest Neighbour berhasil mendapatkan tingkat akurasi sebesar 84.1%. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah aksara Jawa tulisan tangan dari 20 orang berbeda. Masing-masing citra karakter yang ditulis oleh tiap orang diubah dalam ukuran 120 x 120 pixel [4].

Penelitian tentang Pengenalan Tulisan Tangan menggunakan Metode *Zoning* dan SVM yang dilakukan oleh Christyawan Ridanto dkk, berhasil mengenali tulisan tangan dengan tingkat akurasi 84.62% untuk huruf kapital dan 76.92% untuk huruf kecil [5]. Pada penelitian ini citra diperoleh dari tulisan tangan 8 orang responden. Data yang digunakan sebanyak 728 data yang dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian. Data pelatihan sebanyak 624 data (312 data huruf kapital dan 312 data huruf kecil). Data pengujian sebanyak 104 data (52 data huruf kapital dan 52 data huruf kecil) [5]. Pada penelitiannya, metode ekstraksi fitur yang digunakan adalah *statistical features*, yaitu *zoning* dan dengan metode klasifikasi menggunakan metode SVM.

Pada tahun 2013 dilakukan penelitian tentang Penentuan Kriteria Mutu Biji Pala (Myristica fragrans Houtt) berdasarkan Analisis Tekstur menggunakan Teknologi Pengolahan Citra. Pada proses pengolahan citra, metode ekstraksi fitur yang digunakan adalah GLCM dengan metode klasifikasi menggunakan metode *statistical classifier*, yaitu analisis diskriminan. Tingkat akurasi yang dihasilkan pada penelitian tersebut menunjukkan tingkat akurasi sebesar 96.7% dapat menentukan kriteria mutu dari biji pala yang diteliti [6].

Pada tahun 2014 dilakukan penelitian tentang Pengenalan Huruf Alfabet Menggunakan Tujuh Invarian Momen Hu dan Jaringan Saraf Tiruan LVQ (*Learning Vector Quantization*). Hasilnya angka rata-rata pengenalan sebesar 79,5% dengan huruf kecil dengan *font* *Times New Roman* yang diputar 90ᵒ dan 270ᵒ memiliki persentasi terkecil dengan 57,7%. Pengenalan mencapai angka 100% ketika diputar 180ᵒ baik huruf kapital maupun huruf kecil untuk semua jenis huruf [3].

Sebuah *paper* yang berjudul “*Crack detection using image processing: A critical review and analysis*” tentang penelitian-penelitian terkait dengan analisa retakan berdasarkan pemrosesan citra dengan berbagai macam metode. Pada paper tersebut dibahas analisa retakan dengan berbagai macam pendekatan, antara lain: pendekatan *centroid* citra, pendekatan statistik, analisis tekstur GLCM, transformasi wavelet, dan lain sebagainya. Hasil akurasi yang didapatkan menggunakan metode-metode yang sudah disebutkan adalah 70% sampai dengan 95% [7]. Jumlah data retakan yang digunakan pada penelitan-penelitian ini adalah 56,000 data gambar retakan yang telah dianotasi dan dipisahkan menjadi data retakan positif rusak dan negatif rusak. 56,000 data retakan tersebut terbagi dalam beberapa jenis berdasarkan lokasi retakannya, yaitu retakan dek jembatan, dinding, dan trotoar [7].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan tersebut, maka retakan (*crack*) pada bangunan juga dapat diklasifikasikan berdasarkan bentuk menggunakan metode ekstraksi fitur *statistical features* (*Zoning* dan *Momen*) ditambah dengan metode klasifikasi *statistical classifier* (*quadratic analisys discriminant*). Retakan (*crack*) ringan, sedang dan berat tentunya memiliki tekstur dan ciri yang berbeda yang dapat dihitung secara statistik untuk setiap pola retakannya.

* 1. **Dasar Teori**
     1. **Retakan (*Crack*)**

Retakan dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) memiliki arti suatu yang telah diretakkan. Retakan adalah benda padat yang terpisah menjadi beberapa bagian dikarenakan oleh benturan, pergeseran dan sejenisnya sehingga tampak bergaris. Keretakan merupakan gejala akibat gaya yang bekerja atau banyak kombinasi yang melebihi dari pada kapasitas bangunan atau komponen materialnya [2].

Berdasarkan lebar keretakan, kerusakan bangunan yang sering terjadi bisa berupa keretakan, patah, keruntuhan, lengkung, puntiran, dan lendutan. Kerusakan tersebut biasanya ditandai dengan gejala awal yang berhubungan antara satu dengan yang lainnya. Tingkat kerusakan yang terjadi pada bangunan dapat ditentukan dengan cara mengukur lebar retak pada elemen yang mengalami retak. Semakin besar lebar keretakan yang terjadi maka semakin tinggi tingkat kerusakan yang terjadi [2]. Penilaian terkait dengan kerusakan bangunan berdasarkan lebar retakan dapat dilihat pada tabel 2.1, tabel penilaian ini bersumber dari “Building Research Establishment Digest 251 : British Crown Copyright” dalam Buku “Appraising Building Defects”, Cook dan Hinks, tahun 1992 [2].

Tabel 2.1 Penilaian kerusakan bangunan gedung berdasarkan lebar keretakan [2]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tingkat Kerusakan** | **Deskripsi Kerusakan secara Tipikal** | **Pendekatan dengan Lebar Keretakan (mm)** |
| 1 | Retak rambut lebar kurang dari 0.1 mm, bisa diabaikan | 0 – 0.1 |
| 2 | Retakan halus, jarang terlihat pada bangunan luar pasangan bata, kemungkinan terjadi pemisahan atau penyusutan material pada bangunan | 0.1 - 1 |
| 3 | Retak mudah dimasuki, retak tidak perlu kelihatan dari luar | 1 – 5 |
| 4 | Pintu dan jendela melekat, kegagalan perbaikan pada pipa-pipa di dalam tembok | 5 – 15 |
| 5 | Rangka pada jendela dan pintu terdistorsi, lantai miring, kehilangan beberapa fungsi balok | 15 – 25 |
| 6 | Balok kehilangan kekuatan, dinding miring sekali, kerusakan pada jendela dengan distorsi | > 25 |

Penentuan tingkat kerusakan ditentukan dengan menggunakan nilai angka yang dimulai dengan nilai 1 sebagai tanda tingkat kerusakan yang paling ringan, dan 6 sebagai nilai yang terbesar, yang menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi pada bangunan sudah mengalami tingkat yang serius dan memerlukan perawatan yang kompleks [2].

* + 1. **Bentuk**

Bentuk merupakan salah satu ciri yang dapat diekstrak dari suatu objek untuk membedakan objek tersebut dengan objek lainnya. Bentuk adalah pola yang tampak dari semua jenis permukaan, yang menggambarkan pola visual. Bentuk berisi informasi unik tentang susunan struktural permukaan dan juga menggambarkan hubungan permukaan dengan lingkungan sekitar. Klasifikasi bentuk berarti menggolongkan sebuah bentuk yang diberikan ke dalam sekumpulan bentuk yang ada.

* + 1. **Pengenalan Pola**

Pengenalan pola terbagi menjadi 3 tahapan yaitu pemrosesan awal, ekstraksi fitur dan klasifikasi atau pengenalan. Pemrosesan awal merupakan tahapan pertama yang dilakukan untuk menyeragamkan citra masukan agar siap untuk dilakukan ekstraksi fitur [5]. Pada tahap pengolahan awal biasanya dilakukan *cropping*, penghilangan *noise* dan *resize* citra. Ekstraksi fitur dilakukan bertujuan untuk mendapatkan ciri khas dari suatu citra. Ekstraksi fitur dapat dilakukan dengan mentransformasikan citra menjadi sebuah *array* atau memberikan tanda-tanda khusus yang mencerminkan ciri dari suatu citra [5]. Pengenalan atau klasifikasi bertujuan untuk mengenali atau mengklasifikasi citra tertentu ke dalam suatu kelas [8].

Pengenalan pola merupakan bidang dalam pembelajaran mesin dan dapat diartikan sebagai tindakan mengambil data mentah dan bertindak berdasarkan klasifikasi data. Dengan demikian, pengenalan pola termasuk dalam pembelajaran terawasi (*supervised learning*). Ada beberapa definisi lain tentang pengenalan pola, di antaranya:

* + - * 1. Penentuan suatu objek fisik atau kejadian ke dalam salah satu atau beberapa kategori (menurut Duda dan Hart).
        2. Ilmu pengetahuan yang menitikberatkan pada deskripsi dan klasifikasi (pengenalan) dari suatu pengukuran (menurut Schalkoff).
        3. Suatu pengenalan secara otomatis suatu bentuk, sifat, keadaan, kondisi, susunan tanpa keikutsertaan manusia secara aktif dalam proses pemutusan (menurut Schurmann).

Berdasarkan beberapa definisi di atas, pengenalan pola bisa didefinisikan sebagai cabang kecerdasan yang menitik-beratkan pada metode pengklasifikasian objek ke dalam kelas - kelas tertentu untuk menyelesaikan masalah tertentu.

* + 1. ***Statistical Features***

Fitur statistik yang diekstraksi adalah representasi multiresolusi dari arah kontur goresan. Arah titik kontur yang dihitung sebanyak 4 nilai, sehingga karakteristik citra akan diuraikan menjadi 4 sub bagian arah. Pada setiap sub-citra, pemfilteran multiscale dan pengambilan sampel optimal dilakukan untuk mendapatkan fitur multiresolusi [9].

Dalam melakukan ekstraksi fitur dari suatu citra terdapat 2 cara/metode yang dapat dilakukan, antara lain: *Zoning* dan *Momen*. Kedua metode ini akan digunakan untuk melakukan ekstraksi fitur dari citra retakan pada penelitian tugas akhir ini.

* + 1. ***Euclidean Distance***

*Euclidean Distance* adalah metrika yang paling sering digunakan untuk menghitung kesamaan dua vektor. Rumus euclidean Distance adalah akar dari kuadrat perbedaan 2 vektor (*root of square differences between* 2 *vectors*) [10]. Perhitungan *Euclidean distance* dapat dilihat pada persamaan berikut:

(2-1)

Dengan:

*dij* = tingkat perbedaan (*dissimilarity degree*)

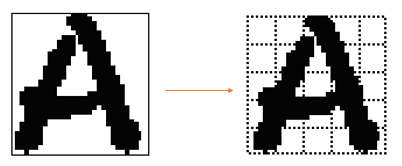
*n =* jumlah vektor

*x­­ik =* vektor citra *input*

*x­­jk =* vektor citra pembanding/*output*

* + 1. ***Zoning***

*Zoning* merupakan salah satu metode ekstraksi ciri pada citra karakter. Secara umum, dengan metode ekstraksi ciri *zoning* citra akan dibagi menjadi beberapa zona yang berukuran sama, untuk kemudian dari setiap zona akan diambil cirinya [4].



Gambar 2.1 Metode *zoning*

*Zoning* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, antara lain metode pencirian yang sederhana, kompleksitas yang rendah dan memiliki perhitungan yang cepat dalam mengekstraksi ciri suatu karakter [11]. Metode ini memiliki beberapa variasi algoritma, tiga di antaranya seperti yang dijelaskan oleh Rajashekararadhya dan Ranjan (2008) adalah *Image Centroid and Zone* (ICZ), *Zone Centroid and Zone* (ZCZ), dan gabungan dari ICZ dan ZCZ.

* + - 1. **Metode ICZ**

1. Hitung *centroid* (pusat) dari citra masukan, *centroid* dari citra dinyatakan dengan nilai koordinat (*x­c, yc*), dengan rumus:

(2-2)

(2-3)

Dengan *x­c* adalah *centroid* koordinat x, *yc* adalah *centroid* koordinat y, *x­n* adalah koordinat x dari piksel ke-*n, yn* adalah koordinat y dari piksel ke-*n,* dan *pn* adalah nilai piksel ke-*n*.

1. Bagi citra masukan menjadi n zona yang sama.
2. Hitung jarak antara *centroid* citra dengan koordinat setiap piksel yang memiliki nilai 1 yang terdapat dalam masing-masing zona.

(2-4)

Dimana *d* adalah jarak antara dua titik, P adalah koordinat titik berat, C adalah koordinat piksel, *x­p* adalah koordinat *x* titik berat, *yp* adalah koordinat *y* titik berat, *x­c* adalah koordinat *x* pikssel, dan *yc* adalah koordinat *y* piksel.

1. Ulangi langkah c untuk semua piksel yang ada dalam zona.
2. Hitung jarak rata-rata antara titik- titik tersebut dengan rumus :

(2-5)

* + - 1. **Metode ZCZ**

Berikut adalah langkah-langkah perhitungan metode ZCZ pada ektraksi fitur *zoning*:

* + - * 1. Bagi citra masukan menjadi n zona yang sama.
        2. Hitung centroid tiap zona dengan persamaan (2-2) dan (2-3).
        3. Hitung jarak antara centroid zona dengan setiap piksel yang ada dalam zona dengan persamaan (2-4).
        4. Ulangi langkah c untuk semua piksel yang ada dalam zona.
        5. Hitung jarak rata-rata antara titik- titik tersebut dengan persamaan (2-5).
        6. Ulangi langkah c-e untuk semua zona secara berurutan.
        7. Akan didapatkan n ciri untuk klasifikasi dan pengenalan.
      1. **Metode Gabungan ICZ dan ZCZ**

Berikut adalah langkah-langkah perhitungan metode gabungan ICZ dan ZCZ pada ektraksi fitur *zoning*:

1. Hitung *centroid* dari citra masukan dengan persamaan (2-2) dan (2-3).
2. Bagi citra masukan menjadi *n* zona yang sama.
3. Hitung jarak antara *centroid* citra dengan koordinat setiap piksel yang memiliki nilai 1 yang terdapat dalam masing-masing zona dengan persamaan (2-4).
4. Ulangi langkah c untuk semua piksel yang ada dalam zona.
5. Hitung jarak rata-rata antara titik- titik tersebut dengan persamaan (2-5).
6. Hitung *centroid* tiap zona dengan persamaan (2-2) dan (2-3).
7. Hitung jarak antara *centroid* zona dengan setiap piksel yang ada dalam zona dengan persamaan (2-4).
8. Ulangi langkah g untuk semua piksel yang ada dalam zona.
9. Hitung jarak rata-rata antara titik- titik tersebut dengan persamaan (2-5).
10. Ulangi langkah c-i secara berurutan.
11. Akan didapatkan 2*n* ciri untuk klasifikasi dan pengenalan.
    * 1. **Momen**

Momen dapat menggambarkan suatu objek dalam hal area, posisi, orientasi dan parameter terdefinisi lainnya. Dengan mendapatkan sejumlah informasi momen, baik momen order nol (*m*00) dan order 1 (*m*10 dan *m*01) atau momen sentral, dan momen pada order ≥ 2 atau momen *invariant* dari sebuah obyek, maka obyek tersebut dapat diidentifikasi sekalipun telah mengalami pergeseran (translasi), perputaran (rotasi), maupun perubahan skala (*scalling*) [12]. Pada dasarnya suatu objek melibatkan luasan, *center of gravity* dan momen untuk fungsi kontinu 2D, momen order (p+q) didefinisikan sebagai:

(2-6)

Untuk *p*, *q ­=* 0,1,2, …

Secara diskrit dituliskan sebagai persamaan:

(2-7)

(2-8)

, (2-9)

Dengan:

adalah momen sentral

adalah normalisasi momen sentral

Untuk mendapatkan momen pusat yang invarian terhadap skala, maka momen dinormalisasi dengan persamaan berikut:

, (2-10)

Berdasarkan momen pusat yang dinormalisasi tersebut, Hu memperkenalkan tujuh invarian momen sebagai berikut:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2-11) |
|  | (2-12) |
|  | (2-13) |
|  | (2-14) |
|  | (2-15) |
|  | (2-16) |
|  | (2-17) |

Tabel 2.2 Tabel Momen Invarian

|  |  |
| --- | --- |
| **Moment Sentral** | **Moment Invarian** |
|  | Persamaan (2-11) |
|  | Persamaan (2-12) |
|  | Persamaan (2-13) |
|  | Persamaan (2-14) |
|  | Persamaan (2-15) |
|  | Persamaan (2-16) |
|  | Persamaan (2-17) |

* + 1. ***Quadratic Discriminant Analysis* (QDA)**

Analisis diskriminan merupakan suatu teknik analisis data *multivariant* yang digunakan untuk mengklasifikasikan objek ke dalam populasi-populasi yang berbeda berdasarkan sampel latih (*training sampel*) yang telah diketahui asal kelasnya. Berdasarkan sampel latih tersebut, sebuah aturan pengklasifikasian dibangun dan selanjutnya digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap objek baru ke dalam salah satu kelas. Aturan fungsi yang akan diperoleh merupakan sebuah fungsi yang disebut sebagai fungsi diskriminan [13].

Analisis diskriminan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu analisis diskriminan linier (*linier discriminant analysis*) dan analisis diskriminan kuadratik (*quadratic discriminant analysis*). Analisis diskriminan linier (LDA) digunakan jika matriks kovarian kedua populasi diasumsikan sama, sedangkan analisis diskriminan kuadratik (QDA) digunakan jika matriks kovarian kedua populasi diasumsikan berbeda. Dalam penelitian yang diusulkan ini difokuskan pada kasus analisis diskriminan tiga kelas dengan matriks kovarian berbeda dengan menggunakan analisis diskriminan kuadratik (ADK/QDA) [13]. Karena tujuan utama dari analisis diskriminan adalah mengklasifikasikan data, maka menjadi suatu hal yang sangat penting untuk mengetahui *probability of misclassifications* (peluang kesalahan klasifikasi) atau *classification error rate* (tingkat kesalahan klasifikasi).

Perhitungan QDA/ADK dapat dilihat pada penjelasan berikut: misalkan terdapat himpunan n1 buah pengamatan X1={*x*11, *x*12, …, *x*1n} dalam ruang berdimensi p yang berasal dari populasi pertama Φ1 ~ Np (µ1, Σ1) dan himpunan n2 buah pengamatan X2={ *x*21, *x*22, …, *x*2n } dalam ruang berdimensi p yang berasal dari populasi kedua Φ2 ~ Np (µ2, Σ2). Maka fungsi diskriminan kuadratik diberikan oleh:

(2-18)

Sebuah pengamatan baru x akan diklasifikasikan ke dalam Φ1 jika:

(2-19)

dimana c1 merupakan nilai yang dihasilkan oleh kesalahan dalam melakukan klasifikasi pada sebuah unit dalam kelas yang dilambangkan dengan Φ1, dan c2 merupakan nilai yang dihasilkan oleh kesalahan dalam melakukan klasifikasi pada sebuah unit dalam kelas yang disebut dengan Φ2, sedangkan π1 merupakan peluang bahwa x berasal dari Φ1 dan π2 merupakan peluang bahwa x berasal dari Φ2. Dalam berbagai studi diasumsikan bahwa nilai *error* klasifikasi dan peluang objek dari kedua kelompok memiliki nilai yang sama, yaitu c1 = c2 dan π1 = π2, sehingga diperoleh θ = 0. Dengan kata lain, keputusannya adalah sebagai berikut:

* 1. Jika Q(x) > 0, maka x akan diklasifikasikan ke dalam kelas Φ1
  2. Jika Q(x) < 0, maka x akan diklasifikasikan ke dalam kelas Φ2
  3. Jika Q(x) = 0, maka x secara sembarang ke dalam Φ1 atau Φ2 [13].

**BAB III**

**METODE PENELITIAN**

* 1. **Alat dan Bahan**

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Bahan penelitian

Bahan penelitian pada tugas akhir ini adalah foto/citra retakan yang diambil pada rumah warga yang rusak akibat gempa di Kabupaten Lombok Utara. Foto/citra berasal dari tim yang melakukan *assessment* terhadap rumah-rumah warga yang rusak dan retak akibat gempa. Jumlah foto/citra retakan yang digunakan adalah ±1200 buah foto/citra retakan dengan spesifikasi 900 data foto/gambar akan digunakan sebagai data *training* dan 300 data foto/gambar akan digunakan untuk pengujian. Foto/gambar retakan yang digunakan adalah bersumber dari tim *assessment* Teknik Sipil Universitas Mataram. Foto/gambar retakan tersebut kemudian dianotasi untuk melakukan stadarisasi citra sebelum masuk ke dalam pelatihan (*training*). Data citra yang digunakan diambil dengan menggunakan kamera, kemudian data citra tersebut akan diolah secara manual terlebih dahulu dengan melakukan *labeling* (dinding, balok, tiang, dan lantai), *cropping*, dan standarisasi ukuran citra sebelum dimasukkan ke dalam perhitungan ekstraksi fitur dan perhitungan klasifikasi.

1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini adalah *laptop* dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. ProsesorIntel® Core™ i3
2. Memori RAM 4 GB
3. Perangkat lunak

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Sistem operasi Windows 10
2. MATLAB R2013a
   1. **Studi Literatur**

Studi literatur yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini adalah dengan mempelajari buku-buku, jurnal penelitian serta sumber lain yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas dan menjadi topik pada tugas akhir ini. Materi yang dipelajari dalam studi literatur berkaitan dengan ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode *zoning* dan *momen*, klasifikasi citra menggunakan metode *quadratic discriminant* *analysis* (QDA), dan materi-materi lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

* 1. **Rancangan Penelitian**

Penelitian yang dilakukan dapat digambarkan pada diagram alir berikut ini. Diagram alir pembuatan sistem dimulai dari pengumpulan data hingga pembuatan laporan dapat dilihat pada Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan sistem*.*



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan sistem

Langkah pertama dalam pembuatan sistem ini yaitu proses pengumpulan citra retakan bangunan. Citra retakan diambil langsung dari tempat terjadinya gempa yaitu Kabupaten Lombok Utara kemudian dibagi menjadi tiga kategori/kelas yaitu retakan ringan, sedang dan berat. Langkah kedua yakni studi literatur untuk mempelajari cara membangun sistem sesuai dengan metode yang digunakan. Selanjutnya adalah tahap pembangunan sistem sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Tahap pengujian dilakukan untuk menguji apakah sistem berfungsi sesuai dengan tujuan, apabila belum sesuai maka langkah selanjutnya kembali ke studi literatur. Setelah sistem berhasil dibangun dan berjalan sesuai dengan fungsinya maka tahap terakhir yakni pembuatan laporan.

* 1. **Alur Pembuatan Sistem**

Model klasifikasi kelayakan bangunan pada penelitian tugas akhir ini menggunakan dua metode, yaitu metode dalam melakukan ekstraksi fitur dan metode dalam melakukan klasifikasi hasil. Metode ekstraksi fitur yang digunakan yaitu dengan *statistical feature* (*zoning*) dan metode klasifikasi citra yang digunakan untuk menentukan hasil klasifikasi pada penelitian ini menggunkan *statistical classifier* (*quadratic discriminant analysis*). Konsep pengenalan pola secara umum terdapat 4 tahap utama, yaitu pembuatan model, proses pelatihan (*training*), pengujian model dan hasil *training*, dan klasifikasi. Pada penelitian ini akan dibangun sebuah sistem klasifikasi kelayakan bangunan berdasarkan retakan (*crack*) pada bangunandengan menggunakan model *waterfall* seperti yang ditunjukkanpada Gambar 3.1*.* Model *waterfall* atau yang sering disebut model *classic life cycle* menunjukkan pengembangan perangkat lunak secara berurutan dan sistematis dimulai dari tahap analisis kebutuhan sistem lalu menuju ke tahap analisis, desain, *coding*, dan *testing*/*verification*.



Gambar 3.2 Metode *waterfall*

Berikut ini adalah penjelasan dari Gambar 3.2:

* 1. Analisis

Analisis merupakan tahapan penetapan fitur, kendala dan tujuan sistem melalui konsultasi dengan pengguna sistem. Semua hal tersebut akan ditetapkan secara rinci dan berfungsi sebagai spesifikasi sistem [14]. Pada penelitian ini, tahap analisa yang dilakukan adalah berupa studi literatur dari berbagai macam sumber yang berkaitan dengan penerapan dari pengenalan pola dan pengolahan citra digital untuk menyelesaikan suatu permasalahan. Pencarian metode yang tepat dan sesuai dengan permasalahan juga termasuk dalam tahap analisa pada penelitian ini.

* 1. Desain

Dalam tahapan ini akan dibentuk suatu arsitektur sistem berdasarkan persyaratan yang telah ditetapkan. Dan juga mengidentifikasi dan menggambarkan abstraksi dasar sistem perangkat lunak dan hubungan-hubungannya [14]. Pada penelitian ini, tahap desain yang dilakukan adalah membuat desain skema dari alur kerja sistem yang akan dikerjakan. Skema alur sistem yang didesain meliputi pembuatan diagram alir sistem, skema metode pengembangan yang digunakan, dan penggambaran skema/proses *training* (pelatihan), *testing* (pengujian) dan klasifikasi yang akan diterapkan.

* 1. Implementasi

Dalam tahapan ini, hasil dari desain perangkat lunak akan direalisasikan sebagai satu set program atau unit program. Setiap unit akan diuji apakah sudah memenuhi spesifikasinya [14]. Pada penelitian ini, tahap implementasi yang dilakukan adalah membuat dan mengerjakan program sesuai dengan desain/perancangan skema yang sudah dibuat sebelumnya. Implementasi program adalah pengerjaan *training* *dataset* dengan menerapkan metode ekstraksi fitur *zoning* dan momen, serta menerapkan metode klasifikasi *quadratic* *discriminant analysis* pada proses *training* maupun *testing*.

* 1. Pengujian

Dalam tahapan ini, setiap unit program akan diintegrasikan satu sama lain dan diuji sebagai satu sistem yang utuh untuk memastikan sistem sudah memenuhi persyaratan yang ada. Pada penelitian ini, tahap pengujian dilakukan dengan melihat persentase tingkat akurasi, persentase presisi, serta persentase dari *recall* (temu kembaki informasi) yang didapatkan oleh program yang telah diimplementasikan.

* 1. **Kebutuhan Sistem**

Dalam penelitian ini analisis kebutuhan yang dilakukan terbagi menjadi tiga analisis, yaitu analisis pengguna, analisis perangkat keras, dan analisis perangkat lunak. Berikut adalah penjelasan masing-masing analisis kebutuhan sistem yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini.

* 1. Analisis Pengguna

Kegiatan *assessment* bangunan rusak atau retak saat ini merupakan kegiatan yang hanya bisa dilakukan oleh ahli di bidangnya (ahli bangunan, teknik sipil, dan lain sebagainya) dan membutuhkan waktu yang cukup lama untuk melakukan pemeriksaan terhadap bangunan yang rusak/retak. Namun, pada saat pasca terjadinya gempa *assessment* bangunan harus dilakukan sesegera mungkin dan hasilnya harus didapatkan sesegera mungkin untuk mengantisipasi kerusakan rumah yang semakin parah. Oleh sebab itu, target pengguna untuk sistem ini adalah masyarakat umum dan tim *assessment*/pemeriksa kelayakan bangunan yang terkena dampak dari gempa bumi agar dapat mengetahui tingkat kerusakan bangunan yang dimiliki sesegera mungkin.

* 1. Analisis Perangkat Lunak

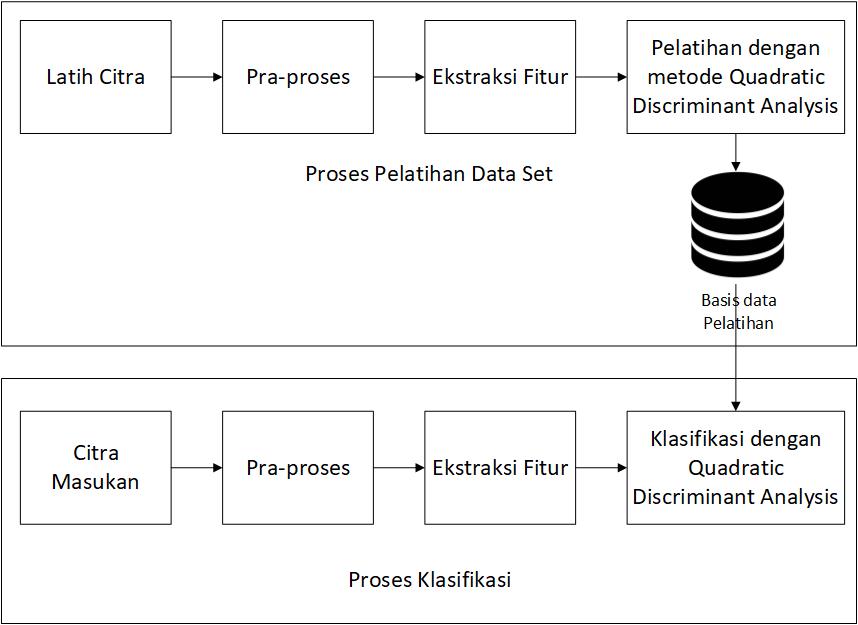
Perangkat lunak atau *software* merupakan seluruh aplikasi yang digunakan untuk membuat, merancang, dan mengimplementasikan seluruh hasil perhitungan manual dari penelitian ini. Dalam mengimplementasikan metode *zoning*, momen, dan *quadratic discriminant analysis* ke dalam bentuk program, maka dibutuhkan *software* khusus yang dapat membantu dalam melakukan perhitungan-perhitungan matriks citra. Selain menangani perhitungan, perangkat lunak lain yang juga dibutuhkan untuk menangani pembuatan laporan penelitian, perancangan model/pembuatan UML dalam penelitian, dan sistem operasi yang digunakan untuk menjalankan seluruh perangkat lunak tersebut. Perangkat lunak/*software* yang akan digunakan dalam membangun dan menguji sistem klasifikasi *crack* ini yaitu seperti pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Kebutuhan perangkat lunak untuk membangun dan menguji sistem**.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No.** | **Nama Perangkat** | **Spesifikasi** |
| 1 | Sistem Operasi | Windows 10 |
| 2 | MATLAB | MATLAB R2013a |
| 3 | *Microsoft Off*ice | Office 2016 |
| 4 | *Photo viewer* | *Windows Photo Viewer* |
| 5 | UML | Visio 2013 |

* 1. **Rancangan Algoritma**

Rancangan pembuatan sistem pada penelitian ini secara garis besar dapat di gambarkan pada tiga proses utama yaitu *training* (pelatihan)*, testing* (pengujian)dan klasifikasi yang dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Proses training (pelatihan), testing (pengujian) dan klasifikasi

* + - * 1. **Tahap *Preprocessing***

Tahap *preprocessing* yang terdiri atas proses *Binarization, Morphological Filtering, Segmentation* dan *Resizing*. Setiap citra latih dan citra uji akan melewati tahapan awal tersebut untuk menghilangkan dan mengurangi *error* yang dapat berdampak pada akurasi akhir pada saat masuk ke tahap klasifikasi.

1. *Binarization*

Pada tahapan *binarization,* setiap *pixel* citra retakan akan diubah ke bentuk *binary* (0 dan 1), sehingga retakan (*crack*) akan tampak lebih jelas. Pada Gambar 3.4 merupakan tampilan dari perubahan citra asli ke citra *binary*.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Gambar 3.4 Perubahan citra asli ke citra biner.

1. *Morphological Filtering*

Pada tahapan ini, citra akan difilter dengan tujuan untuk menghilangkan bintik-bintik (*noise*) yang nantinya akan merusak kualitas citra. Jenis *filtering* yang digunakan adalah median *filtering*. Pada Gambar 3.5 merupakan tampilan dari perubahan citra yang telah melalui proses filter.



Gambar 3.5 Citra yang telah melalui proses filter.

1. *Segmentation*

Pada tahapan ini, citra akan disegmentasi untuk mengetahui posisi retakan (*crack*) yang selanjutnya akan dipotong,sehingga hanya citra retakan saja yang diolah. Pada Gambar 3.6 merupakan tampilan dari tahap segmentasi.



Gambar 3.6 Proses segmentasi.

1. *Resizing*

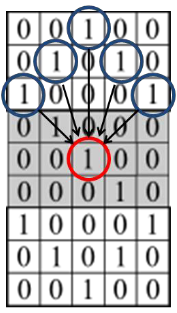
*Resizing* merupakan tahapan terakhir dalam proses *preprocessing* yaitu tahap mengubah ukuran citra menjadi 256x256 *pixel.* Pada Gambar 3.6 tampilan dari tahap *resizing*

* + - * 1. **Ekstraksi Fitur**

Tahap selanjutnya yaitu melakukan ekstraksi fitur, ekstraksi fitur merupakan bagian dari teknik pengenalan pola *(pattern recognition)* yang bertujuan untuk mengambil atau mengekstraksi nilai-nilai unik dari suatu objek yang membedakan dengan objek yang lain. Penelitian ini menggunakan metode *statistical feature*, yaitu *zoning* dan *momen*.

* 1. **Metode *Zoning***

*Zoning* merupakan salah satu metode ekstraksi ciri pada citra karakter. Secara umum, dengan metode ekstraksi ciri *zoning* citra akan dibagi menjadi beberapa zona yang berukuran sama, untuk kemudian dari setiap zona akan diambil cirinya [4]. *Zoning* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan metode lainnya, antara lain metode pencirian yang sederhana, kompleksitas yang rendah dan memiliki perhitungan yang cepat dalam mengekstraksi ciri suatu karakter [11]. Ada beberapa variasi algoritma dalam metode ekstrasi ciri *zoning*, yaitu metode ekstraksi ciri ICZ (*image centroid and zone*), metode ekstraksi ciri ZCZ (*zone centroid and zone*), dan metode ekstraksi ciri gabungan dari ICZ + ZCZ [15]. Namun pada penelitian tugas akhir ini, metode *zoning* yang digunakan adalah metode *zoning* dengan ICZ (*Image Centroid Zone*) dan ZCZ (*Image Centroid Zone*), karena pada [5] [11] [16] saat melakukan ekstrasi fitur dengan menggunakan *zoning* kedua metode ini selalu digunakan dalam menentukan ciri citra pada suatu kelas.



Gambar 3.7 Contoh perhitungan jarak pixel non-*background* dengan *image centroid* untuk zona 1 [16].

Untuk zona 1 (zona atas), perhitungan jarak yang divisualisasikan oleh Gambar 3.7, dilakukan dengan perhitungan berikut menggunakan persamaan 2-1 [16]:

(1,3) 🡪 jarak =

(2,2) 🡪 jarak =

(3,1) 🡪 jarak =

(4,2) 🡪 jarak =

(5,3) 🡪 jarak =

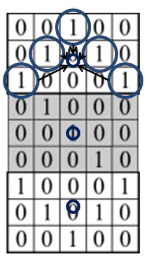
Setelah didapatkan jarak *centroid-pixel* untuk masing-masing *pixel non-background* pada zona 1, jarak rata-ratanya dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2-5.

Perhitungan menghasilkan jarak rata-rata *centroid-pixel* untuk zona 1 ialah 3.196. Dengan cara yang sama, jarak *centroid-pixel* dihitung untuk setiap pixel pada zona 2 (tengah) dan 3 (bawah), kemudian dihitung rata-ratanya. Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa jarak rata-rata *centroid-pixel* untuk zona 2 dan 3 berturut-turut ialah 0.94 dan 3.196. Sementara itu, jika menggunakan algoritma *Zone Centroid* and *Zone*, pertama citra akan langsung dibagi menjadi n zona yang sama, misalkan menjadi 3 zona seperti pada algoritma *Image Centroid and Zone*, menjadi zona atas, zona tengah, dan zona bawah. Kemudian, zona *centroid* dari masing-masing zona dihitung menggunakan persamaan 2-4 [16]. Dari hasil perhitungan, didapatkan hasil berikut:

Zona 1 (atas): *xc =* 3, *yc =* 2.2

Zona 2 (tengah): *xc =* 3, *yc =* 5

Zona 3 (bawah): *xc =* 3, *yc =* 7.8



Gambar 3.8 Perhitungan jarak pixel *non-background* dengan *zone centroid* untuk zona 1 [16].

Kemudian, untuk masing-masing zona, jarak antara *centroid* masing-masing zona dan setiap *pixel non-background* yang ada di dalam zona dicari menggunakan rumus jarak *Euclidean distance*. Untuk zona 1 (atas), perhitungan jarak, yang divisualisasikan oleh Gambar 3.8, dilakukan dengan perhitungan berikut:

(1,3) 🡪 jarak =

(2,2) 🡪 jarak =

(3,1) 🡪 jarak =

(4,2) 🡪 jarak =

(5,3) 🡪 jarak =

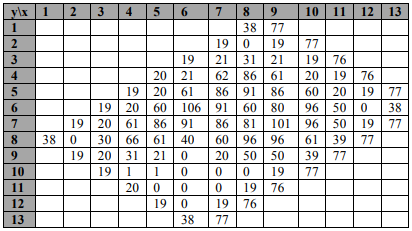
Setelah didapatkan jarak *centroid-pixel* untuk masing-masing *pixel non-background* pada zona 1, jarak rata-ratanya dihitung dengan menggunakan rumus pada persamaan 2-5 [16].

Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa jarak rata-rata *centroid* zona dengan seluruh pixel untuk zona 1 ialah 1.508. Dengan cara yang sama, jarak *centroid-pixel* dihitung untuk setiap pixel pada zona 2 (tengah) dan 3 (bawah), kemudian rata-ratanya dihitung. Dari hasil perhitungan, jarak rata-rata *centroid*-*pixel* untuk zona 2 dan 3 berturut-turut adalah 0.94 dan 1.508 [16]. Dengan demikian, tiga nilai didapatkan untuk masing-masing algoritma ekstraksi ciri, yang merupakan ciri dari citra yang didapatkan dari masing-masing zona. Untuk algoritma *Image Centroid and Zone*, hasilnya adalah 3.196, 0.94, dan 3.196. Sementara itu, untuk algoritma *Zone Centroid and Zone* hasilnya adalah 1.508, 0.94, dan 1.508 [16]. Keenam nilai dari masing-masing algoritma ini kemudian akan digunakan dalam pelatihan dan/atau pengujian *quadratic discriminant analysis*.

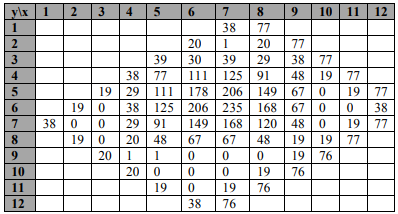
* 1. **Momen (Invarian Hu Momen)**

Berikut ini adalah contoh perhitungan Invarian Hu Momen dalam melakukan ekstraksi fitur terhadap suatu citra dapat dilihat pada tabel 3.2 dan tabel 3.3.

Tabel 3.2 Objek pertama



Tabel 3.3 Objek kedua



Langkah pertama objek citra dihitung momen (𝑚00, 𝑚01, 𝑚10) pada sistem diskrit, menggunakan persamaan berikut:

(3-1)

Dimana H dan W masing-masing merupakan tinggi dan lebar citra dan p = 0,1,2,… dan q = 0,1,2,… adalah *integer*.

* + - 1. Objek Pertama

𝑚00 = 3873

𝑚10 = 30607

𝑚01 = 25196

* + - 1. Objek Kedua

𝑚00 = 4099

𝑚10 = 28867

𝑚01 = 23652

Selanjutnya, hitung momen pusat untuk suatu citra dengan persamaan berikut:

(3-2)

Dimana:

(3-3)

* Objek Kesatu

𝑥̅= 30607 3873 = 7.90266

𝑦̅ = 25196 3873 = 6.50555

𝑠𝑒ℎ𝑖𝑛𝑔𝑔𝑎 ∶

𝜇11 =-3651.41

𝜇20 = 22690.3

𝜇02 = 22490.1

𝜇30 = −26801.4

𝜇03 = −3438.17

𝜇12 = 9445.5

𝜇21 = 10199.5

* Objek Citra kedua

𝑥̅= 28867 4099 = 7.04245

𝑦̅ = 23652 4099 = 5.77019

𝑠𝑒ℎ𝑖𝑛𝑔𝑔𝑎 ∶

𝜇11 = −698.013

𝜇20 = 14738.6

𝜇02 = 17877.5

𝜇30 = −4991.25

𝜇03 = 6681.16

𝜇12 = 10373.1

𝜇21 = 5380.07

Kemudian *normalized central moments*, menggunakan menggunakan persamaan sebagai berikut:

(3-4)

Dimana:

(3-5)

Dengan:

* Objek Pertama

𝜂11 = − 3651.41 38732 = −0.000243425

𝜂20 = 22690.3 38732 = 0.00151267

𝜂02 = 22490.1 38732 = 0.00149933

𝜂30 = − 26801.4 38732.5 = −2.87103e − 005

𝜂03 = − 3438.17 38732.5 = −3.68306e − 006

𝜂12 = 9445.5 3873^2.5 = 1.01183e − 005

𝜂21 = 10199.5 3873^2.5 = 1.09259e – 005

* Objek Kedua

𝜂11 = − 698.013 40992 = −4.15439𝑒 − 005

𝜂20 = 14738.6 40992 = 0.000877204

𝜂02 = 17877.5 40992 = 0.00106402

𝜂30 = − 4991.25 40992.5 = −4.63996𝑒 − 006

𝜂03 = 6681.16 40992.5 = 6.21094𝑒 − 006

𝜂12 = 10373.1 40992.5 = 9.64303𝑒 − 006

𝜂21 = 5380.07 4099^2.5 = 5.00142𝑒 – 006

Sehingga ketujuh nilai *invariant moments* dapat diturunkan dari moment kedua dan ketiga sebagai berikut:

𝜙1 = 𝜂20 + 𝜂02

𝜙2 = (𝜂20 − 𝜂02)2 + 4𝜂114

𝜙3 = (𝜂30 − 3𝜂12)2 + (3𝜂21 + 𝜂03)2

𝜙4 = (𝜂30 + 𝜂12)2 + (𝜂21 + 𝜂03)2

𝜙5 = (𝜂30 − 3𝜂12) (𝜂30 + 𝜂12) [(𝜂30 + 𝜂12)2 − (3𝜂21 + 𝜂03)2] + (3𝜂21 − 𝜂03) (𝜂21 + 𝜂03) [(3𝜂30 + 𝜂12)2 − (𝜂21 + 𝜂03)2]

𝜙6 = (𝜂20 − 3𝜂02) [(𝜂30 + 𝜂12)2 − (𝜂21 + 𝜂03)2] + 4𝜂11(𝜂30 − 𝜂12) (𝜂21 + 𝜂03)

𝜙7 = (3𝜂21 − 𝜂03) (𝜂30 + 𝜂12) [(𝜂30 + 𝜂12)2 − 3(𝜂21 + 𝜂03)2] + (𝜂30 + 𝜂12) (𝜂21 + 𝜂03) [3(𝜂30 + 𝜂12)2 − (𝜂21 + 𝜂03)2]

* Objek Pertama

𝜙1 = 0.00151267 + 0.00149933 = 0.003012

𝜙2 = ( 0.00151267 − 0.00149933 ) 2 + 4 ∗ −0.0002434252 = 2.37201𝑒 − 007

𝜙3 = ( −2.87103𝑒 − 005 − 3 ∗ 1.01183𝑒 − 005 ) 2 + ( 3 ∗ 1.09259𝑒 − 005 − −3.68306𝑒 − 006) 2 = 4.81809𝑒 − 009

𝜙4 = ( −2.87103𝑒 − 005 + 1.01183𝑒 − 005 ) 2 + ( 1.09259𝑒 − 005 + −3.68306𝑒 − 006 ) 2 = 3.98124𝑒 − 010

𝜙5 = ( −2.87103e − 005 − 3 ∗ 1.01183e − 005 ) ∗ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) ∗ [ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) 2 − 3 ∗ ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) 2 ] + ( 3 ∗ 1.09259e − 005 − −3.68306e − 006 ) ∗ ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) ∗ [ 3 ∗ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) 2 − ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) 2 ] = 4.66763e − 019

𝜙6 = ( 0.00151267 − 0.00149933 ) ∗ [ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) 2 − ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) 2 ] + 4 ∗ −0.000243425 ∗ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) ∗ ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) = 1.35031e – 013

𝜙7 = ( 3 ∗ 1.09259e − 005 − −3.68306e − 006 ) ∗ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) ∗ [ (−2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) 2 − 3 ∗ ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) 2 ] + (3 ∗ 1.01183e − 005 − −2.87103e − 005 ) ∗ ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) ∗ [ 3 ∗ ( −2.87103e − 005 + 1.01183e − 005 ) 2 − ( 1.09259e − 005 + −3.68306e − 006 ) 2 ] = 2.9355e – 019

* Objek Kedua

𝜙1 = 0.000877204 + 0.00106402 = 0.00194123

𝜙2 = (0.000877204 − 0.00106402) 2 + 4 ∗ −4.15439𝑒 − 0052 = 4.18051𝑒 − 008

𝜙3 = ( −4.63996𝑒 − 006 − 3 ∗ 9.64303𝑒 − 006) 2 + (3 ∗ 5.00142𝑒 − 006 − 6.21094𝑒 − 006) 2 = 1.2042𝑒 − 009

𝜙4 = ( −4.63996e − 006 + 9.64303e − 006) 2 + (5.00142e − 006 + 6.21094e − 006) 2 = 1.50748e − 010

𝜙5 = ( −4.63996𝑒 − 006 − 3 ∗ 9.64303𝑒 − 006) ∗ ( −4.63996𝑒 − 006 + 9.64303𝑒 − 006) ∗ [ ( −4.63996𝑒 − 006 + 9.64303𝑒 − 006) 2 − 3 ∗ (5.00142𝑒 − 006 + 6.21094𝑒 − 006) 2] + ( 3 ∗ 5.00142𝑒 − 006 − 6.21094𝑒 − 006 ) ∗ ( 5.00142𝑒 − 006 + 6.21094𝑒 − 006 ) ∗ [ 3 ∗ ( −4.63996𝑒 − 006 + 9.64303𝑒 − 006 ) 2 − ( 5.00142𝑒 − 006 + 6.21094𝑒 − 006 ) 2 ] = 5.41467𝑒 – 020

𝜙6 = (0.000877204 − 0.00106402) ∗ [ ( −4.63996e − 006 + 9.64303e − 006) 2 − (5.00142e − 006 + 6.21094e − 006) 2] + 4 ∗ −4.15439e − 005 ∗ ( −4.63996e − 006 + 9.64303e − 006) ∗ (5.00142e − 006 + 6.21094e − 006) = 9.48832e − 015

𝜙7 = (3 ∗ 5.00142e − 006 − 6.21094e − 006) ∗ ( −4.63996e − 006 + 9.64303e − 006) ∗ [ (−4.63996e − 006 + 9.64303e − 006) 2 − 3 ∗ (5.00142e − 006 + 6.21094e − 006) 2 ] + ( 3 ∗ 9.64303e − 006 − −4.63996e − 006 ) ∗ ( 5.00142e − 006 + 6.21094e − 006 ) ∗ [ 3 ∗ ( −4.63996e − 006 + 9.64303e − 006 ) 2 − ( 5.00142e − 006 + 6.21094e − 006 ) 2 ] = −3.45456e – 020

Sehingga *invarian moment hu* ketiga citra dapat dilihat pada Tabel 3.5. 𝜙1 sampai dengan 𝜙7 memiliki nilai yang sangat kecil, sehingga untuk melihat perbedaan nilai setiap objek citra nilai 𝜙1 𝑠𝑎𝑚𝑝𝑎𝑖 𝑑𝑒𝑛𝑔𝑎𝑛 𝜙7. Ditampilkan dengan definisi |log(|𝜙|)| .

Tabel 3.4 *Invarian moment Hu* objek pertama dan kedua

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Pertama** | **Kedua** |
| 𝜙­1 | 5.80515 | 6.24443 |
| 𝜙­2 | 15.2544 | 16.9902 |
| 𝜙­3 | 19.1509 | 20.5374 |
| 𝜙­4 | 21.6443 | 22.6154 |
| 𝜙­5 | 42.2085 | 44.3626 |
| 𝜙­6 | 29.6333 | 32.2887 |
| 𝜙­7 | 42.6722 | 44.812 |

* + - * 1. **Klasifikasi**

Setelah dilakukan ekstraksi fitur *zoning* dan momen, maka kemudian dilakukan tahap klasifikasi. Dari ekstraksi fitur *zoning* akan didapatkan beberapa fitur (tergantung dari pembagian zona, pada contoh terdapat 3 zona yang berarti didapatkan 3 fitur) dan dari ekstraksi fitur momen akan didapatkan 7 fitur. Kemudian fitur-fitur yang didapatkan tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan klasifikasi menggunakan metode *Quadratic Discriminant Analysis* (QDA), dengan perhitungan klasifikasi menggunakan persamaan 2-18.

* 1. **Pengumpulan Data**

Citra sebanyak 1200 retakan (*crack*) bangunan diambil menggunakan kamera di lokasi gempa Kabupaten Lombok Utara, NTB yang terjadi pada tahun 2018. Terdapat tiga jenis retakan (*crack*) bangunan yang diambil yaitu ringan, sedang dan berat. Tabel 3.3 menunjukkan contoh gambar retakan (*crack*) dalam kategori ringan, sedang dan berat.

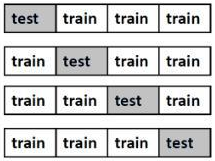
Tabel 3.5 Contoh data retakan.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ringan | Sedang | Berat |
| D:\Klasifikasi Crack\Tembok\DSC08646.JPG | D:\Klasifikasi Crack\Tembok\DSC08949.JPG | D:\Klasifikasi Crack\Tembok\DSC08665.JPG |

* 1. ***Training*, Pengujian dan Analisa**

*Cross validation* adalah bentuk sederhana dari teknik statistik. Jumlah *fold* standar untuk memprediksi tingkat *error* dari data adalah dengan menggunakan 10-*fold cross validation*.

Data yang digunakan dibagi secara acak ke dalam k *subset* yaitu 𝐷1,𝐷2, … ,𝐷𝑘 dengan ukuran yang sama. *Dataset* akan dibagi menjadi *data* *training* dan *data testing*. Proses *training* dan *testing* dilakukan sebanyak k kali secara berulang-ulang. Pada iterasi ke-i, partisi 𝐷𝑖 disajikan sebagai data *testing* dan partisi sisanya digunakan secara bersamaan dan berurutan sebagai data *training*. Iterasi kedua, subset 𝐷1,𝐷2, … ,𝐷𝑘 akan dites pada 𝐷2, dan selanjutnya hingga 𝐷𝑘. Gambar 3.9 berikut adalah contoh ilustrasi 4-*fold cross validation*.



Gambar 3.9 Ilustrasi 4-*Fold Cross Validation*

Berdasarkan Gambar 3.9 ditunjukkan bahwa nilai *fold* yang digunakan adalah 4-*fold cross validation*. Berikut diberikan langkah-langkah pengujian data dengan 4-*fold cross validation*.

*Dataset* yang digunakan dibagi menjadi 4 bagian, yaitu 𝐷1, 𝐷2, 𝐷3, dan 𝐷4. 𝐷𝑡, 𝑡 = (1, 2, 3, 4) digunakan sebagai data testing dan dataset lainnya sebagai data *training*.

Tingkat akurasi dihitung pada setiap iterasi (iterasi-1, iterasi-2, iterasi-3, iterasi-4), kemudian dihitung rata-rata tingkat akurasi dari seluruh iterasi untuk mendapatkan tingkat akurasi data keseluruhan.

Evaluasi hasil klasifikasi dilakukan dengan metode *confusion matrix*. *Confusion matrix* adalah *tool* yang digunakan sebagai evaluasi model klasifikasi untuk memperkirakan objek yang benar atau salah. Sebuah *matrix* dari prediksi yang akan dibandingkan dengan kelas sebenarnya atau dengan kata lain berisi informasi nilai sebenarnya dan prediksi pada klasifikasi.

Tabel 3.6 Tabel *confusion matrix* dua kelas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Classification* | *Predicted class* | |
| *Class=Yes* | *Class=No* |
| *Class=Yes* | a (*true positive*) | b (*false negative*) |
| *Class=No* | c (*false positive*) | d (*true negative*) |

Pada tabel *confusion matrix* di atas, *true positive* (TP) adalah jumlah *record* positif yang diklasifikasikan sebagai positif, *false positive* (FP) adalah jumlah *record* negatif yang diklasifikasikan sebagai positif, *false negatives* (FN) adalah jumlah *record* positif yang diklasifikasikan sebagai negatif, *true negatives* (TN) adalah jumlah *record* negatif yang diklasifikasikan sebagai negatif. Setelah data uji diklasifikasikan maka akan didapatkan *confusion matrix* sehingga dapat dihitung jumlah sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi.

Berdasarkan *confusion matrix* tersebut, kemudian dilakukan perhitungan presisi, akurasi, dan *recall*. Akurasi dalam klasifikasi adalah persentase ketepatan *record* data yang diklasifikasikan secara benar setelah dilakukan pengujian pada hasil klasifikasi. Presisi atau *confidence* adalah proporsi kasus yang diprediksi positif yang juga positif benar pada data yang sebenarnya. *Recall* atau *sensitivity* adalah proporsi kasus positif yang sebenarnya yang diprediksi positif secara benar [17].

Perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* pada pengujian sistem untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada persamaan 3-6, 3-7, dan 3-8.

Presisi

(3-6)

*Recall*

(3-7)

Akurasi

(3-8)

* 1. **Rencana Pengujian**

Rencana pengujian yang akan dilakukan pada penelitian ini dengan melihat 2 aspek, yaitu performa dan akurasi. Aspek performa melihat kemampuan metode-metode yang digunakan pada penelitian ini dalam menentukan tingkat kerusakan bangunan berdasarkan retakan pada bangunan tersebut, sedangkan aspek akurasi melihat persentase ketepatan metode dalam menentukan tingkat kerusakan bangunan berdasarkan retakan. Kedua aspek ini akan dilihat dengan dua skema. Skema pertama dengan *testing* data uji menggunakan program yang dikembangkan pada MATLAB untuk melihat performa dari metode yang diterapkan, dan skema kedua dengan membangun GUI pada MATLAB untuk melihat tingkat akurasi dari metode-metode yang diterapkan pada penelitian ini.

* 1. **Jadwal Kegiatan**

Waktu yang digunakan dalam proses pengembangan sistem klasifikasi retakan (*crack*) pada bangunan yaitu selama enam bulan. Jadwal kegiatan pengembangan sistem klasifikasi retakan (*crack*) pada bangunan seperti pada Tabel 3.4.

Tabel 3.8 Jadwal kegiatan perancangan sistem

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No. | Kegiatan | Waktu (Bulan) | | | | | Keterangan |
| I | II | III | IV | V |
| 1 | Analisa |  |  |  |  |  | Analisa kebutuhan |
| 2 | Perancangan |  |  |  |  |  | Perancangan sistem |
| 3 | *Coding* |  |  |  |  |  | Pengkodean sistem |
| 4 | *Testing* |  |  |  |  |  | Pengujian sistem |
| 5 | Implementasi |  |  |  |  |  | Penerapan sistem |
| 6 | Dokumentasi |  |  |  |  |  | Dokumentasi sistem |

**BAB IV**

**PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

1. **Pengumpulan Data**

Data yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari data-data penelitian sebelumnya yang meneliti tentang retakan bangunan. Data tersebut berjumlah 20.000 citra retak dan 20.000 citra non-retak yang bersumber dari [18]. Dari data tersebut peneliti kemudian mengambil 40.000 citra tersebut untuk dijadikan sebagai data latih dan data uji dengan spesifikasi 14.000 citra retak dan 14.000 citra non-retak sebagai data latih, serta 6.000 citra retak dan 6.000 citra non-retak sebagai data pengujian. Sedangkan untuk mencari model terbaik digunakan 1.200 citra dari sumber data yang telah disebutkan di atas dengan spesifikasi 420 citra retak dan 420 citra non-retak sebagai data latih model, serta 180 citra retak dan 180 citra non-retak sebagai data pengujian dari pengujian untuk mencari model terbaik.

1. ***Preprocessing* dan Ekstraksi Fitur**

Data yang digunakan pada penelitian ini tidak perlu dilakukan proses *resize* dan *cropping* karena data yang digunakan sudah terstandarisasi dan memiliki ukuran yang sama untuk seluruh citra retak dan/atau non-retaknya, yaitu 227x227x3 piksel pada ruang warna RGB. *Preprocessing* yang dilakukan untuk seluruh data adalah dengan mengubah citra menjadi *grayscale* dan binarisasi dengan ukuran 227x227 piksel. Setelah dilakukan *preprocessing* terhadap citra dari retak dan/atau non-retak, kemudian dilakukan proses ekstraksi fitur untuk mengambil ciri dari citra retak maupun non-retak. Skema *preprocessing* dan ekstraksi fitur pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema *preprocessing* dan ekstraksi fitur

Kemudian setelah didapatkan fitur dari kedua kelas, selanjutnya fitur-fitur yang telah didapatkan akan masuk ke dalam proses pelatihan.

1. **Proses Pelatihan**

Masukan dari proses pelatihan adalah fitur hasil ekstraksi dengan matriks ekstraksi yang telah dijelaskan pada sub-bab 4.2. Skema proses pelatihan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skema proses pelatihan

Citra latih dari masing-masing kelas melalui proses *preprocessing* untuk menyederhanakan bentuk citra sebelum dilakukan ekstraksi fitur terhadap citra latih dari masing-masing kelas. Hasil dari *preprocessing* kemudian digunakan untuk mengambil ciri/fitur dari citra latih masing-masing kelas. Satu data citra akan memiliki maksimal 16 jumlah fitur, yaitu 8 fitur yang dihasilkan dari metode momen invarian, 4 fitur dari metode zoning ICZ, dan 4 fitur dari metode zoning ZCZ. Seluruh fitur dari setiap data dan kelas akan membentuk matriks dimana matriks ini akan menjadi model. Model yang dihasilkan dari proses pelatihan ini kemudian disimpan.

Model pelatihan yang telah disimpan akan digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap data uji lain melalui skema proses yang sama dengan proses pelatihan. Secara detail, skema proses pelatihan dan proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Detail skema proses pelatihan dan klasifikasi

1. **Pengujian**

Setelah dilakukan proses pelatihan terhadap citra latih dengan masing-masing kelasnya, kemudian dilakukan tahap pengujian. Tahap pengujian merupakan tahap untuk mengklasifikasikan data uji ke dalam kelas-kelas yang ada. Proses pengujian ini dilakukan dengan mengambil beberapa sampel citra dengan perbandingan jumlah tertentu. Pada penelitian ini, jumlah data uji dibagi menjadi tiga, yaitu 200 data uji, 86 data uji, dan 22 data uji. Kemudian setelah dilakukan pengujian terhadap seluruh data tersebut dicatat dan dihitung tingkat akurasi yang dihasilkan. *Pseudocode* dari tahap pengujian pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

|  |
| --- |
| image\_folder=name\_of\_path  filenames = dir(fullfile(image\_folder, '\*.jpg'));  total\_images = numel(filenames);  for n=1:total\_images :  %0. preprocessing  image = get\_image()  data = read(image)  data = rgb\_to\_gray(image)  data = to\_binerization(image)  %1. ekstraksi fitur momen invarian  [height,width] = get\_size(data)  xgrid = repmat((-floor(height/2):1:ceil(height/2)-1)',1,width)  ygrid = repmat(-floor(width/2):1:ceil(width/2)-1,height,1)  [x\_bar, y\_bar] = centerOfMass(data,xgrid,ygrid)  xnorm = x\_bar - xgrid  ynorm = y\_bar - ygrid  mu\_11 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,1,1)  mu\_20 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,2,0)  mu\_02 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,0,2)  mu\_21 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,2,1)  mu\_12 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,1,2)  mu\_03 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,0,3)  mu\_30 = central\_moments( data ,xnorm,ynorm,3,0)  I\_one = mu\_20 + mu\_02  I\_two = (mu\_20 - mu\_02)^2 + 4\*(mu\_11)^2  I\_three = (mu\_30 - 3\*mu\_12)^2 + (mu\_03 - 3\*mu\_21)^2  I\_four = (mu\_30 + mu\_12)^2 + (mu\_03 + mu\_21)^2  ...  get\_fitur\_momen = [I\_one I\_two I\_three I\_four]  %2. ekstraksi fitur zoning ICZ  barisICZ = size(data,1)  kolomICZ = size(data,2)  centroid\_xICZ=round(kolomICZ/2)  centroid\_yICZ=round(barisICZ/2)  I1=data(1:size(data,1)/2,1:size(data,2)/2,:)  I2=data(size(data,1)/2+1:size(data,1),1:size(data,2)/2,:)  I3=data(1:size(data,1)/2,size(data,2)/2+1:size(data,2),:) I4=data(size(data,1)/2+1:size(data,1),size(data,2)/2+1:size(data,2),:)  %zona 1  baris\_zona1\_ICZ = size(I1,1)  kolom\_zona1\_ICZ = size(I1,2)  for n=1:baris\_zona1\_ICZ  for m=1:kolom\_zona1\_ICZ  if I1(n,m) == 1  d\_1=sqrt(((n-centroid\_xICZ)^2)+((m-centroid\_yICZ)^2))  jarak\_zona1\_ICZ=[jarak\_zona1\_ICZ;d\_1]  end  end  end  jarak\_zona1\_ICZ  fitur\_zona1\_ICZ=mean(jarak\_zona1\_ICZ)  ...  get\_zoningICZ=[fitur\_zona1\_ICZ fitur\_zona2\_ICZ fitur\_zona3\_ICZ]  %3. ekstraksi fitur zoning ZCZ  barisZCZ = size(databw,1)  kolomZCZ = size(databw,2)  centroid\_xZCZ=round(kolomZCZ/2)  centroid\_yZCZ=round(barisZCZ/2) I1=databw(1:size(databw,1)/2,1:size(databw,2)/2,:)  I2=databw(size(databw,1)/2+1:size(databw,1),1:size(databw,2)/2,:)  I3=databw(1:size(databw,1)/2,size(databw,2)/2+1:size(databw,2),:)  I4=databw(size(databw,1)/2+1:size(databw,1),size(databw,2)/2+1:size(databw,2),:)  %zona 1  baris\_zona1\_ZCZ = size(I1,1)  kolom\_zona1\_ZCZ = size(I1,2)  centroid\_x\_Z1=round(kolom\_zona1\_ZCZ/2)  centroid\_y\_Z1=round(baris\_zona1\_ZCZ/2)  for n=1:baris\_zona1\_ZCZ  for m=1:kolom\_zona1\_ZCZ  if I1(n,m) == 1  d\_1=sqrt(((n-centroid\_x\_Z1)^2)+((m-centroid\_y\_Z1)^2));  jarak\_zona1\_ZCZ=[jarak\_zona1\_ZCZ;d\_1];  end  end  end  jarak\_zona1\_ZCZ;  fitur\_zona1\_ZCZ=mean(jarak\_zona1\_ZCZ);  ...  get\_zoningZCZ=[fitur\_zona1\_ZCZ fitur\_zona2\_ZCZ fitur\_zona3\_ZCZ]  %4. Fitur  Fitur\_data\_latih = [get\_fitur\_momen get\_zoningICZ get\_zoningZCZ]  load\_model()  if result = 1:  print(‘bangunan rusak’)  end  if result = 2:  print(‘bangunan tidak rusak’)  end  end  save\_result() |

Proses pengujian terhadap model pelatihan yang sudah dibuat dimulai dengan melakukan proses pengambilan fitur data uji dari masing-masing kelas. Setelah didapatkan fitur-fitur dari masing-masing data, kemudian model pelatihan dimuat untuk menentukan kelas dari setiap data uji. Jika suatu data uji menghasilkan 1, maka data uji tersebut masuk ke dalam kelas bangunan rusak dan jika suatu data uji menghasilkan 2, maka data uji tersebut masuk ke dalam kelas bangunan tidak rusak. Setelah seluruh data uji sudah dapat ditentukan kelasnya, maka kemudian hasil pengujian disimpan untuk dilihat tingkat akurasi yang didapatkan.

1. **Hasil**

Pada penelitian ini akan dicari 2 hasil, yaitu hasil pelatihan dan hasil pengujian. Hasil pelatihan digunakan untuk mencari model terbaik dengan mencari kombinasi fitur momen invarian dan zoning terbaik dalam mengekstrak ciri dari citra retak dan non-retak. Sedangkan hasil pengujian digunakan untuk menguji model terbaik yang didapatkan dari hasil pelatihan untuk diterapkan pada jumlah data yang berbeda. Berikut adalah rincian hasil pelatihan dan hasil pengujian yang sudah didapatkan.

1. **Hasil Pelatihan**

Setelah membuat beberapa model variasi ekstraksi fitur, maka kemudian peneliti membanding setiap hasil dari variasi tersebut. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah data serta metode ekstraksi fitur momen invarian dan *zoning* terhadap tingkat akurasi pengenalan jenis kerusakan bangunan berdasarkan citra retakan bangunan. Parameter yang menjadi tolak ukur pada pengujian ini adalah kombinasi jumlah dari masing-masing fitur yang digunakan. Untuk melihat model dengan tingkat akurasi tertinggi, peneliti menggunakan data berjumlah 1.200 citra dengan perbandingan data latih dan data uji sebesar 70:30. Spesifikasi jumlah data digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi jumlah data latih dan data uji pada pelatihan model terbaik

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jenis Data** | **Spesifikasi** | | **Total** |
| **Retak** | **Non-Retak** |
| Data Latih | 420 | 420 | 840 |
| Data Uji | 180 | 180 | 360 |
| **Jumlah** | | | **1200** |

Dengan menggunakan spesifikasi data seperti pada Tabel 4.1, maka kemudian dilakukan pelatihan menggunakan beberapa kombinasi fitur dengan hasil akurasi, presisi, dan *recall* masing-masing model yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil akurasi, presisi, dan *recall* dari beberapa kombinasi fitur

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jumlah Fitur** | | **Akurasi(%)** | **Presisi(%)** | ***Recall*(%)** |
| **Momen Invarian** | **Zoning** |
| 4 | 4 | 88,61 | 89,64 | 88,61 |
| **4** | **8** | **90,28** | **90,95** | **90,28** |
| 7 | 4 | 88,33 | 89,28 | 88,33 |
| 7 | 8 | 88,61 | 89,50 | 88,61 |
| 8 | 8 | 86,94 | 87,93 | 86,94 |
| **Rata-rata** | | **88,554** | **89,46** | **88,554** |

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan pada Tabel 4.2 akurasi, presisi, dan *recall* terbaik dihasilkan dari 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning dengan presentase akurasi, presisi, dan *recall* berturut-turut sebesar 90,28%; 90,95%; dan 90,28%.

1. **Hasil Pengujian**

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, maka kemudian peneliti menggunakan model dengan akurasi, presisi, dan *recall* terbaik untuk melakukan pengujian terhadap 20.000 data retak dan 20.000 data non-retak dengan perbandingan yang sama seperti yang digunakan pada pelatihan model. Spesifikasi data yang digunakan untuk pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Spesifikasi jumlah data latih dan data uji yang digunakan untuk pengujian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Jenis Data** | **Spesifikasi** | | **Total** |
| **Retak** | **Non-Retak** |
| Data Latih | 16.000 | 16.000 | 32.000 |
| Data Uji | 4.000 | 4.000 | 8.000 |
| **Jumlah** | | | **40.000** |

Dengan menggunakan spesifikasi data pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka peneliti melakukan pengujian terhadap data tersebut menggunakan model terbaik yang ditunjukkan pada Tabel 4.2, yaitu kombinasi 4 fitur momen invariant dan 8 fitur zoning. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil akurasi, presisi, dan *recall* dari data pengujian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Perhitungan** | **Retak** | **Non-retak** | **Rata-rata** |
| Akurasi (%) | 64,95 | 95,93 | **80,44** |
| Presisi (%) | 94,10 | 73,24 | **83,67** |
| *Recall* (%) | 64,95 | 95,93 | **80,44** |

Setelah dilakukan pelatihan dan pengujian dengan menggunakan model pelatihan terbaik pada data pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 4.3, maka hasil persentase akurasi, presisi, dan *recall* berturut-turut adalah 80,44%; 83,67%; dan 80,44%. Berdasarkan hasil pengujian, data retak yang berhasil dikenali berjumlah 2.598 data dari 4.000 data retak. Sedangkan untuk data non-retak yang berhasil dikenali berjumlah 3.837 data dari 4.000 data non-retak. Jadi, jumlah data yang dapat diklasifikasikan dengan benar berjumlah 6.435 data dari 8.000 data.

Sehingga berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa model terbaik untuk melakukan klasifikasi pengenalan kerusakan bangunan berdasarkan retakan adalah dengan variasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning dapat melakukan klasifikasi data retak dan non-retak dengan baik. Dengan artian bahwa kombinasi metode ekstraksi fitur momen invarian dan zoning, serta klasifikasi QDA merupakan metode yang tepat untuk penyelesaian kasus pada penelitian ini.

**BAB V**

**PENUTUP**

1. **Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa:

* + - 1. Metode zoning dan momen invarian merupakan kombinasi metode ekstraksi fitur yang tepat dalam menentukan tingkat kerusakan bangunan.
      2. Kombinasi fitur momen invarian dan zoning terbaik yang digunakan untuk mendapatkan tingkat akurasi tinggi yaitu dengan kombinasi 4 fitur untuk momen invarian dan 8 fitur untuk zoning dengan tingkat akurasi yang dihasilkan sebesar 80,44%.
      3. Performa kombinasi metode ekstraksi fitur momen invarian dan zoning serta klasifikasi *quadratic discriminant analysis* pada kasus pengenalan retakan sudah tepat untuk digunakan karena tingkat akurasi, presisi, dan *recall* yang dihasilkan mencapai 80% hingga 83%.

1. **Saran**

Dari hasil penelitian yang sudah didapatkan terdapat beberapa catatan saran untuk dapat diperbaiki dan dikembangkan pada penelitian selanjutnya, antara lain:

Data merupakan hal yang paling penting dalam kasus *image processing*dan pengenalan pola untuk meningkatkan akurasi, sehingga peneliti menyarankan untuk menambah jumlah data latih pada penelitian terkait klasifikasi retakan selanjutnya.

Metode ekstraksi fitur yang tepat sangat mempengaruhi hasil dari klasifikasi, sehingga peneliti menyarankan untuk gunakan metode ekstraksi fitur yang tepat sebelum melakukan proses klasifikasi.

Sebelum melakukan pelatihan terhadap data yang sudah didapatkan, sebaiknya lakukan standarisasi data terlebih dahulu dikarenakan hal ini akan sangat mempengaruhi hasil dari klasifikasi.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Kompas, “BNPB: 32.129 Rumah Rusak akibat Gempa Lombok Sudah Diverifikasi - Kompas.com,” 2018. [Online]. Available: https://regional.kompas.com/read/2018/08/29/12074971/bnpb-32129-rumah-rusak-akibat-gempa-lombok-sudah-diverifikasi. [Accessed: 12-Oct-2018].

[2] W. Nuswantoro and U. P. Raya, “Artikel Jurnal ANALISIS JENIS KERUSAKAN PADA BANGUNAN PERUMAHAN oleh Waluyo Nuswantoro,” no. April, 2018.

[3] G. Ananggadipa, A. Hidayatno, and A. A. Zahra, “Pengenalan Huruf Alfabet Menggunakan Tujuh Invarian Momen Hu Dan Jaringan Saraf Tiruan LVQ ( Learning Vector Quantization ),” *Transient*, vol. 3, pp. 1–4, 2014.

[4] R. M. Syam, “Pengenalan Aksara Jawa Tulisan Tangan dengan Menggunakan Ekstraksi Fitur Zoning dan Klasifikasi K-Nearest Neighbour,” 2013.

[5] C. R. Pitoyo, T. A. Zuraiyah, and A. Qur’ania, “Pengenalan Huruf Tulisan Tangan Menggunakan Metode Zoning dan Support Vector Machine,” *J. Univ. Pakuan Bogor*, pp. 1–10, 2006.

[6] L. ; A. S. ; M. A. F. F. Dinar, “Penentuan Kriteria Mutu Biji Pala (Myristica fragrans Houtt) berdasarkan Analisis Tekstur menggunakan Teknologi Pengolahan Citra.pdf.” p. 89, 2013.

[7] A. Mohan and S. Poobal, “Crack detection using image processing: A critical review and analysis,” *Alexandria Eng. J.*, 2016.

[8] A. Aryantio and R. Munir, “Pengenalan Aksara Lampung Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan,” *Konf. Nas. Inform.*, pp. 34–38, 2015.

[9] C.-L. Liu, “Preprocessing and Statistical/Structural Feature Extraction for Handwritten Numeral Recognition,” *Iwfhr*, vol. 42, no. 12, pp. 3287–3295, 2005.

[10] S. R. Wurdianarto, S. Novianto, and U. Rosyidah, “Perbandingan Euclidean Distance Dengan Canberra Distance Pada Face Recognition,” *Techno.COM*, vol. 13, no. 1, pp. 31–37, 2014.

[11] R. A. Aristantya, I. Santoso, and A. A. Zahra, “Identifikasi Tanda Tangan Menggunakan Metode Zoning Dan Svm (Support Vector Machine),” *Transient*, vol. 7, no. 1, pp. 174–178, 2018.

[12] A. Jariah, “Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Moment Invariant Dan Jaringan Syaraf Radial Basis Function (RBF),” *Univ. Yogyakarta*, pp. 85–92, 2011.

[13] K. Nisa, “PADA ANALISIS DISKRIMINAN KUADRATIK ( COMPARISON OF SEVERAL ( COMPARISON OF SEVERAL CLASSIFICATION ERROR RATE ESTIMATORS ON,” no. November 2009, 2017.

[14] E. D. Michie, D. J. Spiegelhalter, and C. C. Taylor, “Machine Learning , Neural and Statistical Classification,” *Technometrics*, vol. 37, no. 4, p. 459, 1994.

[15] I. Mulia, “Pengenalan Aksara Sunda Menggunakan Ekstraksi Ciri Zoning Dan Klasifikasi Support Vector Machine,” 2012.

[16] C. Marzuki, S. Arikunto, and M. Nazir, “Pengenalan Aksara Sunda Menggunakan Ekstraksi Ciri Zoning Dan Klasifikasi Support Vector Machine,” *Stat. Deskriptif*, vol. 1, no. 4, pp. 1–8, 2009.

[17] M. Paramita and R. Ely, “Prediksi Nilai Proyek Akhir Mahasiswa Menggunakan Algoritma Klasifikasi Data Mining,” *Sist. Inf.*, vol. 11, no. November, pp. 1–7, 2015.

[18] Çağlar Fırat Özgenel, “Concrete Crack Images for Classification,” *15 Jan*, 2018. [Online]. Available: https://data.mendeley.com/datasets/5y9wdsg2zt/1. [Accessed: 06-Mar-2019].