Klasifikasi Retakan (*Crack*) pada Bangunan Akibat Gempa Menggunakan Fitur Zoning, Momen Invarian, dan *Quadratic Discriminant Analysis*

(*Classification of Cracks Buildings Affected by Earthquakes Using Zoning and Invariant Moment Feature Extraction Methods, and Quadratic Discriminant Analysis*)

Aldian Wahyu Septiadi, I Gede Pasek Sutawijaya, Fitri Bimantoro

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

*Email:* [aldianwahyu78@gmail.com](mailto:aldianwahyu78@gmail.com), [gpsutawijaya@unram.ac.id](mailto:gpsutawijaya@unram.ac.id), [bimo@unram.ac.id](mailto:bimo@unram.ac.id)

*Abstract -* Classification of cracks in building affected by natural disaster (for the example earthquakes) can be done manually by analyzing walls, pole, or floors based by diameter, depth level of the cracks, and length of the cracks using sense of sight. Based on knowledge and certain techniques we could classfy the category of the cracks demage level correctly. But there are deficiencies using this method because this method need great knowledge and experience to get the correct conclusion of cracks demage level category. In the other word, only buildings expert can do the activity of buildings assessment. While at the earthquakes affected area, not everyone has the same knowledge and experience as expert. So, to help society in the affected area to solve that problem, in this study will develop classification model of cracks using image processing approaches, image analysis, and pattern recognition concept that can classify the cracks in building into light, medium, or heavy using zoning and invariant moment extraction feature method, and quadratic discriminant analysis classification method. Based on the research that has been done, the accuracy obtained to classify the cracks reach until 80%.

*Key words*: *Cracks*, *Image* *Analysis*, *Image Processing*, *Moment*, QDA, *Zoning*

# Pendahuluan

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang dialami selama periode waktu. Gempa yang berkekuatan lebih dari 5 SR berpotensi menyebabkan kerusakan pada bangunan. Retakan pada bangunan dapat menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan, baik rusak berat, rusak sedang, maupun rusak ringan. Secara teori, retakan merupakan gejala akibat gaya yang bekerja atau banyak kombinasi yang melebihi dari pada kapasitas bangunan atau komponen materialnya [1]. Tingkat kerusakan bangunan dapat dilihat dari bentuk retakannya yang dapat dilakukan oleh ahli pada kegiatan *assessment*. 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.

Saat ini, 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. Akan tetapi kegiatan *assessment* dengan memeriksa ratakan pada bangunan 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 pengenalan 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 tantangan 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 untuk menentukan suatu kesimpulan. Proses pengenalan pola dan pengolahan citra digital terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, yaitu 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, 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% [6]. 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%.

Penelitian yang 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 yang menggunakan ektraksi fitur tujuh momen invarian dan jaringan syaraf tiruan LVQ (*Learning Vector Quantization*) pada tahun 2014 dengan hasil angka rata-rata pengenalan sebesar 79,5% [2].

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 mengkategorikan suatu retakan masuk ke jenis ringan, sedang atau berat, menggunakan metode ekstraksi fitur *zoning* dan *momen* serta klasifikasi menggunakan *quadratic discriminant analysis* (QDA).

# Tinjauan Pustaka

Pada tahun 2013 telah dilakukan penelitian tentang pengenalan aksara Jawa. Penelitian ini menggunakan metode ektraksi fitur *statistical feature* dengan metode *zoning*. Hasil penelitian tersebut 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 [3].

Penelitian tentang pengenalan tulisan tangan menggunakan metode *zoning* dan SVM yang dilakukan berhasil mengenali tulisan tangan dengan tingkat akurasi 84.62% untuk huruf kapital dan 76.92% untuk huruf kecil. 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) [4].

Penelitian tentang penentuan kriteria mutu Biji Pala (Myristica fragrans Houtt) berdasarkan analisis tekstur menggunakan pengolahan citra. Proses pengolahan citra yang digunakan adalah ekstraksi fitur 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 [5].

Pada tahun 2014, penelitian tentang pengenalan huruf alphabet yang menggunakan invarian momen dan Jaringan Syaraf Tiruan LVQ (*Learning Vector Quantization*). Hasilnya rata-rata hasil pengenalan yang didapatkan 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 [2].

Penelitian-penelitian terkait dengan analisa retakan berdasarkan pemrosesan citra dengan berbagai macam metode, 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%. 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 [6].

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 QDA. Retakan (*crack*) ringan, sedang dan berat tentunya memiliki tekstur dan ciri yang berbeda yang dapat dihitung secara statistik untuk setiap pola retakannya.

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 [1].

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. Penilaian terkait dengan kerusakan bangunan berdasarkan lebar retakan dapat dilihat pada Tabel 1[1].

1. Penilaian Kerusakan Bangunan Gedung Berdasarkan Keretakan [1]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 [1].

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 [12].

Analisis diskriminan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu analisis diskriminan linier (*linier discriminant analysis*) dan analisis diskriminan kuadratik QDA. Analisis diskriminan linier (LDA) digunakan jika matriks kovarian kedua populasi diasumsikan sama, sedangkan 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 [12]. 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).

# Metode Penelitian

Secara garis besar, sistem klasifikasi kerusakan bangunan akibat gempa dapat digambarkan seperti pada Gambar 1. Sistem ini terdiri atas beberapa proses utama, yaitu: *preprocessing*, ekstraksi fitur, dan klasifikasi.



1. Blok diagram sistem klasifikasi

## Preprocessing/Pra-proses

Setiap citra latih dan citra uji akan dikenakan proses *greyscale* dan *binarization*.

1. *Greyscale*

Setiap citra latih dan citra uji diubah ke dalam *greyscale* untuk mendapatkan nilai citra 0 sampai dengan 255 (0 untuk hitam dan 255 untuk putih dan nilai diantaranya adalah derajat keabuan). Matriks *greyscale* yang dihasilkan dari *preprocessing* akan digunakan untuk melakukan perhitungan momen invarian yang digunakan pada penelitian ini.

|  |  |
| --- | --- |
| Citra RGB | Hasil konversi ke *greyscale* |

1. Perubahan citra asli ke citra *greyscale*.
2. *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 4 merupakan tampilan dari perubahan citra asli ke citra *binary*. Matriks *binarization* yang dihasilkan dari *preprocessing* akan digunakan untuk melakukan perhitungan *zoning* yang digunakan pada penelitian ini.

|  |  |
| --- | --- |
| Citra Asli | Hasil binerisisasi |

1. Perubahan citra asli ke citra biner.

## Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur digunakan 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 invarian.

#### Metode Zoning

Metode zoning memiliki beberapa variasi algoritma namun pada penelitian ini akan digunakan dua perhitungan, yaitu *Image Centroid and Zone* (ICZ) dan *Zone Centroid and Zone* (ZCZ).

* + - 1. Metode ICZ

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

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

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

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*.

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

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

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.

* Ulangi langkah c untuk semua piksel yang ada dalam zona.
* Hitung jarak rata-rata antara titik- titik tersebut dengan persamaan 4.

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Berikut adalah ilustrasi pengambilan fitur dari citra retakan menggunakan perhitungan *zoning* ICZ yang ditunjukkan oleh Gambar 5.



1. Contoh ekstraksi fitur *zoning* dengan *image centroid and zone* (ICZ)
   * + 1. Metode ZCZ

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

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

Berikut adalah ilustrasi pengambilan fitur dari citra retakan menggunakan perhitungan *zoning* ZCZ yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



1. Contoh ekstraksi fitur *zoning* dengan *zone centroid and zone* (ZCZ)

Seluruh fitur yang didapatkan dari *zoning* ICZ dan ZCZ kemudian akan masuk dalam sistem klasifikasi *quadratic discriminant analysis*.

#### Metode Momen Invarian

Secara umum, perhitungan Momen Invarian dalam melakukan ekstraksi fitur terhadap data retakan pada penelitian ini memiliki tiga proses perhitungan, yaitu menghitung momen dari setiap orde dari citra, perhitungan momen pusat, dan normalisasi momen pusat.

* Langkah pertama objek citra dihitung momen dari setiap orde (𝑚11, 𝑚20, 𝑚02, 𝑚21, 𝑚12, 𝑚03, 𝑚30)pada sistem diskrit, menggunakan persamaan (20)

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

Dimana H dan W masing-masing merupakan tinggi dan lebar citra dan p = 0,1,2… dan q = 0,1,2… adalah *integer*. Sehingga dengan menggunakan persamaan (5).

* Setelah mendapatkan hasil perhitungan momen setiap orde, kemudian dilakukan perhitungan momen pusat menggunakan persamaan (6).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (6) |

Dimana:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

* Setelah mendapatkan hasil dari momen pusat, kemudian dilakukan perhitungan normalisasi momen pusat dengan persamaan (8).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

Dimana:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (9) |

Dengan:



1. Contoh ekstraksi fitur denganmenggunakan metode momen invarian

## Klasifikasi

Perhitungan QDA 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:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (10) |

Sebuah pengamatan baru x akan diklasifikasikan ke dalam Φ1 jika:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (11) |

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:

## Jika Q(x) > 0, maka x akan diklasifikasikan ke dalam kelas Φ1

## Jika Q(x) < 0, maka x akan diklasifikasikan ke dalam kelas Φ2

## Jika Q(x) = 0, maka x secara sembarang ke dalam Φ1 atau Φ2 [12].

## Pengujian

*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 7 berikut adalah contoh ilustrasi 10-*fold cross validation*.



1. Ilustrasi 10-*Fold Cross Validation*

Berdasarkan Gambar 7 ditunjukkan bahwa nilai *fold* yang digunakan adalah 10-*fold cross validation*. Berikut diberikan langkah-langkah pengujian data dengan 10-*fold cross validation*.

* + - * 1. *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*.
        2. Tingkat akurasi dihitung pada setiap iterasi (iterasi-1, iterasi-2, iterasi-3, iterasi-4,… , iterasi-10), 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.

1. 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* yang ditunjukkan oleh Tabel V, *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 [15].

Perhitungan akurasi, presisi, dan *recall* pada pengujian sistem untuk tugas akhir ini dapat dilihat pada persamaan 12, 13, dan 14.

Presisi

|  |  |
| --- | --- |
|  | (12) |

*Recall*

|  |  |
| --- | --- |
|  | (13) |

Akurasi

|  |  |
| --- | --- |
|  | (14) |

# Hasil dan Pembahasan

## 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 [16]. 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.

## Uji Model Sistem Klasifikasi

Pengujian ini dilakukan untuk menemukan model kombinasi fitur momen invarian dan *zoning* terbaik untuk klasifikasi jenis retakan bangunan berdasarkan citra retakan bangunan. Pada pengujian ini, peneliti menggunakan data berjumlah 1.200 citra dengan perbandingan data latih dan data uji sebesar 90:10. Uji model sistem klasifikasi ini dilakukan untuk melihat persentase hasil klasifikasi terbaik dari model kombinasi fitur momen invarian dan *zoning*. Spesifikasi jumlah data digunakan dapat dilihat melalui ilustrasi *training* dan *testing* menggunakan 10-*Fold Cross Validation* pada Gambar 8.



1. Ilustrasi Spesifikasi jumlah data untuk *training* dan *testing* menggunakan 10-*Fold Cross Validation*

Berdasarkan spesifikasi data seperti pada Gambar 8, maka kemudian dilakukan pelatihan dan pengenalan menggunakan beberapa kombinasi fitur dan hasil akurasi, presisi, dan *recall* masing-masing model disajikan pada Tabel III.

1. Hasil akurasi, presisi, dan *recall* dari beberapa kombinasi fitur

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Model** | **Jumlah Fitur** | | **A (%)** | **P (%)** | ***R* (%)** | **Waktu Komputasi** |
| **M.I** | **Z** |
| 1 | 4 | 4 | 86,25 | 87,63 | 86,25 | 0,690148 |
| **2** | **4** | **8** | **89,42** | **90,16** | **89,42** | **1,122266** |
| 3 | 7 | 4 | 83,75 | 86,21 | 83,75 | 0,689974 |
| 4 | 7 | 8 | 85,17 | 87,04 | 85,17 | 1,149826 |
| **Rata-rata** | | | **86,15** | **87,76** | **86,15** | **0,913054** |

Keterangan:

M.I : Momen Invarian

Z : Zoning

A : Persentase Akurasi

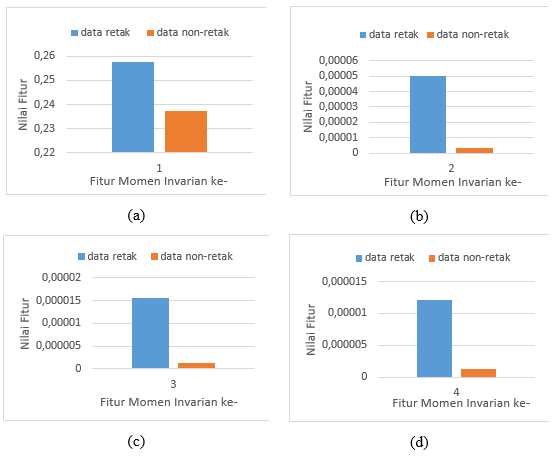
P : Persentase Presisi

R : Persentase *Recall*

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan pada Tabel III akurasi, presisi, dan *recall* terbaik dihasilkan dari 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning dengan presentase akurasi, presisi, dan *recall* berturut-turut sebesar 89,42%; 90,16%; dan 89,42%. Pada pengujian model ini, fitur momen invarian yang digunakan pada setiap model dipilih secara acak. Variasi persentase dan waktu komputasi pada masing-masing model disebabkan oleh pengaruh suatu fitur terhadap fitur yang lainnya.

Berdasarkan perbandingan waktu komputasi yang ditunjukkan pada Tabel III, terlihat bahwa terdapat kenaikan waktu komputasi setiap penambahan fitur pada metode zoning. Waktu komputasi dihitung dari *input* citra hingga sampai keluarnya hasil klasifikasi dari setiap data uji.

Model terbaik yang dapat menghasilkan akurasi, presisi, dan *recall* tertinggi adalah model kombinasi 4 momen invarian dan 8 fitur *zoning*. Menggunakan model ini, jumlah data retak yang **salah diprediksi** sebanyak 29 data dari 180 data (83,5%), sedangkan jumlah data non-retak yang **salah diprediksi** menggunakan model ini yakni sebanyak 6 dari 180 data (95,342%). Hasil ini diperoleh karena 8 fitur zoning memiliki tingkat perbedaan yang tinggi antara data retak dan non retak yang tampak pada Gambar 10.



1. Perbandingan fitur momen invarian kelas retak dan non-retak pada model 4 momen invarian dan 8 zoning
2. Perbandingan fitur zoning kelas retak dan non-retak pada model 4 momen invarian dan 8 zoning

Berdasarkan hasil persentase akurasi yang didapatkan menggunakan model kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning disimpulkan bahwa penambahan fitur zoning pada model ini memiliki pengaruh yang positif terhadap hasil klasifikasi yang ditunjukkan pada Gambar 10. Pada model sebelumnya (model kombinasi 4 fitur momen invarian dan 4 fitur zoning) pada metode zoning, fitur pertama dan fitur ketiga memiliki selisih yang kecil. Namun pada model ini zoning fitur kelima, keenam, ketujuh, dan kedelapan memberikan pengaruh nilai positif untuk hasil klasifikasi retakan. Model kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning yang terbaik pada sistem klasifikasi pengenalan kerusakan bangunan berdasarkan citra retakan. Sehingga model tersebut yang kemudian digunakan untuk pengujian menggunakan jumlah data yang besar.

## Uji Model menggunakan Data Besar

Berdasarkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel III, 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 data latih dan data uji sebesar 70:30 yang ditentukan secara acak. Uji model menggunakan data besar ini dilakukan untuk melihat performa dari model terbaik (kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur *zoning*) pada jumlah data yang banyak. Spesifikasi data yang digunakan untuk pengujian dapat dilihat pada Tabel IV.

1. 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** |

Berdasarkan spesifikasi data pengujian seperti yang ditunjukkan pada Tabel IV, maka peneliti melakukan pengujian terhadap data tersebut menggunakan model terbaik yang ditunjukkan pada Tabel IV, yaitu kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel V.

1. 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** |

Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel V, dimana persentase akurasi, presisi, dan *recall* berturut-turut adalah 80,44%; 83,67%; dan 80,44%. Secara rinci, 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.

Jika melihat Tabel VI ketika model kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning diterapkan pada data yang besar, tingkat akurasi, presisi, dan *recall* mengalami penurunan. Pada pengujian menggunakan data yang besar model ini persentase akurasi hanya mencapai 64,95% untuk mengenali data retak dan 95,93% untuk mengenali data non-retak.

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh 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 cukup baik, namun kurang baik digunakan untuk jumlah data yang besar. Dengan artian bahwa kombinasi metode ekstraksi fitur momen invarian dan zoning, serta klasifikasi QDA merupakan metode yang tepat untuk penyelesaian kasus pada penelitian ini, namun perlu adanya evaluasi untuk fitur momen invarian pertama untuk perbaikan hasil klasifikasi.

## Uji Menggunakan Data Retak Gempa Lombok

Pengujian ini dilakukan untuk melakukan klasifikasi kerusakan bangunan dengan menggunakan 3 kelas, yaitu kelas rusak ringan, rusak sedang, dan rusak berat. Model variasi fitur terbaik (4 momen invarian dan 8 zoning) hasil pengujian pertama dan kedua digunakan untuk menentukantingkat kerusakan bangunan berdasarkancitra retakannya. Data yang digunakan pada pengujian ini merupakan data hasil asesmen bangunan yang rusak akibat gempa Lombok, Nusa Tenggara Barat sebanyak 334 data. Sebelumnya data tersebut dimasukkan ke dalam sistem klasifikasi, data-data tersebut dianotasi terlebih dahulu oleh ahli *assesment* bangunan dengan memberikan label tingkat kerusakan pada setiap data. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui performa dari model terbaik (kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur *zoning*) dalam melakukan klasifikasi 3 kelas dan menguji performa dari model terbaik untuk data nyata (*real*) dari retakan bangunan yang rusak. Spesifikasi data yang digunakan ditunjukkan pada Tabel VI.

1. Spesifikasi data retakan bangunan untuk pengujian 3 kelas

|  |  |
| --- | --- |
| **Tingkat Kerusakan** | **Jumlah (buah)** |
| Rusak Berat | 81 |
| Rusak Sedang | 80 |
| Rusak Ringan | 173 |
| **Total** | **334** |

Data-data retakan tersebut kemudian dibagi dengan persentase 90% dari data sebagai data latih sistem klasifikasi dan 10% dari jumlah data sebagai data uji untuk sistem klasifikasi. Spesifikasi pembagian data latih dan data uji untuk sistem klasifikasi ditunjukkan pada Tabel VII.

1. Spesifikasi pembagian data latih dan data uji untuk pengujian 3 kelas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tingkat Kerusakan** | **Jumlah Data Latih (90%)** | **Jumlah Data Uji (10%)** |
| Rusak Berat | 73 | 8 |
| Rusak Sedang | 72 | 8 |
| Rusak Ringan | 156 | 17 |
| **Total** | **301** | **33** |

Setelah 301 data latih masuk ke dalam proses pelatihan dan 33 data uji diklasifikasi dengan menggunakan model kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning, persentase hasil yang didapatkan sebesar 39,39%. Penurunan persentase ini disebabkan oleh jenis data yang tidak terstandarisasi dengan baik. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 11 data yang secara visualisasi manusia pun sangat sulit untuk mengenali jenis retakannya.

|  |
| --- |
| E:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-008.jpgE:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-002.jpgE:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-001.jpgE:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-009.jpg  (a) |
| E:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-059.jpgE:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-055.jpgE:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data1-041.jpgE:\Materi Kuliah\Semester 7\Tugas Akhir\Kode Program\dataset 7\data3-035.jpg  (b) |

1. (a) kelompok data retakan yang dapat dikenali dengan baik secara visualisasi manusia, (b) kelompok data retakan yang tidak dapat dikenali dengan baik secara visualisasi manusia

Berdasarkan hal tersebut, kemudian peneliti melakukan standarisasi data retakan secara manual dan dari 334 data tersebut didapatkan sejumlah 82 data yang baik untuk digunakan pada sistem klasifikasi. Dari 82 data tersebut, spesifikasi jumlah tingkat kerusakan masing-masing kelas ditunjukkan pada Tabel VIII.

1. Spesifikasi data retakan bangunan hasil standarisasi untuk pengujian 3 kelas

| **Tingkat Kerusakan** | **Jumlah (buah)** |
| --- | --- |
| Rusak Berat | 30 |
| Rusak Sedang | 26 |
| Rusak Ringan | 26 |
| **Total** | **82** |

Data-data retakan hasil standarisasi tsersebut kemudian dibagi dengan persentase yang sama dengan sebelumnya, yaitu 90% dari data sebagai data latih sistem klasifikasi dan 10% dari jumlah data sebagai data uji untuk sistem klasifikasi. Spesifikasi pembagian data latih dan data uji untuk sistem klasifikasi untuk data yang sudah distandarisasi ditunjukkan pada Tabel IX.

1. Spesifikasi pembagian data latih dan data uji hasil standarisasi untuk pengujian 3 kelas

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tingkat Kerusakan** | **Jumlah Data Latih (90%)** | **Jumlah Data Uji (10%)** |
| Rusak Berat | 27 | 3 |
| Rusak Sedang | 23 | 3 |
| Rusak Ringan | 23 | 3 |
| **Total** | **73** | **9** |

Dengan menggunakan model pelatihan dan pengujian yang sama (model kombinasi 4 fitur momen invarian dan 8 fitur zoning), didapatkan peningkatan jumlah persentase akurasi. Persentase akurasi yang didapatkan dengan menggunakan data pada Tabel X adalah 88,89%. Dari 9 data uji tersebut, 3 data rusak berat dapat diprediksi dengan tepat, 3 data rusak sedang dapat diprediksi dengan tepat, dan 2 data rusak ringan dapat diprediksi dengan tepat (satu data salah diprediksi). Sehingga berdasarkan hasil yang telah didapatkan dari pengujian ini, maka dapat disimpulkan bahwa standarisasi data sangat berpengaruh pada proses pelatihan dan klasifikasi, serta mampu meningkatkan persentase akurasi dari sistem klasifikasi.

# Kesimpulan dan Saran

## 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 89,42%.
      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%.
      4. Standarisasi data sangat berpengaruh pada proses pelatihan dan klasifikasi, serta mampu meningkatkan persentase akurasi dari sistem klasifikasi pada penelitian ini hingga mencapai 49,5%.

## 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.

Melakukan penelitian lanjutan terkait fitur-fitur yang dihasilkan dari momen invarian untuk mencari fitur yang paling efisien untuk 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] W. Nuswantoro and U. P. Raya, “Analisis Jenis Kerusakan pada Bangunan Perumahan,” no. April, 2018.

[2] 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.

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

[4] 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.

[5] L. Dinar; Atris Suyantohadi ; Mohammad Affan Fajar Falah, “Penentuan Kriteria Mutu Biji Pala (Myristica fragrans Houtt) berdasarkan Analisis Tekstur menggunakan Teknologi Pengolahan Citra.pdf.” p. 89, 2013.

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

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

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

[9] 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.

[10] 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.

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

[12] K. Nisa, “Comparison of Several Classification Error Rate Estimators on Quadratic Discriminant Analysis,” no. November 2009, 2017.

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

[14] 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.

[15] 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.

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

.