

PERANCANGAN DAN SIMULASI SISTEM REKAPITULASI DATA NILAI AKHIR MAHASISWA REALTIME BERBASIS WEBCAM DAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL DI KAMPUS IT TELKOM

Debby Fernanda¹, Bambang Hidayat², Suryo Adhi Wibowo³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Pengolahan data berbasis pengolahan citra digital bisa diterapkan untuk sistem input nilai akhir mahasiswa IT Telkom. Sistem input nilai akhir yang dilakukan institusi saat ini adalah berbasis web. Pengajar mata kuliah tertentu memasukan data nilai akhir ke dalam database institusi dengan cara login ke web tertentu, setelah itu pengajar memasukkan data nilai secara manual ke dalam web sesuai dengan nama dan NIM mahasiswa.

Dalam Tugas Akhir ini telah dirancang sebuah sistem yang mampu merekapitulasi nilai akhir mahasiswa secara realtime berbasis webcam dengan membaca citra dari lembar data nilai-nilai mahasiswa yang umumnya nilai-nilai tersebut ditulis menggunakan tangan. Lembar form nilai pada penelitian ini akan didesain ulang yang memuat informasi mengenai mata kuliah, kelas dan dosen pengajar. Pada sistem yang dirancang pada Tugas Akhir ini dilakukan pengenalan pola karakter hasil cetak untuk semua huruf dan angka serta karakter hasil tulis tangan untuk huruf A, B, C, D, E, dan T. Metode klasifikasi yang digunakan adalah K-Nearest Neighbor (K-NN) untuk pengklasifikasian kode tulisan cetak dan faktor korelasi untuk pengklasifikasian tulisan tangan

Sistem ini melakukan rekapitulasi dengan tingkat akurasi tertinggi mencapai 95% dengan besar normalisasi citra tersegmentasi optimal yang digunakan sebesar 30 x 20 piksel. Waktu komputasi rata-rata untuk satu citra lembar nilai berlangsung selama 3,55 detik.

Kata Kunci : Pengolahan citra digital, K-NN, Faktor korelasi, Normalisasi realtime, webcam

Abstract

Data processing based on digital image processing can be applied to final score student input system in IT Telkom. Input system of final score that used by the institution are based on web. Teachers of certain subjects enter score data into the database of institution the in a way to log into the specific web, after that teachers manually enter the score data into a web according to the name and NIM students.

In this final project has been designed a realtime system that is able to recap on the final score of students based on webcam by reading the image from the sheet of students score data who are generally the score are handwritten. Score form sheet, in this research, will be redesigned which contains information about courses, classes and lectures. System that is designed in this final project perform pattern recognition for all letters and numbers from printed character and also letters A, B, C, D, E, and T from handwritten characters. Classification method that is used is the K-Nearest Neighbor (K-NN) for printed character and correlation factor for handwriting character

This system perform recapitulation with the accuracy reached to 95% with normalization segmented image into 30x20 pixels. The average computation time for one image of the value lasts for 3.55 seconds.

Keywords : Digital Image Processing, K-NN, correlation factor, Normalisation, Realtime and Webcam

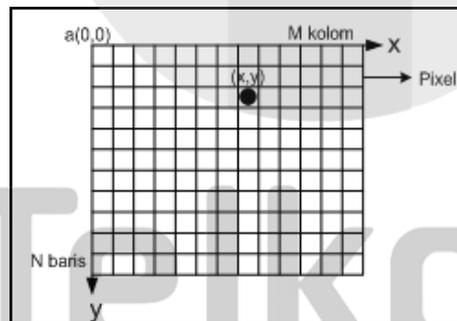
BAB II DASAR TEORI

2.1 Citra Digital

Citra (*image*) adalah kumpulan elemen gambar yang secara keseluruhan merekam suatu adegan/*scene* melalui media indra visual. Ada 2 jenis citra, yaitu citra kontinu yang diperoleh dari sistem optik yang menerima sinyal analog seperti mata manusia dan citra diskret (citra digital) yang dihasilkan melalui proses digitalisasi pada citra kontinu [2].

Citra digital adalah citra kontinyu yang diubah ke dalam bentuk diskrit, baik koordinat maupun intensitas cahayanya. Dengan kata lain, citra digital dibuat dengan cara mencuplik suatu citra kontinyu dengan jarak seragam. Suatu titik terkecil pada citra digital sering disebut sebagai *picture element* atau *pixel* [3].

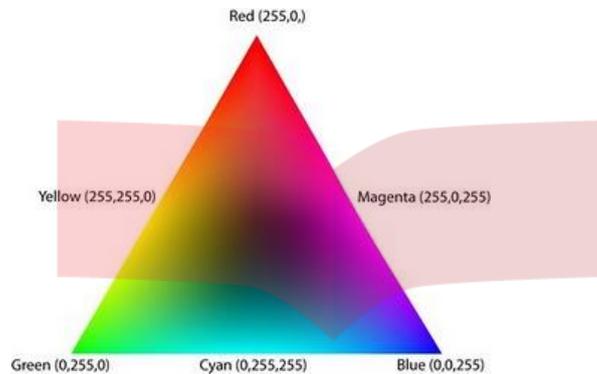
Citra *digital* tersusun atas beberapa bagian terkecil yang disebut *pel* atau piksel. Kumpulan-kumpulan piksel tersebut disimpan dalam komputer dalam bentuk array dua dimensi (matrik) dengan ukuran $M \times N$ piksel (lihat gambar 2.2), dimana M merepresentasikan jumlah piksel untuk kolom dan N adalah jumlah piksel untuk baris pada suatu citra *digital* [4].



Gambar 2.1 Representasi Citra Digital

2.1.1 Citra RGB

RGB adalah suatu model warna yang terdiri dari merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*) yang digabungkan dalam membentuk suatu susunan warna yang luas. Level intensitas masing-masing komponen warna berkisar 0 sampai 255 [5]. Komposisi level intensitas ketiga komponen RGB adalah sebagai berikut :



Gambar 2.2 Representasi Warna Citra RGB

2.1.2 Citra Grayscale

Citra *Grayscale* adalah citra yang hanya menggunakan warna pada tingkatan warna abu-abu. Warna abu-abu adalah satu-satunya warna pada ruang RGB dengan intensitas komponen merah, hijau, dan biru sama [6]. Citra *grayscale* hanya perlu menyatakan nilai intensitas untuk tiap piksel sebagai nilai tunggal, sedangkan pada citra berwarna perlu tiga nilai intensitas untuk tiap pikselnya.



Gambar 2.3 Representasi Tingkat Keabuan

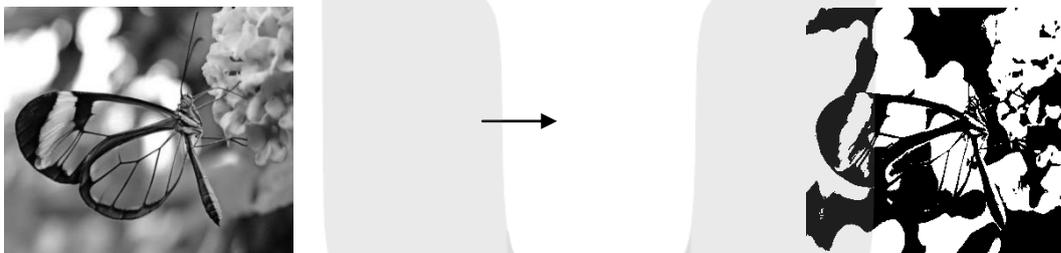
Citra *grayscale* dapat dihasilkan dari citra warna RGB dengan mengalikan komponen merah, hijau, dan biru dengan suatu koefisien yang jumlahnya satu.

$$\text{Gray} = (r \times R) + (g \times G) + (b \times B) \quad (2.1)$$

dengan, $r + g + b = 1$

2.1.3 Citra Biner (*Black & White*)

Citra biner diperoleh melalui proses pemisahan piksel-piksel berdasarkan derajat keabuan yang dimilikinya. Piksel yang memiliki derajat keabuan lebih kecil dari nilai batas (*threshold*) yang ditentukan akan diberikan nilai 0 (hitam). Sedangkan piksel yang memiliki derajat keabuan lebih besar dari *threshold* akan diubah menjadi 1 (putih) [7].



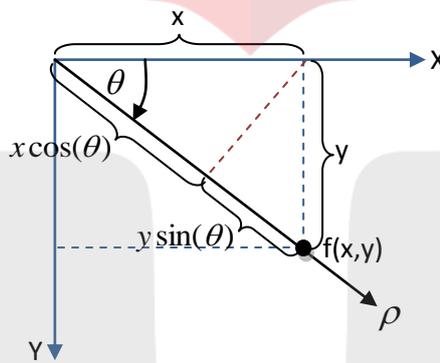
Gambar 2.4 Citra biner dari citra grayscale

2.2 Deteksi Garis

Proses pendeteksian garis lurus pada suatu citra dapat dilakukan dengan menggunakan Transformasi *Hough*. Prinsip kerja metode ini dalam pendeteksian garis adalah dengan mencari bentuk geometri yang paling bersesuaian dari kumpulan titik pada citra. Tidak semua titik pada citra akan diproses menggunakan transformasi *Hough*. Transformasi ini hanya memanfaatkan piksel yang merupakan tepi citra dalam mendeteksi garis. Oleh karena itu, sebelum melakukan transformasi *Hough*, dilakukan

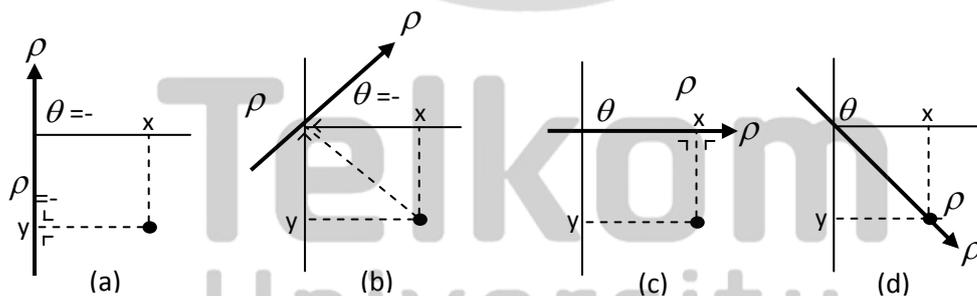
proses deteksi tepi terlebih dahulu pada citra input. Setiap piksel yang merupakan tepi citra akan diberi nilai satu, sedangkan piksel lainnya diberi nilai nol [8].

Piksel yang bernilai satu akan dipetakan ke dalam koordinat ρ dan θ . Kumpulan koordinat inilah yang kemudian diplot ke dalam sebuah grafik dan dikenal sebagai grafik transformasi *Hough*. ρ menyatakan hasil pemetaan piksel terhadap suatu garis yang bersudut θ . ρ memiliki rentang nilai negatif hingga positif dari jarak terjauh antar piksel. Sedangkan θ menyatakan besar sudut yang dihitung searah jarum jam dari sumbu X. Rentang dari θ ini berkisar dari -90° hingga kurang dari 90° .



Gambar 2.5 Pemetaan ke koordinat ρ dan θ

Contoh pemetaan sebuah titik ke dalam koordinat ρ dan θ dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



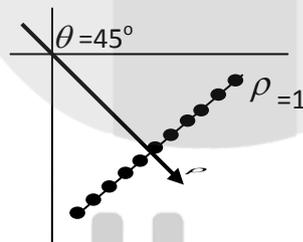
Gambar 2.6 Pemetaan sebuah titik ke dalam koordinat ρ dan θ

Untuk mencari nilai ρ selain menggunakan cara diatas, dapat pula digunakan perhitungan matematis, yaitu dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \tag{2.2}$$

Pada sebuah citra, piksel kiri atas dalam koordinat (x,y) adalah (0,0). Nilai yang diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan diatas akan dikuantisasikan ke level ρ terdekat untuk kemudian di plotkan dalam sebuah matriks. Kolom matriks merupakan rentang sudut, sedangkan baris matriks merupakan rentang ρ .

Nilai matriks yang diperoleh dari setiap piksel kemudian dijumlahkan sehingga diperoleh matriks transformasi *Hough*. Nilai dari matriks ini menunjukkan banyaknya piksel yang memiliki nilai ρ dan θ yang sama. Semakin besar nilai komponen dalam matriks menunjukkan semakin banyak piksel yang memiliki ρ dan θ yang sama, sehingga dapat disimpulkan pada ρ dan θ tersebut terdapat sebuah garis. Untuk menentukan garis yang terdeteksi, dapat dilakukan plot terhadap ρ dan θ yang diperoleh. Gambar di bawah ini menggambarkan contoh garis yang terbentuk saat $\rho = 1$ dan $\theta = 45^\circ$.



Gambar 2.7 Kumpulan titik saat $\rho = 1$ dan $\theta = 45^\circ$

Dalam membuat grafik transformasi *Hough*, nilai ρ dan θ dapat diatur sesuai keinginan. Agar mendapatkan nilai sudut yang akurat dapat digunakan $(\partial\theta)$ interval sudut yang kecil, dan untuk mendapatkan garis yang benar-benar lurus, dapat digunakan

interval jarak ($\partial\rho$) yang kecil. Transformasi *Hough* memiliki beberapa kelebihan, diantaranya [2]:

1. Mampu mendeteksi garis pada bentuk geometri dengan kumpulan tepi yang terputus-putus,
2. Relatif tidak terpengaruh derau,
3. Parameter yang mempengaruhi performansi adalah kuantisasi parameter pada ruang *Hough*.

2.3 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan suatu proses yang bertujuan untuk memanipulasi suatu citra dengan bantuan komputer agar citra tersebut lebih mudah dianalisis[9]. Ada dua jenis kegiatan yang dikelompokkan dalam pengolahan citra digital, yaitu :

- a) Memperbaiki kualitas citra sehingga lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia.
- b) Mengolah informasi yang terdapat pada citra untuk keperluan pengenalan obyek secara otomatis oleh mesin.

Pada kegiatan kedua sangat erat hubungannya dengan ilmu pengenalan pola (*pattern recognition*), yang secara umum bertujuan mengenali suatu obyek dengan cara mengekstraksi informasi penting yang terdapat dalam citra.

Manusia dapat mengenali obyek yang dilihatnya karena otak manusia telah belajar mengklasifikasi obyek-obyek di alam sehingga mampu membedakan suatu obyek dengan obyek lainnya. Kemampuan sistem visual manusia inilah yang dicoba ditiru oleh mesin. Sebagai contoh misalnya Gambar 2.5 adalah citra dari tulisan tangan yang diharapkan akan dikenali oleh komputer sebagai karakter 'A' jika digunakan algoritma tertentu sebagai pengenalan polanya.



Gambar 2.8 Citra tulisan tangan

2.3.1 Konsep Dasar Segmentasi

Segmentasi citra merupakan suatu proses pengelompokan citra menjadi beberapa *region* berdasarkan kriteria tertentu. Berdasarkan pengertiannya, segmentasi memiliki tujuan menemukan karakteristik khusus yang dimiliki suatu citra. Oleh karena itu, segmentasi citra berkaitan erat dengan proses pengenalan pola. Semakin baik kualitas segmentasi maka semakin baik pula kualitas pengenalan polanya.

Menurut Darmawan (Darmawan,2009) berdasarkan cara kerjanya, terdapat 2 jenis teknik segmentasi citra, yaitu :

- a) Segmentasi berdasarkan intensitas warna (derajat keabuan)

Berasumsi bahwa obyek-obyek yang akan dipisahkan cenderung memiliki intensitas warna yang berbeda-beda dan masing-masing obyek memiliki warna yang hampir seragam. Salah satu teknik segmentasi berdasarkan intensitas warna adalah *mean clustering*. Pada *mean clustering* dilakukan pembagian citra dengan membagi histogram citra.

- b) Segmentasi berdasarkan karakteristik

Yaitu mengelompokan bagian-bagian citra yang memiliki karakteristik yang sama berupa perubahan warna antara titik yang berdekatan, nilai rata-rata dari bagian citra tersebut. Untuk menentukan atau menghitung karakteristik digunakan perhitungan statistik, misalnya varian, standard deviasi, teori probabilitas, dan transformasi *fourier*. Salah satu teknik segmentasi berdasarkan karakteristik adalah *split and merge*. Proses tersebut dilakukan secara rekursif karena pada setiap saat dilakukan proses yang sama tetapi dengan data yang berubah.

2.3.2 Thresholding

Pada proses *thresholding*, ditetapkan suatu nilai batas/ambang, dimana elemen-elemen (*pixel*) pada citra yang nilainya lebih kecil daripada nilai batas tersebut ‘dimatikan’, dan elemen-elemen lainnya dianggap ‘menyala’, dan keduanya diubah nilainya sesuai statusnya. Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, *thresholding* dapat digunakan sebagai salah satu teknik dalam proses segmentasi. Selain itu, *thresholding* juga dapat digunakan untuk mengubah format citra dan menghilangkan *noise* pada citra biner.

2.3.3 Morfologi Matematika

Morfologi Matematika (*Mathematics Morphology*) adalah sebuah metode untuk analisa *image* berbasis operasi tetangga non-linear (*Nonlinear Neighbourhood Operation*). Tetangga disini sering disebut dengan *Structuring Element* (SE). Operasi dasar dari morfologi matematika ini adalah erosi dan dilasi.

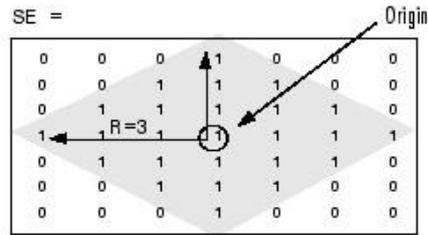
Dilasi menambahkan piksel pada batas dari objek di sebuah *image*, sedangkan erosi mengurangi piksel pada batas dari objek. Jumlah piksel yang ditambahkan atau dikurangkan tergantung dari besar dan bentuk dari SE yang digunakan untuk mengolah citra.

Bagian penting dari proses morfologi matematika adalah *structuring element* (SE). SE digunakan untuk memodifikasi citra masukan. Pada dasarnya SE adalah sebuah matriks yang terdiri dari “0” dan “1”, dimana matriks-matriks tersebut memiliki sebuah ukuran dan bentuk tertentu. Piksel yang mempunyai nilai 1 mendefinisikan “tetangga”. SE dua dimensi biasanya memiliki ukuran yang lebih kecil daripada citra yang akan diolah. Piksel pusat dari SE, *origin*, mengidentifikasi *pixel of interest* dari piksel yang akan diolah.

Jenis-jenis dari SE antara lain adalah :

a. *Diamond*

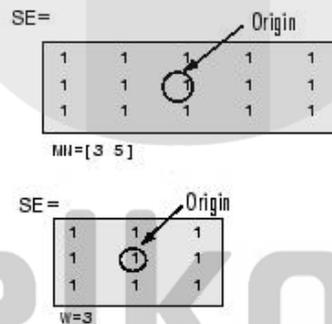
Yaitu SE yang berbentuk *diamond* dengan R adalah jarak dari *origin* ke ujung/tepi dari SE *diamond*.



Gambar 2.9 SE Diamond

b. *Rectangle/Square*

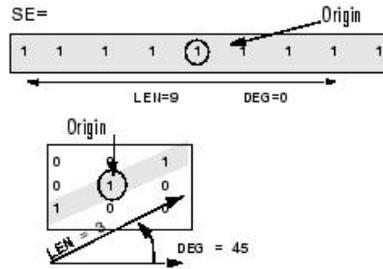
Yaitu SE yang berbentuk persegi atau kotak. MN merepresentasikan ukuran dari SE. MN terdiri dari dua buah elemen vector *non negative integers*. M adalah ukuran untuk baris dan N adalah ukuran untuk kolom.



Gambar 2.10 SE Rectangle/Square

c. *Line*

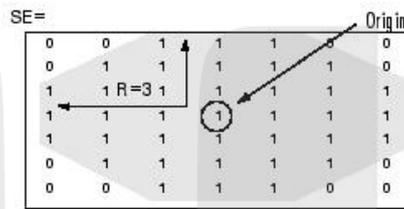
Yaitu sebuah SE yang *flat* dan linier, dimana LEN merepresentasikan panjang dan DEG merepresentasikan sudut (dalam derajat) *line* yang diukur dari arah sumbu horizontal. LEN dapat diartikan jarak dari titik ujung SE ke ujung SE lainnya.



Gambar 2.11 SE Line

d. *Octagon*

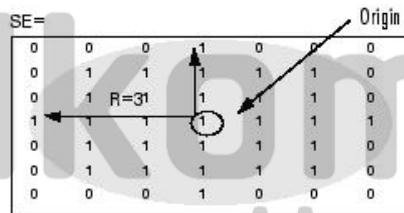
SE yang berbentuk segi-8, dimana R adalah jarak dari *origin* SE dengan tepian dari segi-8, diukur dari sumbu x dan sumbu y.



Gambar 2.12 SE Octagon

e. *Disk*

SE berbentuk lingkaran/disk, dimana R adalah jari-jari yang diukur dari *origin* ke tepi dari lingkaran.



Gambar 2.13 SE Disk

2.3.4 Ekstraksi Ciri

Ciri (*feature*) merupakan suatu descriptor dari objek tertentu pada citra yang menggambarkan karakteristik dari suatu objek[3]. Ada juga yang menyebutkan bahwa jika diinginkan sebuah sistem yang dapat membedakan objek-objek dengan tipe yang berbeda, maka pertama-tama harus ditetapkan karakteristik objek yang dapat diukur sebagai parameter yang mendeskripsikan objek. Karakteristik inilah yang disebut dengan ciri. Ciri dapat dipecah dan diambil dari pola masukan yang akan digolongkan.

Ekstraksi ciri yaitu pengambilan ciri atau sifat tertentu yang dimiliki oleh suatu objek citra sehingga dapat membedakan citra yang satu dengan citra lainnya. Umumnya perbedaan itu dapat dilihat dari struktur geometri cira tersebut, dalam halnya ini citranya adalah karakter huruf yang merupakan citra biner. Dalam Tugas Akhir ini, untuk membedakan citra yang satu dengan citra lainnya, ciri yang dapat digunakan adalah nilai piksel biner dari masing-masing citra huruf.

2.3.5 Korelasi

Korelasi adalah suatu metode untuk mengetahui tingkat keeratan hubungan antara dua variabel atau lebih yang digambarkan oleh besarnya koefisien atau faktor korelasi. Korelasi digunakan untuk menguji dua variabel atau lebih memiliki hubungan yang berbanding lurus atau terbalik, atau tidak memiliki hubungan sama sekali.

Korelasi dibagi menjadi dua, yaitu :

- a) Korelasi Bivariat
Merupakan uji korelasi antara dua variabel
- b) Korelasi Partial
Bertujuan untuk menghitung faktor korelasi antara dua variabel, tetapi dengan mengeluarkan variabel lainnya yang dianggap berpengaruh (disebut kontrol).

Keeratan hubungan antara satu variabel dengan variabel lainnya, biasa disebut dengan koefisien atau faktor korelasi yang ditandai dengan "r". Faktor korelasi "r" merupakan taksiran dari korelasi populasi dengan kondisi sample normal (acak). Banyak

metode statistika yang digunakan untuk mengukur faktor korelasi. Salah satunya adalah korelasi Pearson.

2.3.6 *Pearson Product – Moment Correlation Coefficient (PMMC)*

Dalam statistika, *Pearson Product – Moment Correlation Coefficient (PMMC)* atau Koefisien Korelasi Perkalian Momen Pearson merupakan ukuran dari [korelasi](#) (ketergantungan linier) antara dua variabel A dan B. Hal ini banyak digunakan dalam ilmu-ilmu sebagai ukuran kekuatan ketergantungan linier antara dua variabel[10]. Koefisien atau faktor korelasi disebut juga "Pearson's r."

Tingkat keeratan hubungan (faktor korelasi) PMMC bergerak dari 0 hingga +1. Jika r mendekati +1, misalnya 0.95, ini dapat dikatakan bahwa dua variabel memiliki hubungan yang sangat erat. Sebaliknya, jika mendekati 0, misalnya 0.10, dapat dikatakan mempunyai hubungan yang rendah.

Faktor korelasi bernilai positif jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel diikuti dengan kenaikan kuantitas dari variabel lain. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel sama besar atau mendekati besarnya kenaikan kuantitas dari suatu variabel lain, maka faktor korelasi kedua variabel akan mendekati +1. Dengan kata lain, faktor korelasi bernilai +1 menunjukkan adanya hubungan sempurna positif.

Faktor korelasi akan bernilai negatif jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel diikuti dengan penurunan kuantitas dari variabel lain. Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel sama besar atau mendekati besarnya penurunan kuantitas dari variabel lain dalam satuan SD, maka korelasi kedua variabel akan mendekati -1. Dapat dikatakan bahwa faktor korelasi yang bernilai -1 menunjukkan adanya hubungan sempurna yang bersifat terbalik antara kedua variabel.

Jika kenaikan kuantitas dari suatu variabel diikuti oleh kenaikan dan penurunan kuantitas secara random dari variabel lain atau jika kenaikan suatu variabel tidak diikuti oleh kenaikan atau penurunan kuantitas variabel lain (nilai dari variabel lain stabil), maka dapat dikatakan kedua variabel itu tidak berkorelasi atau memiliki faktor korelasi yang mendekati nol.

Pearson Product – Moment Correlation Coefficient (PMMC) dalam bidang dua dimensi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$r = \frac{\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})(B_{mn} - \bar{B})}{\sqrt{\left(\sum_m \sum_n (A_{mn} - \bar{A})^2\right)\left(\sum_m \sum_n (B_{mn} - \bar{B})^2\right)}} \dots\dots (2.3)$$

- dimana:
- r = Faktor korelasi antara matrik A dengan matrik B
 - A_{mn} = Nilai piksel matrik A pada baris ke-m dan kolom ke-n
 - \bar{A} = Rata-rata nilai piksel matrik A
 - B_{mn} = Nilai piksel matrik B pada baris ke-m dan kolom ke-n
 - \bar{B} = Rata-rata nilai piksel matrik B

2.4 SQL (*Search Query Language*)

SQL merupakan salah satu database server yang digunakan untuk mempermudah pengelolaan data. SQL ini mampu mengolah data berdasarkan perintah user, sehingga user dapat dengan mudah memperoleh suatu data tertentu dari database yang ada [1]. Pada SQL, sebuah database mengandung satu atau sejumlah tabel. Tabel terdiri atas sejumlah baris dan setiap baris mengandung satu atau beberapa kolom. User dapat mengatur pengambilan data sesuai kebutuhan dengan mengatur baris, kolom, tabel, dan database yang digunakan sebagai acuannya.

SQL memiliki beberapa kegunaan dasar, seperti : membuat dan mendefinisikan suatu struktur data, mengubah data yang terdapat dalam database, dan menetapkan batasan keamanan. Ketiga kegunaan ini dapat diaplikasikan dengan membuat perintah (sintaks) yang berupa gabungan kata serta simbol. Dalam membuat suatu database, beberapa perintah yang dapat digunakan adalah : CREATE TABLE, CREATE INDEX, ALTER TABLE, DROP TABLE, DROP VIEW, dan DROP INDEX. Setelah database terbentuk, user dapat memanipulasi data yang ada di dalam database dengan menggunakan perintah : INSERT, UPDATE, DELETE, dan VIEW. Sedangkan untuk

mengambil dan menyeleksi data tertentu dari suatu database, dapat digunakan perintah :
SELECT, GROUP BY, dan ORDER BY.

2.5 Webcam

Webcam (singkatan dari *web camera*) adalah sebutan bagi kamera *realtime* (bermakna keadaan pada saat ini juga) yang gambarnya bisa diakses atau dilihat melalui *World Wide Web*, atau aplikasi *video call*[11].

Webcam termasuk kamera digital yang meng-*upload* gambar ke web server secara kontinyu dan langsung dihubungkan ke PC melalui port USB. Tiap webcam memiliki spesifikasi tertentu, dan memiliki resolusi tertentu juga.

Webcam dapat digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain:

1. Konferensi *via web*
2. Kita bisa berkomunikasi dengan siapapun di berbagai penjuru dunia, seolah sedang berhadapan langsung dengan menggunakan fasilitas ini.
3. Pengamanan rumah
4. Beberapa webcam menyertakan *software* untuk mendeteksi gerakan. Dalam hal ini, webcam mendeteksi gerakan dan ketika ada gerakan maka otomatis webcam akan segera memotretnya.
5. *Video mail*
6. Mengambil foto

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa sistem yang telah dilakukan terhadap sistem rekapitulasi data nilai akhir, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Lembar nilai yang didesain ulang memiliki kapasitas untuk memuat maksimal 80 mahasiswa dalam 1 kelasnya.
2. Sistem ini berjalan optimal ketika menggunakan ukuran optimalisasi sebesar 30 x 20 piksel dengan tingkat akuransi maksimum yang dapat dicapai 95%
3. Waktu komputasi dipengaruhi banyaknya data nilai pada setiap citra lembar nilai. Semakin banyak nilai-nilai mahasiswa pada lembar nilai maka waktu komputasi yang dibutuhkan juga akan semakin lama. Waktu rata-rata komputasi yang dibutuhkan untuk melakukan rekapitulasi 1 lembar form nilai adalah 3.55 detik.
4. Dalam proses akuisisi citra menggunakan *webcam*, kertas berada pada *box prototype*

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan sistem di masa yang akan datang adalah :

1. Pengujian dilakukan terhadap sampel yang lebih bervariasi dan berbagai keadaan sehingga dapat meningkatkan kehandalan sistem terhadap lembar form nilai yang bervariasi.
2. Menggunakan teknik segmentasi yang lebih baik agar ukuran kertas apapun tetap mampu dikenali.
3. Merekonstruksi *box* dengan menggunakan penerangan internal