

IMPLEMENTASI METODE EIGENFACE TERHADAP PROGRAM PRESENSI MAHASISWA

William

Akhmad Budi, S.Kom, M.M, M.Kom

INSTITUT BISNIS dan INFORMATIKA KWIK KIAN GIE Jakarta, Indonesia (Telp (021)6513974; E-mail : 55160025@student.kwikkiangie.ac.id, WilliamGolden54@gmail.com)

Abstrak - Saat ini, ada banyak aktivitas di dalam dunia pendidikan yang menggunakan teknologi. Salah satunya adalah pemanfaatan teknologi dalam sistem presensi mahasiswa. Sistem presensi yang ada saat ini sudah menggunakan teknologi Radio Frequency Identification atau biasa disingkat RFID. Untuk melakukan presensi, di setiap kelas sudah disediakan sebuah komputer. Penggunaan dari komputer saat ini hanya digunakan untuk melakukan presensi, selain itu penggunaan teknologi RFID saat ini masih terdapat celah yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa yang kurang bertanggung jawab, antara lain kartu yang dimiliki dapat dititipkan ke orang lain untuk presensi dan juga presensi yang dapat dilakukan walaupun tidak menggunakan kartu asalkan mengetahui kode unik kartu yang dimiliki sehingga yang bersangkutan tidak harus ada di kelas untuk melakukan presensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menutupi celah yang sudah ada. Penelitian ini akan dilakukan dengan metode kuantitatif. Data-data yang dibutuhkan berupa data wajah yang dikumpulkan dengan cara meminta izin mengambil gambar wajah teman-teman penulis. Data-data ini nantinya diuji dengan program yang menggunakan algoritma pengenalan wajah eigenface, sehingga dapat diketahui gambar wajah dengan atribut atau latar belakang seperti apa yang efektif untuk disimpan dalam database presensi. Desain dari sistem yang akan dibuat antara lain rancangan arsitektur sistem presensi, use case diagram, struktur menu, activity diagram, class diagram, dan rancangan antarmuka. Hasil dari penelitian ini berupa program presensi yang menggunakan metode pengenalan wajah, mengembangkan program yang sudah ada sebelumnya menggunakan tap kartu. Program presensi yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat menutupi celah yang ada dalam sistem presensi saat ini. Hal ini dikarenakan

pencatatan presensi hanya dapat dilakukan menggunakan wajah mahasiswa tanpa menggunakan kartu. Sehingga pencatatan presensi tidak dapat dilakukan tanpa kehadiran mahasiswa yang bersangkutan. Selain itu tidak perlu lagi menggunakan komputer di kelas, cukup menggunakan laptop dosen.

Kata kunci: Pengenalan Wajah, Program Presensi, Metode Eigenface, Radio Frequency Identification.

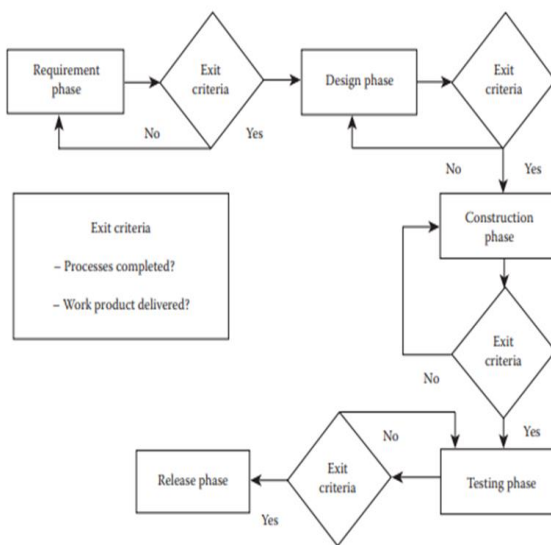
1. Pendahuluan

Saat ini, ada banyak aktivitas di dalam dunia pendidikan yang menggunakan teknologi. Salah satunya adalah pemanfaatan teknologi dalam sistem presensi mahasiswa. Sistem presensi yang ada saat ini sudah menggunakan teknologi Radio Frequency Identification atau biasa disingkat RFID. Untuk melakukan presensi, di setiap kelas sudah disediakan sebuah komputer. Penggunaan dari komputer saat ini hanya digunakan untuk melakukan presensi, selain itu penggunaan teknologi RFID saat ini masih terdapat celah yang dapat dimanfaatkan oleh mahasiswa yang kurang bertanggung jawab, antara lain kartu yang dimiliki dapat dititipkan ke orang lain untuk presensi dan juga presensi yang dapat dilakukan walaupun tidak menggunakan kartu asalkan mengetahui kode unik kartu yang dimiliki sehingga yang bersangkutan tidak harus ada di kelas untuk melakukan presensi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem presensi yang dapat menutupi celah yang sudah ada. Dengan begitu, manfaat dari penelitian ini adalah

mengembangkan sistem presensi yang sudah ada menjadi lebih baik.

2. Metode Penelitian

Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode Waterfall. Peneliti menggunakan metode Waterfall dikarenakan kebutuhan sudah diketahui sebelumnya, kebutuhan tidak termasuk barang beresiko tinggi yang tidak terselesaikan., kebutuhan tidak berubah banyak selama proses pengembangan, tim mempunyai pengalaman di proyek serupa, dan ada cukup waktu untuk melakukan semuanya secara berurutan



Gambar 2. 1 Gambar ilustrasi urutan dari metode Waterfall

1. Fase Requirement

Pada tahap ini, penulis Penulis mengumpulkan data-data apa saja yang dibutuhkan untuk dijadikan referensi dalam pembuatan program presensi.

2. Fase Design

Penulis merancang alur dari program, membuat *use case*, *activity diagram*, struktur menu dan *mock up* dari program presensi.

3. Fase Construction

Pada tahap ini penulis mulai membuat program presensi mengikuti rancangan yang sudah dibuat sebelumnya.

4. Fase Testing

Pada tahap ini penulis melakukan pengujian terhadap program yang sudah dibuat apakah dapat mengenali wajah orang menggunakan algoritma *eigenface*.

5. Fase Release

Pada tahap ini penulis melakukan perbaikan terhadap masalah atau *bug* yang terjadi pada program sebelum nantinya dirilis.

A. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian yang dilakukan oleh penulis merupakan penelitian kuantitatif. Data yang dibutuhkan berupa kumpulan gambar wajah. Berikut adalah teknik pengumpulan data yang digunakan oleh penulis.

a. Studi Pustaka

Pada penelitian ini, penulis mencari teori mengenai sistem pengenalan wajah dari buku dan jurnal penelitian terdahulu. Hal ini dilakukan agar penulis mendapatkan referensi mengenai bagaimana cara membuat aplikasi kehadiran menggunakan metode pengenalan wajah.

b. Dokumentasi

Pada penelitian ini, penulis membutuhkan data berupa sampel wajah-wajah mahasiswa. Untuk mendapatkan data-data tersebut penulis akan meminta izin memotret wajah teman-teman menggunakan webcam pada laptop. Data-data ini nantinya akan disimpan dalam dokumen pribadi penulis dan digunakan untuk eksperimen aplikasi kehadiran menggunakan metode pengenalan wajah *eigenface*.

B. Teknik Analisis Data

a. Metode Eigenface

Penulis akan menganalisis data-data wajah yang didapatkan menggunakan program dengan metode

eigenface. Nantinya penulis akan menganalisis hasil yang didapat apakah data-data wajah yang sudah didapatkan dapat dikenali menggunakan metode eigenface, sehingga metode ini nantinya dapat digunakan dalam sistem presensi.

b. Penyajian Data

Penulis akan melakukan eksperimen terhadap wajah-wajah yang sudah didapatkan lalu menyajikan hasilnya ke dalam bentuk tabel. Sehingga hasil yang didapat dari eksperimen penulis lebih mudah untuk dimengerti dan dapat mengambil langkah penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam menjalankan penelitian ini, peneliti mengikuti metode *Waterfall* dalam membuat program yang diinginkan. Berikut adalah hasil dan pembahasan yang sudah dilakukan oleh peneliti:

A. Hasil Percobaan Pengenalan Wajah dengan Eigenface

Pada penelitian ini, penulis melakukan eksperimen data-data wajah yang sudah didapatkan apakah dengan ekspresi maupun atribut yang berbeda seperti kaca mata, sistem masih bisa mengenali wajah menggunakan metode eigenface dengan asumsi posisi dari gambar wajah yang mau diuji dan yang ada di database posisinya wajahnya sama, misalnya apabila gambar wajah yang mau diuji agak ke kiri dari kamera maka gambar yang ada di database juga agak ke kiri dari kamera. Untuk eksperimen pertama penulis akan membandingkan wajah lima orang berbeda dengan ekspresi ataupun atribut yang berbeda terhadap data-data wajah yang sudah dicrop terlebih dahulu latar belakangnya. Berikut tabel hasil eksperimen pertama:

Gambar yang diuji	Hasil pengenalan	Keterangan
-------------------	------------------	------------

Gambar yang diuji	Hasil pengenalan	Keterangan
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali
		Gagal dikenali
		Berhasil dikenali
		Gagal dikenali

Tabel 3.1
Eksperimen citra wajah yang sudah dicrop menggunakan metode eigenface








Berdasarkan hasil percobaan pengenalan wajah terhadap wajah yang sudah dicrop, tiga gambar dapat dikenali dan sisanya dua gambar tidak dapat dikenali, maka persentase keberhasilannya 60%. Selanjutnya penulis akan melakukan percobaan terhadap wajah

yang memiliki background sama dengan wajah yang akan diuji, tentunya dengan ekspresi dan atribut yang berbeda seperti tabel diatas. Berikut tabel eksperimen kedua:

Gambar yang diuji	Hasil pengenalan	Keterangan
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali

Tabel 3.2 Eksperimen citra wajah yang memiliki latar belakang sama dengan citra wajah yang diuji menggunakan metode eigenface

Berdasarkan hasil percobaan pengenalan terhadap wajah dengan background yang sama, semua gambar dapat dikenali dengan baik walaupun ekspresi ataupun atribut yang digunakan berbeda, maka persentase keberhasilannya 100%. Selanjutnya penulis akan melakukan eksperimen dengan gambar wajah yang memiliki latar belakang polos. Berikut tabel eksperimen ketiga:

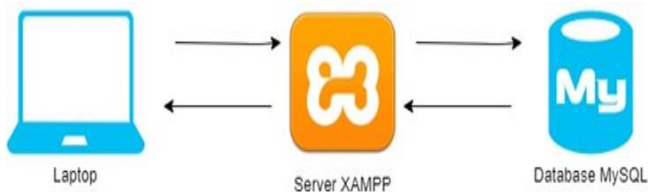
Gambar yang diuji	Hasil pengenalan	Keterangan
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali
		Berhasil dikenali

Gambar yang diuji	Hasil pengenalan	Keterangan
		ali
		Berhasil dikenali

Tabel 3.3 Eksperimen citra wajah yang memiliki latar belakang polos dengan citra wajah yang diuji menggunakan metode eigenface

Berdasarkan hasil eksperimen ketiga, wajah-wajah yang diuji semuanya masih dapat dikenali dengan benar walaupun citra wajah di database tidak memiliki latar belakang / polos, dan persentase keberhasilannya 100%.

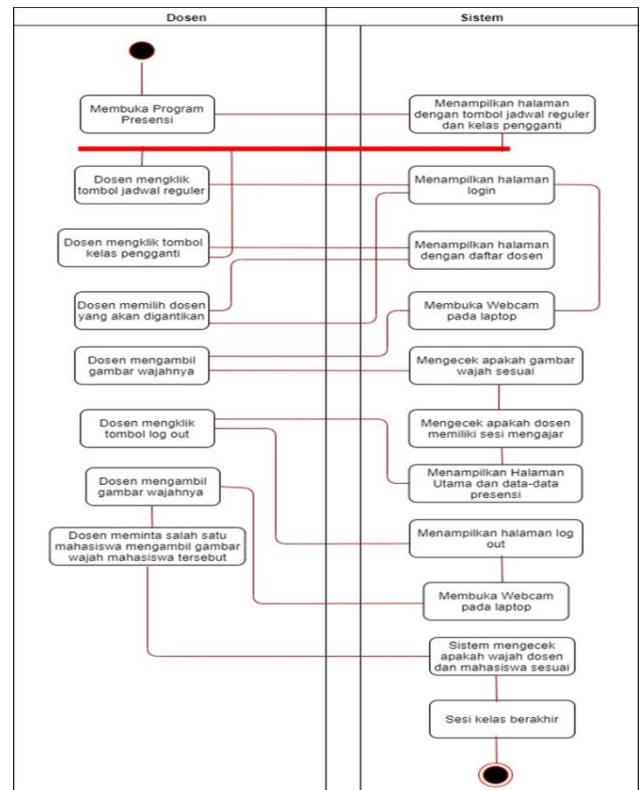
B. Rancangan Arsitektur Sistem Presensi



Gambar 3.1 Arsitektur Sistem Presensi

Berdasarkan gambar 4.1, program presensi dirancang untuk menunjang kegiatan pencatatan kehadiran mahasiswa menggunakan metode pengenalan wajah eigenface. Dosen membuka program presensi menggunakan laptopnya, yang terhubung dengan server XAMPP dan database MySQL.

Berikut adalah gambar *activity diagram* dosen:

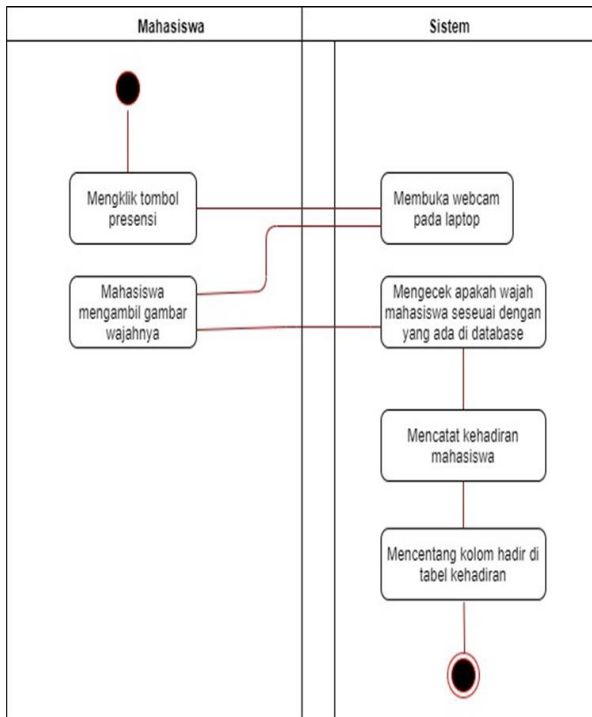


Gambar 3.1 Activity Diagram Dosen

Mula-mula dosen membuka program presensi. Di halaman pertama terdapat tombol pilihan bagi dosen jadwal reguler dan bagi dosen yang bertugas menggantikan dosen jadwal reguler. Jika memilih tombol jadwal reguler maka akan dibawa langsung ke halaman login. Tetap apabila memilih tombol kuliah pengganti maka akan dipindahkan ke halaman berisi daftar-daftar dosen yang bisa dipilih salah satu untuk digantikan. Barulah pengguna dipindahkan ke halaman login. Saat dosen mengklik tombol login, webcam pada laptop akan otomatis menyala dan dosen bisa mengambil gambar wajahnya. Setelah gambar diambil, sistem akan mengecek apakah wajahnya sudah sesuai dengan yang ada di database. Jika sesuai maka sistem akan mengecek lagi apakah dosen tersebut memiliki sesi mengajar di jam tersebut. Jika semuanya sudah sesuai maka dosen akan dipindahkan ke halaman utama program presensi. Di halaman ini terdapat data-data seperti tahun akademik, semester, mata kuliah yang dibawakan, nama kelas, nama ruangan, hari dan jam diadakan perkuliahan, jam dosen masuk ke dalam sistem presensi, nama dosen, materi yang dibawakan minggu sebelumnya, dan daftar nama mahasiswa yang mengambil mata kuliah tersebut. Di akhir perkuliahan, dosen menekan tombol

logout, dan akan dipindahkan ke halaman logout. Pada halaman tersebut, sistem akan meminta dosen melakukan pengambilan gambar wajahnya dan wajah salah satu mahasiswa. Sistem lalu akan mengecek apakah kedua gambar wajah tersebut sesuai. Bila sesuai maka sistem akan menutup sesi kelas dan menyimpan data-data pencatatan kehadiran mahasiswa ke dalam database.

Selanjutnya adalah gambar activity diagram mahasiswa:

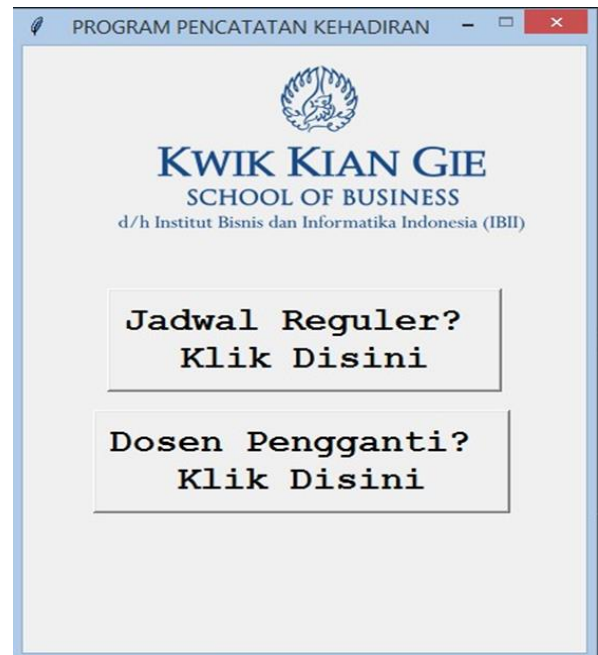


Gambar 3.2 Activity Diagram Mahasiswa

Mula-mula mahasiswa menekan tombol presensi. Lalu sistem akan otomatis menyalakan webcam pada laptop. Mahasiswa lalu melakukan pengambilan wajahnya dan dicek oleh sistem apakah wajahnya sesuai dengan yang ada di database. Jika gambar wajah sesuai, sistem akan mencatat kehadiran mahasiswa tersebut dan mencentang kolom hadir di tabel kehadiran mahasiswa yang terletak di halaman utama.

C. Hasil Implementasi ke dalam Program Presensi

Berikut adalah gambar dari *user interface* program presensi yang sudah dibuat menggunakan pengenalan wajah eigenface:



Gambar 3.3 Halaman Awal Program Presensi

Pada halaman awal seperti gambar 3.3, apabila pengguna mengklik tombol dosen pengganti, maka akan dipindahkan ke halaman seperti gambar di bawah ini:

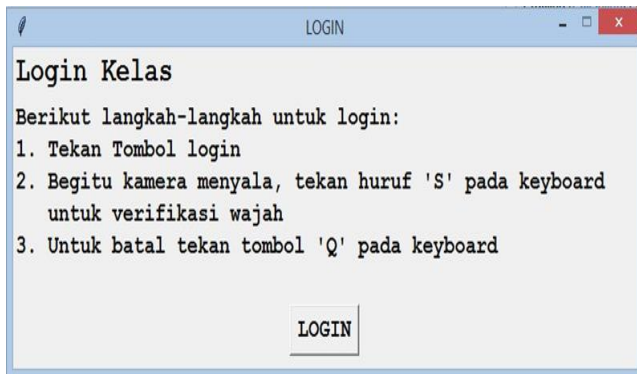


Gambar 3.4 Halaman Dosen Pengganti

Di bagian atas halaman pada gambar 3.4 terdapat select box daftar dosen yang dapat dipilih oleh pengguna. Di bagian kiri merupakan angka NIK dosen sedangkan di bagian kanan merupakan nama dan gelar lengkap dosen. Jika pengguna

sudah memilih dosen yang akan digantikan, pengguna dapat menekan tombol login untuk masuk ke halaman selanjutnya.

Selanjutnya pengguna akan masuk ke halaman berisi panduan untuk melakukan login. Di halaman ini juga terdapat tombol login di paling bawah sehingga pengguna dapat melakukan verifikasi wajah. Berikut adalah gambar tampilan halaman tersebut:



Gambar 3.5
Halaman Login

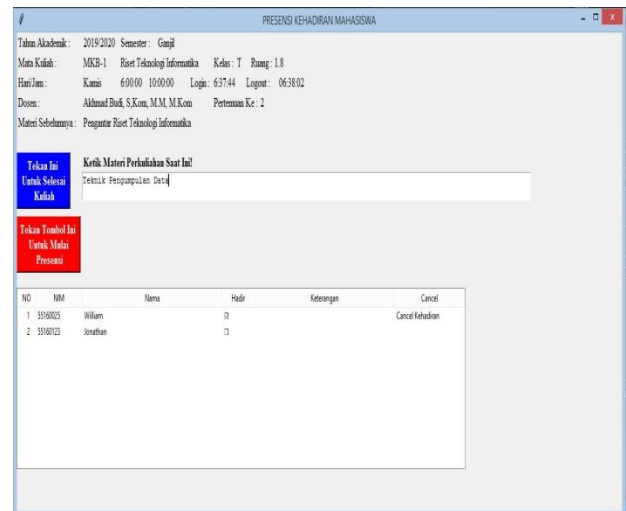
Begitu pengguna menekan tombol login pada gambar 3.5, webcam akan otomatis menyala dan pengguna dapat melakukan pengambilan gambar seperti gambar yang di bawah ini:



Gambar 3.6
Halaman Pengambilan Gambar

Selanjutnya pada halaman seperti gambar 3.6, pengguna menekan tombol 's' pada keyboard untuk pengambilan gambar atau tombol 'q' untuk batal. Jika pengguna sudah menekan tombol 's', maka sistem akan langsung memverifikasi wajah pengguna. e. Apabila wajah pengguna sesuai

dengan yang ada di database, dan pengguna memiliki sesi kelas pada jam itu maka pengguna akan dipindahkan ke halaman utama presensi seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 3.7

Halaman Utama Presensi

Pada halaman utama presensi seperti gambar 4.26, terdapat data-data seperti tahun akademik dan semester saat ini, kode mata kuliah, nama mata kuliah, nama kelas, nama ruangan, hari dan jam perkuliahan, jam dosen masuk ke sistem presensi, jam saat ini, nama dan gelar lengkap dosen, pertemuan ke berapa, dan materi pertemuan sebelumnya. Dibawah data-data tersebut terdapat dua tombol berwarna biru dan merah dengan fungsi yang berbeda. Tombol biru berfungsi untuk dosen mengakhiri sesi kelas, tombol merah berfungsi untuk mahasiswa melakukan pencatatan presensi menggunakan metode pengenalan wajah eigenface. Di bagian kanan tombol terdapat satu textbox yang berfungsi sebagai tempat dosen meng-input materi yang akan dibawakan pada hari itu. Lalu di bagian paling bawah terdapat tabel kehadiran mahasiswa. Mahasiswa yang mengambil mata kuliah tersebut akan terdaftar namanya dalam tabel. Apabila mahasiswa belum melakukan presensi, kolom hadir masih kosong. Tetapi apabila mahasiswa sudah melakukan presensi, kolom hadir akan tercentang dan terdapat tombol cancel kehadiran yang berfungsi bagi dosen melakukan pembatalan kehadiran jika sewaktu-waktu mahasiswa melakukan kecurangan dalam presensi. Apabila pengguna menekan

tombol merah maka webcam akan otomatis menyala dan pengguna dapat melakukan presensi dengan menekan tombol 's' pada keyboard sama seperti langkah-langkah login yang sudah dijelaskan di atas. Setelah pengguna menekan tombol 's', sistem akan memverifikasi wajah pengguna dengan metode eigenface apakah benar pengguna mengambil mata kuliah tersebut. Jika benar maka presensi dari pengguna akan tercatat, jika salah maka akan ada keterangan 'Wajah tidak dikenali' atau 'NIM tidak terdaftar'. Jika presensi sudah tercatat, sistem akan otomatis meng-update tabel kehadiran sehingga kolom hadir pengguna yang melakukan presensi tadi tercentang.

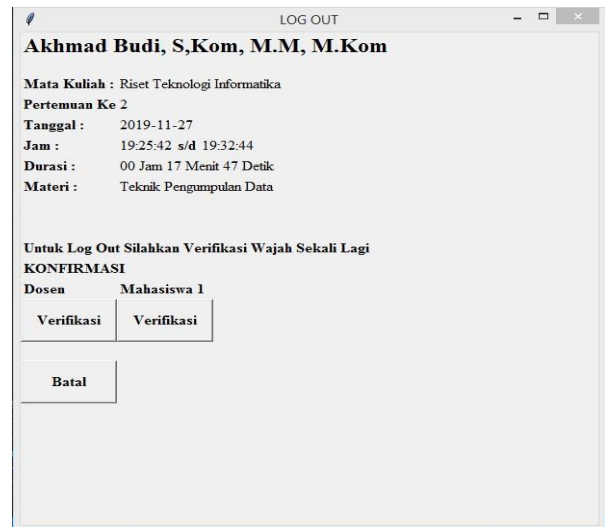
Selanjutnya jika dosen ingin mengakhiri sesi kelas, tinggal menekan tombol biru yang ada di atas tombol merah. Maka dosen akan dipindahkan ke halaman logout seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.8

Halaman Logout

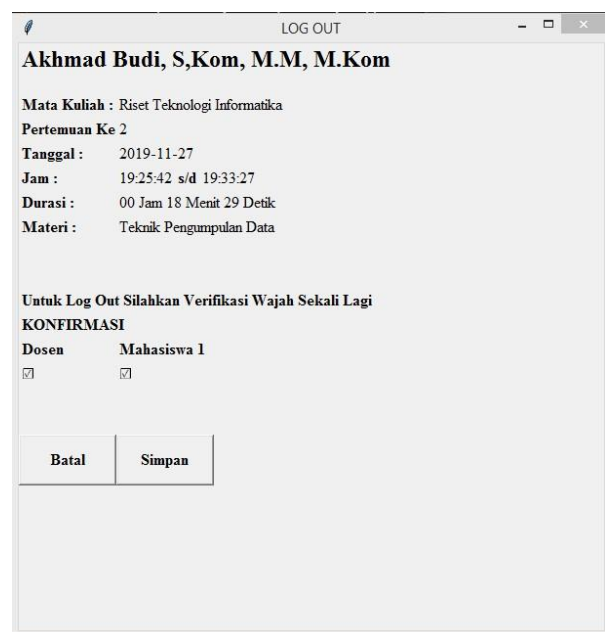
Pada gambar 3.8, terdapat data-data nama dosen yang mengajar, tanggal hari itu, jam dosen masuk ke sistem presensi, jam saat ini, durasi dosen mengajar dari waktu masuk ke dalam sistem sampai sekarang, pertemuan ke berapa, nama ruang dan nama kelas. Di halaman ini terdapat dua tombol yaitu tombol 'Presensi Kelas' untuk memindahkan pengguna kembali ke halaman utama presensi dan tombol 'Logout' untuk memindahkan pengguna ke halaman konfirmasi logout. Jika pengguna menekan tombol logout maka akan dipindahkan ke halaman konfirmasi logout seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3.9

Halaman Konfirmasi Logout

Pada gambar 3.9, terdapat data-data nama dosen, pertemuan ke berapa, tanggal pada hari itu, jam dosen masuk ke sistem presensi, jam saat ini, durasi mengajar, dan materi yang dibawakan pada hari itu. Untuk melakukan sesi kelas, sistem akan meminta dosen dan salah satu mahasiswa melakukan verifikasi wajah satu kali lagi. Masing-masing diberikan sebuah tombol verifikasi dan apabila dosen dan mahasiswa sudah melakukan verifikasi wajah menggunakan metode eigenface maka tombol verifikasi akan berubah menjadi tanda centang seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.0

Verifikasi Wajah Selesai

Pada gambar 4.0, apabila dosen dan mahasiswa sudah melakukan verifikasi wajah, akan muncul tombol 'Simpan' seperti gambar diatas dan dosen tinggal mengklik tombol tersebut sehingga data-data perkuliahan tersimpan dan sesi kelas berakhir.

D. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode pengenalan wajah eigenface, dapat disimpulkan bahwa gambar wajah yang ada dapat dikenali dengan gambar wajah yang ada di *database* secara tepat apabila memiliki *background* yang sama ataupun polos dengan asumsi setiap wajah terletak di posisi yang sama. Sebagai contoh apabila gambar yang mau diuji memiliki wajah yang agak ke kiri maka gambar yang ada di *database* juga wajahnya agak ke kiri begitu juga sebaliknya.

Selain itu, penggunaan dari program presensi ini nantinya akan di-*install* langsung di laptop dosen sehingga tidak perlu lagi disediakan satu buah komputer di dalam kelas. Program presensi yang tadinya *tap* menggunakan kartu sekarang menggunakan pengenalan wajah juga membuat mahasiswa tidak bisa melakukan penitipan presensi dikarenakan identitas wajah yang ditarik langsung identitas wajah mahasiswa yang bersangkutan.

E. Saran

Berikut adalah saran yang dapat digunakan untuk membantu penelitian selanjutnya adalah:

1. Diharapkan membangun sistem presensi yang tidak hanya dapat dilakukan di laptop, tetapi juga di *handphone*.
2. Diharapkan membuat suatu program pengambilan gambar untuk di *database* supaya setiap gambar memiliki ukuran piksel dan latar belakang yang sama.

F. Ucapan Terima Kasih

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul "Implementasi Metode Eigenface

Terhadap Program Presensi Mahasiswa" ini. Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer pada Program Studi Teknik Informatika di Institut Bisnis dan Informatika Kwik Kian Gie. Dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, penulis tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak baik orang tua, dosen, teman-teman yang mendorong dari belakang. Untuk itu penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Bapak Akhmad Budi, S.Kom, M.M, M.Kom, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika yang telah memberikan kesempatan, dan bantuan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Akhmad Budi, S.Kom, M.M, M.Kom, selaku dosen pembimbing dari penulis yang sudah memberikan pengarahan dan bimbingan agar penyusunan skripsi dapat berlangsung dengan baik.
3. Orang tua penulis yang banyak memberikan motivasi, semangat dan juga doa selama penulis melakukan penyusunan skripsi.
4. Teman-teman yang sudah membantu penulis dalam mengumpulkan data dan selalu memberikan dorongan saat penulis melakukan penyusunan skripsi.

Akhir kata, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mungkin tidak dapat disebutkan satu-persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed Ashfaq, Bhanu Prasad (2016), *Foundations of Software Engineering*, Edisi ke-1, Boca Raton: Taylor and Francis Group.
- Beyeler, Michael (2015), *OpenCV with Python Blueprints*, Edisi ke-1, Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Datta, Asit Kumar., Madhura Datta, dan Pradipta Kumar Banerjee (2016), *Face Detection and Recognition Theory and Practice*, Edisi ke-1, Boca Raton: Taylor and Francis Group.

- Hasibuan, Zainal A. (2007), *Metodologi Penelitian Pada Bidang Ilmu Komputer Dan Teknologi Informasi*, Edisi ke-1, Depok: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Indonesia.
- Intan, Rolly., Chi Hung Chi, Henry N. Palit, dan Leo W. Santoso ed. (2015), *Intelligence in the Era of Big Data*, Edisi ke-4, Berlin: Springer.
- Irawan (2016), “*Prototipe Sistem Pengenalan Wajah Menggunakan Algoritma Eigenface Dan Metode CBIR*”, Jurnal Ilmiah Media Processor Volume 11 Nomor 2 Oktober 2016 ISSN 1907-6738.
- Isaias, Pedro. dan Issa, Tomayess (2015), *High Levels Models and Methodologies for Information System*, Edisi ke-1, New York: Springer.
- Lee, Kent D., dan Steve Hubbard (2015), *Data Structures and Algorithms with Python*, Edisi ke-1, Switzerland: Springer.
- Mohammad Hafiz Hersyah, Firdaus, Atillah Sridany Putri (2018), “*Penerapan Face Recognition Pada Sistem Starter Mobil Otomatis Menggunakan Metode Eigenface Berbasis Mini PC*”, Jurnal TEKNOIF Volume 6 Nomor 2 Oktober 2018 ISSN 2338-2724.
- Muhammad Rizki Muliawan, Beni Irawan, Yulrio Brianorman (2015), “*Implementasi Pengenalan Wajah Dengan Metode Eigenface Pada Sistem Absensi*”, Jurnal Coding Sistem Komputer Untan Volume 3 Nomor 1 2015 ISSN 2338-493X
- Paluszek, Michael., dan Stephanie Thomas (2017), *MATLAB Machine Learning*, Edisi ke-1, New York: Apress.
- Rod Stephens (2015), *Beginning Software Engineering*, Edisi ke-1, Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Wan-Chi, Siu., Lap-Pui Chau, Liang Wang, dan Tieniu Tan (2018), *Learning Approaches in Signal Processing*, Edisi ke-2, Singapura: Pan Stanford Publishing.