

Otomatisasi Perekaman Foto Intraoral Gigi untuk Rekam Medis Elektronik Menggunakan *Internet of Things*

Trie Maya Kadarina

Fakultas Teknik/Program Studi Teknik Elektro
Universitas Mercu Buana
Jakarta, Indonesia
E-mail: trie.maya@mercubuana.ac.id

Abstrak— Salah satu manfaat dari implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam dunia kesehatan adalah otomatisasi pengumpulan data dari perangkat medis yang bertujuan untuk mengurangi peran manusia sehingga dapat meminimalisir kesalahan input data dan meningkatkan kualitas data yang dihasilkan. Dalam praktik kedokteran gigi, seringkali dibutuhkan penggunaan kamera yang mencakup rongga mulut pasien (intraoral). Akan tetapi, kamera intraoral yang ada saat ini umumnya menggunakan kabel yang dapat dihubungkan ke komputer. Adapula yang menggunakan kartu memori sebagai penyimpan sementara sebelum dipindahkan ke komputer tempat menyimpan rekam medis elektronik (RME). Penggunaan kabel atau kartu memori tersebut memunculkan keterbatasan, seperti permasalahan instalasi atau efisiensi waktu perekaman. Untuk itu dalam penelitian ini sebuah perangkat medis dibuat dengan memanfaatkan Raspberry Pi dan koneksi internet nirkabel sehingga gambar yang direkam melalui kamera intraoral tersebut dapat langsung dikirim ke *server* penyimpanan data medis tanpa harus terhubung secara fisik dan berkas yang tersimpan dapat langsung dikelola oleh aplikasi *server*. Aplikasi pada Raspberry Pi mengolah citra dan menyeleksi foto intraoral gigi dengan metode *histogram correlation* untuk dikirim ke *server* menggunakan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem telah berhasil mengambil, memilah dan mengirim gambar dari kamera intraoral ke *server* dengan waktu respon antara 1,5 sampai 1,9 detik.

Kata Kunci—Foto Intraoral Gigi, *Internet of Things*, Rekam Medis Elektronik, Raspberry Pi.

I. PENDAHULUAN

Dalam dunia kedokteran gigi, penggunaan fotografi digital (*digital dental photography*) memiliki beberapa tujuan dan kegunaan, yaitu sebagai dokumentasi legal dari gigi pasien, sebagai media komunikasi antara dokter gigi dan pasien untuk menjelaskan kondisi gigi pasien dan memberikan edukasi, sebagai portofolio dokter gigi untuk kebutuhan penelitian di masa yang akan datang [1]. Gambar digital dapat disimpan dalam Rekam Medis Elektronik (RME) untuk keperluan telediagnosis dan telekonsultasi. Dalam bidang kedokteran gigi disebut *teledentistry* [2].

Kamera yang digunakan dalam praktik kedokteran gigi adalah kamera intraoral yang mencakup rongga mulut pasien. Kamera ini menghasilkan keluaran video yang bisa langsung ditunjukkan ke pasien atau berkas foto intraoral gigi digital yang bisa disimpan untuk kebutuhan diagnosis yang akan datang. Akan tetapi, kamera perekam gigi yang ada saat ini umumnya menggunakan kabel yang dapat dihubungkan ke komputer. Sementara perangkat lain ada yang menggunakan kartu memori sebagai penyimpan sementara sebelum dipindahkan ke komputer tempat menyimpan Rekam Medis Elektronik (RME). Penggunaan kabel atau kartu memori tersebut tentunya memunculkan keterbatasan dalam melakukan perekaman foto intraoral gigi, seperti permasalahan instalasi atau efisiensi waktu perekaman. Untuk itu diperlukan sebuah sistem perekaman foto intraoral gigi yang otomatis.

Beberapa peneliti telah mengembangkan aplikasi perekaman foto gigi diantaranya menggunakan *smart phone*, Android dan berbasis *cloud*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem perekaman foto intraoral gigi secara otomatis menggunakan teknologi *Internet of Things*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang terkait dengan bidang *teledentistry*. *Teledentistry* adalah penggunaan teknologi informasi kesehatan dan telekomunikasi untuk perawatan gigi, konsultasi, pendidikan, dan kesadaran masyarakat dalam meningkatkan kesehatan gigi [3]. Penggunaan teknologi informasi kesehatan seperti Rekam Medik Elektronik (RME) pada pelayanan kesehatan gigi telah banyak diimplementasikan di klinik gigi atau rumah sakit. Namun demikian kebanyakan teknologi tersebut dipakai hanya difokuskan untuk penjadwalan pasien, status pasien dan billing. Implementasi RME masih terbatas untuk penggunaan dokumentasi klinis dan rencana perawatan. Untuk itu Wagner et al. telah mengembangkan *Electronic Oral Health Record (EOHR)* untuk dokumentasi klinis, merencanakan perawatan dan keperluan edukasi [4].

Beberapa penelitian lain yang terkait pada penelitian ini diantaranya adalah yang telah dilakukan oleh Estai et al. [5]. Mereka telah mengembangkan sistem *teledentistry* menggunakan kamera *smart phone* dengan teknologi *store-and-forward*. Mereka pun telah mengembangkan sistem *teledentistry* berbasis *cloud* dan Android yang bernama Remote-I untuk pemeriksaan gigi jarak jauh [6]. Sistem ini mampu mengakuisisi gambar, memasukkan, menyimpan dan mengambil data. Aplikasi akuisisi gambar dibangun dan diterapkan pada *smart phone* Motorola MotoG (AS) untuk memfasilitasi memasukkan data rinci pasien dan menangkap foto gigi, lalu mengunggah data gambar yang telah terenkripsi ke Remote-I menggunakan *hotspot* Wi-Fi atau jaringan seluler. Selanjutnya, data tersebut akan dianalisis oleh dokter/dokter spesialis untuk keperluan telekonsultasi dan telediagnosis. Estai et al. telah melakukan validasi dan uji kehandalan dari hasil implementasi *teledentistry* [7]. Foto-foto intraoral diperoleh dengan menggunakan kamera DSLR dan kemudian diunggah ke *server* berbasis *cloud* menggunakan teknologi *store-and-forward*. Mereka pun melakukan penelitian tentang penerimaan pengguna pada aplikasi sistem *teledentistry* berbasis *cloud* dan Android [8]. Burris pun melakukan studi mengenai pentingnya integrasi antara pemeriksaan kesehatan gigi dalam pertukaran informasi kesehatan (*Health Information Exchange*) [9].

Penelitian terkait tentang aplikasi *Internet of Things* (IoT) dalam bidang kesehatan telah banyak dikembangkan. Gunardi et.al. pun menyebutkan bahwa di masa mendatang IoT kesehatan akan terus berkembang [10]. Islam et al. melakukan studi lengkap terhadap penelitian terkini dan beberapa permasalahan yang harus diatasi untuk mengembangkan solusi IoT untuk kesehatan [11]. Mereka mengklasifikasikan studi jaringan kesehatan berbasis IoT dalam tiga bagian utama yaitu topologi, arsitektur dan platform. Mereka pun memberikan hasil survei terhadap layanan dan aplikasi pelayanan kesehatan berbasis IoT dan memberikan wawasan yang luas mengenai masalah keamanan dan masalah privasi seputar solusi. Diantara aplikasi yang bermanfaat yang dikembangkan adalah untuk

remote monitoring, program fitness, penyakit kronik dan *elderly care* [11]. Adapula yang dikembangkan untuk aplikasi ibu dan anak [12]. Alansari et al. pun menyatakan bahwa prioritas utama pengembangan riset untuk IoT di bidang kesehatan menurut penggunaan antara lain dalam bidang radiasi ultraviolet, kesehatan gigi dan deteksi jatuh [13].

Salah satu manfaat dari IoT dari implementasi *Internet of Things* (IoT) dalam dunia kesehatan adalah otomatisasi pengumpulan data. Risiko kesalahan pemasukan data secara manual yang disebabkan oleh manusia dapat dihindari karena pemasukan data dilakukan secara otomatis dan dapat diperoleh jika diperlukan oleh dokter

Dalam pengumpulan data pasien diperlukan otomatisasi untuk mengurangi peran manusia sehingga dapat meminimalisir kesalahan input data dan meningkatkan kualitas data yang dihasilkan. Begitu pula dalam pengambilan foto intraoral gigi pada rekam medis elektronik di klinik gigi. Dalam penelitian ini dikembangkan sebuah prototipe sistem berbasis *Internet of Things* yang dapat mengambil dan menyeleksi foto dari kamera intraoral gigi dan mengirimkannya ke aplikasi rekam medis gigi pada *server*.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian diawali dari studi literatur dari berbagai sumber sebagai acuan perancangan awal. Selain itu dilakukan observasi di salah satu klinik gigi untuk melakukan analisis kebutuhan untuk perancangan sistem. Dari hasil observasi tersebut didapatkan bahwa kamera intraoral yang digunakan adalah kamera intraoral merk Tricam CX 560 Monitex seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kamera Intraoral Tricam CX 560 Monitex

Perangkat tersebut memiliki sebuah kamera intraoral yang terintegrasi dengan sebuah monitor yang dapat menampilkan secara langsung dan terus-menerus (*live streaming*) gambar yang ditangkap oleh kamera intraoral. Perangkat ini juga memiliki sebuah port luaran video bertipe RCA sehingga gambar yang ditangkap terus-menerus tersebut dapat diteruskan ke media atau perangkat yang lain di mana oleh perangkat lain

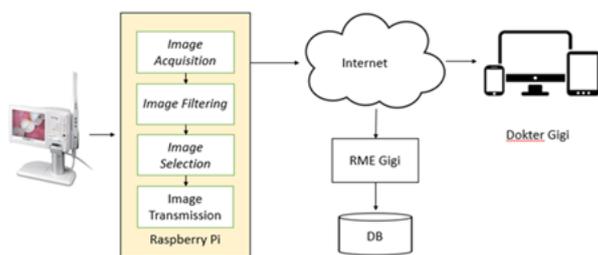
tersebut gambar dapat ditampilkan kembali, disimpan atau diolah untuk keperluan lain.

Dari hasil observasi tersebut diperoleh juga proses cara kerja dokter gigi dalam menangani pasien menggunakan kamera intraoral. Kamera intraoral ini digunakan untuk melihat kondisi gigi secara lebih detil untuk dapat melakukan diagnosa. Kamera ini digunakan juga untuk melihat hasil terapi yang sudah dilakukan. Kamera tersebut digunakan dengan cara menampilkan gambar yang ditangkap oleh kamera di monitor yang tersedia untuk dilihat sendiri oleh dokter atau pasien. Untuk mempermudah pengamatan terhadap gambar yang ditangkap dan ditampilkan pada monitor, kamera ini dilengkapi dengan tombol *Freeze* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2, untuk menghentikan proses *streaming* pada posisi pengambilan gambar yang diinginkan.



Gambar 2. Tombol *Freeze* pada Kamera Intraoral Monitex

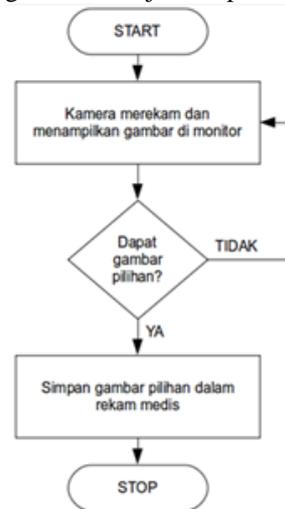
Dalam kondisi tersebut monitor akan menampilkan gambar statis sesuai posisi pengambilan gambar terhadap objek pengamatan yang diinginkan. Kondisi ini sekaligus menandai bahwa gambar yang sedang ditampilkan tersebut merupakan kandidat gambar yang akan disimpan dalam rekam medis. Gambar tersebutlah yang harus ditangkap oleh aplikasi untuk kemudian dikirimkan ke *server*. Sehingga dokter dapat memilih dan menyimpan gambar tersebut dalam aplikasi rekam medis.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem

Tahapan selanjutnya adalah menentukan spesifikasi perancangan dari analisis kebutuhan. Dalam hal ini disesuaikan dengan kebutuhan dokter gigi di klinik dalam melakukan perekaman foto intraoral pasien. Kemudian dilakukan tahap perancangan yang meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem yang dirancang adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Bagian yang dikembangkan adalah bagian IoT *gateway* menggunakan Raspberry Pi. Raspberry Pi digunakan untuk melakukan pengolahan citra dan penyeleksian foto intraoral gigi yang akan dikirim ke *server*

untuk diintegrasikan dengan rekam medis elektronik gigi. Proses akuisisi data gambar ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Proses Akuisisi Data

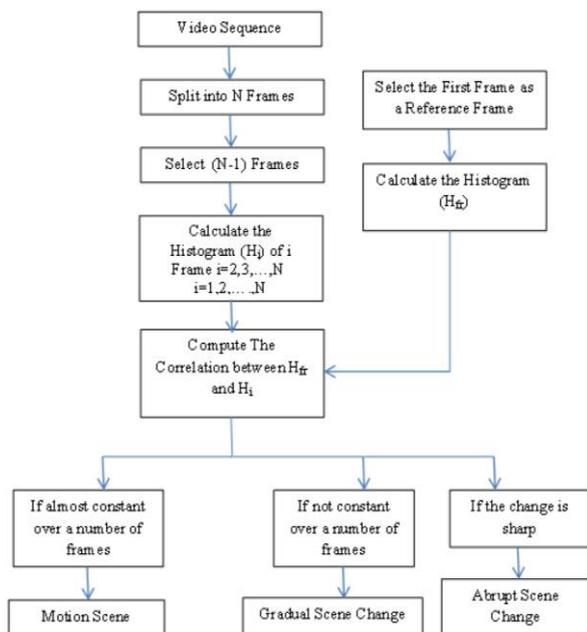
Proses pengolahan dan penyeleksian gambar yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode *histogram correlation*. Histogram adalah sebuah grafik yang menampilkan jumlah piksel dalam sebuah citra untuk setiap nilai intensitas yang berbeda yang dapat ditemukan dalam citra tersebut [15]. Histogram warna dari sebuah citra dikonstruksikan dengan cara kuantifikasi warna-warna yang ada dalam citra dan menghitung jumlah piksel untuk masing-masing warna. Histogram warna hanya mendeskripsikan distribusi warna secara umum dari sebuah citra namun tidak dapat merefleksikan informasi spasial dari sebuah citra. Histogram warna banyak digunakan dalam proses *image retrieval*. Metode ini sangat populer karena perhitungannya sangat mudah. Perubahan kecil pada sudut pengambilan gambar tidak mengakibatkan perubahan pada histogram [16].

Dalam sebuah citra *grayscale* 8-bit terdapat 256 tingkat intensitas. Histogram dari sebuah citra *grayscale* dapat menampilkan 256 level yang menunjukkan distribusi piksel untuk nilai-nilai *grayscale* tersebut [15].

Metode *histogram correlation* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk membandingkan dan menentukan kemiripan dua grafik histogram. *Correlation* adalah sebuah angka yang mengindikasikan tingkat relasi di antara kedua variabel [17]. Sebuah penelitian terkait menunjukkan bahwa metode *histogram correlation* dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan *scene* dalam sebuah video [17]. Kumpulan *frame* dalam sebuah video terdiri atas potongan video, transisi gradual, dan pergerakan. Untuk sebuah potongan, disimilaritas dari dua buah *frame* yang bersebelahan sangat kuat dan korelasinya lemah. Untuk transisi gradual, dua buah *frame* yang bersebelahan berbeda dalam hal nilai piksel, namun

memiliki kemiripan pada tepian dan tekstur, sehingga korelasinya dalam domain spasial sangat kuat. Perubahan dalam histogram intensitas dari sebuah *scene* yang bergerak dengan latar belakang yang sama hampir konstan namun untuk transisi gradual dan potongan perubahannya bertahap atau bahkan tajam. Gambar 5 menunjukkan deskripsi algoritma yang digunakan untuk melakukan pendeteksian tersebut [17].

Histogram sebagai representasi grafik menampilkan jumlah piksel dari tiap level keabuan dalam sebuah gambar. Perbedaan antara pergerakan objek dan transisi *scene* dapat diperoleh dengan mengambil *frame* acuan di mana dalam penelitian terkait tersebut diusulkan diambil dari *frame* pertama.



Gambar 5. Algoritma Pendeteksian Perubahan *Scene* dalam Video [17]

Korelasi antara histogram *frame* yang menjadi acuan dengan *frame* berikutnya dihitung menggunakan rumus seperti dalam persamaan (1) [17].

$$corr(H_{fr}, H_i) = \frac{\sum_{j=1}^n (H_{fr}(j) - h_{fr})(H_i(j) - h_i)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (H_{fr}(j) - h_{fr})^2 \sum_{j=1}^n (H_i(j) - h_i)^2}} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan (1) tersebut maka dua buah gambar bisa dibandingkan dan diukur tingkat kemiripannya. Dengan demikian untuk kebutuhan pendeteksian pengambilan gambar dari sebuah video yang dihentikan (*frozen*) dapat digunakan metode *histogram correlation* ini.

Setelah diperoleh gambar yang akan dikirimkan ke *server*, maka gambar tersebut akan dikirim menggunakan *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP) dan diterima oleh aplikasi *web service* yang ada di *server*. Protokol HTTP yang berbasis TCP dipilih karena pertimbangan kemudahan implementasi dan keandalannya untuk pengiriman gambar foto melalui internet.

HTTP adalah protokol standar yang digunakan oleh *browser* untuk mengambil atau mengirimkan data dari atau ke dalam *server*. Protokol ini memiliki mekanisme *Request* dan *Response*, yang artinya untuk setiap permintaan dari aplikasi klien akan diberikan respon atau balasan dari aplikasi *server* berupa data status pengiriman atau data yang hendak ditampilkan kepada pengguna. Adanya mekanisme *request* dan *response* ini memastikan data yang dikirim ke *server* dalam setiap sesi pengiriman dapat dipastikan status keberhasilannya.

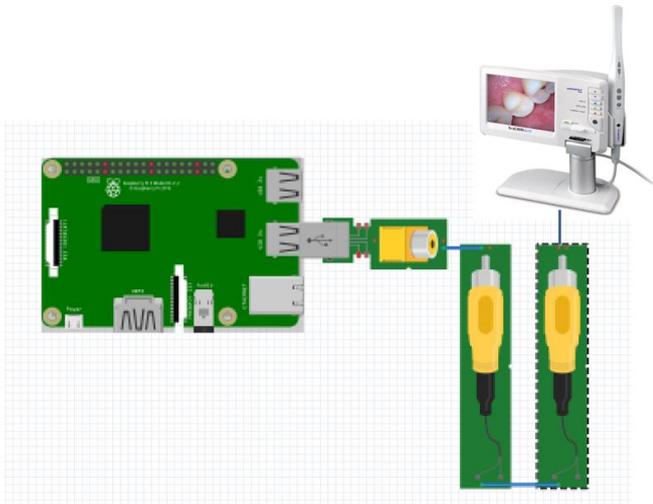
Selain itu pula, karena protokol HTTP adalah protokol standar yang telah lama digunakan oleh *browser*, maka telah banyak bahasa pemrograman yang mendukung implementasi protokol ini. Contohnya *library* *cURL* di PHP, *class* *URLConnection* di Java, atau *class* *HttpClient* di .NET. Klien HTTP adalah aplikasi yang membuat koneksi ke *server* untuk mengirimkan satu atau lebih *request* HTTP. Sementara itu *server* HTTP adalah aplikasi yang menerima koneksi untuk melayani *request* HTTP dengan mengirim balik *response* HTTP. Klien mengirimkan *request* HTTP ke *server* berupa sebuah pesan yang berisi metode, lokasi *resource* yang diminta, versi protokol, sekumpulan metadata dan badan pesan jika ada. *Server* membalas dengan mengirim satu atau lebih pesan *response* yang berisi baris-baris status, versi protokol, kode kesalahan, metadata, dan lain-lain termasuk di dalamnya badan pesan berisi data yang diminta oleh klien. *User Agent* (UA) atau aplikasi klien yang mengirim *request* dapat berupa *browser*, aplikasi *mobile*, aplikasi *command-line*, atau aplikasi lainnya. Begitu juga dengan aplikasi *server* dapat berupa perangkat *home automation*, komponen jaringan, mesin-mesin, kamera lalu-lintas, dan lain-lain. Istilah *user agent* tidak selalu berarti ada manusia yang mengoperasikan aplikasi tersebut, tapi dapat juga berupa aplikasi otomatis yang berjalan sendiri, contohnya *web crawler* [18].

B. Perancangan Perangkat Keras

Spesifikasi perangkat keras pada sistem ini adalah sebagai berikut :

- Kamera Intraoral Tricam CX 560 Monitex
Kamera ini terdiri dari kamera intraoral dan sebuah *base-unit* yang memiliki layar LCD dan *port* luaran video bertipe RCA.
- Raspberry Pi
 - Tipe: 3B+
 - Sistem Operasi: Raspbian OS
 - Antarmuka komunikasi USB Serial, Wi-Fi
 - Antarmuka video menggunakan adapter USB dengan masukan bertipe RCA.

Raspberry Pi yang bertindak sebagai IoT *gateway* terhubung dengan perangkat kamera melalui konektor RCA yang dikonversikan ke *port* USB seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Diagram Rangkaian Modul Perangkat Keras

C. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dirancang terdiri dari modul perangkat lunak pada IoT *gateway* dan modul perangkat lunak pada *server*. Perangkat lunak pada Raspberry Pi yang direalisasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python, menerima gambar yang dikirimkan secara terus menerus oleh perangkat kamera melalui *port* tersebut. Tidak semua gambar yang diterima dari kamera harus dikirim ke *server*. Perangkat lunak harus menentukan gambar yang mana yang merupakan pilihan dokter gigi baru kemudian mengirimkannya ke *server*.

Perangkat lunak lain yang dibuat adalah aplikasi *web service* di *server* yang berfungsi untuk menerima gambar yang dikirimkan oleh IoT *gateway*. Gambar yang diterima kemudian disimpan di *server* agar kemudian dapat dilihat kembali oleh dokter gigi untuk dipilih gambar mana yang akan disimpan ke dalam aplikasi rekam medis.

Perangkat lunak rekam medis itu sendiri merupakan sistem informasi yang menyimpan data pasien dan rekam medis pasien yang dilengkapi dengan gambar gigi pasien yang ditangani oleh dokter tersebut. Perangkat lunak rekam medis ini merupakan aplikasi berbasis *web* sehingga dokter gigi dapat mengakses informasi yang dibutuhkan setiap saat tanpa harus datang ke klinik gigi. Dalam penelitian ini perangkat lunak rekam medis yang dirancang adalah hanya untuk kebutuhan menampilkan gambar gigi yang telah berhasil dikirimkan ke *server* saja.

Perangkat lunak pada IoT *gateway* menjalankan iterasi yang terus berjalan sampai aplikasi dihentikan. Diagram alir

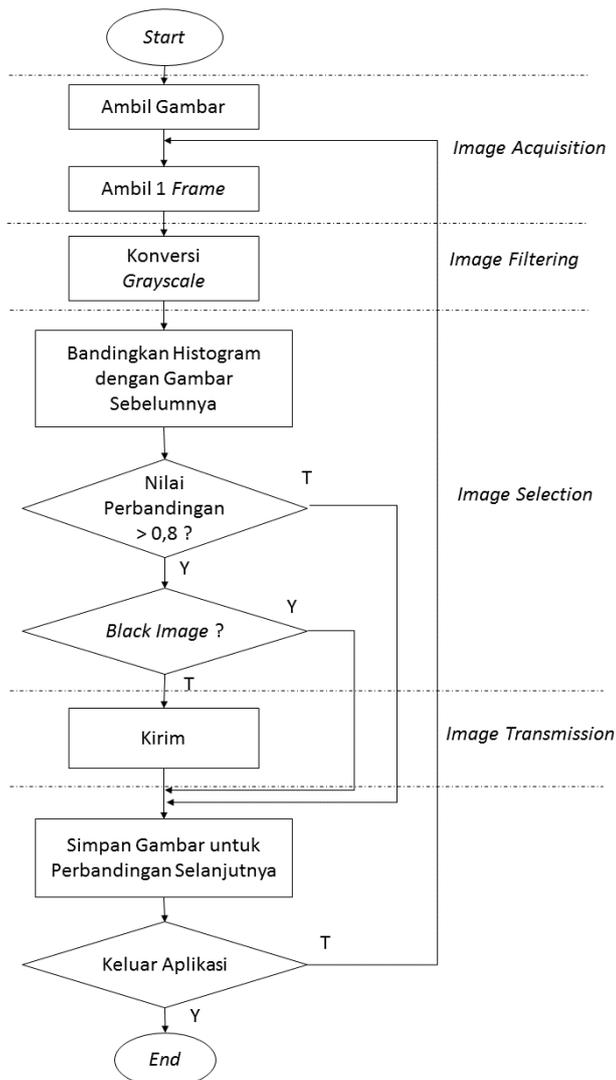
perangkat lunak pengolahan gambar pada Raspberry Pi diperlihatkan pada Gambar 7.

Dalam setiap iterasi aplikasi mengambil gambar yang tertangkap oleh kamera (*image acquisition*) dan dikirimkan ke Raspberry Pi melalui *port* USB untuk dibandingkan dengan gambar yang ditangkap dalam iterasi sebelumnya. Jeda waktu antar iterasi pengambilan gambar merupakan variabel yang dapat dikonfigurasi. Perbandingan gambar ini adalah untuk menentukan bahwa gambar yang masuk sama dengan sebelumnya yang berarti gambar tidak berubah (*frozen*) di mana kondisi ini menandakan bahwa gambar tersebut merupakan gambar pilihan yang harus dikirimkan ke *server* (*image filtering* dan *image selection*). Kedua gambar dibandingkan dengan cara membandingkan data histogram kedua gambar yang telah dikonversi menjadi *grayscale*. Kesamaan gambar ditentukan menggunakan metode perbandingan histogram *correlation* yang menghasilkan nilai desimal dalam rentang -1 sampai 1. Semakin besar nilai yang didapat berarti semakin tinggi tingkat kemiripannya. Dalam penelitian ini didapat nilai yang menjadi acuan kemiripan gambar adalah apabila nilai perbandingannya di atas 0.99. Dengan demikian apabila diperoleh nilai hasil perbandingan yang memenuhi kriteria tersebut maka gambar tersebut dinyatakan sama dengan gambar sebelumnya atau dengan kata lain kamera sedang dalam kondisi *frozen*.

Setelah ditemukan dua gambar yang sama yang mengindikasikan kondisi *frozen* maka belum bisa langsung diputuskan bahwa kondisi tersebut merupakan gambar pilihan dokter gigi yang ditandai dengan penggunaan fungsi *Freeze*. Karena ada kondisi di mana kamera berada dalam kondisi mati sehingga gambar yang tertangkap oleh aplikasi hanya berupa gambar hitam. Untuk itu dibuat penyeleksi kondisi berikutnya yaitu apabila gambar yang diterima merupakan gambar hitam maka gambar tersebut bukan merupakan gambar gigi yang harus disimpan.

Setelah didapat gambar yang siap dikirim, *file* gambar tersebut kemudian dikirim ke *server* dan diterima oleh *web service* menggunakan protokol HTTP (*image transmission*). Gambar dikirim dengan melakukan pencatatan waktu saat gambar mulai dikirim sampai gambar selesai dikirim yang ditandai dengan mendapatkan respon positif dari *server*. Dengan demikian dapat dihitung waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah gambar ke *server* sampai gambar tersebut berhasil tersimpan.

Web service yang menggunakan protokol HTTP tersebut merupakan aplikasi yang bertugas untuk menerima gambar dan menyimpannya ke dalam direktori yang ditentukan.



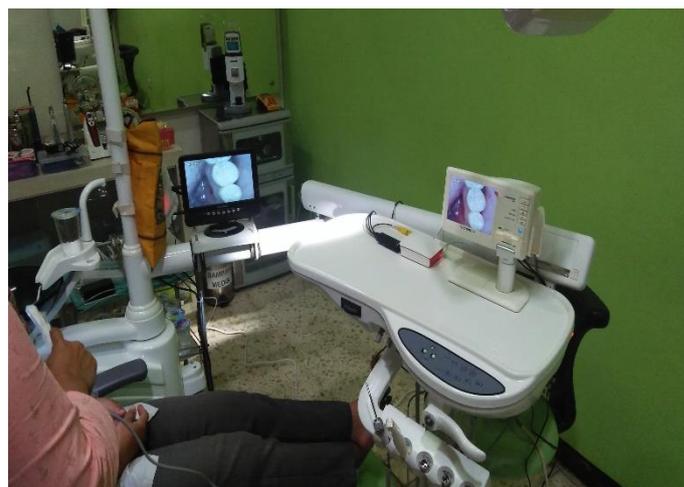
Gambar 7. Diagram Alir Perangkat Lunak pada Raspberry Pi
Gambar foto intraoral gigi diterima dan disimpan ke dalam direktori. Kemudian dilakukan pencatatan waktu mulai dari aplikasi menerima *request* pengiriman gambar sampai proses penyimpanan gambar selesai dilakukan dan aplikasi *web service* memberikan respon positif ke perangkat IoT. Dengan demikian dapat dihitung waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memproses penerimaan gambar sampai sukses dilakukan penyimpanan.

IV. HASIL DAN ANALISIS

Setelah sistem berhasil direalisasikan maka dilakukan pengujian untuk membuktikan bahwa *file* gambar pilihan dapat dikirimkan ke *server*. Pengujian dilakukan dengan cara uji fungsionalitas alat, yaitu perekaman, pemilahan dan pengiriman

gambar ke *server*. Pengujian dilakukan dengan melakukan uji positif dan uji negatif.

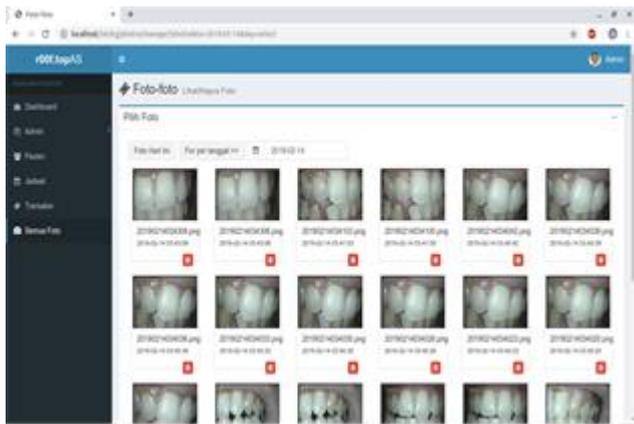
Untuk melakukan pengujian, dilakukan instalasi perangkat mulai dari pemasangan kamera intraoral Tricam Monitex pada unit kursi periksa pasien dan kemudian dihubungkan dengan Raspberry Pi menggunakan kabel video tipe RCA (Gambar 8). Sementara itu perangkat lunak *web service* dipasang di *server* publik yang dapat diakses melalui jaringan internet menggunakan WiFi. Untuk itu sebelum perangkat Raspberry Pi diaktifkan, lebih dulu dipastikan access point WiFi yang akan digunakan telah aktif dan memiliki sambungan internet yang aktif.



Gambar 8. Pengujian Sistem di Klinik Gigi

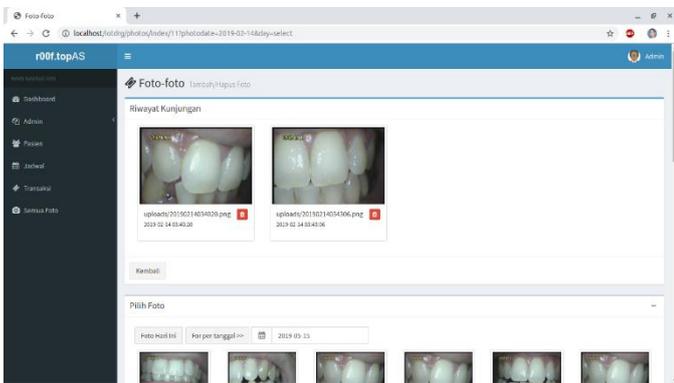
Setelah perangkat kamera Tricam diaktifkan kemudian perangkat Raspberry Pi juga diaktifkan. Begitu perangkat tersebut aktif, Raspbian OS akan langsung mengkoneksikan perangkat ke jaringan WiFi yang tersedia sesuai konfigurasi. Kemudian aplikasi perekam, pemilahan dan pengirim gambar berbasis Python akan langsung aktif dan berusaha mendeteksi keberadaan kamera gigi pada *port* USB.

Setelah semua aplikasi berjalan maka proses perekaman dapat dimulai. Proses perekaman dimulai dengan mengarahkan kamera ke gigi pasien, kemudian ketika dokter gigi menemukan gigi yang ingin direkam, tombol *Freeze* pada kamera ditekan dan gambar pilihan tersebut tampil pada monitor pada perangkat kamera. Ketika gambar diam tampil pada monitor maka aplikasi IoT *gateway* akan mendeteksi gambar tersebut sebagai gambar pilihan dan mengirimkannya ke *web service*. Gambar yang telah berhasil dikirimkan ke *server* kemudian dapat dilihat melalui aplikasi berbasis web. Gambar 9 menunjukkan tampilan perangkat lunak berbasis web untuk melihat semua gambar yang telah berhasil dikirim ke *server*.



Gambar 9. Tampilan 1 Aplikasi Web

Gambar 10 menunjukkan tampilan perangkat lunak saat menampilkan gambar secara utuh.



Gambar 10. Tampilan 2 Aplikasi Web

Sementara itu, Gambar 11 menunjukkan tampilan perangkat lunak berupa halaman pemilihan gambar untuk dimasukkan ke dalam rekam medis seorang pasien.



Gambar 11. Tampilan 3 Aplikasi Web

Proses uji fungsionalitas alat dilakukan juga dengan kondisi koneksi internet tidak tersedia dan kamera tidak aktif sebagai pengujian negatif. Tabel 1 menampilkan hasil pengujian positif

negatif untuk menguji fungsionalitas aplikasi berupa jumlah gambar yang berhasil dikirim dalam berbagai kondisi tersebut.

Tabel 1. Hasil Pengujian Fungsional

Kondisi Perangkat Kamera	Koneksi Internet	
	Aktif	Tidak Aktif
Aktif	Gambar Terkirim	Gambar Tidak Terkirim
Tidak Aktif	Gambar Tidak Terkirim	Gambar Tidak Terkirim

Selain pengujian fungsionalitas alat dilakukan juga uji pengiriman gambar dengan mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah gambar mulai dari gambar dikirim sampai gambar selesai disimpan di server yang ditandai dengan pemberian respon positif dari web service.

Untuk melakukan pengujian tersebut aplikasi pada Raspberry Pi dibuat mengirimkan terus menerus gambar yang sama dari hasil perekaman gigi oleh dokter gigi. Aplikasi pada Raspberry Pi akan mencatat waktu ketika gambar mulai dikirim dan ketika gambar telah berhasil diterima. Pencatatan waktu ketika gambar telah berhasil diterima diambil dari waktu diterimanya respon positif atau respon HTTP berkode 200 dengan pesan yang berisi kode OK. Kode OK tersebut dihasilkan oleh aplikasi web service ketika aplikasi sudah berhasil menerima dan menyimpan gambar dalam server.

Tabel 2 menampilkan hasil pengujian pengiriman gambar yang dimaksud. Pengujian ini dilakukan dengan mengirimkan gambar terus menerus selama 10 menit dengan jeda waktu pengiriman gambar yang berbeda-beda. Dalam pengujian ini jeda waktu yang digunakan adalah 2 detik, 5 detik, dan 10 detik. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh waktu rata-rata yang tidak jauh berbeda antara ketiga jeda waktu tersebut.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengiriman Gambar

Jeda Waktu (detik)	Ukuran File Rata-rata (Bytes)	Waktu Respon (detik)		
		Rata-rata	Standar Deviasi	Maks
2	504039,4077	1.581	0.585	3.992
5	479737,5769	1.593	0.351	2.709
10	508852,9231	1.901	0.499	2.771

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Prototipe perangkat perekaman foto intraoral gigi untuk rekam medis elektronik menggunakan Internet of Things telah berhasil direalisasikan. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa semua modul pada perangkat telah berfungsi dengan baik dalam mengambil, memilah dan mengirim gambar dari kamera intraoral ke server dengan waktu respon antara 1,5 sampai 1,9 detik.

Untuk pengembangan lebih lanjut perangkat ini dapat ditambahkan proses *image enhancement* agar gambar yang dikirim lebih jelas sehingga mempermudah diagnosa maupun pengamatan lainnya oleh dokter gigi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung penelitian ini khususnya pada drg. Rose Windarti Rasjid, SpKG. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada tim editorial Jurnal Teknik Elektro yang telah menerbitkan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Desai V, Bumb D. Digital dental photography: a contemporary revolution. *International journal of clinical pediatric dentistry*. 2013 Sep;6(3):193.
- [2] Mariño R, Hopcraft M, Tonmukayakul U, Manton D, Marwaha P, Stanieri A, Collmann R, Clarke K. Teleconsultation/telediagnosis using teledentistry technology: a pilot feasibility study. *Int J Adv Life Sci*. 2014 Jan 1;6:291-9.
- [3] Daniel SJ, Kumar S. Teledentistry: a key component in access to care. *Journal of Evidence Based Dental Practice*. 2014 Jun 1;14:201-8.
- [4] Wagner IV, Lex MacNeil MA, Esteves A, MacEntee MI. An electronic oral health record to document, plan and educate. *European Journal of Dental Education*. 2015 Nov;19(4):209-16.
- [5] Estai M, Kanagasingam Y, Xiao D, Vignarajan J, Huang B, Kruger E, Tennant M. A proof-of-concept evaluation of a cloud-based store-and-forward telemedicine app for screening for oral diseases. *Journal of telemedicine and telecare*. 2016 Sep;22(6):319-25.
- [6] Estai M, Kanagasingam Y, Huang B, Shiikha J, Kruger E, Bunt S, Tennant M. Comparison of a smartphone-based photographic method with face-to-face caries assessment: a mobile teledentistry model. *TELEMEDICINE and e-HEALTH*. 2017 May 1;23(5):435-40.
- [7] Estai M, Winters J, Kanagasingam Y, Shiikha J, Checker H, Kruger E, Tennant M. Validity and reliability of remote dental screening by different oral health professionals using a store-and-forward telehealth model. *British dental journal*. 2016 Oct;221(7):411.
- [8] Estai M, Kanagasingam Y, Xiao D, Vignarajan J, Bunt S, Kruger E, Tennant M. End-user acceptance of a cloud-based teledentistry system and Android phone app for remote screening for oral diseases. *Journal of telemedicine and telecare*. 2017 Jan;23(1):44-52.
- [9] Burris C. Connecting oral and physical health via the health information exchange. *North Carolina medical journal*. 2017 Nov 1;78(6):410-2.
- [10] Gunardi, Yudhi, Andi Adriansyah, and Tito Anindhito. "Small smart community: An application of internet of things." *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences* 10.15 (2015): 6341-6347.
- [11] Islam, S. R., Kwak, D., Kabir, M. H., Hossain, M., & Kwak, K. S. (2015). The internet of things for health care: a comprehensive survey. *IEEE Access*, 3, 678-708.
- [12] Kadarina, Trie Maya, and Rinto Priambodo. "Preliminary design of Internet of Things (IoT) application for supporting mother and child health program in Indonesia." *2017 International Conference on Broadband Communication, Wireless Sensors and Powering (BCWSP)*. IEEE, 2017.
- [13] Alansari Z, Soomro S, Belgaum MR, Shamshirband S. The rise of Internet of Things (IoT) in big healthcare data: review and open research issues. *InProgress in Advanced Computing and Intelligent Engineering 2018* (pp. 675-685). Springer, Singapore.
- [14] Niewolny D. How the internet of things is revolutionizing healthcare. White paper. 2013 Oct:1-8.
- [15] Naik, Anjali, Shubhangi Vinayak Tikhe, and S. D. Bhide. "Histogram Equalization for Class-Identification of Dental Disease Using Digital Radiography." *International Conference on Business Administration and Information Processing*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
- [16] Roy, Kalyan, and Joydeep Mukherjee. "Image similarity measure using color histogram, color coherence vector, and sobel method." *International Journal of Science and Research (IJSR)* 2.1 (2013): 538-543.
- [17] Radwan, Nisreen I., Nancy M. Salem, and Mohamed I. El Adawy. "Histogram correlation for video scene change detection." *Advances in Computer Science, Engineering & Applications*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. 765-773.
- [18] Fielding, R., Reschke, J. 2014. RFC 7230: Hypertext Transfer Protocol (HTTP/1.1): Message Syntax and Routing. Internet Engineering Task Force (IETF). Diambil pada tanggal 2 November 2017, dari <https://tools.ietf.org/html/rfc7230>