

APLIKASI WEB VIDEO KONFERENSI DENGAN METODE KOMPRESI VIDEO *DISCRETE COSINE TRANSFORM* (WATCH AND LEARN)

Tommy Wibowo¹⁾ Lely Hiryanto²⁾ Bagus Mulyawan³⁾

^{1), 2), 3)} Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara
Jl. Let. Jend. S. Parman No. 1, Jakarta 11440 Indonesia
¹⁾535110035@fti.untar.ac.id, ²⁾lely@fti.untar.ac.id, ³⁾bagus@fti.untar.ac.id

ABSTRACT

Aplikasi yang dikembangkan adalah web 'watch and learn' yaitu sistem *video conferece* berbasis *web* digunakan untuk seminar atau kuliah online. Memiliki fitur *video conference* untuk mempermudah komunikasi, *slide show* presentasi untuk penyampaian materi, *real-time chatting* memudahkan *viewer* mengajukan pertanyaan sesuai topik yang disampaikan, dan *upload/download file*. Metode DCT (*Discrete Cosine Transform*) digunakan untuk kompresi *video* yang *distreaming-kan*. Metode DCT digunakan karena dapat mengurangi ukuran data asli menjadi lebih kecil sehingga dapat mengurangi beban *bandwidth internet* yang terpakai. Pengujian telah dilakukan pada setiap modul yang ada pada aplikasi menggunakan *Blackbox* dan *Server-Client Testing*. Pengujian *bandwith* video konferensi sudah dilakukan dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan DCT dapat mengurangi penggunaan *bandwith* saat melakukan konferensi. Aplikasi sudah dapat berjalan dengan baik sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Key words

Discrete Cosine Transform, Video Web Conference, dan Web Watch and Learn.

1. Pendahuluan

E-Learning adalah sebuah proses pembelajaran yang berbasis elektronik. Penyajian *e-learning* berbasis web memungkinkan informasi perkuliahan dapat disajikan secara *real-time*. Begitu pula dengan komunikasi, diskusi perkuliahan dapat dilakukan secara online sehingga pembelajaran yang tidak terbatas dengan tempat dan waktu benar-benar dapat dilakukan.

Salah satu fitur yang dapat mempermudah sistem *e-learning* adalah *video Conference*. *Video conference* adalah sebuah teknologi yang dapat membatu kelancaran komunikasi melalui internet. *Video conference* adalah penggunaan teknologi *video* dan suara pada komputer yang memungkinkan orang pada lokasi yang berjauhan untuk saling melihat, mendengar, dan berbicara satu

sama lain. *Video conferece* ini sangat efisien untuk seminar, rapat, dan proses penyampaian materi lainnya secara jarak jauh. Teknologi ini dapat memungkinkan orang yang tidak dapat berpergian dapat saling berkomunikasi secara tatap muka.

Sistem Video konferensi tidak lepas dari kemajuan teknologi kompresi audio dan video. Dengan banyaknya teknik kompresi yang ada saat ini memungkinkan audio dan video dapat dikirim secara bersamaan dalam jaringan dengan *bandwidth* yang seefisien mungkin dan dengan kualitas yang dapat diterima. Tujuan dibuatnya aplikasi 'Watch and learn adalah untuk menghasilkan tampilan video yang *smooth* walaupun internet yang lambat dan menghasilkan video konferensi yang memakan *bandwith* internet seminimal mungkin.

2. Dasar Teori

2.1 Web Konferensi

Web conferencing merupakan bentuk dari kolaborasi berbasis web yang bersifat *realtime*. Aplikasi *e-conference* idealnya dapat menyediakan pertukaran koneksi *real time*, pembuatan dan tampilan informasi oleh dua pengguna atau lebih selama pertemuan *online* terjadwal maupun spontan berjalan.[1]

2.2 Live Streaming

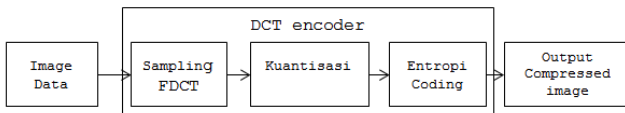
live conference dapat disebut pula sebagai *live streaming* dikarenakan *conference* dapat berjalan secara berkelanjutan atau terus menerus pada jaringan komputer berkat *stream*. *Stream* merupakan arus data yang mengalir di sepanjang *bandwidth* jaringan komputer yang terhubung. Dengan memperhatikan kualitas servis yang berbeda-beda dari setiap jaringan komputer yang ada, diperlukan penyesuaian *stream* terhadap setiap perbedaan kualitas servis agar streaming tidak mengalami *drop* dan/atau tingkat kegagalan *streaming* seperti *delay* dan *loss* dapat dikurangi.[2]

Metode yang ideal dalam melakukan penyesuaian *stream* untuk jenis *live streaming* ialah metode *scaling*. Untuk spesifik metode *scaling* yang dipilih yaitu

temporal scaling. Temporal scaling dapat mereduksi resolusi dari video stream dalam waktu tertentu dengan menurunkan jumlah frame video yang dikirim dalam satuan interval.

2.3 Discrete Cosine Transform

Discrete Cosine Transform (DCT) biasa digunakan untuk mengubah sebuah sinyal menjadi komponen frekuensi dasarnya. DCT pertama kali diperkenalkan oleh Ahmed, Natarajan dan Rao pada tahun 1974 dalam makalahnya yang berjudul "On image processing and a discrete cosine transform" (Watson, 1994). DCT mempunyai dua sifat utama untuk kompresi citra dan video yaitu Mengkonsentrasikan energi citra ke dalam sejumlah kecil koefisien (energi compaction) dan Meminimalkan saling ketergantungan diantara koefisien-koefisien (decorrelation). Sifat dari DCT adalah mengubah informasi citra yang signifikan dikonsentrasikan hanya pada beberapa koefisien DCT. Oleh karena itu DCT sering digunakan untuk kompresi citra seperti pada JPEG. DCT menghitung kuantitas bit-bit data gambar dimana pesan tersebut disembunyikan didalamnya. Walaupun gambar yang dikompresi dengan lossy compression akan menimbulkan kecurigaan karena perubahan gambar terlihat jelas, pada metode ini tidak akan terjadi karena hal ini terjadi di domain frekuensi di dalam image, bukan pada domain spasial, sehingga tidak akan ada perubahan yang terlihat pada gambar. Tahap-tahap kompresi lossy dapat dilihat pada gambar 1.[3]



Gambar 1 Image Compression Step

Image Data merupakan input yang dimasukkan berupa citra awal. Berikutnya proses Sampling merupakan proses mengkonversi data pixel dari RGB menjadi YUV atau YCbCr. Biasanya sampling dilakukan per 8x8 blok yang disebut matriks M. Matriks M didapatkan dari matrik original dikurangi dengan 128 karena algoritma DCT bekerja pada rentang -128 sampai 127. Berikutnya dimulai proses kuantisasi data yang sudah disampling dengan metode DCT (diubah menjadi fungsi matriks cosine) lalu koefisien DCT yang tidak penting dibuang pada proses ini. Proses kuantisasi DCT menggunakan rumusan matriks :

$$T(i, j) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}} & \text{if } i = 0 \\ \frac{2}{\sqrt{N}} \cos \frac{(2j + 1)i \pi}{2N} & \text{if } i \neq 0 \end{cases}$$

Dengan rumusan matriks diatas maka dapat dihitung nilai matriks T mulai dari T(0,0) sampai T(7,7). Setelah matriks T didapatkan lakukan transpose pada matriks T sehingga didapatkan matriks T'. setelah matriks M, T,

dan T' didapatkan, dengan menggunakan persamaan Discrete Cosine Transform, cari matriks D dimana matriks D akan digunakan untuk kuantisasi lanjutan. Matriks D dapat dicari dengan rumus :

$$D = T.M.T'$$

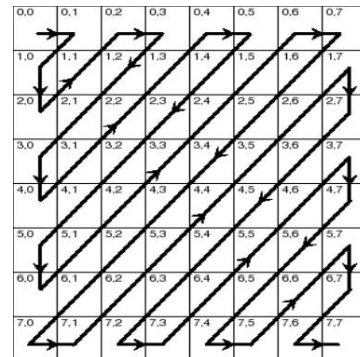
Setelah matriks D didapatkan, akan dilakukan proses kuantisasi dengan Quality level 50 (Q₅₀). Tetapan matriks Q₅₀ sebagai berikut :

$$Q_{50} = \begin{pmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{pmatrix}$$

Persamaan matriks kuantisasi adalah sebagai berikut :

$$C_{ij} = \text{ROUND} \frac{D_{ij}}{Q_{ij}}$$

Setelah matriks C didapatkan, susun bilangan menggunakan fungsi zig zag scanning dimana ini merupakan langkah terakhir kompresi. Dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Metode Zig Zag Scanning

Matriks C yang terkuantisasi sekarang akan dikonversikan oleh encoder ke data biner menggunakan algoritma entropi seperti RLE atau Huffman. Terakhir adalah proses dekompresi dimana ini merupakan proses untuk merekonstruksi data hasil kompresi menjadi data yang dikenali. Persamaan matriks R adalah sebagai berikut :

$$R_{i,j} = Q_{i,j} \times C_{i,j}$$

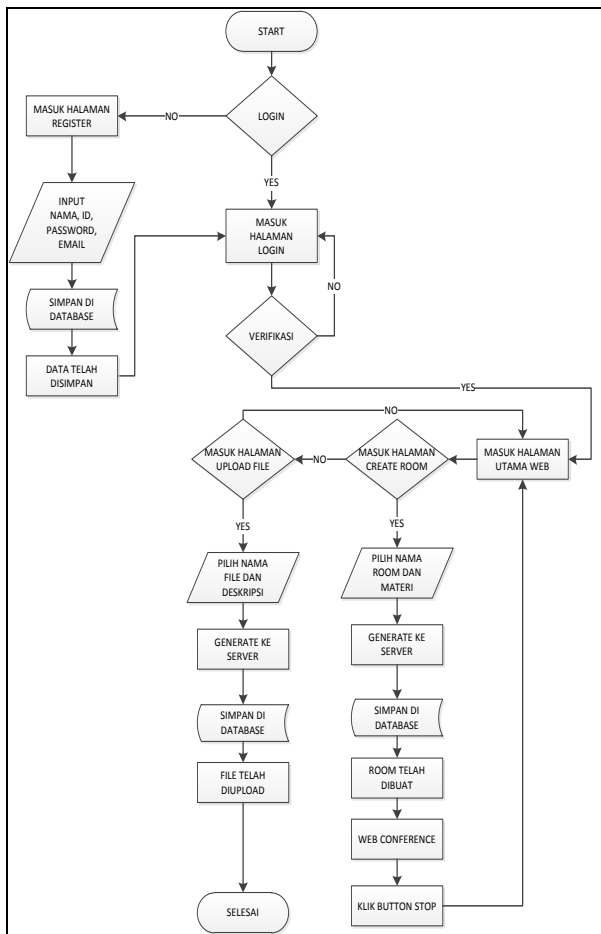
Dan setelah matriks R didapatkan dapat dicari matriks hasil dekompresi yaitu matriks N, persamaannya sebagai berikut :

$$N = \text{ROUND}(T'.R.T) + 128$$

Dan matriks N adalah output berupa citra yang telah terkompresi.

3. Alur Aplikasi

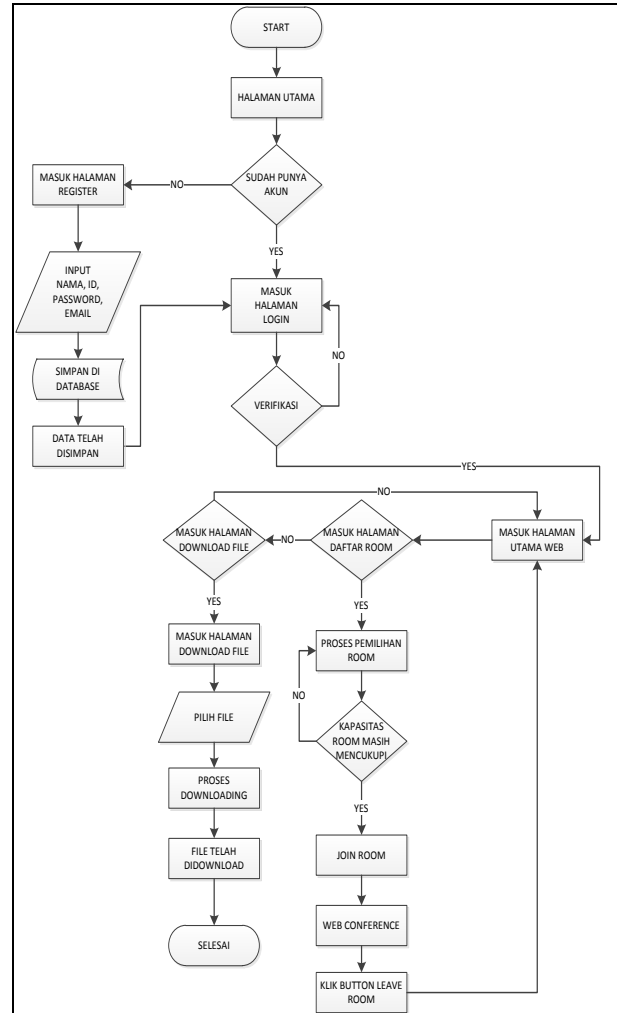
Aplikasi web video konferensi dengan metode kompresi video *discrete cosine transform* memiliki alur kerja yang digambarkan dalam *flowchart* yang terbagi menjadi dua yaitu *flowchart user sebagai speaker* dan *flowchart user sebagai viewer* dapat dilihat pada gambar 3. Untuk mengakses sistem ini *user* harus melakukan registrasi terlebih dahulu untuk membuat akun yang digunakan untuk *login* ke dalam sistem web konferensi "Watch and Learn". Data registrasi yang harus diinput berupa *id*, *password*, Nama, dan *e-mail*. Setelah registrasi *user* dapat *login* ke dalam *web*, *user* dibagi menjadi dua bagian yaitu *speaker* dan *viewer*. Alur dari *speaker* dalam mengakses sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Alur Aplikasi User sebagai Speaker

User yang *login* sebagai *speaker* dapat mengakses halaman *create room* untuk membuat *room* konferensi. *Speaker* diwajibkan untuk menginput nama *room* dan topik yang dipresentasikan. Setelah semua syarat terpenuhi maka *room* akan dibuat dan *web* konferensi dapat dimulai. Proses kompresi juga berjalan saat proses *web* konferensi berlangsung. *Speaker* juga dapat mengakses halaman *upload file* untuk meng-*upload* file-file yang berhubungan dengan topik

presentasi. Berikutnya adalah penjelasan mengenai *user* yang *login* sebagai *viewer*. Alur dari *viewer* dalam mengakses sistem yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Alur Aplikasi User sebagai Viewer

User yang *login* sebagai *viewer* dapat mengakses halaman *room* dimana terdapat *room* konferensi yang telah dibuat, kemudian *viewer* dapat *join* ke dalam *room* yang tersedia untuk mengikuti konferensi. *Viewer* juga dapat mengakses halaman *download file* yang berisi *file-file* yang berhubungan dengan topik presentasi yang sebelumnya telah diupload oleh *user* yang *login* sebagai *speaker*.

4. Hasil Percobaan

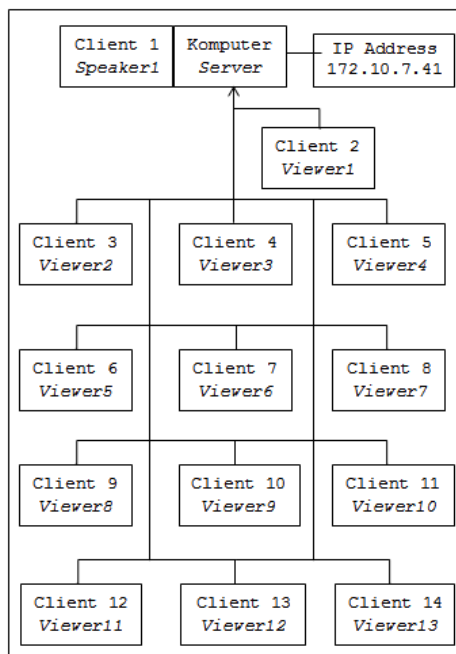
Pengujian program aplikasi web konferensi *watch and learn* dilakukan melalui dua tahap pokok. Tahap pertama yaitu pengujian fungsi-fungsi pada modul utama server secara sepihak atau *offline*. Kemudian dilanjutkan ke tahap kedua yaitu pengujian sistem terdistribusi antara modul utama *speaker* dan modul utama *viewer*.

Dapat disebut pula sebagai pengujian *server-client synchronizing*.

Pengujian terhadap modul bertujuan untuk menguji apakah setiap modul dalam aplikasi berjalan dengan baik. Hasil pengujian terhadap modul menunjukkan bahwa semua modul berjalan dengan baik dan sesuai rancangan. Berikut merupakan modul dalam aplikasi :

1. Modul Main Menu
2. Modul Room
3. Sub Modul *Video Confrence*
4. Sub modul *Slide Show Presentation*
5. Sub Modul *Realtime Chatting*
6. Modul *Upload*
7. Modul *Download*

Setelah pengujian tahap satu selesai, dilakukan pengujian tahap kedua yakni pengujian sinkronisasi *server-client* antara modul utama *speaker* dan modul utama *viewer*. Pengujian ini diterapkan dalam lingkup jaringan komputer. Pengujian melibatkan lima belas komputer. Lima belas komputer tersebut terbagi atas satu komputer server, empat belas komputer *client* sebagai *viewer* dan satu komputer *client* sebagai *speaker* dapat digambarkan seperti Gambar 5.



Gambar 5 Sinkronisasi Server – Client

4.1 Pengujian Login

Pengujian login dilakukan dengan cara melakukan koneksi ke *ip address* komputer server (172.10.7.41/watchandlearn) dari komputer client. Koneksi berhasil dilakukan karena halaman web ‘watch and learn’ berhasil terbuka di komputer *client* dan melakukan pengujian login dari *viewer1* sampai *viewer13*. Hasil pengujian *login* dapat dilihat pada

Gambar 6. Pengujian *login* berhasil karena menghasilkan hasil sesuai dengan rancangan.

Tabel1 Hasil pengujian Login

No.	Komputer	Sebagai	Koneksi ke 172.10.7.41	Login
1	T4-01	Viewer1	berhasil	berhasil
2	T4-02	Viewer2	berhasil	berhasil
3	T4-03	Viewer3	berhasil	berhasil
4	T4-04	Viewer4	berhasil	berhasil
5	T4-05	Viewer5	berhasil	berhasil
6	T4-08	Viewer6	berhasil	berhasil
7	T4-09	Viewer7	berhasil	berhasil
8	T4-10	Viewer8	berhasil	berhasil
9	T4-13	Viewer9	berhasil	berhasil
10	T4-14	Viewer10	berhasil	berhasil
11	T4-17	Viewer11	berhasil	berhasil
12	T4-19	Viewer12	berhasil	berhasil
13	T4-25	Viewer13	berhasil	berhasil

4.2 Pengujian realtime chatting

Pengujian *realtime chatting* dilakukan dengan cara menginputkan *chat* dari *viewer1* sampai dengan *viewer13*. Pengujian berhasil dilakukan jika Pesan muncul pada semua *client dan server* yang sedang berada pada ruang konferensi yang sama yang sedang berlangsung. Hasil pengujian *realtime chatting* dapat dilihat pada Gambar 7. Pengujian *realtime chatting* berhasil dilakukan karena pesan dari *Speaker* ‘semua chat masuk’ muncul pada semua *viewer*.

Tabel2 hasil pengujian realtime chatting

No.	Status	Pesan dari Speaker	Pesan yang muncul
1	Viewer1	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
2	Viewer2	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
3	Viewer3	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
4	Viewer4	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
5	Viewer5	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
6	Viewer6	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
7	Viewer7	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
8	Viewer8	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
9	Viewer9	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
10	Viewer10	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
11	Viewer11	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
12	Viewer12	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'
13	Viewer13	'semua chat masuk'	'semua chat masuk'

4.3 Pengujian Slideshow presesntation

Pengujian *slide show presentation* dilakukan dengan melakukan pengujian terhadap tampilan *slide powerpoint* yang ditampilkan oleh *speaker* apakah muncul pada semua *viewer* yang tergabung didalam ruang konferensi. hasil pengujian berhasil karena semua *viewer* dapat melihat *filepresentasi* yang dipilih oleh *speaker* tetapi tidak sepenuhnya sesuai dengan

percanaan karena *slideshow* tidak otomatis tersinkronisasi antara *Speaker* dan *viewer* saat menekan tombol '*next*' dan '*prev*' dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel3 Hasil pengujian *slideshow presentation*

No.	Status	File presentasi	Tombol 'next'	Tombol 'prev'
1	Viewer1	muncul	berhasil	berhasil
2	Viewer2	muncul	berhasil	berhasil
3	Viewer3	muncul	berhasil	berhasil
4	Viewer4	muncul	berhasil	berhasil
5	Viewer5	muncul	berhasil	berhasil
6	Viewer6	muncul	berhasil	berhasil
7	Viewer7	muncul	berhasil	berhasil
8	Viewer8	muncul	berhasil	berhasil
9	Viewer9	muncul	berhasil	berhasil
10	Viewer10	muncul	berhasil	berhasil
11	Viewer11	muncul	berhasil	berhasil
12	Viewer12	muncul	berhasil	berhasil
13	Viewer13	muncul	berhasil	berhasil

4.4 Pengujian *Live Streaming*

Pengujian *live streaming* dilakukan didalam ruang konferensi dengan *speaker* membroadcast *webcam*, kemudian *viewer* akan menerima *broadcast* dari *speaker* dan menekan tombol '*cam*' untuk memulai *live streaming* dapat dilihat pada Gambar 9. Pengujian *live streaming* berhasil karena *viewer* dapat melihat tampilan *webcam* dari *speaker* hanya saja batas maksimum streaming hanya untuk lima *viewer*.

Tabel 4 hasil Pengujian *Live streaming*

No.	Status	Masuk Ruang Konferensi	Live streaming
1	Viewer1	berhasil	berhasil
2	Viewer2	berhasil	berhasil
3	Viewer3	berhasil	berhasil
4	Viewer4	berhasil	berhasil
5	Viewer5	berhasil	berhasil
6	Viewer6	berhasil	Tidak muncul
7	Viewer7	berhasil	Tidak muncul
8	Viewer8	berhasil	Tidak muncul
9	Viewer9	berhasil	Tidak muncul
10	Viewer10	berhasil	Tidak muncul
11	Viewer11	berhasil	Tidak muncul
12	Viewer12	berhasil	Tidak muncul
13	Viewer13	berhasil	Tidak muncul

Video Live streaming hanya bisa diakses oleh lima *viewer* dikarenakan yang digunakan adalah *server* menggunakan windows biasa yang hanya memiliki 5 *Client Access License* (CAL). CAL adalah lisensi yg diperlukan bila *client* akses langsung ke *server*, 5 CAL berarti hanya 5 komputer *client* yg bisa koneksi ke *server*. Umumnya ini untuk komputer-komputer di dalam jaringan lokal atau LAN. Oleh karena itu, Semua *viewer* dapat masuk ke dalam ruang konferensi tetapi

hanya lima *viewer* saja yang bisa melakukan *streaming webcam server*.

4.5 Pengujian *Bandwidth internet*

Pengujian *bandwidth* dilakukan dengan cara membandingkan total pemakaian *bandwidth* internet saat melakukan *live streaming* dengan menggunakan metode kompresi video *Discrete cosine transform* dan saat melakukan *live streaming* tanpa menggunakan metode kompresi video. Software yang digunakan untuk melakukan pengujian perhitungan total *bandwidth* adalah NetMeter. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dapat dilihat pada Gambar 10 sampai Gambar 20.

Tabel 5 hasil pengujian *Bandwidth internet* ke-1

Pengujian 1		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	2.70	5.42
	Download	62.97	129.84
	Upload + Download	65.67	135.26
DCT	Upload	2.21	4.86
	Download	51.09	116.79
	Upload + Download	53.30	121.65

Tabel 6 hasil pengujian *Bandwidth internet* ke-2

Pengujian 2		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	2.33	5.10
	Download	62.27	128.56
	Upload + Download	64.60	133.66
DCT	Upload	1.97	3.77
	Download	50.45	115.12
	Upload + Download	52.42	118.89

Tabel 7 hasil pengujian *Bandwidth internet* ke-3

Pengujian 3		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	2.98	5.70
	Download	63.27	130.04
	Upload + Download	66.25	135.96
DCT	Upload	2.32	5.02
	Download	50.03	115.29
	Upload + Download	52.35	120.31

Tabel 8 hasil pengujian *Bandwidth internet* ke-4

Pengujian 4		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	3.72	6.44
	Download	63.99	130.86
	Upload + Download	67.71	136.44
DCT	Upload	3.23	5.88
	Download	52.11	117.81
	Upload + Download	55.34	123.69

Tabel 9 hasil pengujian *Bandwidth internet* ke-5

Pengujian 5		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	2.20	5.01
	Download	62.33	129.12
	Upload + Download	64.53	134.13
DCT	Upload	1.99	3.86
	Download	50.29	115.09
	Upload + Download	52.28	118.95

Tabel 10 hasil pengujian *Bandwidth internet ke-6*

Pengujian 6		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	3.50	6.32
	Download	63.99	130.97
	Upload + Download	67.49	137.29
DCT	Upload	3.01	5.11
	Download	52.19	117.03
	Upload + Download	55.20	122.14

Tabel 11 hasil pengujian *Bandwidth internet ke-7*

Pengujian 7		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	5.70	8.42
	Download	65.27	132.64
	Upload + Download	70.97	141.06
DCT	Upload	5.25	7.76
	Download	54.19	119.09
	Upload + Download	59.44	126.85

Tabel 12 hasil pengujian *Bandwidth internet ke-8*

Pengujian 8		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	3.52	6.72
	Download	63.99	130.54
	Upload + Download	67.51	137.26
DCT	Upload	3.12	5.68
	Download	51.90	117.97
	Upload + Download	55.02	123.65

Table 13 hasil pengujian *Bandwidth internet ke-9*

Pengujian 9		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	2.33	5.02
	Download	62.20	129.41
	Upload + Download	64.53	134.43
DCT	Upload	1.87	4.02
	Download	50.19	116.12
	Upload + Download	52.06	120.14

Table 14 hasil pengujian *Bandwidth internet ke-10*

Pengujian 10		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Tanpa DCT	Upload	3.55	6.12
	Download	63.70	130.11
	Upload + Download	67.25	136.23
DCT	Upload	3.44	5.17
	Download	52.88	117.01
	Upload + Download	56.32	122.18

Tabel 15 Tabel perbandingan hasil pengujian

Pengujian Tanpa DCT		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Pengujian 1	Upload + Download	65.67	135.26
Pengujian 2	Upload + Download	64.60	133.66
Pengujian 3	Upload + Download	66.25	135.96
Pengujian 4	Upload + Download	67.71	136.44
Pengujian 5	Upload + Download	64.53	134.13
Pengujian 6	Upload + Download	67.49	137.29
Pengujian 7	Upload + Download	70.97	141.06
Pengujian 8	Upload + Download	67.51	137.26
Pengujian 9	Upload + Download	64.53	134.43
Pengujian 10	Upload + Download	67.25	136.23
TOTAL RATA-RATA		66.65	136.17
Pengujian Menggunakan DCT		Waktu Streaming	
		5 menit (MB/s)	10 menit (MB/s)
Pengujian 1	Upload + Download	53.30	121.65
Pengujian 2	Upload + Download	52.42	118.89
Pengujian 3	Upload + Download	52.35	120.31
Pengujian 4	Upload + Download	55.34	123.69
Pengujian 5	Upload + Download	52.28	118.95
Pengujian 6	Upload + Download	55.20	122.14
Pengujian 7	Upload + Download	59.44	126.85
Pengujian 8	Upload + Download	55.02	123.65
Pengujian 9	Upload + Download	52.06	120.14
Pengujian 10	Upload + Download	56.32	122.18
TOTAL RATA-RATA		54.37	121.84
Total perbedaan penggunaan bandwidth		18.42%	10.52%

Dari tabel perbandingan diatas saat menggunakan kompresi video *Discrete Cosine Transform* total *bandwidth* yang digunakan lebih kecil yaitu 121.84 MB/S sedangkan saat melakukan *live streaming* tanpa menggunakan DCT yaitu 136.17 MB/S. dapat disimpulkan bahwa penggunaan *dct* mampu mengurangi pemakaian *bandwidth* sekitar 10.52%.

4.6 Pembahasan Pengujian

Pembahasan hasil dilakukan setelah pengujian tahap pertama dengan metode *black box testing* dan pengujian tahap kedua berupa sinkronisasi *server-client* selesai dilakukan. Berdasarkan hasil dari kedua pengujian tersebut ditemukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pengujian login berhasil dilakukan secara otomatis untuk menentukan *user* sebagai *speaker* atau *viewer* tanpa harus menginputkan status user pada saat login.
2. Pada pengujian halaman *speaker* semua fungsi modul dan fitur telah berfungsi dengan baik dan sesuai dengan perencanaan. Fungsi dari modul upload dapat berjalan dengan baik dan menu untuk membuat ruang konferensi dapat dilakukan tanpa ada kendala.
3. Pada pengujian halaman *viewer* semua fungsi modul dan fitur telah berfungsi sesuai rencana. Modul *download* file berfungsi dengan baik dan tabel daftar ruang konferensi dapat menampilkan daftar ruang konferensi yang tersedia dan *viewer* dapat 'join' atau masuk ke dalam ruang konferensi yang statusnya 'online'.
4. Pada pengujian halaman admin semua fungsi dan fitur telah berfungsi dengan baik. tabel-tabel data *speaker*, *account list*, *forgot password*, dan *file* dapat menampilkan data dengan baik dan benar. Fungsi

tombol *delete* dapat menampilkan pesan sebelum menghapus data sudah dapat berjalan.

5. Pada pengujian *server-client* untuk sub modul *realtime chatting* sudah berfungsi dengan baik. pesan yang disampaikan oleh *speaker* dapat diterima oleh semua *viewer* yang tergabung didalam ruang konferensi begitu juga sebaliknya.
6. Sedangkan pengujian *slideshow presentation* sudah berjalan dengan baik meskipun tidak sesuai dengan perencanaan untuk bagian sinkronisasi *slide*, namun hal itu sudah diatasi dengan menambahkan tombol '*next*' dan '*prev*' yang dapat digunakan oleh *viewer* untuk melanjutkan *slide* presentasi ke *slide* berikutnya.
7. Pada pengujian sinkronisasi *server-client*, sub modul *live streaming* berhasil dikirim dan dilihat melalui webcam dan audio sesuai dengan perancangan. Pada tampilan *viewer* dapat terlihat tampilan dari webcam *speaker* beserta dengan audionya.
8. Untuk pengujian *bandwidth* internet dengan metode kompresi video DCT sudah menghasilkan hasil sesuai dengan perencanaan. Metode DCT mampu mengurangi penggunaan *bandwidth internet* saat melakukan konferensi.

5. Kesimpulan dan Saran

1. Aplikasi Watch and Learn telah berfungsi dengan baik sesuai dengan spesifikasi rancangan yang telah ditentukan.
2. Metode Discrete Cosine Transform dapat diimplementasikan dengan baik pada Aplikasi Watch and Learn untuk menghasilkan *videolive streaming* yang *smooth* dan mengurangi pemakaian *bandwidth* internet.
3. Modul *Video conference*, *Realtime chatting*, *Download file*, dan *Upload file* dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan perencanaan.
4. Kegiatan Konferensi sudah dapat berjalan melalui jaringan lokal. Fungsi-fungsi yang menjadi sarana konferensi masing-masing yaitu *live streaming*, *slideshow presentation* dan *realtime chatting* telah saling bersinerji dalam satu kesatuan sistem aplikasi e-conference 'watch and learn'.
5. Dapat menggunakan server yang memiliki akses client ke server yang lebih banyak supaya dapat melakukan live streaming lebih dari lima client
6. Dapat melakukan sinkronisasi slide show presentation supaya viewer tidak perlu menekan tombol '*prev*' dan '*next*' secara manual, tetapi otomatis dikendalikan oleh speaker.
7. Penambahan kategori topik untuk organisasi file supaya tampilan daftar file terlihat lebih rapi.

REFERENSI

- [1] George Coulouris et.al. , "Distributed Systems : Concepts and Design", (Harlow: Addison Wesley, 2001) h.625
- [2] David Mayrhofer, Andrea Back, Roger Hubschmid. "Web-Conferencing Software Tools: A Comprehensive Market Survey", (St. Gallen: Arbeitsberichte des Learning Center der Universitat St. Gallen, Februari 2004) h.7
- [3] Virender Poswal, "Analysis of Image Compression Techniques Using DCT", (International Journal of Electronics and Computer Science Engineering), Februari 2015

Tommy Wibowo, merupakan mahasiswa program sarjana S1, program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara.

Lely Hiryanto, memperoleh gelar S.T. dari program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara tahun 2001. Kemudian tahun 2006 memperoleh gelar M.Sc. dari Department of Computing, Curtin University of Technology, Australia. Saat ini sebagai Staf Pengajar program studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara.

Bagus Mulyawan, lulus S1 Sistem Komputer Universitas Gunadarma pada tahun 1992. Kemudian lulus S2 Manajemen Sistem Informasi pada tahun 2008 dari Universitas Budi Luhur dan memperoleh gelar MM. saat ini sebagai staf Pengajar Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara.