BAB IV
PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Pengujian Radio Komunikasi

Radio komunikasi merupakan salah satu bagian penting dalam rancangan yang dibuat, karena merupakan penghubung antara muatan roket dan *ground segment*. Radio komunikasi yang digunakan adalah YS1020UB.

Pengujian radio komunikasi dilakukan dengan mengirimkan data dari *ground segment* (karakter A) dan nantinya sistem pada muatan roket akan mengirimkan data berupa karakter "RTS" yang hasilnya dapat dilihat pada PC/laptop di *ground segment*. Pengujian dilakukan di daerah perumahan Batu Nunggal, Sukarno Hatta Bandung.

Tabel 4.1. Pengukuran jarak komunikasi radio

No	Jarak (m)	Status komunikasi
1	50	Berhasil
2	100	Berhasil
3	150	Berhasil
4	200	Berhasil
5	250	Berhasil
6	300	Berhasil
7	350	Berhasil
8	400	Berhasil
9	450	Berhasil
10	500	Berhasil
11	550	Berhasil
12	600	Berhasil
13	650	Gagal
14	700	Gagal
15	800	Gagal

4.2 Pengujian Video Sender

Tampilan video pada *ground segment* dimaksudkan untuk memantau secara *real-time* kondisi yang dipantau oleh muatan roket. Pengujian *video sender* dilakukan di lokasi yang tidak memiliki halangan. Pengujian dilakukan dengan memantau hasil pengambilan video yang diambil oleh CMUcam3 dari *ground segment*.

Pengujian dilakukan di daerah perumahan Batu Nunggal, Sukarno Hatta Bandung.

Tabel 4.2. Pengukuran jarak komunikasi *video sender*

No	Jarak (m)	Status komunikasi
1	50	Berhasil
2	100	Berhasil
3	150	Berhasil
4	200	Berhasil
5	250	Berhasil
6	300	Berhasil
7	350	Berhasil
8	400	Berhasil
9	450	Berhasil
10	500	Berhasil
11	550	Berhasil
12	600	Berhasil
13	650	Berhasil
14	700	Berhasil
15	800	Berhasil
16	850	Berhasil
17	900	Berhasil
18	950	Berhasil
19	1000	Gagal
20	1050	Gagal

4.3 Pengujian Kualitas Gambar CMUCam3

CMUCam3 memiliki resolusi maksimal 352 x 287 *pixel*. Ukuran gambar ini sebenarnya termasuk kecil dibandingkan kamera jenis lain. Namun melihat ukuran *hardware* yang relatif kecil dan kemampuannya dalam mengolah gambar membuatnya cocok untuk dipasang pada muatan roket.

Muatan roket yang membawa kamera CMUCam ini diluncurkan dan akan separasi di ketinggian sekitar 800 meter. Oleh karena itu, CMUCam3 harus mampu menangkap objek pada kisaran jarak tersebut.

Gambar 4.1 menunjukkan hasil pengambilan gambar dengan CMUCam3.



Gambar 4.1. Gambar berwarna CMUCam3

Pada gambar 4.1 yang ditandai dengan lingkaran merah adalah sebuah objek dengan jarak kira-kira 800 meter. Objek tersebut masih dapat terlihat, walaupun karena keterbatasan dari CMUCam3 sendiri tidak terlalu jelas.



Gambar 4.2. Gambar *grayscale* dari CMUCam3

Gambar 4.2 menunjukkan kualitas gambar *grayscale* yang diambil menggunakan CMUCam3. Pada gambar masih dapat dibedakan objek satu dengan yang lainnya dengan jelas. Kecerahannya pun cukup baik untuk kondisi di luar ruangan. Namun untuk objek yang cukup jauh terlihat sedikit kabur dan kurang jelas.

Gambar 4.3 menunjukkan hasil gambar CMUCam3 yang diambil pada saat tes darat KOMURINDO 2011 di Pantai Pandansimo, Bantul.



Gambar 4.3. Hasil gambar saat tes darat KOMURINDO 2011

4.4 Analisa Pengiriman Gambar Tanpa Kompresi

Pengiriman gambar tanpa kompresi membutuhkan waktu yang lama untuk proses pengirimannya, karena setiap nilai *pixel* gambar dikirimkan. Untuk gambar *grayscale*, setiap *pixel* direpresentasikan dengan nilai 1 *byte*, dan untuk gambar berwarna (RGB) setiap *pixel* membutuhkan 3 *byte*, masing-masing merepresentasikan nilai R (merah), G (hijau), dan B (biru).

Karena pengiriman datanya per-*pixel*, maka ukuran gambar akan mempengaruhi waktu pengiriman gambar. Semakin besar ukuran gambar maka akan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan sebuah gambar dikarenakan semakin banyak pula jumlah *byte* yang akan dikirim.

Untuk suatu gambar dengan ukuran *m* x *n pixel*, maka jumlah *byte* (*Y*) yang harus dikirim dapat dihitung dengan persamaan:

$$Y_G = (m \times n) + n\ header \quad (4.1)$$

$$Y_{RGB} = (3m \times n) + n\ header \quad (4.2)$$

Persamaan (4.1) adalah persamaan untuk menghitung jumlah *byte* yang dikirim untuk gambar *grayscale*, sedangkan persamaan (4.2) adalah untuk menghitung jumlah *byte* yang dikirim untuk gambar berwarna. Ukuran gambar dalam bentuk matriks *m* x *n*, dengan *m* adalah ukuran panjang gambar dan *n* adalah ukuran tinggi gambar.

Tabel 4.3 menunjukkan hubungan antara ukuran gambar dengan lama waktu pengiriman.

Tabel 4.3. Waktu pengiriman gambar tanpa kompresi

No	Ukuran (*pixel*)	Waktu pengiriman (ms)		Jumlah *Byte*(*byte*)	
		RGB	*Grayscale*	RGB	*Grayscale*
1	50 x 50	7600	2700	7550	2550
2	50 x 100	17200	5300	15100	5100
3	100 x 50	17200	5300	15050	5050
4	100 x 100	30500	10100	30100	10100
5	100 x 150	43600	14900	45150	15150
6	150 x 100	43600	14900	45100	15100
7	150 x 150	64500	21900	67650	22650
8	150 x 200	85900	29700	90200	30200
9	200 x 150	85900	29700	90150	30150
10	200 x 200	115200	38700	120200	40200

Dari tabel 4.3 terlihat bahwa waktu pengiriman berbanding lurus dengan jumlah *byte* yang dikirim. Pengiriman gambar *grayscale* membutuhkan waktu yang lebih sedikit dibandingkan pengiriman gambar berwarna, karena jumlah *byte* yang dikirim untuk gambar berwarna pun lebih banyak dibandingkan jumlah *byte* pada gambar *grayscale*.

4.5 Analisa Pengiriman Gambar Dengan Kompresi JPEG

Pada pengiriman dengan kompresi JPEG, waktu yang dibutuhkan lebih sedikit dibandingkan pengiriman tanpa kompresi. Format datanya sesuai dengan format standar pada gambar JPEG.Tabel 4.4 menunjukkan hubungan antara ukuran gambar dengan waktu pengiriman pada kompresi JPEG.

Tabel 4.4. Waktu pengiriman gambar dengan kompresi JPEG

No	Ukuran (*pixel*)	Waktu pengiriman (ms)	
		RGB	*Grayscale*
1	50 x 50	1100	1000
2	50 x 100	1500	1400
3	100 x 50	1600	1500
4	100 x 100	2300	2600
5	100 x 150	3000	3500
6	150 x 100	2900	3500
7	150 x 150	3900	4800
8	150 x 200	4900	6200
9	200 x 150	4900	6200
10	200 x 200	6000	7900

Data pada tabel 4.4 diatas memperlihatkan bahwa waktu pengiriman gambar lebih cepat dibandingkan pengiriman gambar tanpa kompresi. Dapat dilihat untuk waktu pengiriman gambar *grayscale* lebih lama dibandingkan dengan pengiriman gambar berwarna. Hal ini bisa dikarenakan pada gambar *grayscale* dilakukan dua kali kompresi, yaitu kompresi dari gambar berwarna menjadi gambar *grayscale* serta kompresi menjadi format JPEG.

Pada percobaan 1 sampai 3, dapat dilihat waktu pengiriman gambar *grayscale* justru lebih cepat dibandingkan pengiriman gambar berwarna. Hal ini bisa jadi dikarenakan saat ukuran gambar masih dibawah 100x100 pixel, sebaran warnanya tidak terlalu besar, sehingga mempersingkat proses kompresinya.

4.6 Analisa Kecepatan Pengiriman Data

Kecepatan pengiriman data dari muatan roket ke *ground segment* dapat dihitung dengan menggunakan data dari tabel 4.3. Tabel 4.3 menunjukkan jumlah *byte* data yang dikirim serta waktu pengirimannya, sedangkan pada tabel 4.4 jumlah *byte* data yang dikirim ditentukan oleh hasil kompresi CMUCam3 serta format gambar JPEG.Sehingga untuk penentuan kecepatan pengriman data untuk sistem keseluruhan dapat kita asumsikan setara dengan kecepatan pengiriman pada gambar tanpa kompresi.

$$transfer\ rate_{RGB} = \frac{\sum \frac{Y_{RGB}}{T_{RGB}}}{n_{RGB}} \times 1000 \quad (4.3)$$

$$transfer\ rate_{G} = \frac{\sum \frac{Y_{G}}{T_{G}}}{n_{G}} \times 1000 \quad (4.4)$$

Keterangan:

Y_{RGB} = *jumlah byte gambar RGB yg dikirim*

Y_G = *jumlah byte gambar Grayscale yg dikirim*

T_{RGB} = *waktu pengiriman gambar RGB*

T_G = *waktu pengiriman gambar grayscale*

n_{RGB} = *jumlah percobaan pengiriman gambar RGB*

n_G = *jumlah percobaan pengiriman gambar grayscale*

Persamaan (4.3) dan (4.4) merupakan persamaan untuk menghitung kecepatan pengiriman data untuk gambar berwarna dan *grayscale*, datanya berdasarkan pada tabel 4.3. Dari perhitungan menggunakan persamaan tersebut (proses perhitungan dapat dilihat pada lampiran), didapatkan bahwa pengiriman untuk gambar berwarna dan *grayscale* menghasilkan nilai yang sama yaitu 999 *Byte*/detik atau mendekati 1 KBps. Kecepatan pengiriman ini dapat kita anggap sebagai kecepatan data sistem dari muatan roket ke *ground segment*.

4.7 Analisa Pengaruh Cahaya Langit Terhadap Kualitas Gambar

Salah satu masalah yang sering dihadapi dalam fotografi adalah cahaya. Khusus untuk sistem foto udara pada muatan roket, yang menjadi masalah adalah cahaya langit.

Intensitas cahaya yang masuk dapat menjadi masalah untuk hasil foto udara yang diambil. Apalagi pergantian dari gelap di dalam muatan roket, menjadi terang saat separasi dapat menyebabkan hasil foto udara yang diambil menjadi buruk.

Untuk mengatasi masalah tersebut, CMUCam3 mempunyai fitur khusus yaitu *auto exposure*. Fungsi dari fitur ini adalah agar CMUCam3 dapat menyesuakan intensitas cahaya yang masuk. Perbedaan hasil foto dengan *auto exposure* dan tanpa *auto exposure* dapat dilihat pada gambar 4.4.



(a) (b)

Gambar 4.4.Perbedaan hasil foto (a) dengan *auto exposure* dan (b) tanpa *autoexposure*

Auto exposure dapat diaktifkan dengan memasukkan baris program `cc3_camera_set_auto_exposure(true)` pada saat inisialisasi CMUCam3.

Satu lagi fitur CMUCam3 yaitu *auto white balance*, yang sangat berguna untuk pengambilan gambar di luar ruangan. *Auto white balance* akan membuat CMUCam3 menyesuaikan hasil gambar dengan sumber cahayanya, sehingga menghasilkan gambar dengan warna mendekati warna aslinya.

Fitur ini dapat diaktifkan dengan memasukkan baris perintah `cc3_camera_set_white_balance(true)` pada saat inisialisasi CMUCam3. Perbedaan hasil gambarnya dapat dilihat pada gambar 4.5.



(a) (b)

Gambar 4.5. Hasil gambar (a) tanpa *white balance* dan (b) dengan *white balance*

Hasil gambar tanpa *auto white balance* akan berwarna lebih merah, ini dikarenakan sensor pada CMUCam3 lebih peka terhadap warna merah sehingga sinar *inframerah* dari matahari lebih dominan tertangkap kamera. Auto *white balance* tidak sepenuhnya menghilangkan efek *inframerah*, hanya saja dapat mengurangi efek tersebut sehingga menghasilkan gambar yang lebih baik.

4.8 Efek Gerak Muatan Roket Terhadap Kualitas Gambar

Pada aplikasi nyatanya, sebuah muatan roket pasti tidak akan berada dalam keadaan diam saat mengambil gambar. Muatan roket yang tergantung pada parasut pasti akan mengalami ayunan karena pengaruh angin. Belum lagi pergerakan muatan roket yang bergerak turun.

Pergerakan muatan roket ini pastinya akan berpengaruh pada kualitas gambar yang diambil oleh CMUCam3. Gambar akan mengalami apa yang disebut sebagai *motion blur*. Gambar akan menjadi terlihat tidak jelas atau tidak fokus.

Gambar 4.6 menunjukkan contoh gambar yang mengalami *motion blur* saat pengujian dengan keadaan muatan roket bergerak.



Gambar 4.6. Hasil gambar yang mengalami *motion blur*

Jika dilihat dari gambar 4.6, gambar yang mengalami *blur* akan sedikit menyulitkan pada saat akan mengolah data gambar tersebut.

Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk meminimalisasi efek *motion blur* pada gambar yang diambil CMUCam3, diantaranya adalah membuat sistem kendali muatan roket yang tahan terhadap pengaruh angin yang dapat menimbulkan ayunan.

Cara yang paling sederhana dan paling mudah adalah dengan memproses gambar yang diterima menggunakan perangkat lunak manipulasi gambar yang sudah ada. Proses ini dinamakan proses *deblurring*. Gambar 4.7 menunjukkan hasil pengolahan terhadap gambar 4.6 menggunakan perangkat lunak manipulasi gambar.



Gambar 4.7.Hasil perbaikan gambar *blur*

4.9 Perbandingan Gambar Dengan Kompresi dan Tanpa Kompresi

Pada subbab 4.2 dan 4.3 sudah dibahas berapa lama waktu pengiriman yang dibutuhkan untuk mengirim satu gambar, baik untuk gambar tanpa kompresi maupun gambar dengan kompresi JPEG. Secara umum, baik gambar berwarna ataupun gambar *grayscale*, pengiriman gambar dengan kompresi membutuhkan waktu yang jauh lebih sedikit dibandingkan dengan pengiriman gambar tanpa kompresi.

Karena pengaplikasian CMUCam3 ini digunakan untuk melakukan foto udara pada muatan roket, maka ada batas waktu yang harus dipenuhi pada pengiriman gambar sebelum muatan roket jatuh ke darat. Batas waktu yang diasumsikan adalah 60 detik. Jadi sebelum 60 detik, sistem harus sudah dapat mengirim minimal satu buah data gambar, baik gambar berwarna ataupun gambar *grayscale*.

Dilihat dari waktu pengirimannya, tentu saja pengiriman dengan kompresi JPEG lebih efektif dibandingkan pengiriman tanpa kompresi. Pada pengiriman dengan kompresi, dalam waktu 60 detik bisa didapatkan 2 sampai 3 data gambar, baik berwarna ataupun *grayscale* dengan ukuran gambar maksimum.

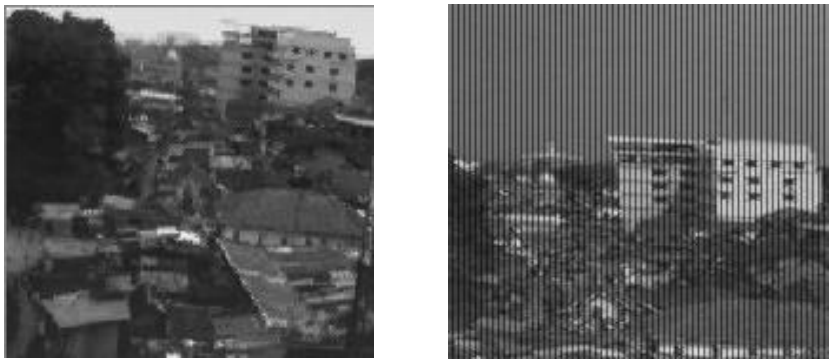
Kualitas gambar berwarna baik dengan kompresi ataupun tanpa kompresi hasilnya tidak terlalu berbeda jauh. Perbandinganya dapat dilihat pada gambar 4.8.



(a) (b)

Gambar 4.8. Perbandingan gambar berwarna (a) tanpa kompresi (b) kompresi JPEG

Pada gambar *grayscale*, ternyata hasil gambar tanpa kompresi memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan menggunakan kompresi JPEG. Gambar 4.9 menunjukkan perbandingan gambar *grayscale* tanpa kompresi dan dengan kompresi JPEG, dimana untuk kompresi JPEG memiliki garis-garis vertikal pada hasil gambarnya dan terlihat seperti melebar.



(a) (b)

Gambar 4.9. Perbandingan gambar *grayscale* (a) tanpa kompresi (b) kompresi JPEG

Sistem yang dianggap handal adalah gabungan dari metode kompresi dan tanpa kompresi. Karena kualitas gambar berwarna yang hampir sama, pada sistem ini lebih efektif jika menggunakan metode kompresi dikarenakan waktu pengiriman yang dibutuhkan lebih sedikit. Sedangkan jika menginginkan gambar *grayscale* maka lebih handal jika menggunakan metode tanpa kompresi dikarenakan kualitas gambar yang lebih baik dibandingkan ketika menggunakan metode kompresi. Namun jika menginginkan ukuran maksimal, maka hanya bisa melakukan pengiriman gambar *grayscale* sebanyak satu kali dikarenakan dibatasi waktu sampai muatan roket jatuh, dengan asumsi waktu muatan roket jatuh sampai darat adalah 60 detik.