BAB IV
IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

IV.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap dimana sistem diimplementasikan dan siap untuk digunakan sesuai dengan perancangan yang telah dibuat. Implementasi sistem dilakukan pada tiga tahap yaitu implementasi perangkat keras, implementasi perangkat lunak, dan implementasi antarmuka.

IV.1.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras merupakan relisasi dari perancangan kebutuhan perangkat keras. Aplikasi steganografi ini diimplementasikan pada perangkat keras dengan spesifikasi seperti pada tabel IV.1.

Tabel IV.1 Spesifikasi Perangkat Keras

Perangkat Keras	Spesifikasi
CPU	Intel core i3 2.27GHz
RAM	3072 Mb
Harddisk	320 Gb
Resolusi Layar	1366 x 768
VGA	Integrated Intel® GMA HD 1269 Mb

IV.1.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak merupakan proses instalasi perangkat lunak, sehingga dapat beroperasi dengan benar. Perangkat lunak yang digunakan yaitu seperti pada tabel IV.2.

Tabel IV.2 Spesifikasi Perangkat Lunak

Perangkat Keras	Keterangan
Sistem Operasi	Windows 8 Professional
Bahasa Pemrograman	Java
Tools Pemrograman	Java NetBeans IDE 7.1
Perangkat Pendukung	JDK 7
Picture Viewer	Windows Photo Viewer
Audio Player	Aimp 3
Document Viewer	Notepad, MS Word 2007, dan Foxit Reader
Picture Editor	Adobe Photoshop CS3

IV.1.3 Implementasi Antarmuka

Implementasi antarmuka merupakan realisasi desain tampilan antarmuka dari setiap menu yang telah dirancang sebelumnya kedalam bahasa pemrograman. Berikut ini adalah implementasi antarmuka sistem yang terlihat pada Tabel IV.3.

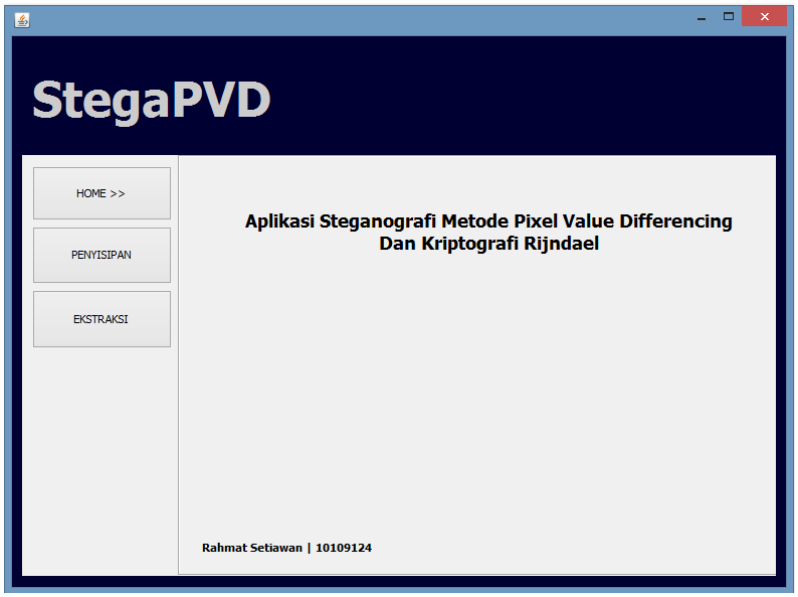
Tabel IV.3 Implementasi Antarmuka

Menu	Use Case	File
Home	-	FormStegaPVD.java
Penyisipan	Pemilihan pesan, pemilihan citra, enkripsi, pembuatan kunci, penyalinan kunci, penyisipan,save file.	FormStegaPVD.java, Pesan.java, CoverImage.java, PvdMethod.java,Rijndael.java, KeyScheduleRijndael.java
Ekstraksi	Pemilihan citra stego, ekstrak, save file, pemasukan kunci, dekripsi.	FormStegaPVD.java, Pesan.java, CoverImage.java, PvdMethod.java,Rijndael.java, KeyScheduleRijndael.java

Antarmuka dari aplikasi steganografi ini, terdiri dari tiga menu utama, yaitu menu *home*, menu penyisipan, dan menu ekstraksi.

1. Tampilan Menu *Home*

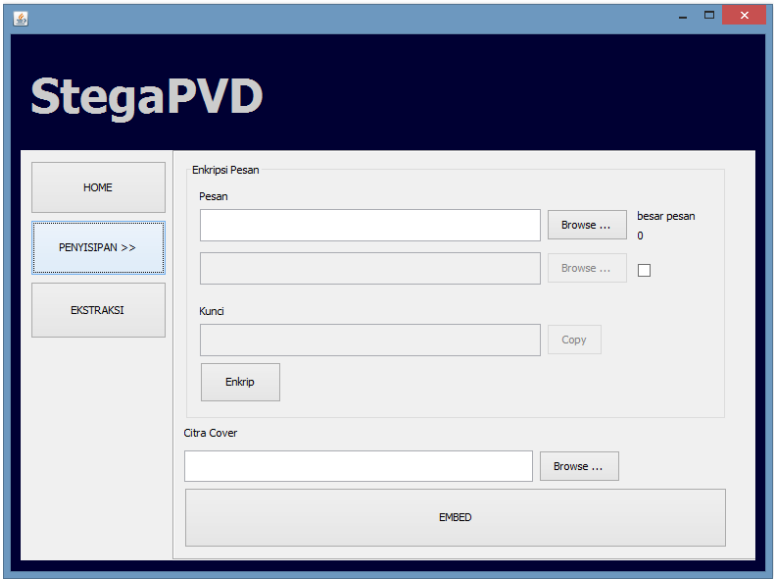
   Tampilan menu *home* dari aplikasi steganografi dapat dilihat pada gambar IV.1.



Gambar IV.1 Tampilan Menu *Home*

2. Tampilan Menu Penyisipan

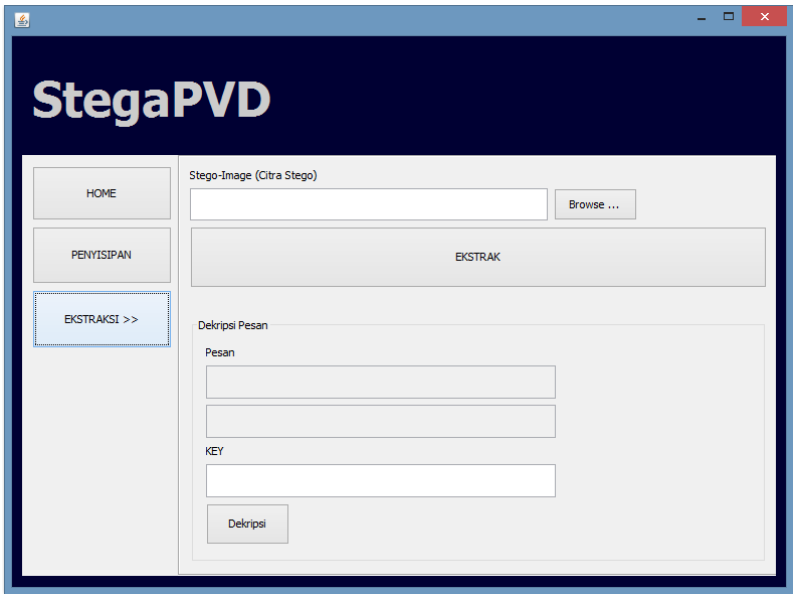
Tampilan menu penyisipan dari aplikasi steganografi dapat dilihat pada gambar IV.2.



Gambar IV.2 Tampilan Menu Penyisipan

3. Tampilan Menu Ekstraksi

Tampilan menu ekstraksi dari aplikasi steganografi dapat dilihat pada gambar IV.3.



Gambar IV.3 Tampilan Menu Ekstraksi

IV.2 Pengujian Sistem

Tahap selanjutnya setelah mengimplementasikan perancangan kedalam program yaitu pengujian sistem. Pengujian sistem merupakan tahapan dimana sistem diuji untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun telah sesuai dengan perancangan yang diinginkan atau tidak, dan untuk mengetahui apakah tujuan yang diinginkan telah tercapai atau belum. Rencana pengujian sistem akan dilakukan menggunakan dua metode yaitu pengujian *white box* dan *black box*.

IV.2.1 Rencana Pengujian

Rencana pengujian yang akan dilakukan pada aplikasi steganografi ini yaitu seperti pada tabel IV.4.

Tabel IV.4 Rencana Pengujian Sistem

No	Proses	Jenis Pengujian
1	Enkripsi	*White Box*
2	*Key Schedule*	*White Box*
3	Dekripsi	*White Box*
4	Penyisipan	*Black Box* : pengujian kapasitas, performansi, dan kualitas citra
5	Ekstraksi	*Black Box* : pengujian performansi, dan ketahanan

IV.2.2 Pengujian *White Box*

Pengujian *white box* bertujuan untuk mengetahui kinerja logika yang dibuat pada sebuah sistem apakah berjalan dengan baik atau tidak. Pengujian *white box* yang akan dilakukan pada aplikasi yaitu menggunakan *flow graph* yang digunakan untuk menggambarkan alur dari algoritma dan *graph matrix* yang digunakan untuk menggenerasi *flow graph*. Algoritma yang akan diujikan pada pengujian *white box* ini yaitu pengujian enkripsi *rijndael*, dekripsi *rijndael*, dan *key schedule rijndael*.

IV.2.1.1 Pengujian Enkripsi Rijndael

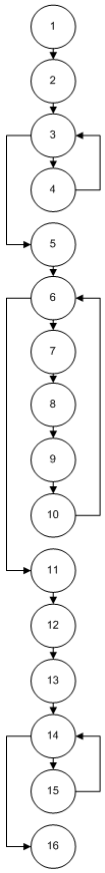
Pengujian enkripsi rijndael dilakukan pada algoritma enkripsi seperti pada tabel IV.5.

Tabel IV.5 Algoritma Enkripsi Rijndael

Line	Source
1	`byte[] tmp = new byte[input.length];`
2	`byte[][] state = new byte[4][keySchedule.getNb()];`
3	`for (int i = 0; i < input.length; i++) {`
4	`  state[i / 4][i % 4] = input[i % 4 * 4 + i / 4];`
	`}`
5	`state = addRoundKey(state, w, 0);`
6	`for (int round = 1; round < keySchedule.getNr(); round++) {`
7	`  state = subBytes(state);`
8	`  state = shiftRows(state);`
9	`  state = mixColumns(state);`
10	`  state = addRoundKey(state, w, round);`
	`}`
11	`state = subBytes(state);`
12	`state = shiftRows(state);`
13	`state = addRoundKey(state, w, keySchedule.getNr());`
14	`for (int i = 0; i < tmp.length; i++) {`
15	`  tmp[i % 4 * 4 + i / 4] = state[i / 4][i % 4];`
	`}`
16	`return tmp;`

1. *Flow Graph* Enkripsi *Rijndael*

Berdasarkan pada tabel IV.5 maka dapat dibentuk *flow graph* seperti pada gambar IV.4.



Gambar IV.4 *Flow Graph* Enkripsi *Rijndael*

Hitung *cyclomatic complexity* yaitu sebagai berikut:

Region = 4

V(G) = Edge – Node + 2

= 18 – 16 + 2

= 4

Berdasarkan pada hasil *cyclomatic complexity* maka didapat empat *independent path* yaitu:

1 = 1,2,3,4,3,5,6,7,8,9,10,6,11,12,13,14,15,14,16

2 = 1,2,3,5,6,7,8,9,10,6,11,12,13,14,15,14,16

3 = 1,2,3,5,6,11,12,13,14,15,14,16

4 = 1,2,3,5,6,11,12,13,14,16

2. *Graph Matrix* Enkripsi *Rijndael*

Graph matrix enkripsi *rijndael* terlihat pada tabel IV.6.

Tabel IV.6 *Graph Matrix* Enkripsi *Rijndael*

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**sum**
1		1															0
2			1														0
3				1	1												1
4			1														0
5						1											0
6							1				1						1
7								1									0
8									1								0
9										1							0
10						1											0
11												1					0
12													1				0
13														1			0
14															1	1	1
15														1			0
16																	0
Total																	**3**

V(G) = Jumlah *Graph Matrix* + 1

= 3 + 1 = 4

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap metode, dihasilkan nilai *Cyclomatic Complexity* yang sama yaitu 4, Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian *white box* pada proses enkripsi rijndael berjalan dengan baik, karena setiap pengujian menghasilkan nilai yang sama.

IV.2.1.2 Pengujian Dekripsi Rijndael

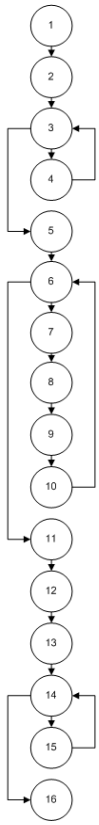
Pengujian dekripsi rijndael dilakukan pada algoritma dekripsi seperti pada tabel IV.7.

Tabel IV.7 Algoritma Dekripsi Rijndael

Line	Source
1	`byte[] tmp = new byte[input.length];`
2	`byte[][] state = new byte[4][keySchedule.getNb()];`
3	`for (int i = 0; i < input.length; i++) {`
4	`    state[i / 4][i % 4] = input[i % 4 * 4 + i / 4];`
	`}`
5	`state = addRoundKey(state, w, keySchedule.getNr());`
6	`for (int round = keySchedule.getNr() - 1; round >= 1; round--) {`
7	`    state = invSubBytes(state);`
8	`    state = invShiftRows(state);`
9	`    state = addRoundKey(state, w, round);`
10	`    state = invMixColumns(state);`
	`}`
11	`state = invSubBytes(state);`
12	`state = invShiftRows(state);`
13	`state = addRoundKey(state, w, 0);`
14	`for (int i = 0; i < tmp.length; i++) {`
15	`    tmp[i % 4 * 4 + i / 4] = state[i / 4][i % 4];`
	`}`
16	`return tmp;`

1. *Flow Graph* Dekripsi *Rijndael*

Berdasarkan pada tabel IV.7 maka dapat dibentuk *flow graph* seperti pada gambar IV.5.



Gambar IV.5 *Flow Graph* Dekripsi *Rijndael*

Hitung *cyclomatic complexity* yaitu sebagai berikut:

Region = 4

V(G) = Edge – Node + 2

= 18 – 16 + 2

= 4

Berdasarkan pada hasil *cyclomatic complexity* maka didapat empat *independent path* yaitu:

1 = 1,2,3,4,3,5,6,7,8,9,10,6,11,12,13,14,15,14,16

2 = 1,2,3,5,6,7,8,9,10,6,11,12,13,14,15,14,16

3 = 1,2,3,5,6,11,12,13,14,15,14,16

4 = 1,2,3,5,6,11,12,13,14,16

2. *Graph Matrix* Dekripsi *Rijndael*

Graph matrix dekripsi *rijndael* terlihat pada tabel IV.8.

Tabel IV.8 *Graph Matrix* Dekripsi *Rijndael*

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**sum**
1		1															0
2			1														0
3				1	1												1
4			1														0
5						1											0
6							1				1						1
7								1									0
8									1								0
9										1							0
10						1											0
11												1					0
12													1				0
13														1			0
14															1	1	1
15														1			0
16																	0
Total																	**3**

V(G) = Jumlah *Graph Matrix* + 1

= 3 + 1

= 4

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap metode, dihasilkan nilai *Cyclomatic Complexity* yang sama yaitu 4, Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian *white box* pada proses dekripsi rijndael berjalan dengan baik, karena setiap pengujian menghasilkan nilai yang sama.

IV.2.1.3 Pengujian *Key Schedule* Rijndael

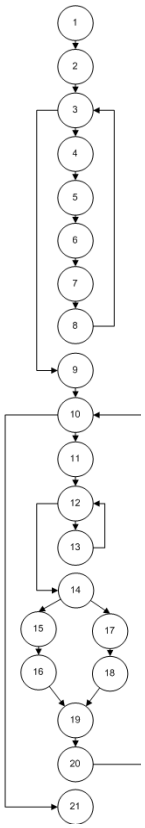
Pengujian *key schedule* rijndael dilakukan pada algoritma *key schedule* seperti pada tabel IV.9.

Tabel IV.9 Algoritma *Key Schedule* Rijndael

Line	Source
1	`byte[][] tmp = new byte[nb * (nr + 1)][4];`
2	`int i = 0;`
3	`while (i < nk) {`
4	`    tmp[i][0] = key[i * 4];`
5	`    tmp[i][1] = key[i * 4 + 1];`
6	`    tmp[i][2] = key[i * 4 + 2];`
7	`    tmp[i][3] = key[i * 4 + 3];`
8	`    i++;`
	`}`
9	`i = nk;`
10	`while (i < nb * (nr + 1)) {`
11	`    byte[] temp = new byte[4];`
12	`    for (int k = 0; k < 4; k++) {`
13	`        temp[k] = tmp[i - 1][k];`
	`    }`
14	`    if (i % nk == 0) {`
15	`        temp = subWord(rotWord(temp));`
16	`        temp[0] = (byte) (temp[0] ^ (rCon[i / nk] & 0xff));`
17	`    } else if (nk > 6 && i % nk == 4) {`
18	`        temp = subWord(temp);`
	`    }`
19	`    tmp[i] = xorFunc(tmp[i - nk], temp);`
20	`    i++;`
	`}`
21	`return tmp;`

1. *Flow Graph Key Schedule Rijndael*

Berdasarkan pada tabel IV.9 maka dapat dibentuk *flow graph* seperti pada gambar IV.6.



Gambar IV.6 *Flow Graph Key Schedule Rijndael*

Hitung *cyclomatic complexity* yaitu sebagai berikut:

Region = 5

V(G) = Edge – Node + 2

= 24 – 21 + 2

= 5

Berdasarkan pada hasil *cyclomatic complexity* maka didapat lima *independent path* yaitu:

1 = 1,2,3,4,5,6,7,8,3,9,10,11,12,13,12,14,15,16,19,20,10,21

2 = 1,2,3,4,5,6,7,8,3,9,10,11,12,13,12,14,17,18,19,20,10,21

3 = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,19,20,10,21

4 = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,17,18,19,20,10,21

5 = 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,21

2. *Graph Matrix Key Schedule Rijndael*

Graph matrix key schedule rijndael terlihat pada tabel IV.10.

Tabel IV.10 *Graph Matrix Key Schedule Rijndael*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	sum
1		1																				0
2			1						1													1
3				1																		0
4					1																	0
5						1																0
6							1															0
7								1														0
8			1						1													1
9										1												0
10											1										1	1
11												1										0
12													1	1								1
13														1								0
14															1		1					1
15																1						0
16																			1			0
17																		1				0
18																			1			0
19																				1		0
20										1												0
21																						0
Total																						4

V(G) = Jumlah *Graph Matrix* + 1

= 4 + 1

= 5

Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada setiap metode, dihasilkan nilai *Cyclomatic Complexity* yang sama yaitu 5, Maka dapat disimpulkan bahwa pengujian white box pada proses *key schedule* rijndael berjalan dengan baik, karena setiap pengujian menghasilkan nilai yang sama.

IV.2.3 Pengujian *Black Box*

Pengujian yang dilakukan yaitu terdiri dari pengujian kapasitas citra digital, pengujian performansi, pengujian kualitas citra digital, dan pengujian ketahanan citra digital.

IV.2.3.1 Pengujian Kapasitas

Pengujian kapasitas dilakukan untuk mengetahui ukuran pesan yang dapat disisipkan kedalam citra. Pengujian ini dilakukan terhadap empat format gambar yaitu bitmap, jpg, png, dan gif.

1. Pengujian Kapasitas Citra Bitmap

Pengujian kapasitas pada citra bitmap dilakukan menggunakan empat citra bitmap dengan berbagai ukuran. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel IV.11.

Tabel IV.11 Pengujian Kapasitas Citra Bitmap

NO	Nama Citra	Resolusi	Bit citra	Ukuran Citra (Byte)	Kapasitas (byte)	Persentase
I	Lena.bmp	512 x 512	24 bit	786,486	51,556	6.55%
II	BIGPlanet.bmp	1920 x 1020	24 bit	6,220,856	411,525	6.61%
III	serra.bmp	1880 x 2816	24 bit	15,882,296	995,476	6.26%
IV	planBooklet.bmp	1372 x 2972	24 bit	12,232,806	812,412	6.64%
					Rata-rata	**6.52%**

Berdasarkan pada tabel IV.11 citra *bitmap* mempunyai kapasitas yang lebih kecil dari ukuran citra aslinya. Rata-rata persentase kapasitas penyimpanan pesan pada citra bitmap yaitu 6.52% dari ukuran citranya.

2. Pengujian Kapasitas Citra JPG

Pengujian kapasitas pada citra JPG dilakukan menggunakan empat citra JPG dengan berbagai ukuran. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel IV.12.

Tabel IV.12 Pengujian Kapasitas Citra JPG

NO	Nama Citra	Resolusi	Bit citra	Ukuran Citra (Byte)	Kapasitas (byte)	Persentase
I	Baboon.jpg	256 x 256	24 bit	102,652	15,918	15.51%
II	Lena.jpg	512 x 512	24 bit	91,814	51,124	55.68%
III	desert.jpg	640 x 480	24 bit	264,659	59,567	22.51%
IV	baseline.jpg	2048 x 1536	24 bit	768,608	621,669	80.88%
					Rata-rata	**43.64%**

Berdasarkan pada tabel IV.12 citra JPG mempunyai kapasitas yang lebih kecil dari ukuran citra aslinya. Rata-rata persentase kapasitas penyimpanan pesan pada citra JPG yaitu 43.64% dari ukuran citranya.

3. Pengujian Kapasitas Citra PNG

Pengujian kapasitas pada citra PNG dilakukan menggunakan empat citra PNG dengan berbagai ukuran. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel IV.13.

Tabel IV.13 Pengujian Kapasitas Citra PNG

NO	Nama Citra	Resolusi	Bit citra	Ukuran Citra (Byte)	Kapasitas (byte)	Persentase
I	Flower.png	512 x 512	24 bit	312,111	31,661	10.14%
II	Wallpaper.png	1920 x 1080	24 bit	1,911,685	413,799	21.65%
III	Sonic.png	1543 x 1024	24 bit	895,380	300,057	33.51%
IV	Galaxy.png	1920 x 2560	24 bit	3,511,513	930,666	26.50%
					Rata-rata	**22.95%**

Berdasarkan pada tabel IV.13 citra PNG mempunyai kapasitas yang lebih kecil dari ukuran citra aslinya. Rata-rata persentase kapasitas penyimpanan pesan pada citra PNG yaitu 22.95% dari ukuran citranya.

4. Pengujian Kapasitas Citra GIF

Pengujian kapasitas pada citra GIF dilakukan menggunakan empat citra GIF dengan berbagai ukuran. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel IV.14.

Tabel IV.14 Pengujian Kapasitas Citra GIF

NO	Nama Citra	Resolusi	Bit citra	Ukuran Citra (Byte)	Kapasitas (byte)	Persentase
I	Landscape.gif	678 x 435	8 bit	179,727	56,970	31.70%
II	Baboon.gif	512 x 512	8 bit	215,430	66,249	30.75%
III	Map.gif	2168 x 2000	8 bit	1,125,872	812,891	72.20%
IV	Lena.gif	512 x 512	8 bit	278,643	51,663	18.54%
					Rata-rata	**38.30%**

Berdasarkan pada tabel IV.14 citra *GIF* mempunyai kapasitas yang lebih kecil dari ukuran citra aslinya. Rata-rata persentase kapasitas penyimpanan pesan pada citra GIF yaitu 38.30% dari ukuran citranya.

Kapasitas penyimpanan pesan menggunakan metode pixel value differencing berdasarkan pada tabel IV.15, mempunyai rata-rata 27.85% dari ukuran citranya. Nilai tersebut didapat dari rata-rata kapasitas penyimpanan pesan pada setiap format citra yang diuji.

Tabel IV.15 Rata-rata Kapasitas Penyimpanan Pesan

Format Citra	Persentase
Bitmap	**6.52%**
JPG	**43.64%**
PNG	**22.95%**
GIF	**38.30%**
Rata-rata	**27.85%**

IV.2.3.2 Pengujian Performansi

Pengujian performansi dilakukan untuk mengetahui kinerja dari proses penyisipan dan ekstraksi steganografi menggunakan metode *pixel value differencing* (PVD) dilihat dari waktu prosesnya. Pengujian ini pun akan dilakukan perbandingan dengan performansi metode *Least Significant Bits* (LSB) dengan citra dan pesan yang sama.

IV.2.3.2.1 Pengujian Performansi Metode *Pixel Value Differencing* (PVD)

Pengujian dilakukan terhadap empat format citra berbeda yaitu pada format bitmap, jpg, png dan gif.

A. Pengujian Performansi Pada Citra Bitmap Metode PVD

Pengujian performansi pada citra bitmap dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

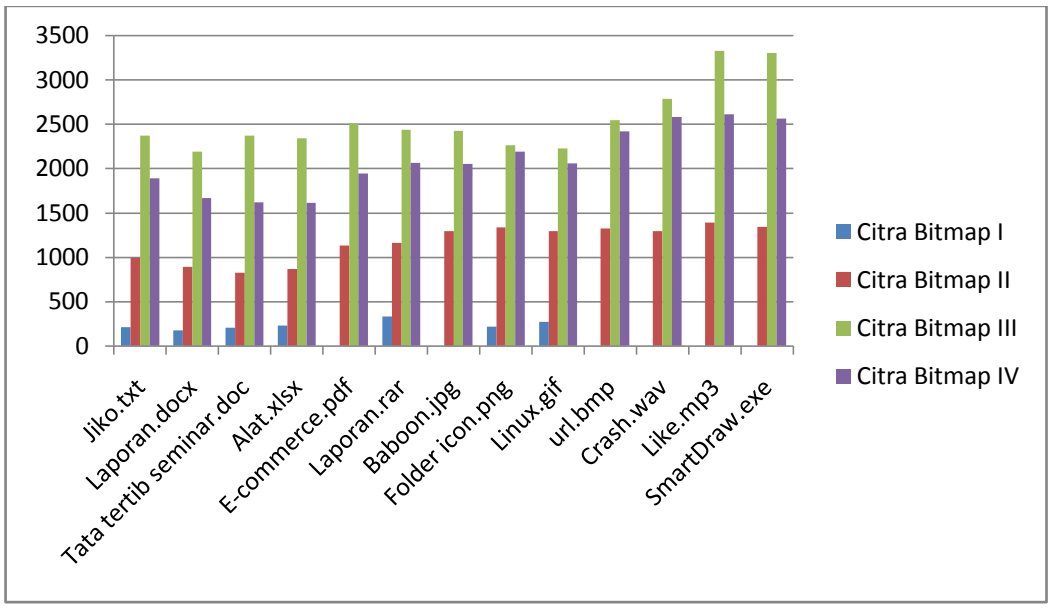
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra bitmap dapat dilihat pada tabel IV.16.

Tabel IV.16 Pengujian Performansi Penyisipan Citra Bitmap Metode PVD

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	211	993	2375	1890
Laporan.docx	13,975	175	893	2191	1667
Tata tertib seminar.doc	7	202	823	2372	1623
Alat.xlsx	10,152	226	869	2343	1616
E-commerce.pdf	233,173	-	1135	2510	1944
Laporan.rar	11,128	330	1165	2438	2068
Baboon.jpg	77,156	-	1296	2425	2055
Folder icon.png	26,695	214	1337	2267	2191
Linux.gif	21,531	269	1294	2226	2061
url.bmp	263,222	-	1326	2548	2421
Crash.wav	188,040	-	1297	2791	2583
Like.mp3	387,805	-	1392	3329	2614
SmartDraw.exe	245,192	-	1343	3307	2567
Rata-rata		**232.43**	**1166.38**	**2547.85**	**2100**

Hasil pengujian pada tabel IV.16 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.7.



Gambar IV.7 Grafik Performansi Penyisipan Citra Bitmap Metode PVD

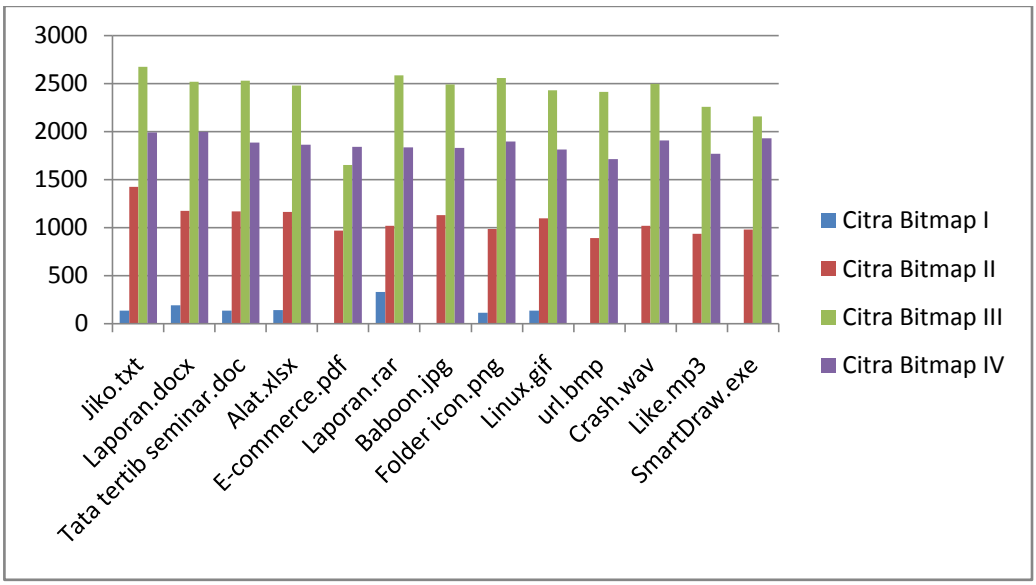
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra bitmap dapat dilihat pada tabel IV.17.

Tabel IV.17 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra Bitmap Metode PVD

Pesan	**Ukuran (Bytes)**	**Waktu Proses Citra (ms)**			
		I	**II**	**III**	**IV**
Jiko.txt	148	134	1425	2675	1991
Laporan.docx	13,975	192	1172	2523	1996
Tata tertib seminar.doc	7	136	1167	2532	1889
Alat.xlsx	10,152	139	1161	2485	1863
E-commerce.pdf	233,173	-	968	1655	1843
Laporan.rar	11,128	330	1021	2587	1834
Baboon.jpg	77,156	-	1129	2495	1832
Folder icon.png	26,695	113	985	2561	1898
Linux.gif	21,531	134	1095	2432	1816
url.bmp	263,222	-	892	2413	1713
Crash.wav	188,040	-	1020	2501	1910
Like.mp3	387,805	-	937	2259	1770
SmartDraw.exe	245,192	-	981	2160	1933
Rata-rata		**168.29**	**1073.31**	**2406**	**1868.31**

Hasil pengujian pada tabel IV.17 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.8.



Gambar IV.8 Grafik Performansi Ekstraksi Citra Bitmap Metode PVD

B. Pengujian Performansi Pada Citra JPG Metode PVD

Pengujian performansi pada citra JPG dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

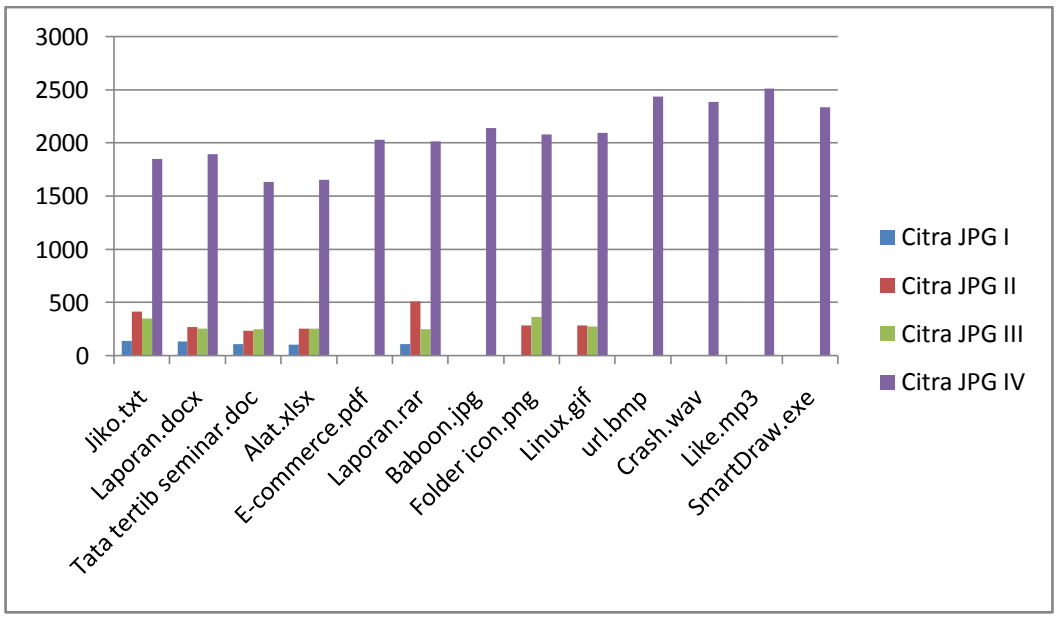
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra JPG dapat dilihat pada tabel IV.18.

Tabel IV.18 Pengujian Performansi Penyisipan Citra JPG Metode PVD

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	138	417	351	1851
Laporan.docx	13,975	133	269	255	1894
Tata tertib seminar.doc	7	108	238	250	1635
Alat.xlsx	10,152	107	255	257	1658
E-commerce.pdf	233,173	-	-	-	2032
Laporan.rar	11,128	110	513	249	2016
Baboon.jpg	77,156	-	-	-	2141
Folder icon.png	26,695	-	288	364	2084
Linux.gif	21,531	-	284	277	2096
url.bmp	263,222	-	-	-	2439
Crash.wav	188,040	-	-	-	2390
Like.mp3	387,805	-	-	-	2512
SmartDraw.exe	245,192	-	-	-	2340
Rata-rata		**119.2**	**973.43**	**286.14**	**2083.69**

Hasil pengujian pada tabel IV.18 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.9.



Gambar IV.9 Grafik Performansi Penyisipan Citra JPG Metode PVD

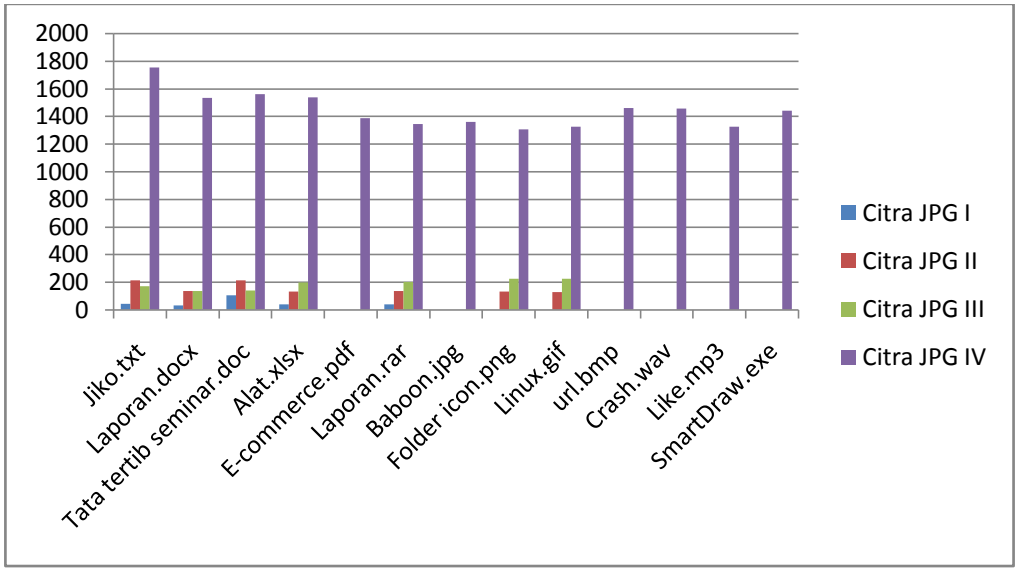
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra JPG dapat dilihat pada tabel IV.19.

Tabel IV.19 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra JPG Metode PVD

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	43	213	171	1758
Laporan.docx	13,975	30	134	134	1535
Tata tertib seminar.doc	7	105	213	138	1562
Alat.xlsx	10,152	37	130	198	1538
E-commerce.pdf	233,173	-	-	-	1388
Laporan.rar	11,128	40	135	200	1348
Baboon.jpg	77,156	-	-	-	1361
Folder icon.png	26,695	-	131	226	1308
Linux.gif	21,531	-	129	225	1325
url.bmp	263,222	-	-	-	1462
Crash.wav	188,040	-	-	-	1459
Like.mp3	387,805	-	-	-	1327
SmartDraw.exe	245,192	-	-	-	1443
Rata-rata		**51**	**155**	**184.57**	**1447.23**

Hasil pengujian pada tabel IV.19 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.10.



Gambar IV.10 Grafik Performansi Ekstraksi Citra JPG Metode PVD

C. Pengujian Performansi Pada Citra PNG Metode PVD

Pengujian performansi pada citra PNG dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

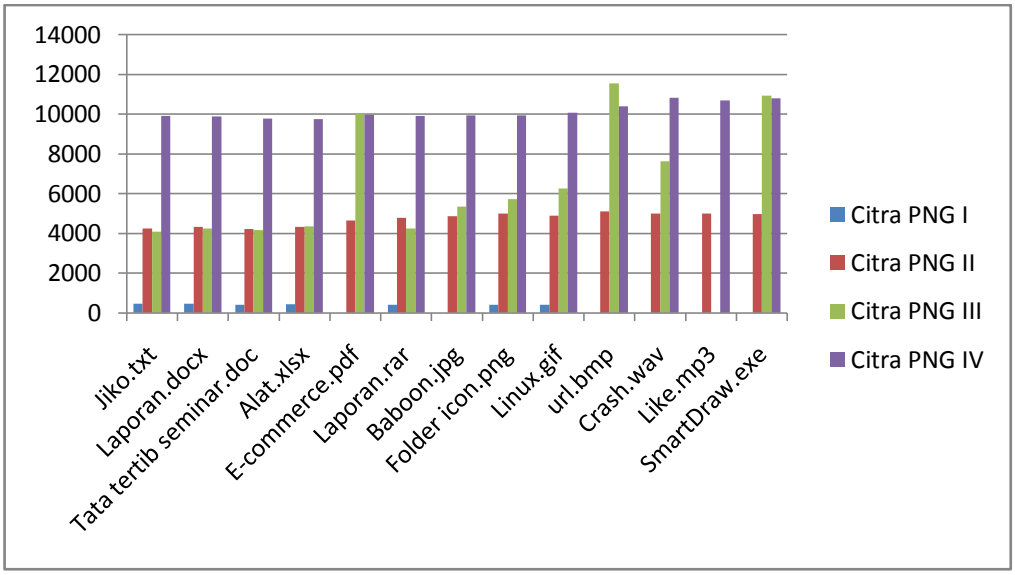
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra PNG dapat dilihat pada tabel IV.20.

Tabel IV.20 Pengujian Performansi Penyisipan Citra PNG Metode PVD

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	465	4259	4091	9920
Laporan.docx	13,975	468	4336	4250	9901
Tata tertib seminar.doc	7	415	4223	4162	9769
Alat.xlsx	10,152	426	4325	4350	9744
E-commerce.pdf	233,173	-	4662	10035	9966
Laporan.rar	11,128	411	4783	4236	9911
Baboon.jpg	77,156	-	4871	5334	9952
Folder icon.png	26,695	404	4989	5727	9931
Linux.gif	21,531	410	4903	6268	10077
url.bmp	263,222	-	5097	11553	10403
Crash.wav	188,040	-	4996	7635	10842
Like.mp3	387,805	-	4991	-	10690
SmartDraw.exe	245,192	-	4978	10924	10815
Rata-rata		**428.43**	**4724.08**	**6547.08**	**10147.77**

Hasil pengujian pada tabel IV.20 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.11.



Gambar IV.11 Grafik Performansi Penyisipan Citra PNG Metode PVD

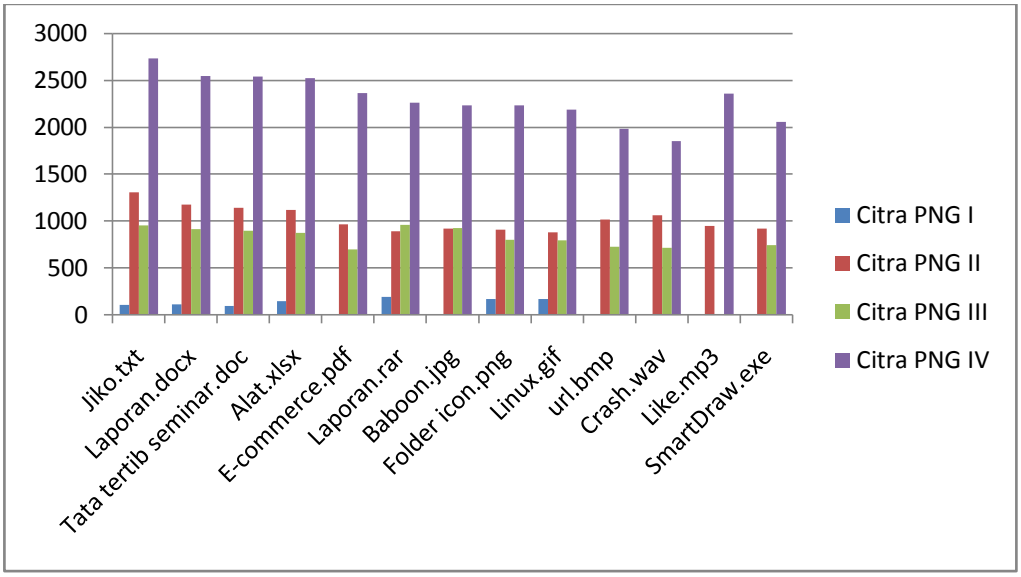
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra PNG dapat dilihat pada tabel IV.21.

Tabel IV.21 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra PNG Metode PVD

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	111	1309	954	2736
Laporan.docx	13,975	113	1180	915	2553
Tata tertib seminar.doc	7	99	1145	897	2546
Alat.xlsx	10,152	147	1122	877	2527
E-commerce.pdf	233,173	-	969	698	2366
Laporan.rar	11,128	194	896	960	2263
Baboon.jpg	77,156	-	924	928	2240
Folder icon.png	26,695	172	913	805	2239
Linux.gif	21,531	169	885	799	2190
url.bmp	263,222	-	1018	730	1986
Crash.wav	188,040	-	1064	715	1856
Like.mp3	387,805	-	949	-	2361
SmartDraw.exe	245,192	-	922	744	2059
Rata-rata		**143.57**	**1022.77**	**835.17**	**2301.69**

Hasil pengujian pada tabel IV.21 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.12.



Gambar IV.12 Grafik Performansi Ekstraksi Citra PNG Metode PVD

D. Pengujian Performansi Pada Citra GIF Metode PVD

Pengujian performansi pada citra GIF dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

1. Penyisipan

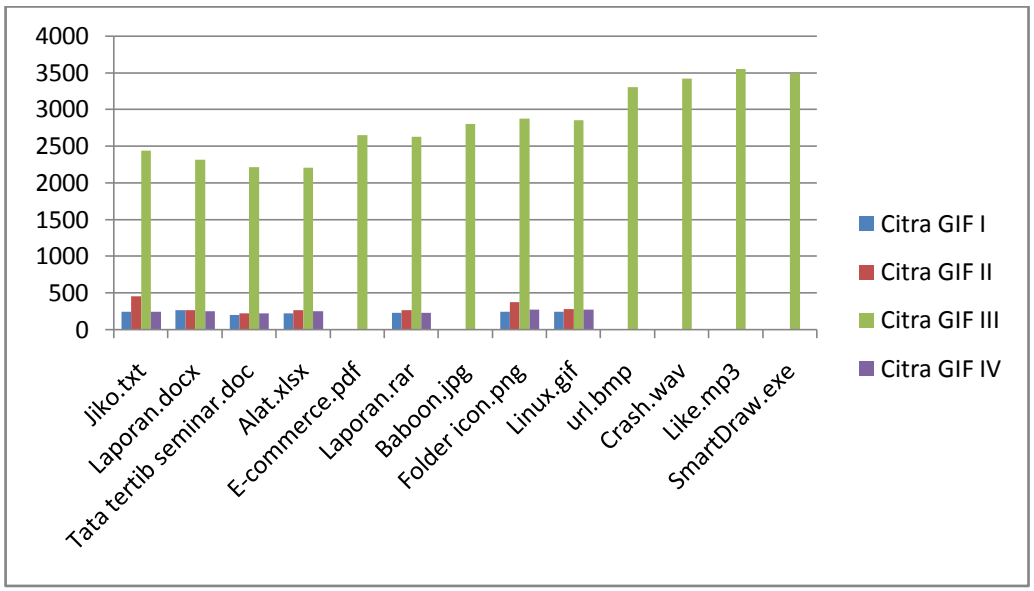
Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra GIF dapat dilihat pada tabel IV.22.

Tabel IV.22 Pengujian Performansi Penyisipan Citra GIF Metode PVD

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	246	459	2443	247
Laporan.docx	13,975	268	266	2320	257
Tata tertib seminar.doc	7	203	228	2220	223
Alat.xlsx	10,152	225	270	2212	258
E-commerce.pdf	233,173	-	-	2651	-
Laporan.rar	11,128	232	267	2633	231
Baboon.jpg	77,156	-	-	2806	-
Folder icon.png	26,695	245	375	2878	273
Linux.gif	21,531	250	283	2859	280
url.bmp	263,222	-	-	3310	-

Crash.wav	188,040	-	-	3425	-
Like.mp3	387,805	-	-	3559	-
SmartDraw.exe	245,192	-	-	3497	-
Rata-rata		**238.43**	**306.86**	**2831.77**	**252.71**

Hasil pengujian pada tabel IV.22 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.13.



Gambar IV.13 Grafik Performansi Penyisipan Citra GIF Metode PVD

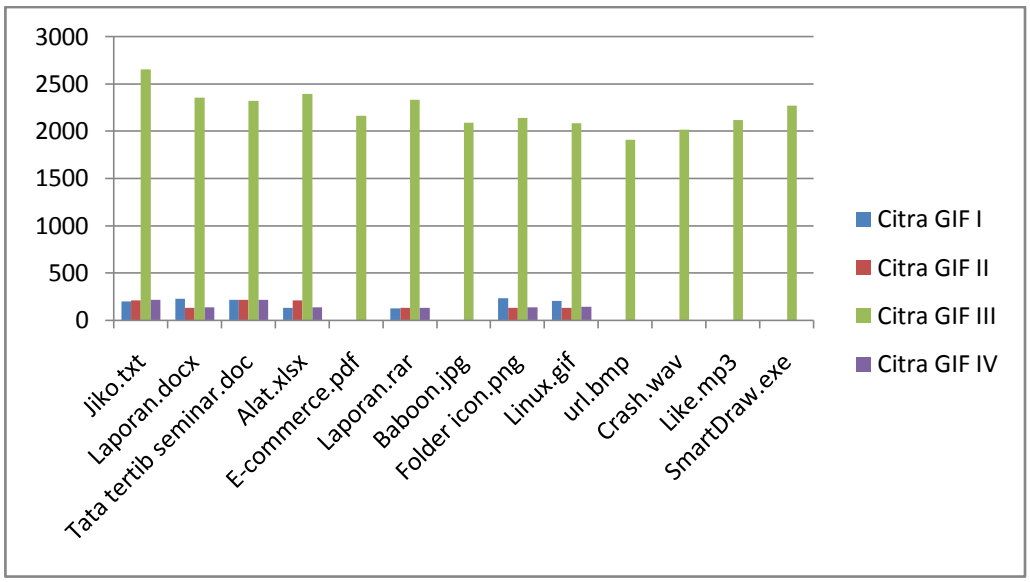
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra GIF dapat dilihat pada tabel IV.23.

Tabel IV.23 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra GIF Metode PVD

Pesan	**Ukuran (Bytes)**	**Waktu Proses Citra (ms)**			
		I	**II**	**III**	**IV**
Jiko.txt	148	198	209	2658	217
Laporan.docx	13,975	227	130	2355	137
Tata tertib seminar.doc	7	213	214	2324	217
Alat.xlsx	10,152	129	209	2396	137
E-commerce.pdf	233,173	-	-	2162	-
Laporan.rar	11,128	126	129	2334	128
Baboon.jpg	77,156	-	-	2089	-
Folder icon.png	26,695	230	131	2144	136
Linux.gif	21,531	202	131	2083	139
url.bmp	263,222	-	-	1912	-
Crash.wav	188,040	-	-	2016	-
Like.mp3	387,805	-	-	2119	-
SmartDraw.exe	245,192	-	-	2271	-
Rata-rata		**189.29**	**164.86**	**2220.23**	**158.71**

Hasil pengujian pada tabel IV.23 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.14.



Gambar IV.14 Grafik Performansi Ekstraksi Citra GIF Metode PVD

IV.2.3.2.2 Pengujian Performansi Metode Least Significant Bits (LSB)

Pengujian dilakukan terhadap empat format citra berbeda yaitu pada format bitmap, jpg, png dan gif.

A. Pengujian Performansi Pada Citra Bitmap Metode LSB

Pengujian performansi pada citra bitmap dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

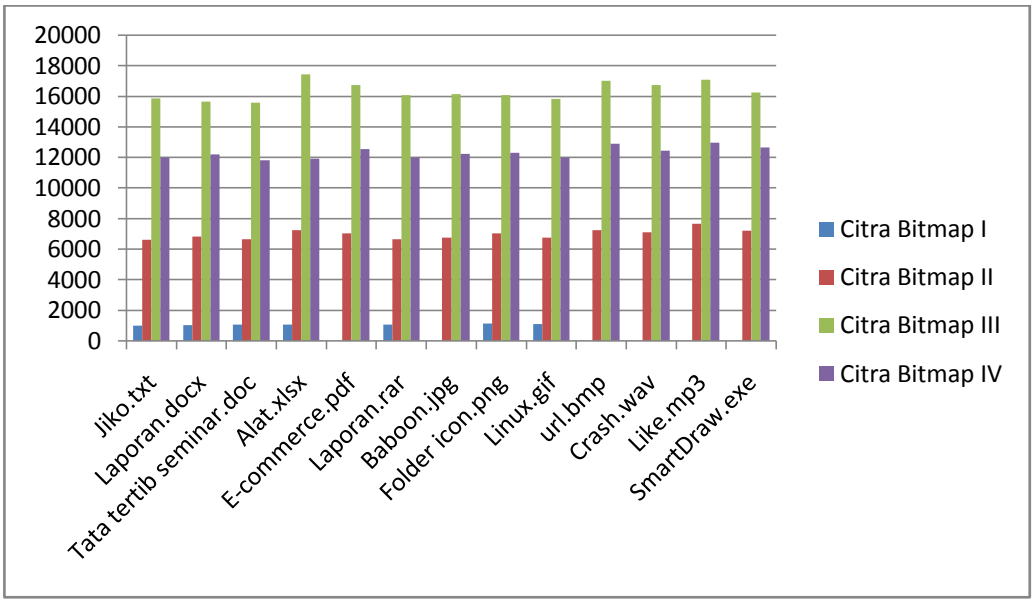
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra bitmap dapat dilihat pada tabel IV.24.

Tabel IV.24 Pengujian Performansi Penyisipan Citra Bitmap Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	1027	6617	15878	12009
Laporan.docx	13,975	1060	6824	15661	12201
Tata tertib seminar.doc	7	1084	6659	15593	11838
Alat.xlsx	10,152	1086	7265	17462	11938
E-commerce.pdf	233,173	-	7068	16743	12563
Laporan.rar	11,128	1094	6668	16090	11996
Baboon.jpg	77,156	-	6770	16146	12242
Folder icon.png	26,695	1155	7066	16095	12317
Linux.gif	21,531	1126	6778	15850	12014
url.bmp	263,222	-	7270	17048	12919
Crash.wav	188,040	-	7135	16767	12457
Like.mp3	387,805	-	7696	17120	12971
SmartDraw.exe	245,192	-	7222	16272	12653
Rata-rata		**1090.29**	**7002.92**	**16363.46**	**12316.77**

Hasil pengujian pada tabel IV.24 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.15.



Gambar IV.15 Grafik Performansi Penyisipan Citra Bitmap Metode LSB

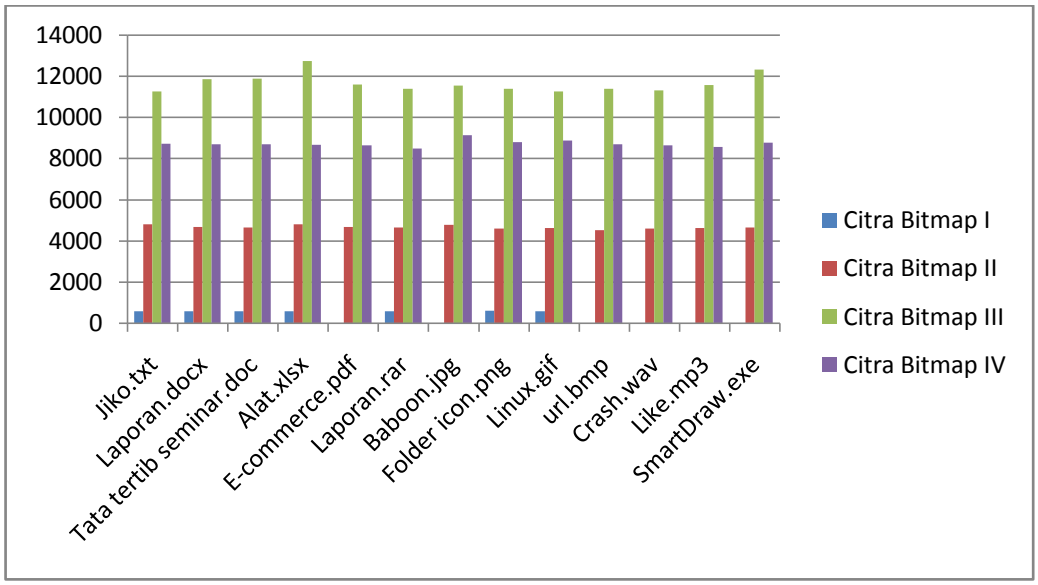
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra bitmap dapat dilihat pada tabel IV.25.

Tabel IV.25 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra Bitmap Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	568	4811	11265	8730
Laporan.docx	13,975	567	4663	11872	8694
Tata tertib seminar.doc	7	562	4645	11903	8690
Alat.xlsx	10,152	569	4812	12759	8664
E-commerce.pdf	233,173	-	4686	11619	8644
Laporan.rar	11,128	574	4658	11407	8495
Baboon.jpg	77,156	-	4790	11570	9152
Folder icon.png	26,695	607	4601	11409	8804
Linux.gif	21,531	562	4626	11283	8874
url.bmp	263,222	-	4518	11409	8693
Crash.wav	188,040	-	4589	11314	8637
Like.mp3	387,805	-	4633	11581	8560
SmartDraw.exe	245,192	-	4651	12334	8778
Rata-rata		**572.71**	**4667.92**	**11671.15**	**8724.23**

Hasil pengujian pada tabel IV.25 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.16.



Gambar IV.16 Grafik Performansi Ekstraksi Citra Bitmap Metode LSB

B. Pengujian Performansi Pada Citra JPG Metode LSB

Pengujian performansi pada citra JPG dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

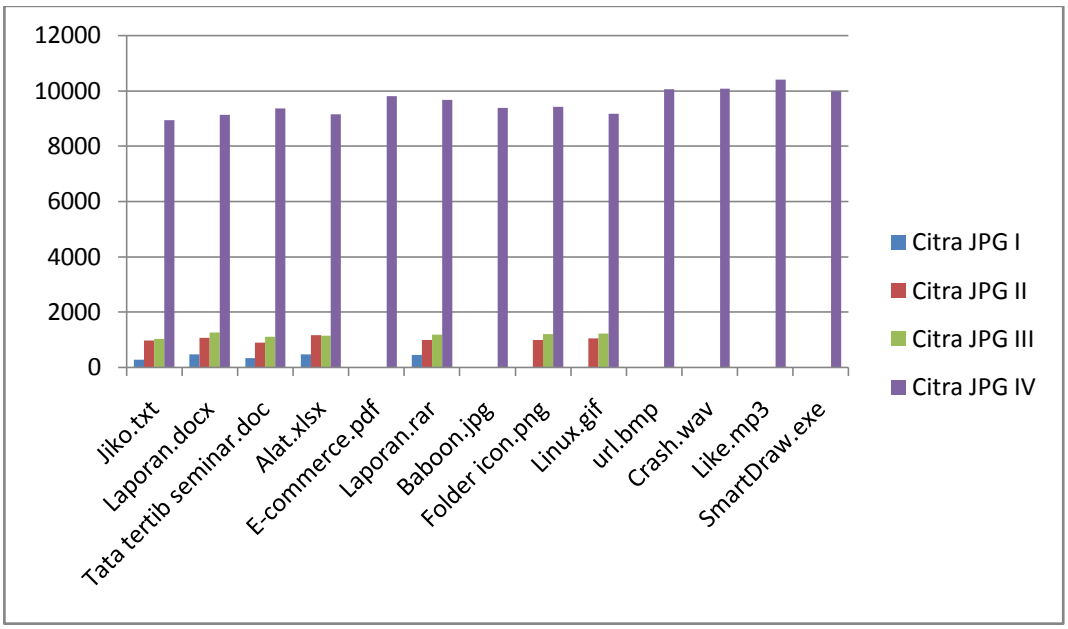
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra JPG dapat dilihat pada tabel IV.26.

Tabel IV.26 Pengujian Performansi Penyisipan Citra JPG Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	293	993	1035	8958
Laporan.docx	13,975	481	1082	1272	9154
Tata tertib seminar.doc	7	354	908	1127	9372
Alat.xlsx	10,152	474	1172	1166	9171
E-commerce.pdf	233,173	-	-	-	9823
Laporan.rar	11,128	458	1010	1199	9693
Baboon.jpg	77,156	-	-	-	9390
Folder icon.png	26,695	-	1007	1217	9432
Linux.gif	21,531	-	1057	1243	9174
url.bmp	263,222	-	-	-	10071
Crash.wav	188,040	-	-	-	10089
Like.mp3	387,805	-	-	-	10422
SmartDraw.exe	245,192	-	-	-	9992
Rata-rata		**412**	**1032.71**	**1179.86**	**9595.46**

Hasil pengujian pada tabel IV.26 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.17.



Gambar IV.17 Grafik Performansi Penyisipan Citra JPG Metode LSB

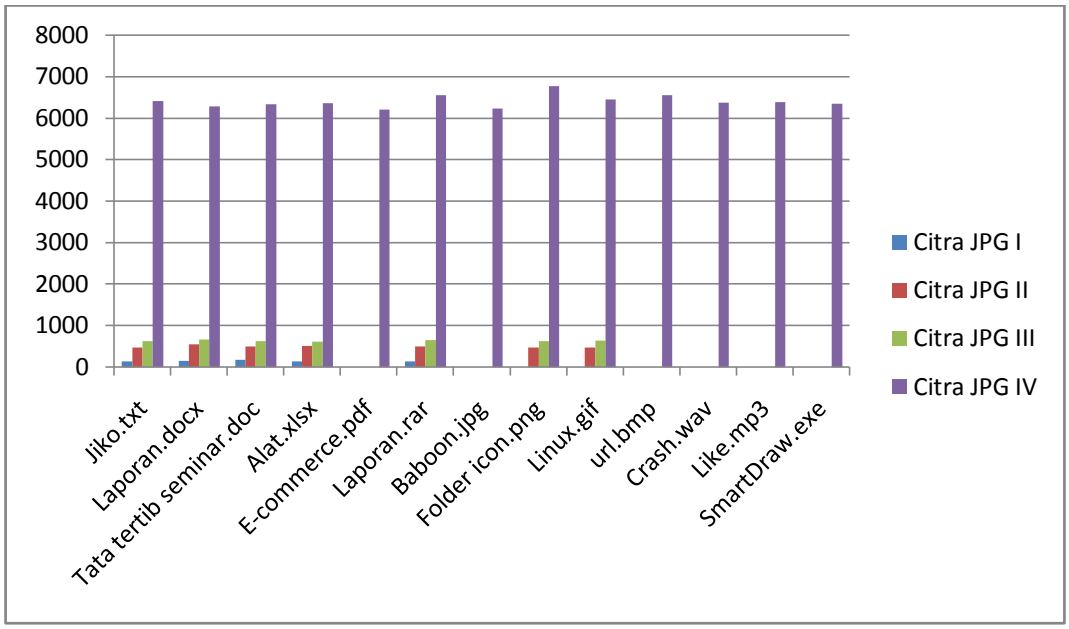
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra JPG dapat dilihat pada tabel IV.27.

Tabel IV.27 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra JPG Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	136	478	624	6420
Laporan.docx	13,975	153	551	667	6291
Tata tertib seminar.doc	7	179	498	635	6339
Alat.xlsx	10,152	146	519	621	6361
E-commerce.pdf	233,173	-	-	-	6207
Laporan.rar	11,128	144	497	652	6565
Baboon.jpg	77,156	-	-	-	6234
Folder icon.png	26,695	-	481	634	6780
Linux.gif	21,531	-	481	641	6458
url.bmp	263,222	-	-	-	6561
Crash.wav	188,040	-	-	-	6375
Like.mp3	387,805	-	-	-	6386
SmartDraw.exe	245,192	-	-	-	6351
Rata-rata		**151.6**	**500.71**	**639.14**	**6409.85**

Hasil pengujian pada tabel IV.27 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.18.



Gambar IV.18 Grafik Performansi Ekstraksi Citra JPG Metode LSB

C. Pengujian Performansi Pada Citra PNG Metode LSB

Pengujian performansi pada citra PNG dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

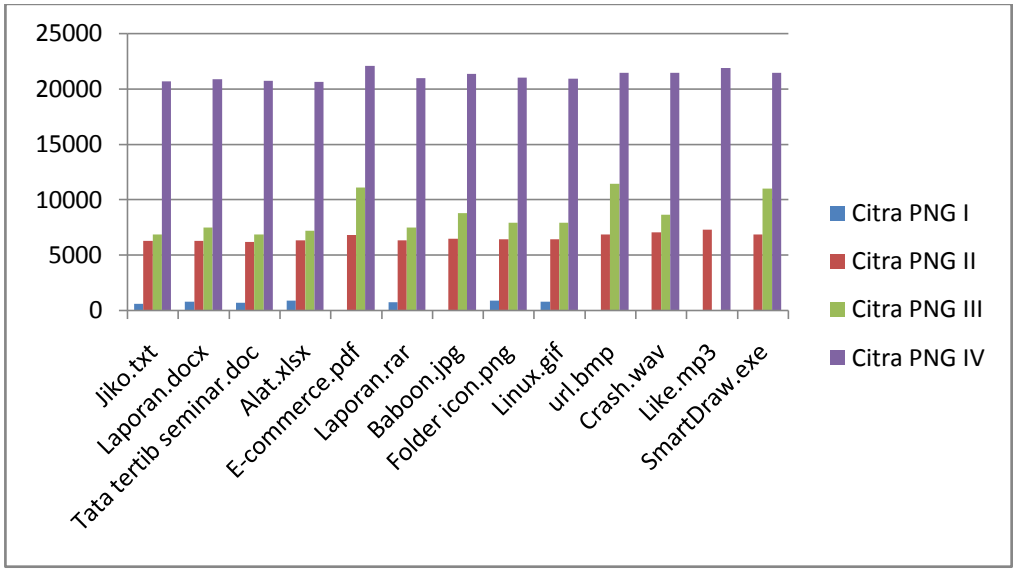
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra PNG dapat dilihat pada tabel IV.28.

Tabel IV.28 Pengujian Performansi Penyisipan Citra PNG Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	602	6261	6875	20727
Laporan.docx	13,975	764	6292	7500	20905
Tata tertib seminar.doc	7	679	6162	6864	20769
Alat.xlsx	10,152	849	6305	7196	20658
E-commerce.pdf	233,173	-	6816	11082	22100
Laporan.rar	11,128	742	6330	7457	20987
Baboon.jpg	77,156	-	6448	8786	21359
Folder icon.png	26,695	846	6414	7932	21023
Linux.gif	21,531	754	6431	7928	20937
url.bmp	263,222	-	6865	11425	21500
Crash.wav	188,040	-	7042	8660	21481
Like.mp3	387,805	-	7286	-	21902
SmartDraw.exe	245,192	-	6854	11006	21477
Rata-rata		**748**	**6577.38**	**8559.25**	**21217.31**

Hasil pengujian pada tabel IV.28 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.19.



Gambar IV.19 Grafik Performansi Penyisipan Citra PNG Metode LSB

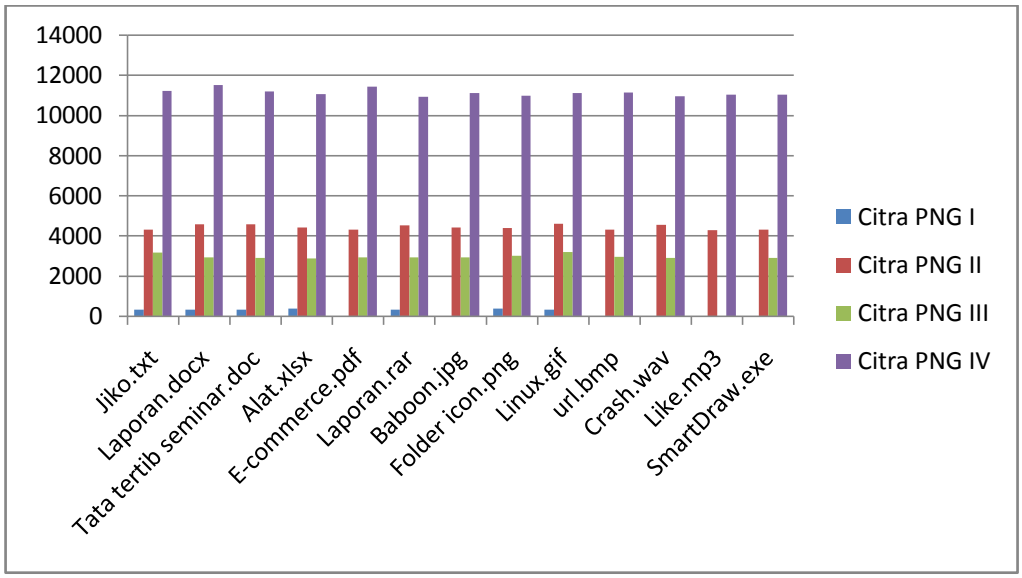
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra PNG dapat dilihat pada tabel IV.29.

Tabel IV.29 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra PNG Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	344	4318	3201	11239
Laporan.docx	13,975	342	4590	2949	11527
Tata tertib seminar.doc	7	341	4605	2933	11204
Alat.xlsx	10,152	408	4441	2902	11080
E-commerce.pdf	233,173	-	4321	2938	11441
Laporan.rar	11,128	342	4548	2954	10954
Baboon.jpg	77,156	-	4424	2943	11140
Folder icon.png	26,695	393	4419	3018	10998
Linux.gif	21,531	339	4614	3205	11137
url.bmp	263,222	-	4318	2968	11148
Crash.wav	188,040	-	4571	2922	10962
Like.mp3	387,805	-	4311	-	11045
SmartDraw.exe	245,192	-	4342	2920	11054
Rata-rata		**358.43**	**4447.85**	**2987.75**	**11148.38**

Hasil pengujian pada tabel IV.29 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.20.



Gambar IV.20 Grafik Performansi Ekstraksi Citra PNG Metode LSB

D. Pengujian Performansi Pada Citra GIF Metode LSB

Pengujian performansi pada citra GIF dibagi menjadi dua yaitu pengujian performansi pada proses penyisipan, dan pengujian performansi pada proses ekstraksi.

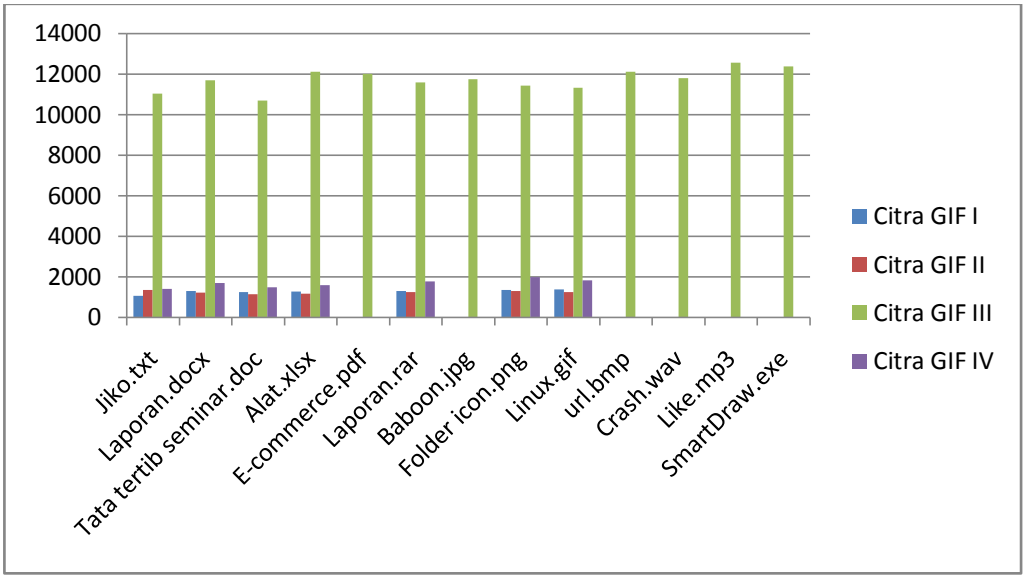
1. Penyisipan

Hasil pengujian performansi dari proses penyisipan pada citra GIF dapat dilihat pada tabel IV.30.

Tabel IV.30 Pengujian Performansi Penyisipan Citra GIF Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	1066	1340	11045	1407
Laporan.docx	13,975	1298	1210	11710	1675
Tata tertib seminar.doc	7	1236	1127	10705	1484
Alat.xlsx	10,152	1272	1170	12116	1574
E-commerce.pdf	233,173	-	-	12014	-
Laporan.rar	11,128	1284	1230	11599	1772
Baboon.jpg	77,156	-	-	11755	-
Folder icon.png	26,695	1348	1287	11441	1983
Linux.gif	21,531	1383	1236	11330	1807
url.bmp	263,222	-	-	12123	-
Crash.wav	188,040	-	-	11804	-
Like.mp3	387,805	-	-	12564	-
SmartDraw.exe	245,192	-	-	12401	-
Rata-rata		**1269.57**	**1228.57**	**11739**	**1671.71**

Hasil pengujian pada tabel IV.30 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.21.



Gambar IV.21 Grafik Performansi Penyisipan Citra GIF Metode LSB

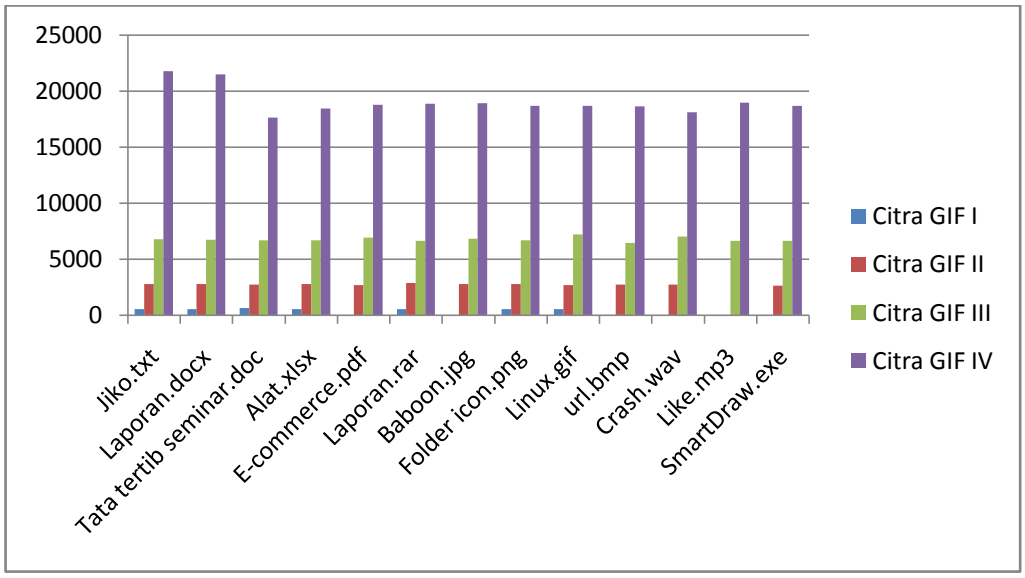
2. Ekstraksi

Hasil pengujian performansi dari proses ekstraksi pada citra GIF dapat dilihat pada tabel IV.31.

Tabel IV.31 Pengujian Performansi Ekstraksi Citra GIF Metode LSB

Pesan	Ukuran (Bytes)	Waktu Proses Citra (ms)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	567	433	6815	465
Laporan.docx	13,975	595	405	6750	453
Tata tertib seminar.doc	7	644	408	6737	463
Alat.xlsx	10,152	564	486	6715	447
E-commerce.pdf	233,173	-	-	6936	-
Laporan.rar	11,128	564	464	6661	454
Baboon.jpg	77,156	-	-	6838	-
Folder icon.png	26,695	569	394	6734	479
Linux.gif	21,531	583	398	7255	457
url.bmp	263,222	-	-	6479	-
Crash.wav	188,040	-	-	7051	-
Like.mp3	387,805	-	-	6647	-
SmartDraw.exe	245,192	-	-	6661	-
Rata-rata		**583.71**	**426.86**	**6790.69**	**459.71**

Hasil pengujian pada tabel IV.31 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.22.



Gambar IV.22 Grafik Performansi Ekstraksi Citra GIF Metode LSB

IV.2.3.2.3 Pengujian Perbandingan Performansi

Pengujian ini yaitu membandingkan rata-rata waktu proses pada metode (PVD) dengan (LSB). Pengujian dilakukan pada rata-rata waktu proses di setiap format citra, yaitu bitmap, JPG, PNG, dan GIF.

A. Perbandingan Performansi Pada Citra Bitmap

Perbandingan performansi pada citra bitmap dilakukan pada dua proses yaitu proses penyisipan dan ekstraksi.

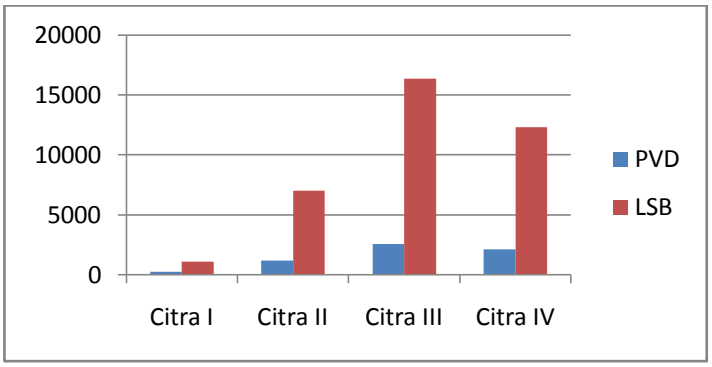
1. Penyisipan

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.32.

Tabel IV.32 Perbandingan Performansi Penyisipan Citra Bitmap

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	232.43	1090.29
II	1166.38	7002.92
III	2547.85	16363.46
IV	2100	12316.77

Perbandingan performansi pada tabel IV.32 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.23



Gambar IV.23 Grafik Perbandingan Performansi Penyisipan Citra Bitmap

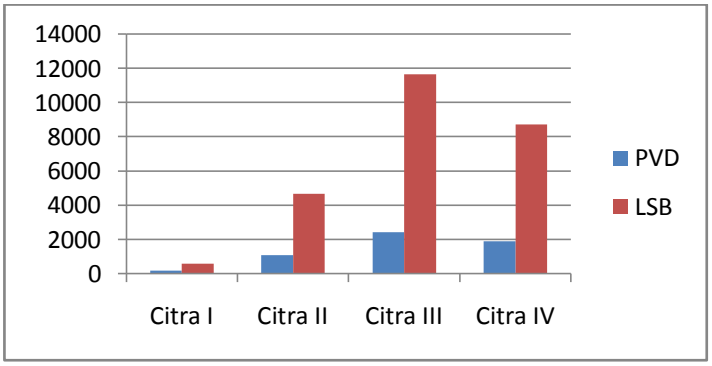
2. Ekstraksi

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.33.

Tabel IV.33 Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra Bitmap

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	168.29	572.71
II	1073.31	4667.92
III	2406	11671.15
IV	1868.31	8724.23

Perbandingan performansi pada tabel IV.33 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.24



Gambar IV.24 Grafik Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra Bitmap

B. Perbandingan Performansi Pada Citra JPG

Perbandingan performansi pada citra JPG dilakukan pada dua proses yaitu proses penyisipan dan ekstraksi.

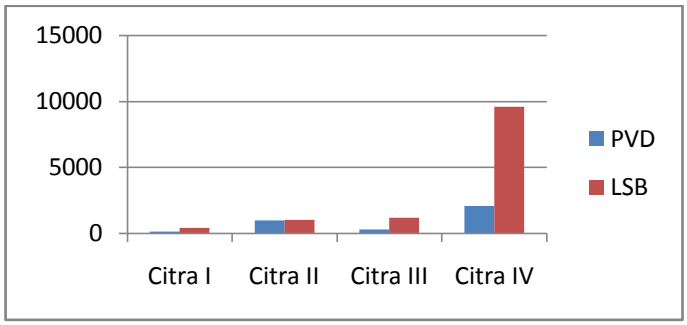
1. Penyisipan

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.34.

Tabel IV.34 Perbandingan Performansi Penyisipan Citra JPG

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	119.2	412
II	973.43	1032.71
III	286.14	1179.86
IV	2083.69	9595.46

Perbandingan performansi pada tabel IV.34 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.25



Gambar IV.25 Grafik Perbandingan Performansi Penyisipan Citra JPG

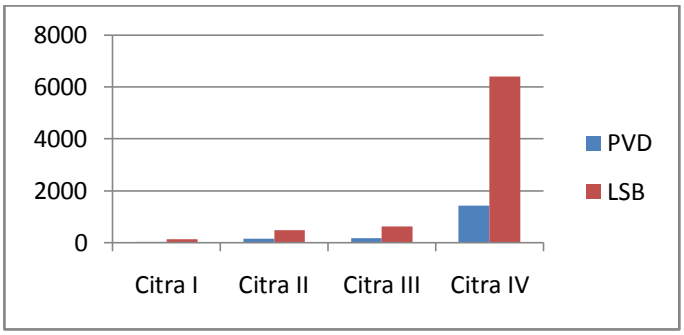
2. Ekstraksi

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.35.

Tabel IV.35 Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra JPG

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	51	151.6
II	155	500.71
III	184.57	639.14
IV	1447.23	6409.85

Perbandingan performansi pada tabel IV.35 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.26



Gambar IV.26 Grafik Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra JPG

C. Perbandingan Performansi Pada Citra PNG

Perbandingan performansi pada citra PNG dilakukan pada dua proses yaitu proses penyisipan dan ekstraksi.

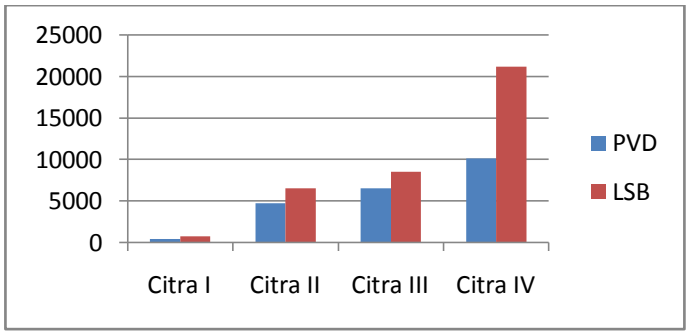
1. Penyisipan

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.36.

Tabel IV.36 Perbandingan Performansi Penyisipan Citra PNG

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	428.43	748
II	4724.08	6577.38
III	6547.08	8559.25
IV	10147.77	21217.31

Perbandingan performansi pada tabel IV.36 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.27



Gambar IV.27 Grafik Perbandingan Performansi Penyisipan Citra PNG

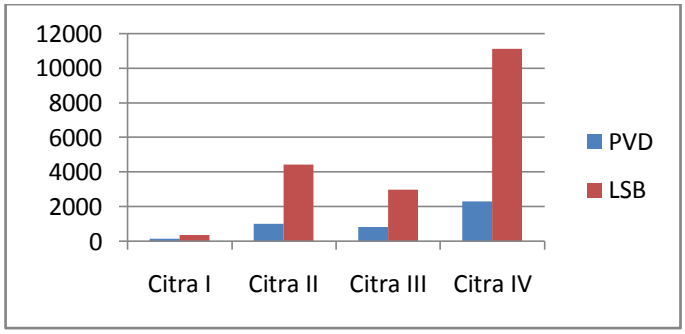
2. Ekstraksi

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.37.

Tabel IV.37 Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra PNG

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	143.57	358.43
II	1022.77	4447.85
III	835.17	2987.75
IV	2301.69	11148.38

Perbandingan performansi pada tabel IV.37 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.28



Gambar IV.28 Grafik Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra PNG

D. Perbandingan Performansi Pada Citra GIF

Perbandingan performansi pada citra GIF dilakukan pada dua proses yaitu proses penyisipan dan ekstraksi.

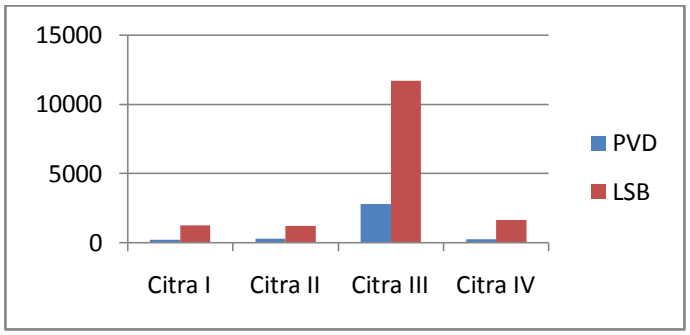
1. Penyisipan

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.38.

Tabel IV.38 Perbandingan Performansi Penyisipan Citra GIF

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	238.43	1269.57
II	306.86	1228.57
III	2831.77	11739
IV	252.71	1671.71

Perbandingan performansi pada tabel IV.38 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.29



Gambar IV.29 Grafik Perbandingan Performansi Penyisipan Citra GIF

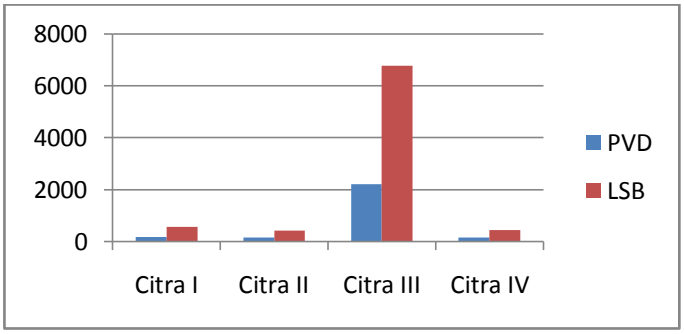
2. Ekstraksi

Perbandingan performansi pada proses penyisipan dapat dilihat pada tabel IV.39.

Tabel IV.39 Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra GIF

Citra	Performansi PVD (ms)	Performansi LSB (ms)
I	189.29	583.71
II	164.86	426.86
III	2220.23	6790.69
IV	158.71	459.71

Perbandingan performansi pada tabel IV.39 dapat dilihat lebih jelas pada grafik seperti pada gambar IV.30



Gambar IV.30 Grafik Perbandingan Performansi Ekstraksi Citra GIF

Berdasarkan hasil pengujian performansi yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa metode PVD mempunyai waktu proses lebih cepat dibandingkan dengan waktu proses dari metode LSB.

IV.2.3.3 Pengujian Kualitas Citra

Pengujian kualitas citra dilakukan untuk mengetahui kualitas citra yang telah disisipi pesan. Kualitas pada citra dapat diketahui menggunakan *Peak Signal to Noise Ratio* (PSNR) yang merupakan standar pengukuran error pada pengolahan citra. Kualitas citra yang telah dimanipulasi pada umumnya mempunyai nilai PSNR yang berada pada rentang antara 20 – 40db[6]. Pengujian kualitas dilakukan terhadap empat format citra yaitu bitmap, jpg, png, dan gif.

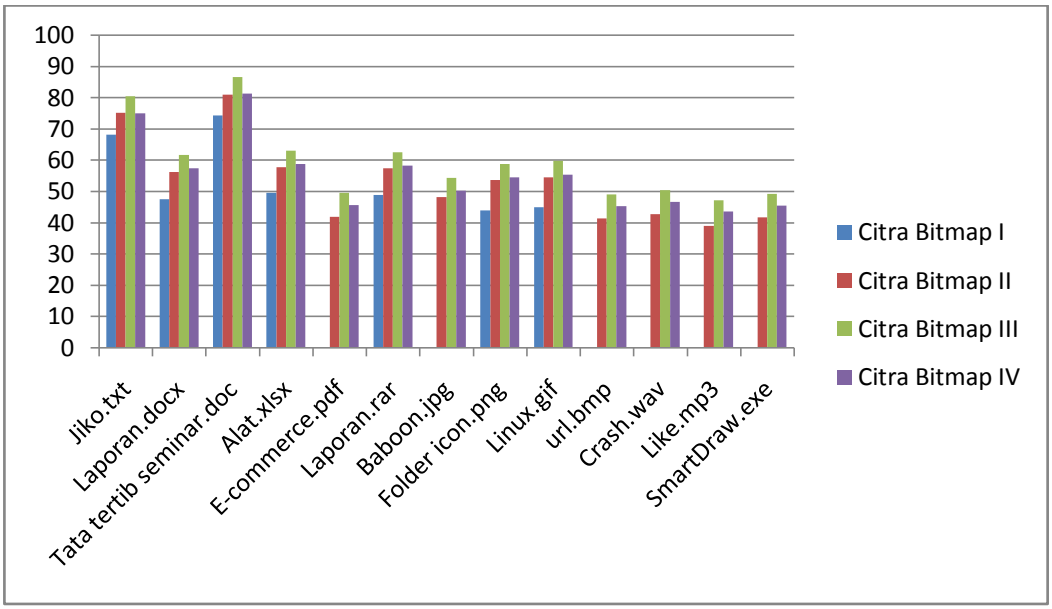
1. Pengujian Kualitas Citra Bitmap

Pengujian kualitas pada citra bitmap ini dilakukan terhadap empat citra berbeda dengan format bitmap. Hasil dari pengujian ini terlihat pada tabel IV.40.

Tabel IV.40 Pengujian Kualitas Citra Bitmap

Pesan	Ukuran (bytes)	Nilai PSNR Citra (db)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	68.19	75.15	80.49	74.99
Laporan.docx	13,975	47.50	56.24	61.69	57.41
Tata tertib seminar.doc	7	74.34	81.10	86.75	81.31
Alat.xlsx	10,152	49.57	57.76	63.01	58.84
E-commerce.pdf	233,173	-	41.95	49.50	45.71
Laporan.rar	11,128	48.90	57.44	62.54	58.33
Baboon.jpg	77,156	-	48.28	54.30	50.28
Folder icon.png	26,695	43.93	53.60	58.80	54.61
Linux.gif	21,531	45.03	54.53	59.76	55.40
url.bmp	263,222	-	41.39	48.98	45.22
Crash.wav	188,040	-	42.76	50.49	46.61
Like.mp3	387,805	-	38.89	47.22	43.64
SmartDraw.exe	245,192	-	41.68	49.28	45.48
Rata-rata PSNR		**53.92**	**53.14**	**59.45**	**55.22**
		55.43			

Hasil pengujian pada tabel IV.40 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.31.



Gambar IV.31 Grafik Pengujian Kualitas Citra Bitmap

Pengujian kualitas citra bitmap seperti pada tabel IV.40 menunjukan, kualitas citra yang telah disisipi pesan mempunyai nilai PSNR rata-rata 55.43 db.

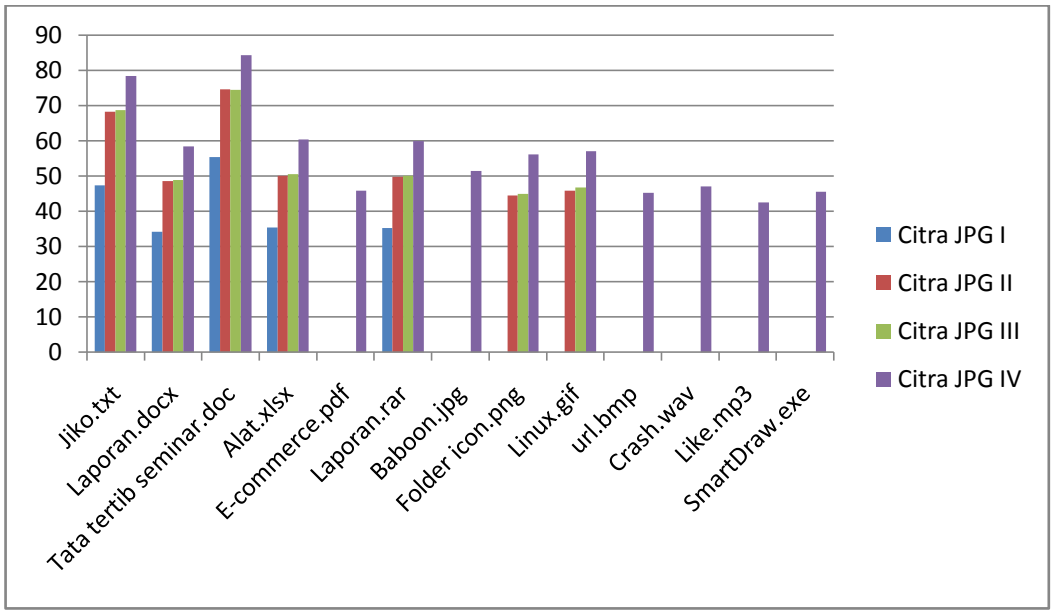
2. Pengujian Kualitas Citra JPG

Pengujian kualitas pada citra JPG ini dilakukan terhadap empat citra berbeda dengan format JPG. Hasil dari pengujian ini terlihat pada tabel IV.41.

Tabel IV.41 Pengujian Kualitas Citra JPG

Pesan	Ukuran (byte)	Nilai PSNR Citra (db)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	47.43	68.29	68.84	78.41
Laporan.docx	13,975	34.24	48.65	48.98	58.48
Tata tertib seminar.doc	7	55.45	74.67	74.48	84.39
Alat.xlsx	10,152	35.42	50.22	50.64	60.52
E-commerce.pdf	233,173	-	-	-	45.93
Laporan.rar	11,128	35.37	49.79	50.21	60.05
Baboon.jpg	77,156	-	-	-	51.52
Folder icon.png	26,695	-	44.57	45.05	56.21
Linux.gif	21,531	-	45.95	46.86	57.11
url.bmp	263,222	-	-	-	45.37
Crash.wav	188,040	-	-	-	47.07
Like.mp3	387,805	-	-	-	42.62
SmartDraw.exe	245,192	-	-	-	45.66
Rata-rata PSNR		**41.58**	**54.59**	**55.01**	**56.41**
		51.9			

Hasil pengujian pada tabel IV.41 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.32.



Gambar IV.32 Grafik Pengujian Kualitas Citra JPG

Pengujian kualitas citra JPG seperti pada tabel IV.41 menunjukan, kualitas citra yang telah disisipi pesan mempunyai nilai PSNR rata-rata 51.9 db.

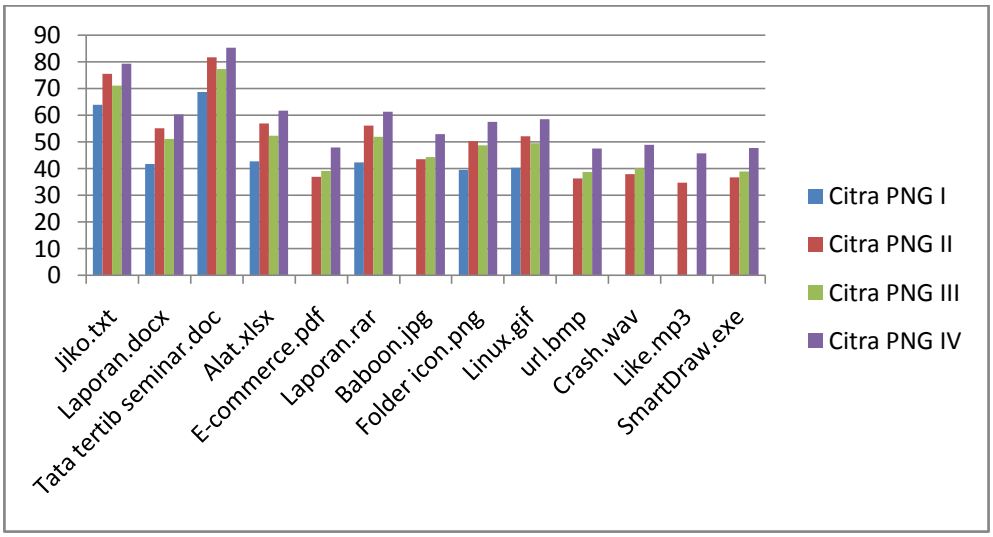
3. Pengujian Kualitas Citra PNG

Pengujian kualitas pada citra PNG ini dilakukan terhadap empat citra berbeda dengan format PNG. Hasil dari pengujian ini terlihat pada tabel IV.42.

Tabel IV.42 Pengujian Kualitas Citra PNG

Pesan	Ukuran (byte)	Nilai PSNR Citra (db)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	63.97	75.57	71.11	79.40
Laporan.docx	13,975	41.84	55.26	51.11	60.45
Tata tertib seminar.doc	7	68.78	81.77	77.39	85.32
Alat.xlsx	10,152	42.83	56.93	52.45	61.90
E-commerce.pdf	233,173	-	36.98	39.24	48.07
Laporan.rar	11,128	42.35	56.25	51.91	61.44
Baboon.jpg	77,156	-	43.64	44.43	52.95
Folder icon.png	26,695	39.61	50.31	48.74	57.64
Linux.gif	21,531	40.41	52.14	49.51	58.58
url.bmp	263,222	-	36.37	38.85	47.55
Crash.wav	188,040	-	38.00	40.29	48.99
Like.mp3	387,805	-	34.87	-	45.82
SmartDraw.exe	245,192	-	36.73	39.05	47.84
Rata-rata PSNR		**48.54**	**50.37**	**50.34**	**58.15**
		51.85			

Hasil pengujian pada tabel IV.42 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.33.



Gambar IV.33 Grafik Pengujian Kualitas Citra PNG

Pengujian kualitas citra PNG seperti pada tabel IV.42 menunjukan, kualitas citra yang telah disisipi pesan mempunyai nilai PSNR rata-rata 51.85 db.

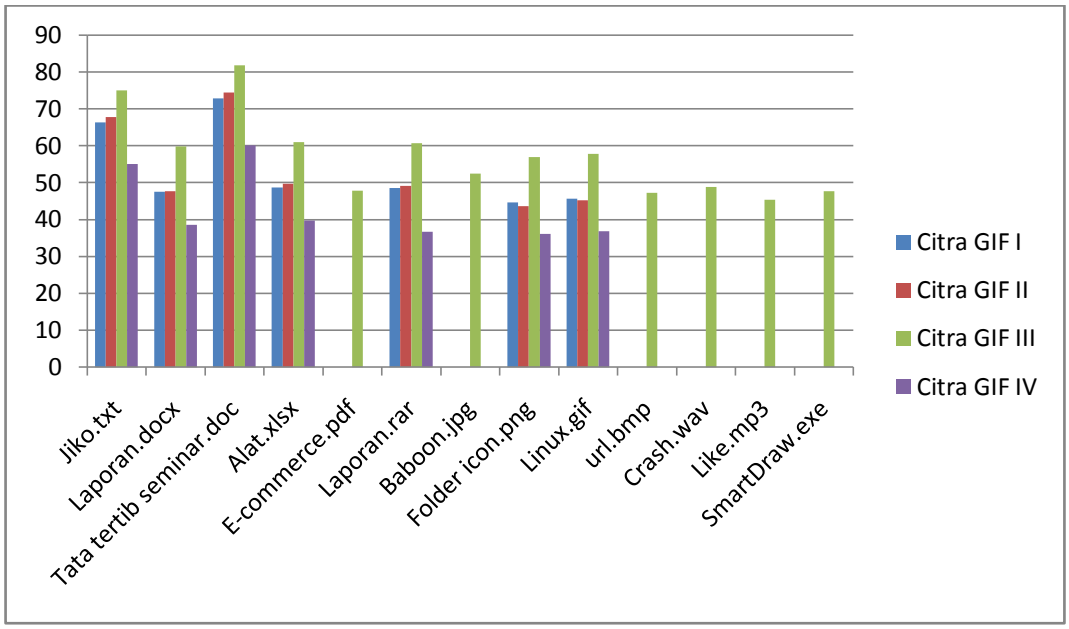
4. Pengujian Kualitas Citra GIF

Pengujian kualitas pada citra GIF ini dilakukan terhadap empat citra berbeda dengan format GIF. Hasil dari pengujian ini terlihat pada tabel IV.43.

Tabel IV.43 Pengujian Kualitas Citra GIF

Pesan	Ukuran (byte)	Nilai PSNR Citra (db)			
		I	II	III	IV
Jiko.txt	148	66.48	67.93	75.10	55.18
Laporan.docx	13,975	47.55	47.73	59.91	38.59
Tata tertib seminar.doc	7	72.99	74.59	81.89	60.21
Alat.xlsx	10,152	48.83	49.73	61.12	39.82
E-commerce.pdf	233,173	-	-	47.91	-
Laporan.rar	11,128	48.59	49.25	60.75	36.72
Baboon.jpg	77,156	-	-	52.54	-
Folder icon.png	26,695	44.74	43.76	56.98	36.19
Linux.gif	21,531	45.73	45.25	57.95	36.91
url.bmp	263,222	-	-	47.34	-
Crash.wav	188,040	-	-	48.87	-
Like.mp3	387,805	-	-	45.49	-
SmartDraw.exe	245,192	-	-	47.68	-
Rata-rata PSNR		**53.56**	**54.03**	**57.19**	**43.37**
		52.04			

Hasil pengujian pada tabel IV.43 dapat dilihat pada grafik seperti pada gambar IV.34.



Gambar IV.34 Grafik Pengujian Kualitas Citra GIF

Pengujian kualitas citra GIF seperti pada tabel IV.43 menunjukan, kualitas citra yang telah disisipi pesan mempunyai nilai PSNR rata-rata 52.04 db.

Berdasarkan pada pengujian kualitas terhadap empat format citra yaitu bitmap, jpg, png, dan gif dengan pesan yang sama, didapatkan rata-rata kualitas citra yaitu 52.81 db seperti pada tabel IV.44, yang berarti kualitas citra yang telah disisipi pesan masih dalam keadaan baik.

Tabel IV.44 Rata-rata Kualitas Citra

Citra	PSNR (db)
Bitmap	55.43
JPG	51.9
PNG	51.85
GIF	52.04
Rata-rata	**52.81**

IV.2.3.4 Pengujian Ketahanan

Pengujian ketahanan dilakukan untuk mengetahui ketahanan pesan yang telah tersisipi didalam citra, jika dilakukan manipulasi terhadap citra, dan untuk mengetahui ketahanan terhadap aplikasi *steganalysis.* Manipulasi yang dilakukan terhadap citra yaitu dengan melakukan *rotate left*, *rotate right, rotate 180^o*, *resize -5%, Grayscale*, dan *Croping*. Pengujian ketahanan dilakukan terhadap empat format citra yaitu Bitmap, jpg, png, dan gif.

1. Pengujian Ketahanan Citra Bitmap

Hasil pengujian ketahanan pada citra bitmap terhadap manipulasi dapat dilihat pada tabel IV.45.

Tabel IV.45 Pengujian Ketahanan Terhadap Manipulasi Citra Bitmap

Citra Bitmap	Rotate Left	Rotate Right	Rotate 180^o	Resize -5%	Grayscale	Crop
I	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
II	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
III	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
IV	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal

Pengujian ketahanan terhadap aplikasi *Steganalysis* dilakukan menggunakan *tools* StegSpy2.1. Pengujian ini untuk mengetahui apakah pesan dapat terdeteksi oleh aplikasi steganalysis, atau tidak. Hasil pengujian seperti pada tabel IV.46.

Tabel IV.46 Pengujian Terhadap Aplikasi *Steganalysis* Citra Bitmap

Citra	Hasil Deteksi
I	Terdeteksi
II	Terdeteksi
III	Terdeteksi
IV	Terdeteksi

Pengujian ketahanan terhadap manipulasi yang dilakukan dengan hasil seperti pada tabel IV.45, menunjukan bahwa citra *bitmap* tidak tahan terhadap manipulasi. Sedangkan pada tabel IV.46 pengujian terhadap aplikasi *steganalysis*, citra *bitmap* yang tersisipi pesan dapat terdeteksi oleh aplikasi *steganalysis*.

2. Pengujian Ketahanan Citra JPG

Hasil pengujian ketahanan pada citra JPG terhadap manipulasi dapat dilihat pada tabel IV.47.

Tabel IV.47 Pengujian Ketahanan Terhadap Manipulasi Citra JPG

Citra JPG	Rotate Left	Rotate Right	Rotate 180^o	Resize -5%	Grayscale	Crop
I	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
II	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
III	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
IV	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal

Pengujian ketahanan terhadap aplikasi *steganalysis* dilakukan menggunakan *tools* StegSpy2.1. Pengujian ini untuk mengetahui apakah pesan dapat terdeteksi oleh aplikasi steganalysis, atau tidak. Hasil pengujian seperti pada tabel IV.48.

Tabel IV.48 Pengujian Terhadap Aplikasi *Steganalysis* Citra JPG

Citra	Hasil Deteksi
I	Terdeteksi
II	Terdeteksi
III	Terdeteksi
IV	Terdeteksi

Pengujian ketahanan terhadap manipulasi yang dilakukan dengan hasil seperti pada tabel IV.47, menunjukan bahwa citra *JPG* tidak tahan terhadap manipulasi. Sedangkan pada tabel IV.48 pengujian terhadap aplikasi *steganalysis*, citra *JPG* yang tersisipi pesan terdeteksi oleh aplikasi *steganalysis*.

3. Pengujian Ketahanan Citra PNG

Hasil pengujian ketahanan pada citra PNG terhadap manipulasi dapat dilihat pada tabel IV.49.

Tabel IV.49 Pengujian Ketahanan Terhadap Manipulasi Citra PNG

Citra PNG	Rotate Left	Rotate Right	Rotate 180^o	Resize -5%	Grayscale	Crop
I	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
II	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
III	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
IV	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal

Pengujian ketahanan terhadap aplikasi *steganalysis* dilakukan menggunakan *tools* StegSpy2.1. Pengujian ini untuk mengetahui apakah pesan dapat terdeteksi oleh aplikasi steganalysis, atau tidak. Hasil pengujian seperti pada tabel IV.50.

Tabel IV.50 Pengujian Terhadap Aplikasi *Steganalysis* Citra PNG

Citra	Hasil Deteksi
I	Terdeteksi
II	Terdeteksi
III	Terdeteksi
IV	Terdeteksi

Pengujian ketahanan terhadap manipulasi yang dilakukan dengan hasil seperti pada tabel IV.49, menunjukan bahwa citra *PNG* tidak tahan terhadap manipulasi. Sedangkan pada tabel IV.50 pengujian terhadap aplikasi *steganalysis*, citra *PNG* yang tersisipi pesan terdeteksi oleh aplikasi *steganalysis.*

4. Pengujian Ketahanan Citra GIF

Hasil pengujian ketahanan pada citra GIF terhadap manipulasi dapat dilihat pada tabel IV.51.

Tabel IV.51 Pengujian Ketahanan Terhadap Manipulasi Citra GIF

Citra GIF	Rotate Left	Rotate Right	Rotate 180^o	Resize -5%	Grayscale	Crop
I	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
II	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
III	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
IV	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal

Pengujian ketahanan terhadap aplikasi *steganalysis* dilakukan menggunakan *tools* StegSpy2.1. Pengujian ini untuk mengetahui apakah pesan dapat terdeteksi oleh aplikasi steganalysis, atau tidak. Hasil pengujian seperti pada tabel IV.52.

Tabel IV.52 Pengujian Terhadap Aplikasi *Steganalysis* Citra GIF

Citra	Hasil Deteksi
I	Terdeteksi
II	Terdeteksi
III	Terdeteksi
IV	Terdeteksi

Pengujian ketahanan terhadap manipulasi yang dilakukan dengan hasil seperti pada tabel IV.51, menunjukan bahwa citra *GIF* tidak tahan terhadap manipulasi. Sedangkan pada tabel IV.52 pengujian terhadap aplikasi *steganalysis*, citra *GIF* yang tersisipi pesan terdeteksi oleh aplikasi *steganalysis.*

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap empat format citra berbeda, metode *pixel value differencing* tidak tahan terhadap manipulasi citra dan

steganalysis. Ketahanan pada empat format citra terhadap manipulasi terlihat pada tabal IV.53 dan terhadap *steganalysis* terlihat pada tabel IV.54.

Tabel IV.53 Ketahanan Citra Terhadap Manipulasi

Citra	Rotate Left	Rotate Right	Rotate 180^o	Resize -5%	Grayscale	Crop
Bitmap	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
JPG	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
PNG	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal
GIF	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal	Gagal

Tabel IV.54 Ketahanan Citra Terhadap *Steganalysis*

Citra	Hasil Deteksi
Bitmap	Terdeteksi
JPG	Terdeteksi
PNG	Terdeteksi
GIF	Terdeteksi

IV.2.4 Kesimpulan Hasil Pengujian

Berdasarkan pada pengujian yang dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas citra menyisipkan pesan pada metode *pixel value differencing* (PVD) lebih kecil dari ukuran citranya, dengan rata-rata penyimpanan yaitu 27.85%.
2. Waktu proses penyisipan dan ekstraksi yang dibutuhkan oleh metode *pixel value differencing* (PVD) lebih cepat dibandingkan dengan metode *Least Significant Bit* (LSB).
3. Waktu proses ekstraksi lebih cepat dibandingkan dengan waktu proses penyisipan.
4. Kualitas citra yang dihasilkan setelah disisipi pesan masih tergolong baik dengan PSNR rata-rata 52.81db.
5. Metode *pixel value differencing* (PVD) tidak dapat mengekstrak citra yang telah dimanipulasi, dan metode PVD tidak tahan terhadap *steganalysis*.