BAB 4

PENGUJIAN

Pengujian adalah untuk mengetahui, apakah algoritma *Minimax* untuk mendapatkan solusi pada congklak berhasil atau tidak, serta apakah algoritma *Alpha-Beta Pruning* dapat menghemat waktu pencarian atau tidak. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang akurat, serta algoritma yang dirancang akan diimplementasikan dalam simulasi untuk mengetahui bagaimana kinerja performa dari algoritma serta seberapa cepat waktu algoritma dalam mengeksekusi dalam mendapatkan solusi. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan tahapan pengujian hasil *sample* dengan 2 pengujian yaitu :

1. Pengujian parameter biji dan lubang secara manual. Pengujian tahap ini akan dilakukan untuk mengetahui kemungkinan-kemungkinan langkah dari permainan congklak, dan jumlah langkah penelusuran algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan *Minimax* yang sudah dioptimasi dengan *Alpha-Beta Pruning,* dalam mengambil sebuah solusi, yang akan diperlihatkan dengan tabel dan grafik.
2. Pengujian parameter biji dan lubang serta level dengan simulasi. Pengujian tahap ini akan dilakukan untuk mengetahui kecepatan komputasi komputer berdasarkan waktu dan langkah.

Masing-masing sub-bab berikut akan menjelaskan tiap-tiap langkah di atas.

4.1 Pengujian Parameter Biji dan Lubang Uji Manual

Pengujian pada tahap pohon pencarian untuk menggambarkan semua kemungkinan posisi dan langkah-langkah yang dapat dicapai dalam sebuah *game* dengan menggunakan *Minimax* tanpa optimasi dan *Minimax* yang sudah dioptimasi dengan *Alpha-Beta Pruning.* Pengujiannya akan diambil 3 kasus untuk setiap lubang dan biji yang berbeda-beda dan untuk setiap Level akan diasumsikan menjadi 3 yaitu level *Mudah dengan 3 kedalaman*, *Sedang dengan 6*

kedalaman, dan *Sulit dengan 10 kedalaman*, pada level dibedakan menjadi 3 agar terlihat perbedaannya dan penentuan level ditentukan dengan *range* yang jauh karena agar terlihat perbedaan antara algoritma *Minimax* dan *Minimax dengan Optimasi Alpha-Beta Pruning*.

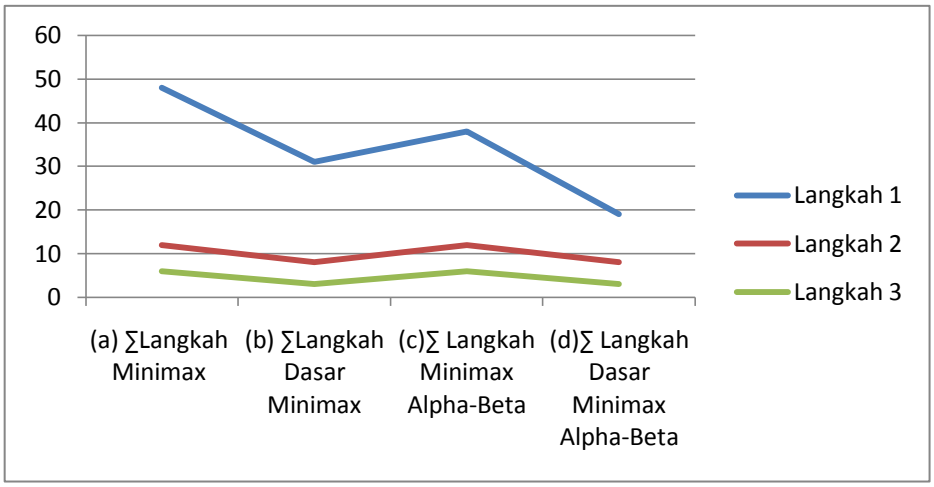
4.1.1 Hasil Uji pada 3 Lubang pada Level Mudah

Percobaan pada sub bab ini akan mencoba pada lubang "3" dengan 3 kali percobaan yaitu pada 3, 4 dan 6 biji. Hasil dari percobaan tersebut akan dimasukan ke dalam tabel dan akan di buat grafik agar terlihat perbedaannya, pada grafik nya akan dilakukakan pada setiap biji yang berbeda dan akan dibuatkan grafik untuk keseluruhan biji pada permainan congklak dengan lubang "3". Hasil uji coba akan diperlihatkan pada tabel dan grafik di bawah.

1. Hasil Uji pada 3 lubanng 3 biji pada Level Mudah

Tabel 4.1 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 3 Biiji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	1	5	1	3	48	31	38	19
		0	0	4	4	0				
	Human	0	0	1	3	3				
		2	2	1	6	0				
2	Komputer	0	0	1	0	8	12	8	12	8
		2	0	0	7	0				
	Human	0	1	2	0	8				
		5	1	1	0	0				
3	Komputer	0	0	0	0	12	6	3	6	3
		5	1	0	0	0				
	Human	0	0	0	0	12				
		6	0	0	0	0				



Gambar 4.1 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 3 Biiji Level Mudah

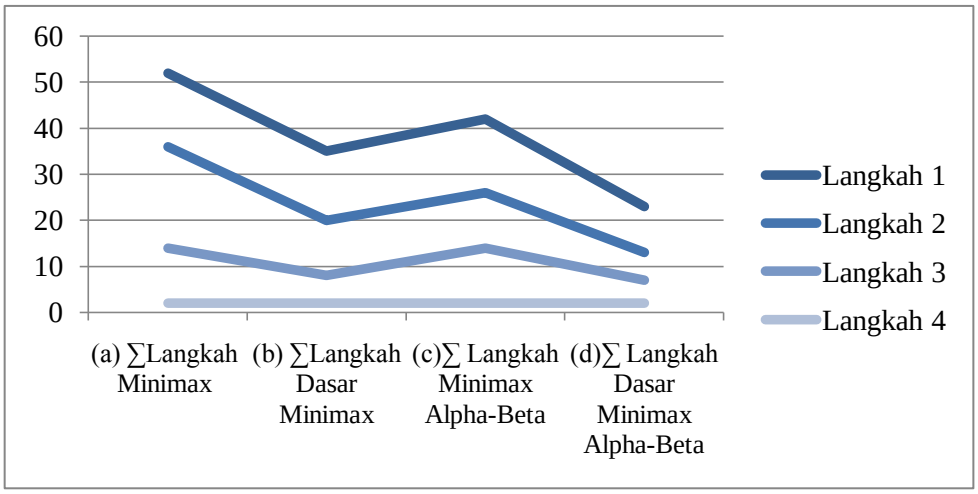
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 3 biji ini tidak terlalu terlihat perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "48" dan "31" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "38" dan "19" langkah.

2. Hasil Uji pada 3 lubanng 4 biji pada Level Mudah

Tabel 4.2 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 4 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	6	2	0	3	52	35	42	23
		0	6	1	6	0				
	Human	0	0	3	1	3				
		9	0	1	7	0				
2	Komputer	0	2	2	3	5	36	20	26	13
		9	2	0	1	0				
	Human	0	2	0	3	5				
		12	2	0	0	0				

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
3	Komputer	0	1	2	0	8	14	8	14	7
		12	0	1	0	0				
	Human	0	0	2	0	8				
		14	0	0	0	0				
4	Komputer	0	0	0	0	10	2	2	2	2
		14	0	0	0	0				



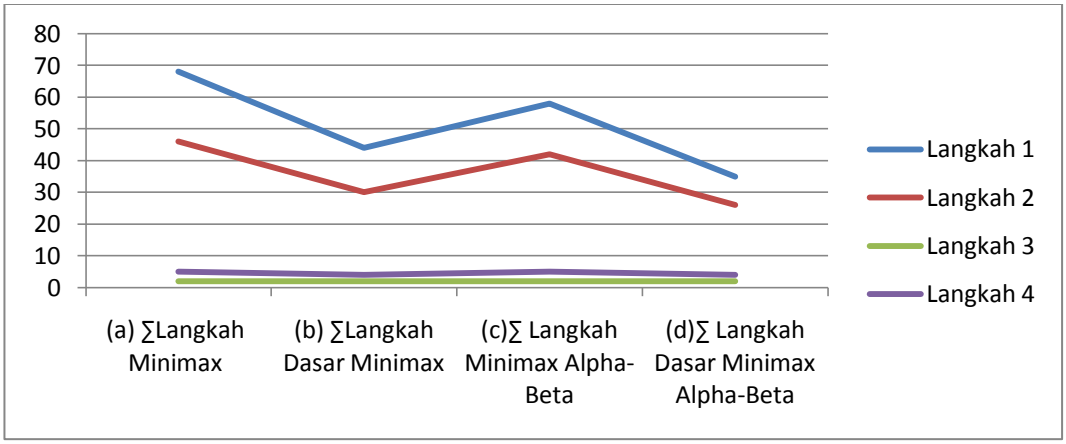
Gambar 4.2 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 4 Biiji Level Mudah

Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 4 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak “52” dan “35” langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak “42” dan “23” langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak “36” dan “20” langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak “26” dan “13” langkah, sedangkan pada solusi ke-3 hanya ditunjukan perbedaan pada proses pencarian nilai langkah dasarnya adalah “8” pada *Minimax* dan pada *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* “7” langkah.

3. Hasil Uji pada 3 lubang 5 biji pada level Mudah

Tabel 4.3 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 5 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks	Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
			∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0 7 2 8 3 0 1 1 8 0	68	44	58	35
	Human	0 0 2 8 3 9 0 0 8 0				
2	Komputer	0 3 1 3 7 9 3 3 1 0	46	30	42	26
	Human	0 0 0 4 7 15 0 4 0 0				
3	Komputer	0 0 0 0 8 15 1 5 1 0	2	2	2	2
	Human	0 1 1 0 8 19 1 0 0 0				
4	Komputer	0 0 0 0 10 19 1 0 0 0	5	4	5	4
	Human	0 0 0 0 10 20 0 0 0 0				



Gambar 4.3 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 5 Biiji Level Mudah

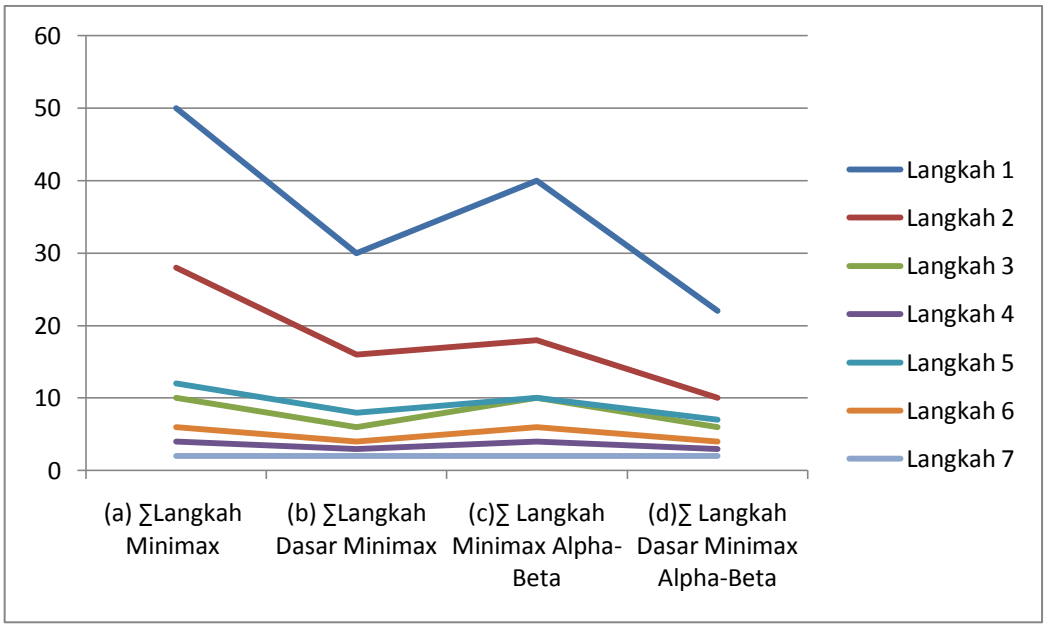
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 5 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "68" dan "44" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "58" dan "35" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "46" dan "30" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "42" dan "26" langkah.

4. Hasil Uji pada 3 lubang 6 biji pada level Mudah

Tabel 4.4 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 6 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	0	1	8	11	50	30	40	22
		0	0	8	8	0				
	Human	0	0	4	11	11				
		3	3	1	3	0				
2	Komputer	0	0	0	12	17	28	16	18	10
		3	0	0	4	0				
	Human	0	1	0	12	17				
		4	1	1	0	0				
3	Komputer	0	0	0	12	19	10	6	10	6
		4	1	0	0	0				
	Human	0	0	0	12	19				
		5	0	0	0	0				
4	Komputer	0	0	2	0	22	4	3	4	3
		5	2	2	3	0				
	Human	0	0	2	0	22				
		7	5	0	0	0				

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
5	Komputer	0	1	0	1	23	12	8	10	7
		10	0	0	1	0				
	Human	0	1	0	1	23				
		11	0	0	0	0				
6	Komputer	0	0	0	1	24	6	4	6	4
		11	0	0	0	0				
	Human	0	0	0	1	24				
		11	0	0	0	0				
7	Komputer	0	0	0	0	25	2	2	2	2
		11	0	0	0	0				
	Human	0	0	0	0	25				
		11	0	0	0	0				



Gambar 4.4 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 6 Biiji Level Mudah

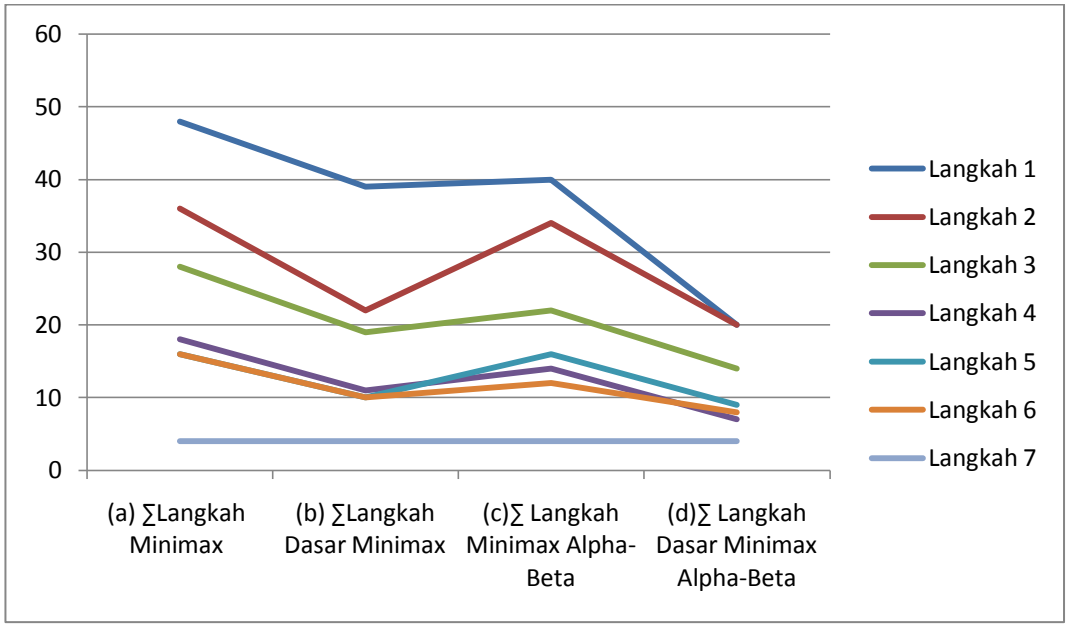
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 6 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "50" dan "30" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "40" dan "22" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "28" dan "16" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "18" dan "10" langkah dan pada solusi ke-5 sebanyak "12" dan "8" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "10" dan "7" langkah.

5. Hasil Uji pada 3 lubang 7 biji pada level Mudah

Tabel 4.5 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 7 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks	Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
			∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0 0 8 8 10 0 0 8 8 0	48	29	40	20
	Human	0 0 11 11 10 3 3 1 3 0				
2	Komputer	0 3 14 3 14 3 1 4 0 0	36	22	34	20
	Human	0 7 3 0 14 8 4 3 3 0				
3	Komputer	0 0 4 1 21 8 0 4 4 0	28	19	22	14
	Human	0 1 0 2 21 10 2 1 5 0				

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	**∑Langkah Dasar**	**∑Langkah**	**∑Langkah Dasar**
4	Komputer	0	0	0	2	23	18	11	14	7
		10	2	0	5	0				
	Human	0	1	0	2	23				
		11	0	0	5	0				
5	Komputer	0	0	0	2	24	16	10	16	9
		11	0	0	5	0				
	Human	0	1	1	2	24				
		12	1	1	0	0				
6	Komputer	0	2	0	0	25	16	10	12	8
		12	2	0	1	0				
	Human	0	0	1	1	25				
		14	0	1	0	0				
7	Komputer	0	0	0	0	27	4	4	4	4
		14	0	1	0	0				
	Human	0	0	0	0	27				
		15	0	0	0	0				



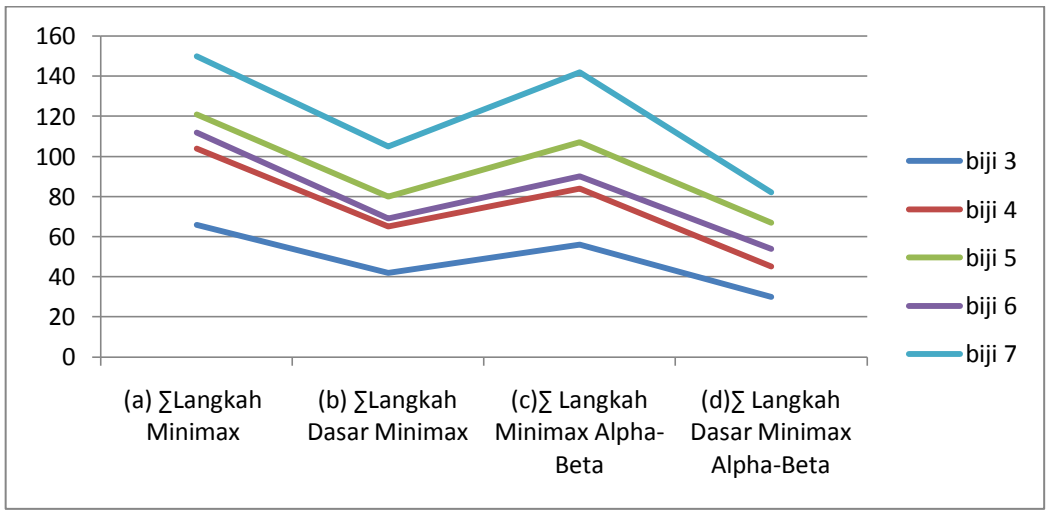
Gambar 4.5 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 7 Biiji Level Mudah

Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 7 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "48" dan "39" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "40" dan "20" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "36" dan "22" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "34" dan "20" langkah dan pada solusi ke-3 sebanyak "28" dan "19" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "22" dan "14" langkah dan pada solusi ke-4 sebanyak "18" dan "11" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "14" dan "7" langkah. dan pada solusi ke-5 hanya berbeda pada pencarian nilai adalah "10" dan "9", dan pada solusi ke 6 sebanyak "16" dan "10" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "12" dan "8" langkah.

4.1.1.1 Hasil Keseluruhan Langkah pada 3 Lubang pada Level Mudah

Tabel 4.6 Hasil Keseluruhan langkah-langkah Algoritma pada permainan Congklak 3 Lubang pada Level Mudah

No	Biji	Minimax		Minimax Alpha-Beta Pruning	
		∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	3	66	42	56	30
2	4	104	65	84	45
3	5	121	80	107	67
4	6	112	69	90	54
5	7	150	105	142	82



Gambar 4.6 Hasil Uji Keseluruhan pada 3 Lubang Level Mudah

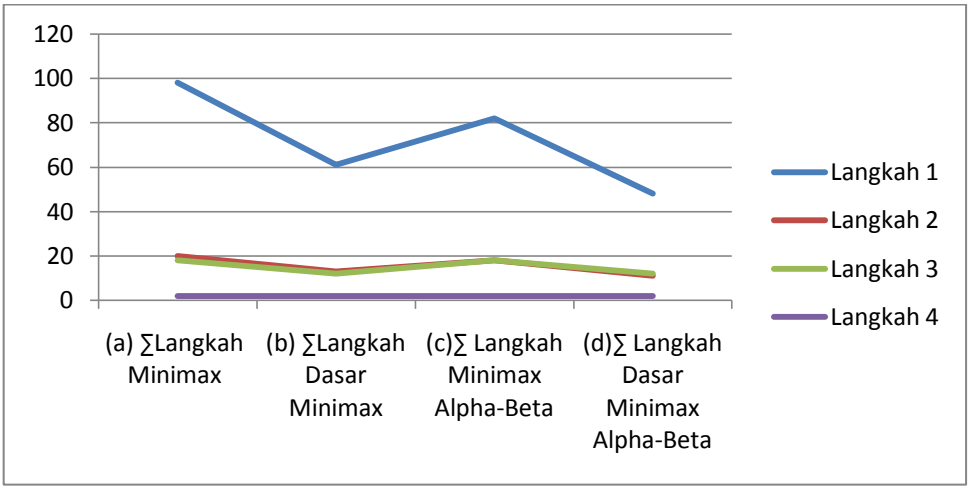
4.1.2 Hasil Uji pada 4 Lubang pada Level Mudah

Percobaan pada sub bab ini akan mencoba pada lubang "4" dengan 4 kali percobaan yaitu pada 3, 5, 6 dan 7 biji. Hasil dari percobaan tersebut akan dimasukan ke dalam tabel dan akan di buat grafik agar terlihat perbedaannya, pada grafik nya akan dilakukakan pada setiap biji yang berbeda dan akan dibuatkan grafik untuk keseluruhan biji pada permainan congklak dengan lubang "4". Hasil uji coba akan diperlihatkan pada tabel dan grafik di bawah.

1. **Hasil Uji pada 4 lubang 3 biji pada level Mudah**

Tabel 4.7 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 3 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks						Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
								∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	4	1	5	0	2	98	61	82	48
		0	4	0	4	4	0				
	Human	0	0	2	0	1	2				
		8	5	1	0	5	0				
2	Komputer	0	0	0	1	0	9	20	13	18	11
		8	5	1	0	0	0				
	Human	0	1	1	2	0	9				
		11	0	0	0	0	0				
3	Komputer	0	1	0	0	0	12	18	12	18	12
		11	0	0	0	0	0				
	Human	0	1	0	0	0	12				
		11	0	0	0	0	0				
4	Komputer	0	0	0	0	0	13	2	2	2	2
		11	0	0	0	0	0				



Gambar 4.7 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 3 Biiji Level Mudah

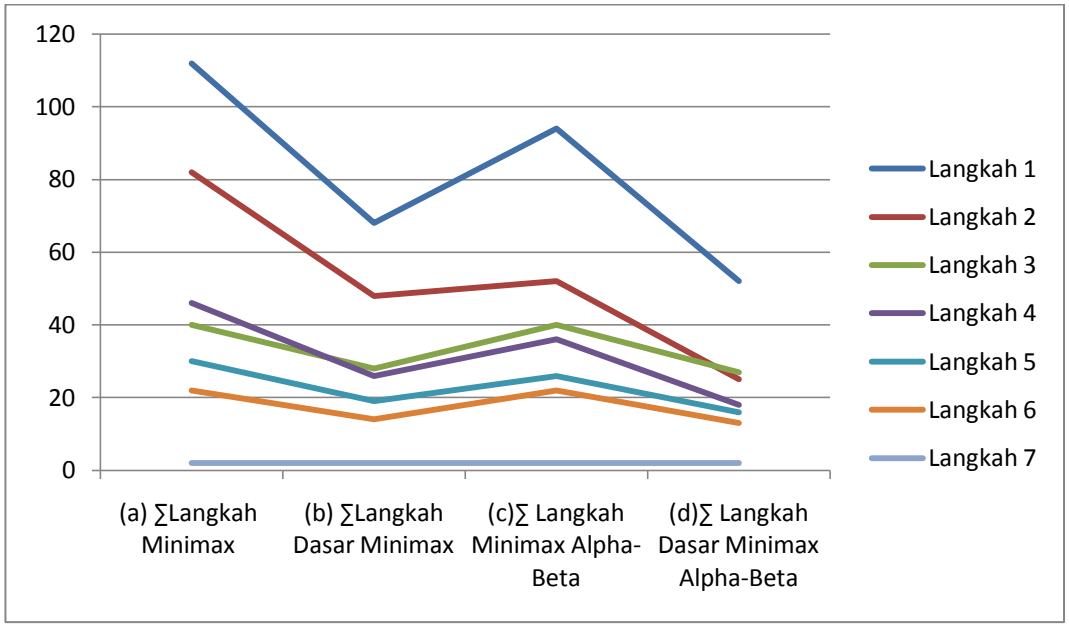
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 4 lubang dan 3 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "98" dan "61" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "82" dan "48" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "20" dan "13" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "18" dan "11".

2. Hasil Uji pada 4 lubang 4 biji pada level Mudah

Tabel 4.8 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 4 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks						Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
								∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	5	5	0	5	2	112	68	94	52
		0	5	5	0	5	0				
	Human	0	0	7	2	1	2				
		2	2	7	2	7	0				

NO	Pemain	State Matriks						Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
								∑Langkah	**∑Langkah Dasar**	**∑Langkah**	**∑Langkah Dasar**
2	Komputer	0	1	1	0	3	4	82	48	52	25
		2	0	8	4	9	0				
	Human	0	2	2	1	0	4				
		8	1	9	5	0	0				
3	Komputer	0	2	0	2	0	5	40	28	40	27
		8	1	9	5	0	0				
	Human	0	3	0	3	1	5				
		12	1	0	6	1	0				
4	Komputer	0	0	1	4	0	6	46	26	36	18
		12	1	1	7	0	0				
	Human	0	0	1	4	0	6				
		14	0	0	7	0	0				
5	Komputer	0	1	2	1	2	8	30	19	26	16
		14	1	2	1	0	0				
	Human	0	1	0	1	2	8				
		19	1	0	0	0	0				
6	Komputer	0	1	0	1	0	9	22	14	22	13
		19	1	0	0	1	0				
	Human	0	1	0	0	0	9				
		22	0	0	0	0	0				
7	Komputer	0	0	0	0	0	10	2	2	2	2
		22	0	0	0	0	0				



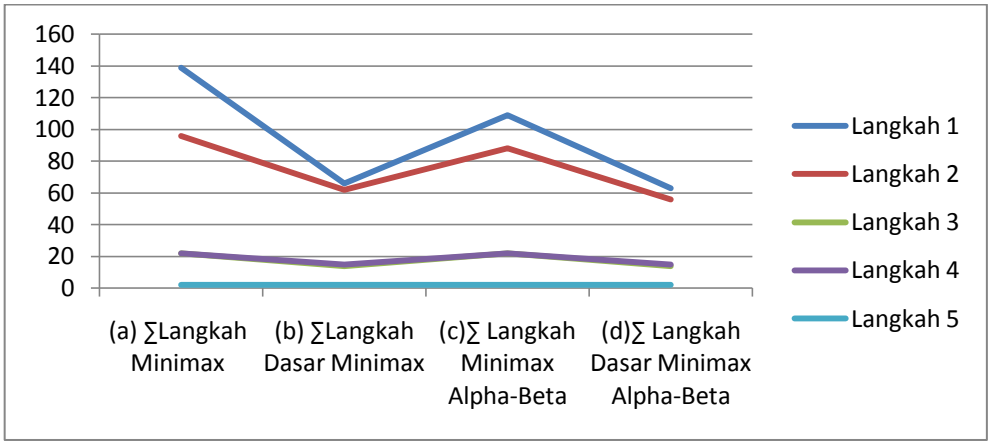
Gambar 4.8 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 4 Biiji Level Mudah

Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 4 lubang dan 4 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "112" dan "68" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "94" dan "52" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "82" dan "48" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "52" dan "25" langkah dan pada solusi ke-3 hanya berbeda pada pencarian nilai adalah "28" dan "27"langkah dan pada solusi ke-4 sebanyak "46" dan "26" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "36" dan "18" langkah dan pada solusi ke-5 sebanyak "30" dan "19" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "26" dan "16" langkah, dan pada solusi ke-6 hanya berbeda pada pencarian nilai adalah "14" dan "13" langkah.

3. Hasil Uji pada 4 lubang 6 biji pada level Mudah

Tabel 4.9 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 6 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks						Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
								∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	8	2	9	9	3	139	66	109	63
		0	8	1	8	0	0				
	Human	0	0	3	10	10	3				
		11	0	1	9	1	0				
2	Komputer	0	2	0	2	4	8	96	62	88	56
		11	2	3	12	4	0				
	Human	0	0	2	4	0	8				
		21	5	6	2	0	0				
3	Komputer	0	0	2	0	1	16	22	14	22	14
		21	0	7	0	1	0				
	Human	0	1	0	1	2	16				
		26	1	0	1	0	0				
4	Komputer	0	1	0	1	0	17	22	15	22	15
		26	1	0	1	1	0				
	Human	0	0	0	1	0	17				
		29	0	1	0	0	0				
5	Komputer	0	0	0	0	0	18	2	2	2	2
		29	0	1	0	0	0				
	Human	0	0	0	0	0	18				
		30	0	0	0	0	0				



Gambar 4.9 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 6 Biiji Level Mudah

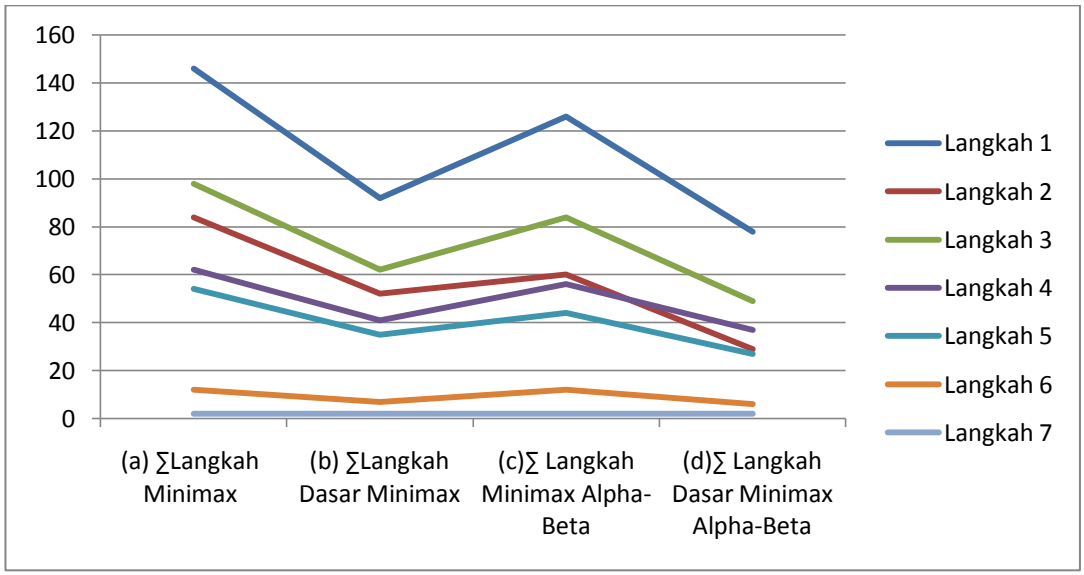
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 4 lubang dan 6 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "139" dan "66" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "109" dan "63" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "96" dan "62" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "88" dan "56" langkah.

4. Hasil Uji pada 4 lubang 7 biji pada level Mudah

Tabel 4.10 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 7 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks						Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
								∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	0	1	9	2	14	146	92	126	78
		0	0	10	10	10	0				
	Human	0	0	3	11	3	14	-	-	-	-
		2	0	1	11	11	0				

NO	Pemain	State Matriks						Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
								∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
2	Komputer	0	3	2	2	7	18	84	52	60	29
		2	3	4	14	1	0				
	Human	0	5	4	0	9	18	-	-	-	-
		4	5	7	2	2	0				
3	Komputer	0	6	5	1	0	23	98	62	84	49
		4	6	8	3	0	0				
	Human	0	7	0	2	1	23	-	-	-	-
		13	8	0	1	1	0				
4	Komputer	0	0	1	3	1	25	62	41	56	37
		13	8	1	2	2	0				
	Human	0	0	2	4	2	25	-	-	-	-
		17	0	1	4	1	0				
5	Komputer	0	1	3	0	3	27	54	35	44	27
		17	1	2	0	2	0				
	Human	0	1	0	0	3	27	-	-	-	-
		23	1	0	1	0	0				
6	Komputer	0	0	0	0	3	28	12	7	12	6
		23	1	0	1	0	0				
	Human	0	0	0	0	3	28	-	-	-	-
		25	0	0	0	0	0				
7	Komputer	0	0	0	0	0	29	2	2	2	2
		25	0	0	1	1	0				
	Human	0	0	0	0	0	29	-	-	-	-
		27	0	0	0	0	0				



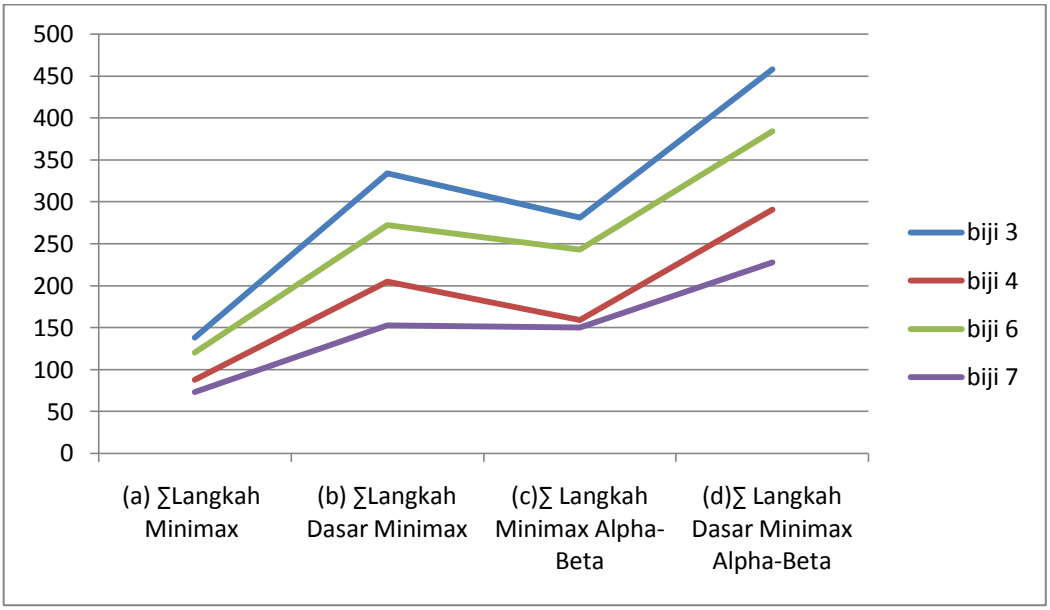
Gambar 4.10 Hasil Uji Congklak 4 Lubang 7 Biiji Level Mudah

Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 4 lubang dan 7 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "146" dan "92" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "126" dan "78" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "84" dan "52" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "60" dan "29" dan pada solusi ke-3 sebanyak "98" dan "62" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "84" dan "49" langkah dan pada solusi ke-4 sebanyak "62" dan "41" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "56" dan "37" langkah dan pada solusi ke-5 sebanyak "54" dan "35" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "44" dan "27" langkah dan pada solusi ke-6 hanya berbeda pada pencarian nilai adalah "7" dan "6"langkah.

4.1.2.1 Hasil Keseluruhan Langkah pada 4 Lubang pada Level Mudah

Tabel 4.11 Hasil Keseluruhan langkah-langkah Algoritma pada permainan Congklak 4 Lubang pada Level Mudah

No	Biji	Minimax		Minimax Alpha-Beta Pruning	
		∑Langkah	**∑Langkah Dasar**	**∑Langkah**	**∑Langkah Dasar**
1	3	138	88	120	73
2	4	334	205	272	153
4	6	281	159	243	150
5	7	458	291	384	228



Gambar 4.11 Hasil Uji Keseluruhan pada 4 Lubang Level Mudah

4.1.3 Hasil Uji pada 5 Lubang pada Level Mudah

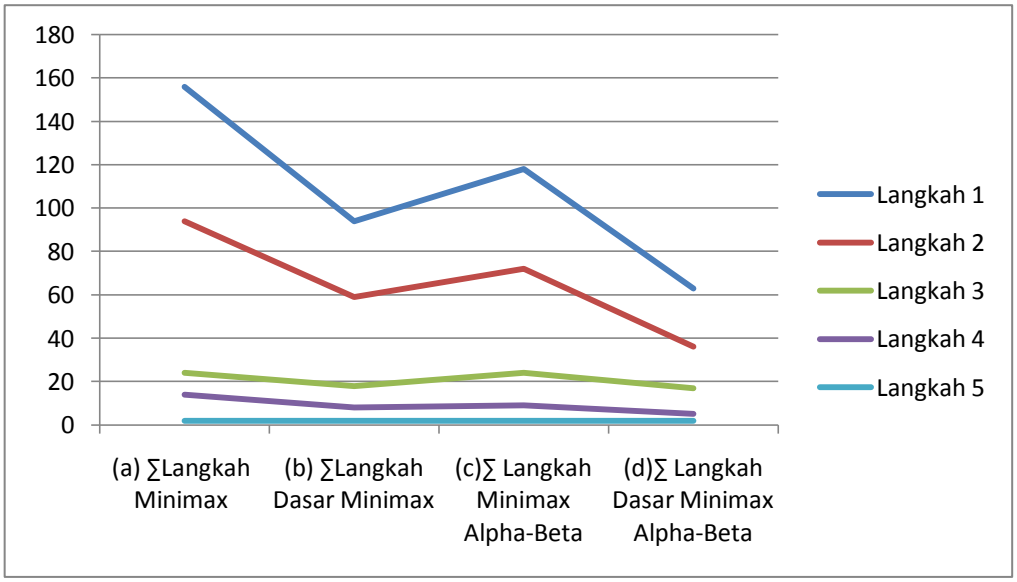
Percobaan pada sub bab ini akan mencoba pada lubang "5" dengan 2 kali percobaan yaitu pada 5 dan 3 biji. Hasil dari percobaan tersebut akan dimasukan ke dalam tabel dan akan di buat grafik agar terlihat perbedaannya, pada grafik nya akan dilakukakan pada setiap biji yang berbeda dan akan dibuatkan grafik untuk keseluruhan biji pada permainan congklak dengan lubang "5". Hasil uji coba akan diperlihatkan pada tabel dan grafik di bawah.

1. **Hasil Uji pada 5 lubang 3 biji pada level Mudah**

Tabel 4.12 Hasil Uji Congklak 5 Lubang 3 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks							Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
									∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0	4	0	4	4	0	6	156	94	118	63
		0	4	0	0	4	4	0				
	Human	0	5	1	0	5	1	6				
		2	0	0	0	5	5	0				

NO	Pemain	State Matriks							Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
									∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
2	Komputer	0	0	2	1	0	3	8	94	59	72	36
		2	0	1	1	6	6	0				
	Human	0	0	0	1	0	3	8				
		6	0	0	0	6	6	0				
3	Komputer	0	1	1	2	0	0	10	24	18	24	17
		6	1	1	1	0	7	0				
	Human	0	0	1	2	0	0	10				
		9	0	0	1	0	7	0				
4	Komputer	0	0	0	0	1	0	12	14	8	9	5
		9	0	0	1	0	7	0				
	Human	0	0	0	0	1	0	12				
		10	0	0	0	0	7	0				
5	Komputer	0	0	0	0	0	0	20	2	2	2	2
		10	0	0	0	0	0	0				



Gambar 4.12 Hasil Uji Congklak 5 Lubang 3 Biiji Level Mudah

Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 5 lubang dan 3 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "156" dan "94" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "118" dan "63" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "94" dan "59" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan

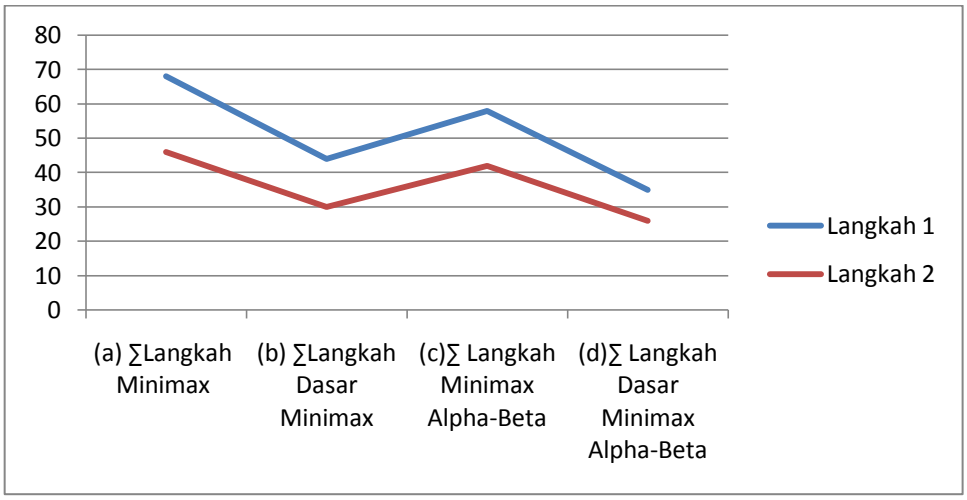
untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak “72” dan “36” dan pada solusi ke-3 hanya berbeda pada pencarian nilai adalah “18” dan “17”langkah dan pada solusi ke-4 sebanyak “14” dan “8” langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak “9” dan “5” langkah.

2. Hasil Uji pada 5 lubang 4 biji pada level Mudah

Tabel 4.13 Hasil Uji Congklak 5 Lubang 4 Biji Level Mudah

NO	Pemain	State Matriks	Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
			∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0 5 1 6 6 0 2 0 5 0 5 5 5 0	206	126	148	79
	Human	0 6 2 7 0 1 2 3 0 1 6 6 6 0				
2	Komputer	0 6 0 8 0 1 9 3 0 1 6 0 6 0	162	103	130	67
	Human	0 0 0 8 0 1 9 10 0 0 6 0 6 0				
3	Komputer	0 0 0 0 1 1 11 10 1 1 7 1 7 0	26	16	22	12
	Human	0 0 0 0 1 1 11 12 0 0 7 1 7 0				
4	Komputer	0 0 0 0 0 0 20 12 0 0 7 1 0 0	20	13	16	10
	Human	0 1 1 1 1 0 20 13 1 1 0 1 0 0				

NO	Pemain	State Matriks							Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
									∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
5	Komputer	0	1	0	0	2	0	21	46	25	36	17
		13	1	1	0	1	0	0				
	Human	0	0	0	0	2	0	21				
		16	0	0	0	1	0	0				
6	Komputer	0	0	0	0	0	0	23	2	2	2	2
		16	0	0	0	1	0	0				
	Human	0	0	0	0	0	0	23				
		17	0	0	0	0	0	0				



Gambar 4.13 Hasil Uji Congklak 5 Lubang 4 Biiji Level Mudah

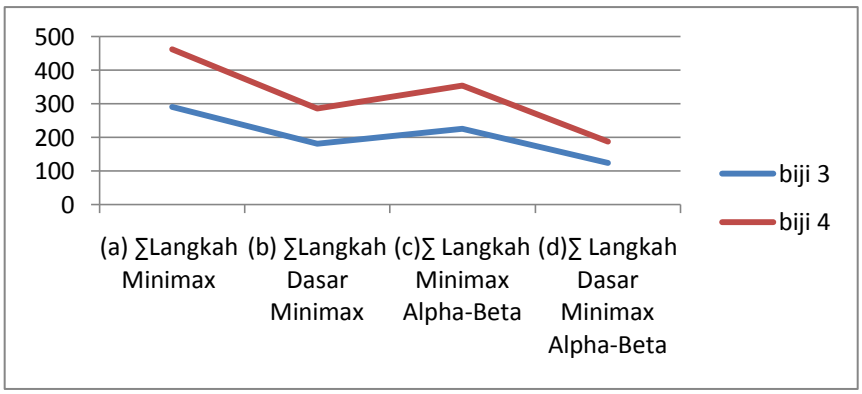
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 5 lubang dan 4 biji perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "206" dan "126" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "148" dan "79" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "162" dan "103" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa

optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "130" dan "67" dan pada solusi ke-3 sebanyak "26" dan "16" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "22" dan "12" langkah dan pada solusi ke-4 sebanyak "20" dan "13" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "16" dan "10" langkah dan pada solusi ke-5 sebanyak "46" dan "25" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "36" dan "17" langkah.

4.1.3.1 Hasil Keseluruhan Langkah pada 5 Lubang pada Level Mudah

Tabel 4.14 Hasil Keseluruhan langkah-langkah Algoritma pada permainan Congklak 5 Lubang pada Level Mudah

No	Biji	Minimax		Minimax Alpha-Beta Pruning	
		∑Langkah	**∑Langkah Dasar**	**∑Langkah**	**∑Langkah Dasar**
1	3	290	181	225	123
2	4	462	285	354	187



Gambar 4.14 Hasil Uji Keseluruhan pada 5 Lubang Level Mudah

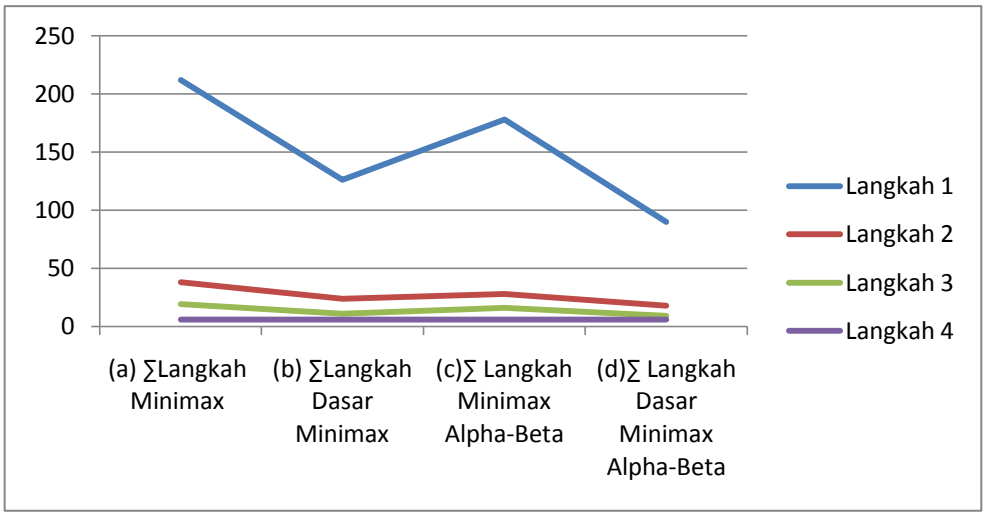
4.1.4 Hasil Uji pada 3 Lubang pada Level Sedang

Percobaan pada sub bab ini akan mencoba pada lubang "3" dengan 2 kali percobaan yaitu pada 4 dan 5 biji. Hasil dari percobaan tersebut akan dimasukan ke dalam tabel dan akan di buat grafik agar terlihat perbedaannya, pada grafik nya akan dilakukakan pada setiap biji yang berbeda dan akan dibuatkan grafik untuk keseluruhan biji pada permainan congklak dengan lubang "3". Hasil uji coba akan diperlihatkan pada tabel dan grafik di bawah.

1. **Hasil uji congklak 3 lubang 4 biji level sedang**

Tabel 4.15 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 4 Biji Level Sedang

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0 0	6 1	6 6	2 0	3 0	212	126	178	90
	Human	0 6	7 1	7 0	0 0	3 0				
2	Komputer	0 6	0 0	8 1	1 1	7 0	38	24	28	18
	Human	0 8	0 0	8 0	1 0	7 0				
3	Komputer	0 8	2 2	1 0	0 2	9 0	19	11	16	9
	Human	0 10	0 1	2 1	1 0	9 0				
4	Komputer	0 10	0 1	0 1	0 0	12 0	6	6	6	6
	Human	0 12	0 0	0 0	0 0	12 0				



Gambar 4.15 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 4 Biiji Level Sedang

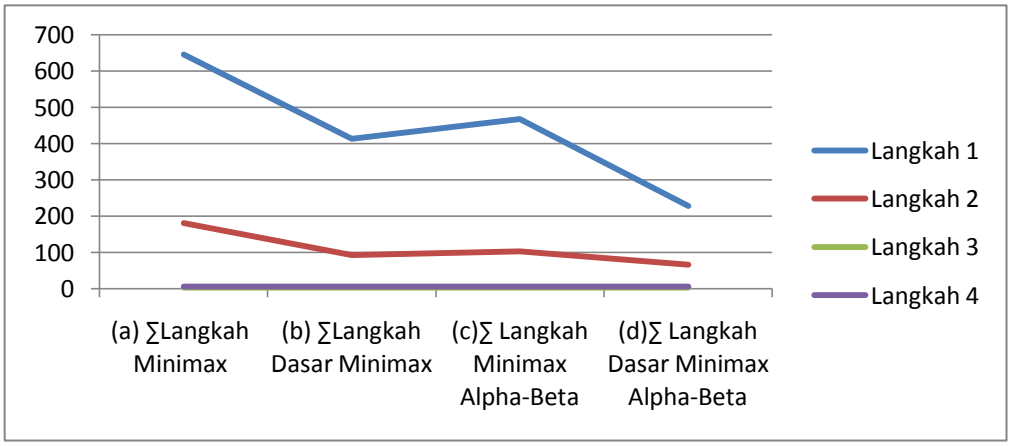
Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 4 biji pada level sedang perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1 sebanyak "212" dan "126" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "178" dan "90" langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak "38" dan "24" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "28" dan "18" dan pada solusi ke-3 sebanyak "19" dan "11" langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak "11" dan "9" langkah.

2. Hasil uji congklak 3 lubang 5 biji level sedang

Tabel 4.16 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 5 Biji Level Sedang

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
1	Komputer	0 0	6 1	6 6	2 0	3 0	457	321	266	118

NO	Pemain	State Matriks					Minimax		Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning	
							∑Langkah	∑Langkah Dasar	∑Langkah	∑Langkah Dasar
	Human	0 6	7 1	7 0	0 0	3 0	-		-	
2	Komputer	0 6	0 0	8 1	1 1	7 0	181	93	102	66
	Human	0 8	0 0	8 0	1 0	7 0	-		-	
3	Komputer	0 8	2 2	1 0	0 2	9 0	2	2	2	2
	Human	0 10	0 1	2 1	1 0	9 0	-		-	
4	Komputer	0 10	0 1	0 1	0 0	12 0	6	6	6	6
	Human	0 12	0 0	0 0	0 0	12 0				



Gambar 4.16 Hasil Uji Congklak 3 Lubang 5 Biiji Level Sedang (a) Algoritma *Minimax* (b) Algoritma *Minimax* optimasi *Alpha-Beta Pruning*

Dari grafik dan hasil percobaan yang dilakukan pada 3 lubang dan 5 biji pada level sedang perbedaannya hanya ditunjukan pada grafik dengan jumlah langkah keseluruhan dan jumlah dasar langkah pencarian nilai yaitu solusi ke-1

sebanyak “646” dan “413” langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak “467” dan “227” langkah dan pada solusi ke-2 sebanyak “181” dan “93” langkah pada algoritma *Minimax* tanpa optimasi dan untuk *Minimax* dengan optimasi *Alpha-Beta Pruning* sebanyak “102” dan “66” langkah.

4.1.4.1 Hasil Keseluruhan Langkah pada 3 Lubang pada Level Sedang

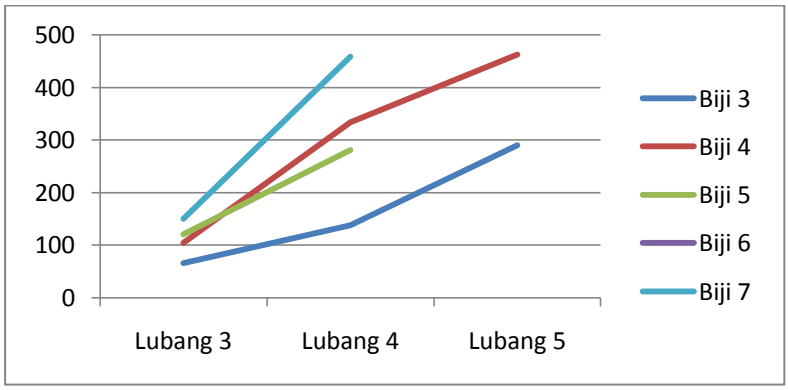
Tabel 4.17 Hasil Keseluruhan langkah-langkah Algoritma pada permainan Congklak 5 Lubang pada Level Sedang

No	Biji	Minimax		Minimax Alpha-Beta Pruning	
		∑Langkah	**∑Langkah Dasar**	**∑Langkah**	**∑Langkah Dasar**
1	3	275	167	228	123
2	4	646	426	376	192

4.1.1 Hasil Pengujian Manual

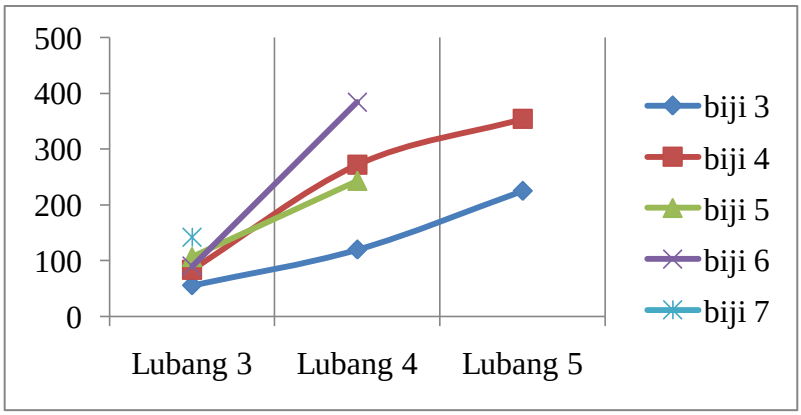
Algoritma *Minimax tanpa Optimasi* akan semakin banyak penelusuran langkahnya apabila level sulit atau kedalaman pohon pencariannya semakin dalam, selain itu bisa terlihat pada lubang yaitu *4, 5, 6* dan 7, dan pada biji yaitu *4, 5, 6 dan 7*. Langkah paling banyak di telusuri pada Algoritma *Minimax* adalah *lubang dengan jumlah 5* pada *biji 4* dan pada jumlah lubang *4 pada biji 7*, yaitu “462” dan “458” yang terdapat pada tabel 4.10 dan tabel 4.13, sehingga untuk lubang antara 5, 6, dan 7 dengan biji yang semakin banyak akan semakin lama penelusurannya. Sedangkan pada Algoritma *Minimax dengan Optimasi Alpha-Beta pruning* akan semakin terlihat kinerjanya pada lubang yang banyak dan pada level dengan kedalaman yang semakin dalam yaitu pada *lubang 4, 5, 6* dan *7* dengan *level kedalaman 6 atau sedang dan pada kedalaman 10 atau sulit*.

Penelitian ini terbukti bahwa *Minimax yang di optimasi Alpha-Beta Pruning* lebih cepat dari pada *Minimax* tanpa Optimasi. Berikut adalah grafik hasil dari keseluruhan level mudah dan sedang.



Gambar 4.17 Hasil keseluruhan Uji Congklak Lubang Algoritma Minimax level mudah

Dari hasil *alpha-beta pruning* menunjukan bahwa perbedaannya sangat terlihat apalagi bila lubang yang dimainkan berjumlah banyak. Hasil dari *alpha-beta pruning* akan ditunjukan pada grafik dibawah ini



Gambar 4.18 Hasil keseluruhan Uji Congklak 3 Lubang Algoritma Minimax Optimasi Alpha-Beta Pruning level mudah

Pada level sedang dilakukan hanya pada lubang 3, dari hasil Minimax dan *alpha-beta pruning* pada biji 5, dan pada biji 4. Dan semakin dalam level

kedalamannya maka akan semakin banyak *alpha-beta pruning* melakukan pruning, sehingga akan telihat kinerjanya.

4.2 Pengujian Simulasi

Pengujian pada tahap ini adalah pegujian dimana hasil analisis pada BAB 3 dan pengujian manual pada Sub-bab 4.1 akan disimulasikan untuk membuktikan kebenaran dari hasil uji manual dan analisis yang dijelaskan sebelumnya, hanya saja pada simulasi akan diperlihatkan waktu komputasinya. Level akan diasumsikan menjadi 3 yaitu level *Mudah dengan 3 kedalaman*, *Sedang dengan 6 kedalaman*, dan *Sulit dengan 10 kedalaman*, pada level dibedakan menjadi 3 agar terlihat perbedaannya dan penentuan level ditentukan dengan *range* yang jauh karena agar terlihat perbedaan antara algoritma *Minimax* dan *Minimax dengan Optimasi Alpha-Beta Pruning*. Pengujiannya akan diasumsikan pada 3 kasus yang berbeda dengan biji, lubang, pemain dan level yang berbeda-beda, pengujian dilakukan pada 3, 4, 6 dan 7 lubang pada level mudah dengan biji 3, 5 dan 7 dengan pemain pertama bisa komputer atau *human*, serta pada level sedang dan sulit dilakukan pada 3, 4 dan 7 dengan lubang yang berbeda-beda dengan pemain pertama bisa komputer atau *human.*

i. Pengujian Level Mudah

Pengujian tahap ini akan dilakukan pada 3, 4 dan 7 serta lubang dengan asumsi pemain pertama bisa komputer atau *human*. Pengujian pada level mudah akan dilakukan percobaan sebanyak 8 kali dengan biji dan lubang yang berbeda.

4.2.1.1 Pengujian 3 Lubang

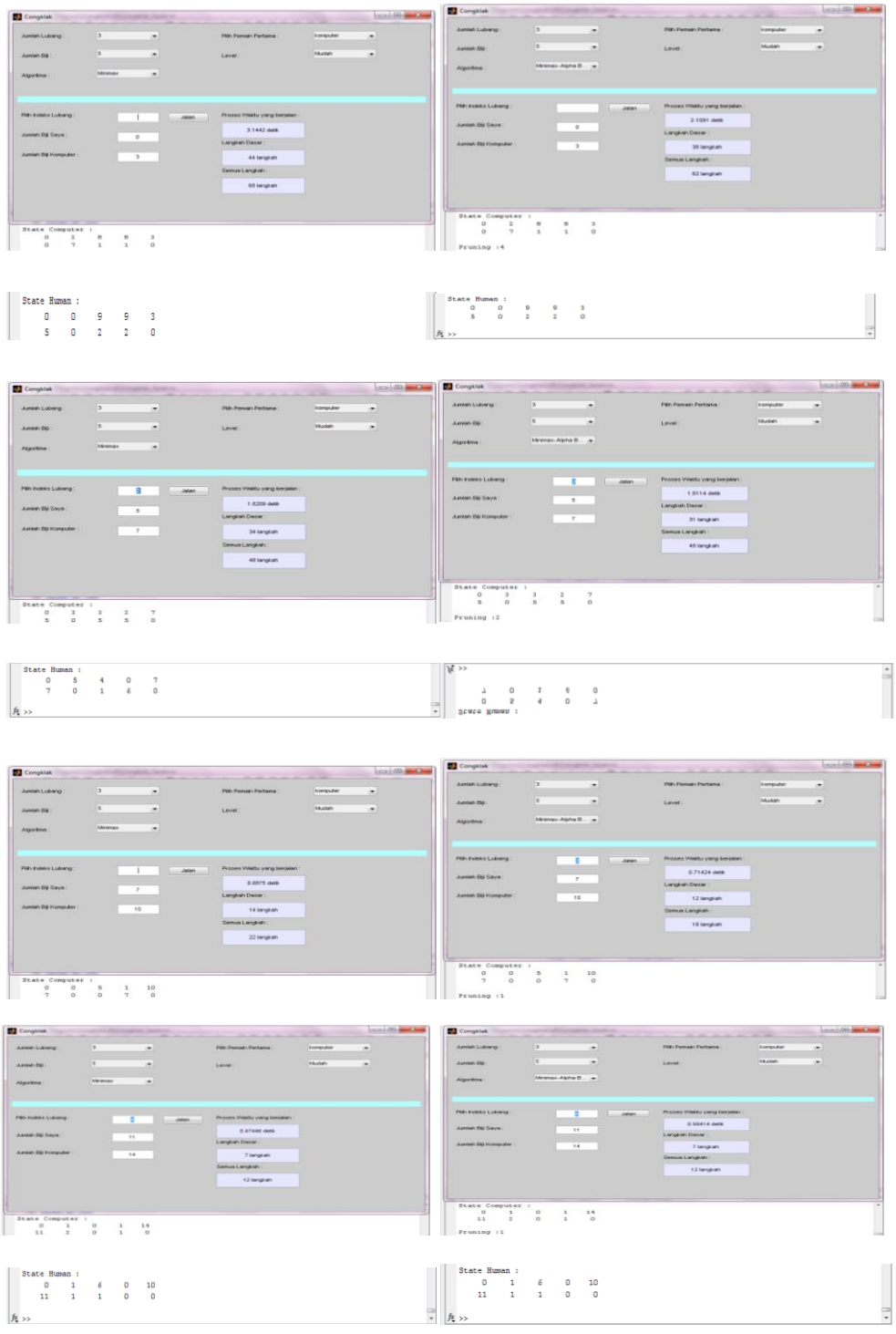
1. Pengujian 3 lubang dengan 3 biji pemain pertama adalah komputer



(a) (b)

Gambar 4.19 Hasil Uji 3 biji (a) algoritma minimax (b) algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

2. Pengujian 3 lubang dengan 7 biji pemain pertama adalah human Algoritma Minimax dan Algoritma Minimax Optimasi Alpha-Beta.



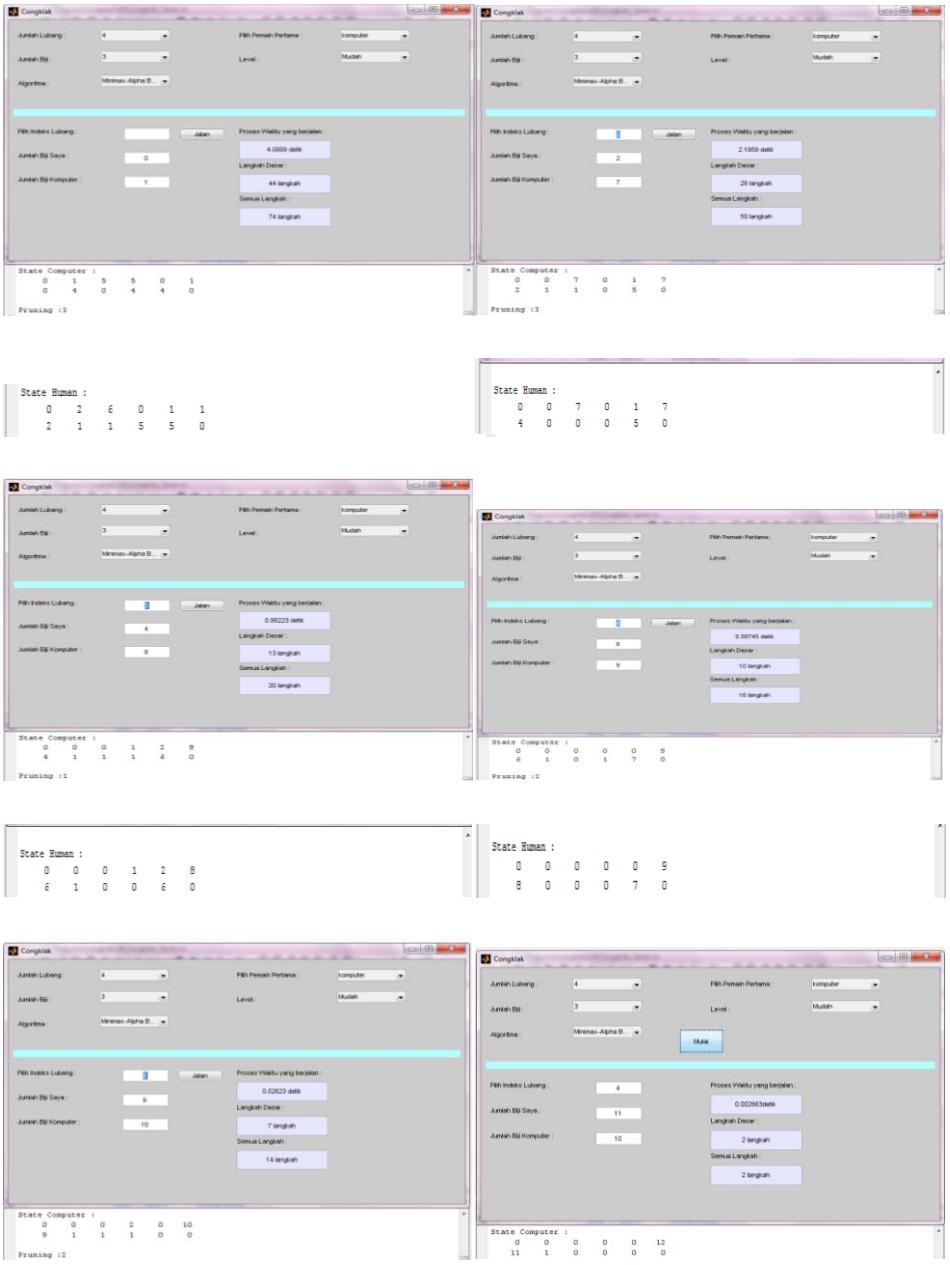
(a) (b)

Gambar 4.20 Hasil Uji 7 biji (a) algoritma minimax (b) algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

1.2.1.2 Pengujian 4 Lubang

Pada pengujian 4 lubang akan dilakukan 3 kali percobaan yaitu pada biji 3dan 4.

1. Pengujian 4 lubang dengan 3 biji pemain pertama adalah komputer algoritma alpha-beta pruning



Gambar 4.21 Hasil Uji 3 biji algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

2. Pengujian 4 lubang dengan 5 biji pemain pertama adalah komputer.
   a. Pengujian 4 lubang dengan 5 biji algoritma minimax



Gambar 4.22 Hasil Uji 5 biji algoritma minimax

b. Pengujian 4 lubang dengan 5 biji algoritma alpha-beta pruning



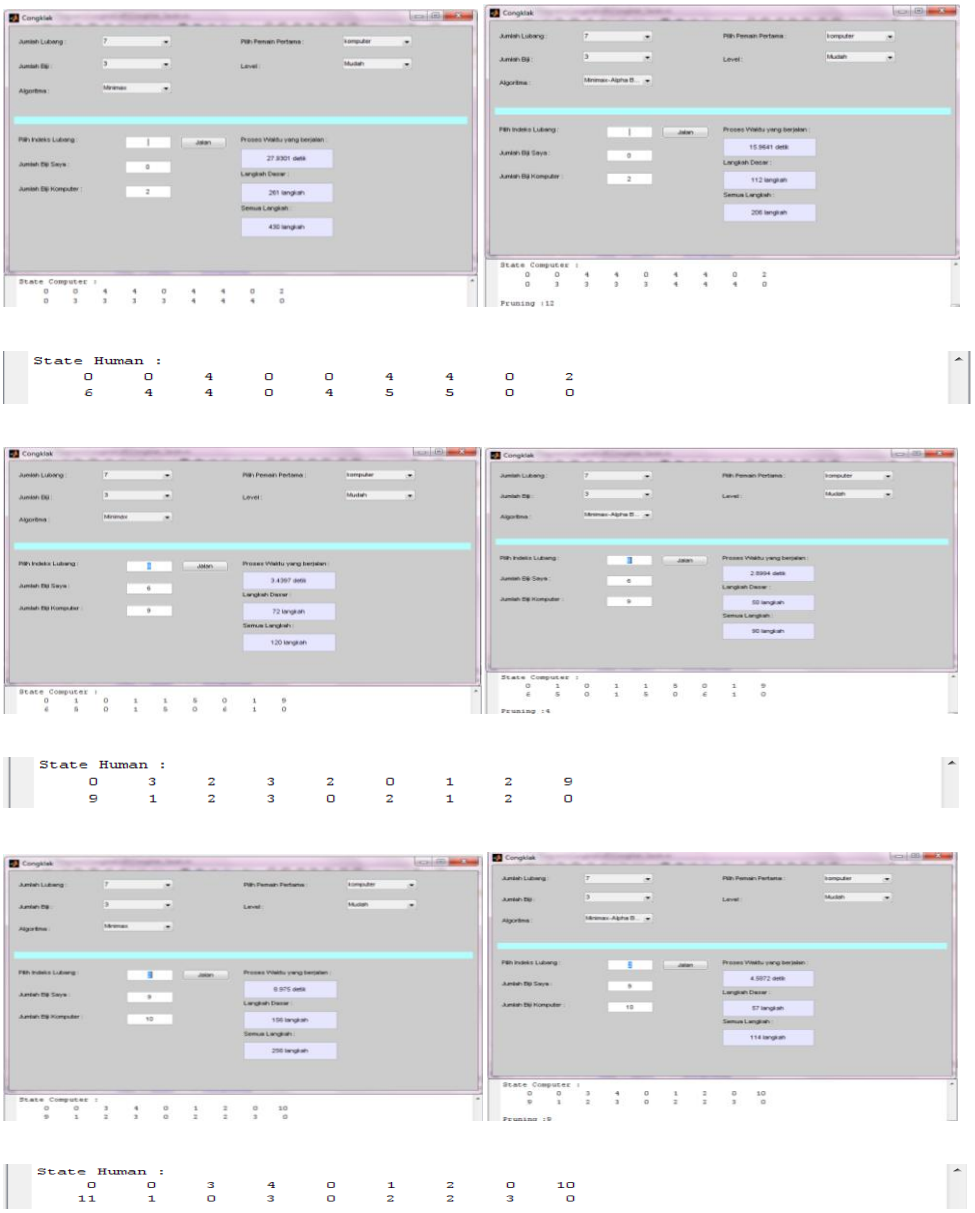
Gambar 4.23 Hasil Uji 5 biji algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

4.2.1.3 Pengujian 7 Lubang

Pada pengujian 7 lubang akan dilakukan 2 kali percobaan yaitu pada biji 3 dan 7.

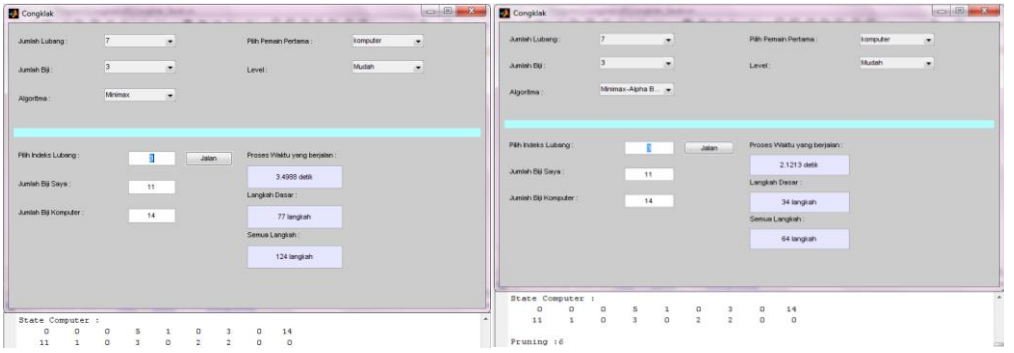
1. Pengujian pada 3 biji

   Pengujian pada 3 biji lubang 7 ini terlihat pada simulasi di bawah ini yaitu pada sebelah kiri merupakan algoritma Minimax dan sebelah kanan adalah minimax yang dioptimasi Alpha-Beta Pruning.

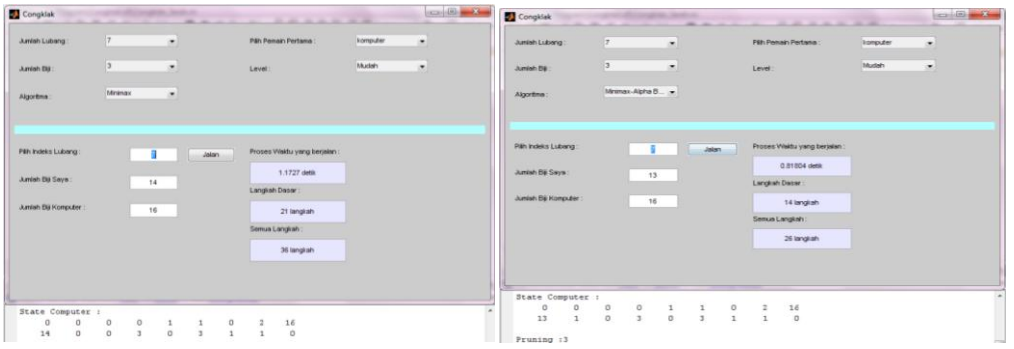


Gambar 4.24 Hasil Uji 3 biji algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

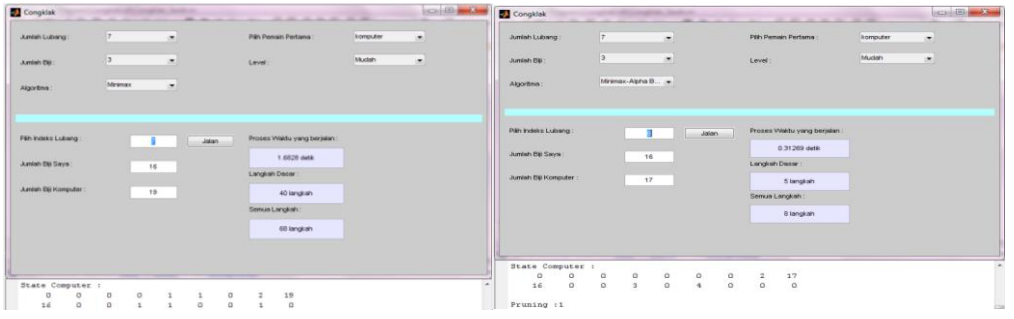
Pengujian pada 3 biji lubang 7 ini terlihat pada simulasi di bawah ini yaitu pada sebelah kiri merupakan algoritma Minimax dan sebelah kanan adalah minimax yang dioptimasi Alpha-Beta Pruning.



```
State Human :
     0     0     0     5     0     0     3     0    14
    14     0     0     3     0     3     0     0     0
```



```
State Human :
     0     1     0     0     1     1     0     2    16
    16     0     2     1     1     0     0     1     0
```



```
State Human :
     0     0     0     0     0     0     0     0    21
    20     0     0     0     0     1     0     0     0
```

Gambar 4.25 Lanjutan Hasil Uji 3 biji algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning



Gambar 4.26 Lanjutan Hasil Uji 3 biji algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

4.2.2 Pengujian Level Sedang

Pengujian tahap ini akan dilakukan pada 3, 6 dan 7 serta lubang dengan asumsi pemain pertama bisa komputer atau *human*. Pengujian pada level mudah akan dilakukan percobaan sebanyak 8 kali dengan biji dan lubang yang berbeda.

4.2.2.1 Pengujian 3 lubang

Pada pengujian 3 lubang akan dilakukan 2 kali percobaan yaitu pada biji 3 dan 7 yang akan dijelaskan pada gambar di bawah ini.

1. Pengujian 3 biji



(a)



(b)

Gambar 4.27 Lanjutan Hasil Uji 3 biji algoritma minimax optimasi alpha-beta pruning

4.2.3 Hasil Pengujian Simulasi

Algoritma *Minimax tanpa Optimasi* akan semakin banyak penelusuran langkahnya apabila level sulit atau kedalaman pohon pencariannya semakin dalam, selain itu bisa terlihat pada lubang yaitu *4, 5, 6* dan 7, dan pada biji yaitu *4, 5, 6 dan 7*. Langkah paling banyak di telusuri pada Algoritma *Minimax* adalah *lubang dengan jumlah 5* pada *biji 4* dan pada jumlah lubang *4 pada biji 7*, sehingga untuk lubang antara 5, 6, dan 7 dengan biji yang semakin banyak akan semakin lama penelusurannya. Sedangkan pada Algoritma *Minimax dengan Optimasi Alpha-Beta pruning* akan semakin terlihat kinerjanya pada lubang yang banyak dan pada level dengan kedalaman yang semakin dalam yaitu pada *lubang 4, 5, 6* dan *7* dengan *level kedalaman 6 atau sedang dan pada kedalaman 10 atau sulit*. Pengujian membuktikan bahwa kompleksitas waktu yang antara minimax tidak terlalu jauh terlihat pada lubang 3, 4 dan 7 pada level mudah serta pada level sedang walaupun langkah yang di *pruning* lebih banyak akan tetapi perbedaannya tidak terlalu signifikan dan terbukti dari hasil analisis BAB 3 pada analisis kompleksitas waktu t(n), serta pengaruh waktu kompleksitas lama karena dipengaruhi oleh beberapa faktor teknis seperti spek dari PC atau laptop.