BAB 4

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

4.1. Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap seletah analisis kebutuhan algoritma, hasil analisis akan di implementasikan ke dalam program agar selanjutnya bisa dilakukan pengujian. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah *Java Programming Language*. Listing program bisa dilihat di Lampiran A.

4.1.1. Implementasi *Hardware*

Spesifikasi *hardware* yang digunakan pada implementasi dan pengujian dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1 *Hardware* yang Digunakan.

Tabel 4.1 *Hardware* yang Digunakan

Hardware	Spesifikasi
Processor	*Intel Core* i3 M350 2.27 GHz
RAM	2GB
Harddisk	250GB (20GB *Free Space*)
Monitor	14.1” (1366x768)
Keyboard & *Mouse*	*Standard*

4.1.2. Implementasi *Software*

Spesifikasi *software* yang digunakan pada implementasi dan pengujian dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.2 *Software* yang Digunakan.

Tabel 4.2 *Software* yang Digunakan

Software	Spesifikasi
Operating System	*Debian* 8.2
Development Kit	JDK 1.8.0

4.2. Pengujian

Tahap pengujian ini bermaksud untuk mengetahui hasil dari implementasi yang dilakukan untuk selanjutnya ditarik sebuah kesimpulan dari penelitian yang dilakukan. Pengujian yang akan dilakukan terdiri dari dua tahap, yaitu:

1) Pengujian Parameter Algoritma

   Pengujian parameter algoritma dilakukan untuk menguji apakah parameter yang digunakan pada algoritma sudah optimal atau belum. Pada pengujian parameter algoritma, yang diuji antara lain kondisi henti, kondisi waktu untuk inisialisasi ulang bobot, jumlah *hidden layer*, *learning rate* dan *discount rate* pada *Q-learning* serta *learning rate* pada *backpropagation*.

2) Pengujian Penggunaan *Resource*

   Pengujian penggunaan *resource* dilakukan untuk melihat *resource* yang digunakan pada *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* untuk selanjutnya dibandingkan dengan *Q-learning* saja. Pada tahap ini yang diuji adalah waktu dan jumlah bobot yang disimpan di *memory*.

4.2.1. Pengujian Parameter Algoritma

1) Kondisi henti

Kondisi henti pada penelitian ini diambil dari *score* yang didapat dan sebelumnya sudah ditentukan juga bobot yang disimpan. Pengujian parameter ini

menggunakan 4 *neuron* di *hidden layer*, 0.9 pada *learning rate*, *discount rate* pada *Q-learning* dan *learning rate* pada *backpropagataion* namun belum menggunakan kondisi untuk inisialisasi ulang bobot sehingga ada percobaan yang memberikan hasi kurang baik (Pembelajaran tidak selesai hingga lebih dari 30 menit) yang ditandai dengan tanda merah. Adapun hasil pengujian kondisi henti bisa dilihat di Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Pengujian Kondisi Henti

Percobaan ke	Bobot disimpan saat score 4 Pembelajaran dihentikan saat score 10		Bobot disimpan saat score 9 Pembelajaran dihentikan saat score 20		Bobot disimpan saat score 14 Pembelajaran dihentikan saat score 30	
	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*
1	574	> 1000	448	27	396	> 1000
2	331	> 1000	432	> 1000	530	> 1000
3	281	82	525	> 1000	-	-
4	339	> 1000	521	> 1000	418	> 1000
5	403	42	344	65	595	> 1000
6	340	> 1000	454	> 1000	440	> 1000
7	-	-	513	45	388	> 1000
8	-	-	-	-	375	> 1000
9	228	73	352	> 1000	452	> 1000
10	485	13	-	-	-	-

Tabel 4.3 menunjukkan hasil pengujian kondisi henti yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Penggunaan *score* 14 sebagai bobot yang disimpan dan *score* 30 untuk penghenti proses pembelajaran lebih baik karena semua hasil pembelajaran (kecuali yang ditandai merah) dapat mencapai *score* lebih dari 1000.

2) Kondisi inisialisasi ulang bobot

Inisialisasi ulang dibutuhkan karena ada kondisi ketika samapi 30 menit pembelajaran tidak menemukan solusi. Inisialisasi ulang dilakukan setelah pengecekan yang dilakukan setiap sekian menit tidak mendapatkan *score* sama sekali. Nilai menit yang digunakan mempengaruhi rata-rata waktu pembelajaran. Pengujian parameter ini menggunakan 4 *neuron* di *hidden layer*, menggunakan 0.9 pada *learning rate*, *discount rate* pada *Q-learning* dan *learning rate* pada *backpropagataion*. Adapun hasil pengujian untuk kondisi inisialisasi ulang bobot bisa dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pengujian Kondisi Inisialisasi Ulang Bobot

Percobaan ke	Waktu pengecekan			
	1 menit		2 menit	
	Waktu (detik)	Jumlah inisialisasi ulang	Waktu (detik)	Jumlah inisialisasi ulang
1	877	1x	482	0x
2	607	1x	662	0x
3	865	2x	366	0x
4	791	2x	649	0x
5	765	1x	637	0x
6	761	1x	441	1x
7	572	0x	342	0x
8	366	0x	444	0x
9	637	0x	585	0x
10	585	1x	802	2x
Rata rata	682.6		**541**	

Tabel 4.4 menunjukkan hasil pengujian kondisi inisialisasi ulang bobot yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Terlihat bahwa waktu 2 menit untuk pengecekan *score* lebih baik karena menghasilkan rata-rata waktu pembelajaran

yang lebih cepat. Waktu 1 menit atau 2 menit menghasilkan *score* diatas 1000 untuk setiap hasil pembelajarannya.

3) Jumlah *neuron* di *hidden layer*

Jumalh *neruon* di *hidden layer* juga berpengaruh pada keberhasilan pembelajaran. Pengujian parameter ini menggunakan 0.9 pada *learning rate*, *discount rate* pada *Q-learning* dan *learning rate* pada *backpropagataion* dan 2 menit untuk pengecekan inisialisasi ulang bobot. Adapun hasil pengujian untuk jumlah *neuron* di *hidden layer* bisa dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Pengujian Jumlah *Neuron* di *Hidden Layer*

Percobaan ke	Jumlah *neuron* di *hidden layer*					
	3		4		5	
	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*
1	604	245	482	> 1000	696	33
2	487	> 1000	662	> 1000	539	> 1000
3	621	> 1000	366	> 1000	447	> 1000
4	813	> 1000	649	> 1000	733	34
5	611	152	637	> 1000	499	>1000
6	626	> 1000	441	> 1000	795	> 1000
7	511	170	342	> 1000	654	33
8	525	49	444	> 1000	591	251
9	767	82	585	> 1000	644	> 1000
10	829	> 1000	802	> 1000	793	> 1000

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian jumlah *neuron* di *hidden layer* yang dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Terlihat bahwa penggunaan 4 *neuron* di *hidden layer* meunjukkan hasil yang paling baik karena semua hasil pembelajaran mendapat *score* lebih dari 1000.

4) *Learning rate* pada *Q-learning*

Learning rate yang digunakan pada *Q-learning* juga berpengaruh pada keberhasilan pembelajaran. Pengujian parameter ini menggunakan 0.9 pada *discount rate Q-learning* dan *learning rate* pada *backpropagataion* dan 2 menit untuk pengecekan inisialisasi ulang bobot serta 4 *neuron* di *hidden layer*. Adapun hasil pengujian untuk jumlah *neuron* di *hidden layer* bisa dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Pengujian *Learning Rate Q-learning*

Percobaan ke	*Learning rate Q-learning*					
	0.1		0.5		0.9	
	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*
1	Pembelajaran tidak selesai hingga lebih dari 30 menit		983	> 1000	482	> 1000
2			1099	574	662	> 1000
3			1475	46	366	> 1000
4			1167	155	649	> 1000
5			1486	50	637	> 1000

Tabel 4.6 menunjukkan hasil pengujian parameter *learning rate* pada *Q-learning* yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, terlihat bahwa semakin besar *learning rate* maka proses pembelajaran menjadi lebih cepat dan hasil pembelajaran menjadi semakin baik.

5) *Discount rate* pada *Q-learning*

Discount rate yang digunakan pada *Q-learning* juga berpengaruh pada keberhasilan pembelajaran. Pengujian parameter ini menggunakan 0.9 pada *learning rate Q-learning* dan *learning rate* pada *backpropagataion* dan 2 menit untuk pengecekan inisialisasi ulang bobot serta 4 *neuron* di *hidden layer*. Adapun hasil pengujian untuk jumlah *neuron* di *hidden layer* bisa dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Pengujian *Discount Rate Q-learning*

Percobaan ke	*Discount rate Q-learning*					
	0.1		0.5		0.9	
	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*
1	Pembelajaran tidak selesai hingga lebih dari 30 menit		Pembelajaran tidak selesai hingga lebih dari 30 menit		482	> 1000
2					662	> 1000
3					366	> 1000
4					649	> 1000
5					637	> 1000

Tabel 4.7 menunjukkan hasil pengujian parameter *discount rate* pada *Q-learning* yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, terlihat bahwa semakin besar *discount rate* maka hasil pembelajaran menjadi semakin baik.

6) *Learning rate* pada *backpragation*

Learning rate yang digunakan pada *backpropagation* juga berpengaruh pada keberhasilan pembelajaran. Pengujian parameter ini menggunakan 0.9 pada *learning rate Q-learning* dan *discount rate* pada *Q-learning* dan 2 menit untuk pengecekan inisialisasi ulang bobot serta 4 *neuron* di *hidden layer*. Adapun hasil pengujian untuk jumlah *neuron* di *hidden layer* bisa dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Pengujian *Learning Rate Backpropagation*

Percobaan ke	*Learning rate Q-learning*					
	0.1		0.5		0.9	
	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*	Waktu (detik)	*Score*
1	Pembelajaran tidak selesai hingga lebih dari 30 menit		2521	36	482	> 1000
2			1340	> 1000	662	> 1000
3			-	-	366	> 1000
4			1651	123	649	> 1000
5			2164	45	637	> 1000

Tabel 4.8 menunjukkan hasil pengujian parameter *learning rate* pada *backpropagation* yang dilakukan sebanyak 5 kali percobaan, terlihat bahwa semakin besar *learning rate* maka hasil pembelajaran menjadi semakin baik. Daerah yang diberi tanda merah berarti pembelajaran tidak selesai hingga lebih dari 30 menit.

4.2.2. Pengujian Penggunaan *Resource*

Pada bagian pengujian penggunaan *resource*, parameter yang digunakan baik pada *Q-learning* saja maupun *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* adalah yang paling optimal berdasarkan pengujian sebelumnya.

1) Waktu pembelajaran

Adapun waktu pembelajaran dari *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* bisa dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Waktu Pembelajaran *Q-learning* yang Dikombinasikan dengan *Backpropagation*

Percobaan ke	Waktu (detik)	*Score*
1	482	> 1000
2	662	> 1000
3	366	> 1000
4	649	> 1000
5	637	> 1000
6	441	> 1000
7	342	> 1000
8	444	> 1000
9	585	> 1000
10	802	> 1000
Rata-rata	**541**	

Dari 10 kali percobaan rata-rata waktu dari *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* adalah 541 detik atau 9 menit 1 detik. Untuk penggunaan *Q-learning* saja hasil dari pengujian adalah semakin lama pelatihan akan semakin baik, kondisi henti yang digunakan adalah waktu pembelajaran yang sudah ditentukan. Parameter yang digunakan untuk *Q-learning* saja antara lain:

a) *State* sama dengan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* hanya saja di generalisasi secara manual di 15px.
b) *Reward* -100 ketika burung mati, +1 ketika burung hidup, +100 ketika *score* bertambah.
c) *Action* sama dengan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation*.
d) *Learning rate* sama dengan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation*.
e) *Discount rate* sama dengan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan

backpropagation.

Adapun hasil pengujian waktu pembelajaran *Q-learning* bisa dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Waktu dan Hasil Pembelajaran *Q-learning*

Waktu Pembelajaran	Score
15 menit	94.9
30 menit	131.9
60 menit	638.6
90 menit	571
105 menit	574.7
120 menit	>1000

Tabel 4.7 menunjukkan rata-rata *score* yang didapat dari 3 kali pembelajaran tiap parameter waktu. Jika dibandingkan dengan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* maka perbedaan penggunaan waktu pembelajarannya adalah:

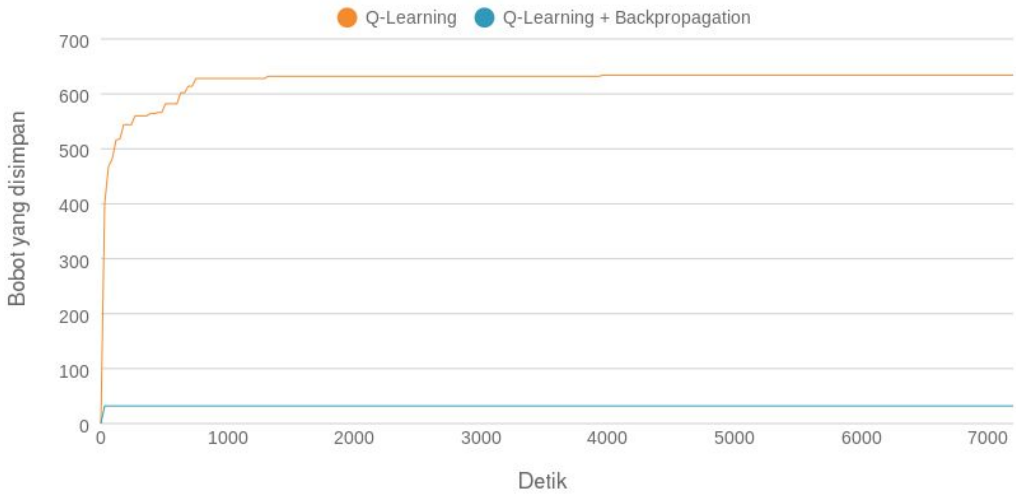
541 detik / 7200 detik * 100 = 7.514%

100% - 7.514% = 92.486%

Waktu pembelajaran *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* bisa berkurang hingga lebih dari 92% jika dibandingkan dengan penggunaan *Q-learning* saja.

2) Jumlah bobot yang disimpan

Adapun jumlah bobot yang disimpan di *memory* bisa dilihat pada Gambar 4.1 Grafik jumlah bobot yang disimpan.



Gambar 4.1 Grafik Jumlah Bobot yang Disimpan

Gambar 4.1 menunjukkan grafik jumlah bobot yang disimpan di *memory* dari 0s hingga 7200s (120 menit). *Q-learning* saja menghasilkan jumlah bobot sebanyak 634 bobot di detik ke 7200, sedangkan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* hanya 32 bobot dari awal hingga akhir. Jika dibandinkan dengan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* maka perbedaan penggunaan bobot yang disimpan di *memory* adalah:

32 bobot / 634 bobot * 100 = 5.047%

100% - 5.047% = 94.953%

Bobot yang disimpan *Q-learning* yang dikombinasikan dengan *backpropagation* bisa berkurang hingga lebih dari 94% jika dibandingkan dengan penggunaan *Q-learning* saja.