

Jurusan Teknik Informatika
Skripsi Sarjana Komputer
Semester Ganjil tahun 2007/2008

**ANALISIS DAN PENERAPAN METODE PEMBELAJARAN
REINFORCEMENT LEARNING DENGAN *Q-LEARNING*
UNTUK PENCARIAN SOLUSI PROMOSI PRODUK SUPERMARKET**

Tommy Wijaya 0800743906

Melisa Johan 0800762994

Abstrak

Dalam penentuan metode promosi produknya, sebagian besar supermarket besar berskala nasional di Indonesia masih menggunakan cara manual. Cara ini akan menimbulkan banyak masalah karena lama kelamaan keputusan manusia mulai menjadi tidak obyektif dan performanya akan menurun, sehingga keputusan-keputusan yang dibuat menjadi tidak optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis dan penerapan metode pembelajaran *Reinforcement Learning* dengan *Q-learning* yang dapat menghasilkan solusi yang tidak kalah baik dengan solusi yang dihasilkan oleh manusia, namun dengan waktu yang lebih singkat dan dengan biaya (*cost*) yang lebih rendah. Adapun metode yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup: pengumpulan data, analisis, perancangan dan implementasi, pengujian, dan evaluasi. Pengumpulan datanya sendiri dilakukan dengan pengamatan langsung ke beberapa supermarket besar di Indonesia dan juga ke toko-toko kelontong dan pasar-pasar tradisional. Sedangkan metode perancangan dilakukan pada pembuatan spesifikasi modul, *State-Transition Diagram (STD)*, dan perancangan *interface* (antar muka). Setelah itu dibuat sebuah aplikasi pencarian solusi metode promosi produk menggunakan metode pembelajaran *Reinforcement Learning* dengan *Q-learning*. Hasil dari pengujian terhadap penelitian ini menyatakan bahwa aplikasi ini dapat menghasilkan solusi promosi produk yang sesuai dengan *rules* yang telah diberikan. Jadi apabila *rules* yang diberikan semakin lengkap, maka semakin optimal pula solusi yang dihasilkan. Solusi yang dihasilkan oleh aplikasi ini memiliki tingkat keakuratan yang tinggi, dan proses pencariannya hanya memakan waktu yang singkat. Saran yang dapat menjadi masukan untuk pengembangan metode pembelajaran ini dalam penentuan metode promosi produk supermarket adalah untuk memperoleh data yang lebih handal (*reliable*) dari supermarket yang dapat menjadi acuan dalam pemberian *rules* untuk metode pembelajaran ini, sehingga solusi yang dihasilkan dapat lebih optimal.

Kata Kunci:

machine learning, reinforcement learning, Q-learning, product promotion, product analysis

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan dan penulisan skripsi dengan judul “ANALISIS DAN PENERAPAN METODE PEMBELAJARAN *REINFORCEMENT LEARNING* DENGAN *Q-LEARNING* UNTUK PENCARIAN SOLUSI PROMOSI PRODUK PASAR SWALAYAN ”

Skripsi ini disusun dengan tujuan untuk memenuhi syarat kelulusan jenjang studi Strata-1 (S1) jurusan Teknik Informatika di Universitas Bina Nusantara.

Selama penyusunan dan penulisan skripsi, penulis mendapatkan dukungan dan bantuan baik secara moril maupun materiil dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah banyak memberikan nasehat, dukungan, dan doa selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Bina Nusantara.
2. Bapak Prof. Dr. Gerardus Polla, M.App.Sc. selaku Rektor Universitas Bina Nusantara, Bapak Ir. Sablin Yusuf, MSc., M.Comp.Sc. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer, dan Bapak Fredy Purnomo, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika yang telah memberikan kesempatan, kepercayaan, serta saran dalam penyusunan skripsi ini.

3. Ibu Henny Surya Ningsih, S.Kom., MSoftSysEng. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika Universitas Bina Nusantara yang juga merupakan Dosen Pembimbing kami yang telah menyediakan waktu untuk membantu dalam memberikan sumbangan pemikiran, serta membimbing penulis dalam menyelesaikan masalah-masalah yang penulis temui.
4. Seluruh staf dosen Universitas Bina Nusantara yang telah mendidik dan membagikan pengetahuannya selama penulis mengikuti proses perkuliahan di Universitas Bina Nusantara.
5. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Bina Nusantara atas persahabatannya serta dukungan maupun bantuan yang didapatkan penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Bina Nusantara.
6. Pihak-pihak lain yang telah membantu penulis selama proses penyusunan maupun penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga dibutuhkan saran dan kritik yang bersifat membangun untuk penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semua pihak yang berkepentingan.

Jakarta, Januari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul Luar	i
Halaman Judul Dalam.....	ii
Halaman Persetujuan <i>Hard Cover</i>.....	iii
Halaman Pernyataan Dewan Penguji	iv
Abstrak.....	vi
Prakata.....	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel.....	xv
Daftar Gambar	xviii
Daftar Lampiran	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Ruang Lingkup.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
1.4 Metodologi	5
1.5 Sistematika Penulisan	7
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Kecerdasan Buatan (<i>Artificial Intelligence</i>).....	9
2.2 <i>Neural Network (NN)</i>	16

2.2.1	Jaringan Saraf Tiruan (<i>Artificial Neural Network</i>)	16
2.2.2	Jaringan Saraf Manusia (<i>Biological Neural Network</i>)	17
2.2.3	Arsitektur <i>Neural Network</i>	19
2.2.3.1	<i>Single Layer Network</i>	19
2.2.3.2	<i>Multi Layer Network</i>	21
2.2.3.3	<i>Recurrent Network</i>	22
2.2.4	Fungsi Aktivasi	23
2.2.5	Paradigma Pembelajaran	29
2.2.5.1	<i>Supervised Learning</i>	30
2.2.5.2	<i>Unsupervised Learning</i>	31
2.3	<i>Reinforcement Learning (RL)</i>	32
2.3.1	Elemen-elemen Dasar <i>Reinforcement Learning</i>	34
2.3.2	Kerangka Kerja <i>Reinforcement Learning</i>	37
2.3.3	<i>Markov Decision Process (MDP)</i>	39
2.3.4	<i>Action Value</i> Menggunakan Metode ϵ -greedy	40
2.3.5	<i>Q-Learning</i>	41
2.3.5.1	<i>Q-Function</i>	42
2.3.5.2	Algoritma <i>Q-Learning</i>	43
2.3.5.3	Contoh Kasus Menggunakan <i>Q-Learning</i>	45
2.4	Produk dan Promosi	51
2.4.1	Pengertian Produk	51
2.4.1.1	Pengembangan Produk Baru	52
2.4.1.2	<i>Product Bundling</i>	53
2.4.2	Pengertian Pemasaran	54

2.4.3	Pengertian Promosi	55
2.4.4	Pengertian Harga.....	58
2.4.5	Prinsip Ekonomi.....	60
BAB 3 ANALISIS DAN PERANCANGAN.....		62
3.1	Gambaran Permasalahan Secara Umum.....	62
3.2	Kebutuhan Sistem dan Pemenuhan Kebutuhan Sistem	64
3.3	Alur Program Secara Umum.....	66
3.4	Inisialisasi.....	67
3.4.1	Perancangan Database dan Input Data.....	68
3.4.2	Koneksi ke Database.....	78
3.4.3	Inisialisasi Matriks dan Parameter	79
3.4.3.1	Perancangan Matriks R	79
3.4.3.2	Inisialisasi Matriks Q	81
3.4.3.3	Inisialisasi <i>Learning Parameter</i>	83
3.4.3.4	Inisialisasi <i>ϵ-greedy Parameter</i>	83
3.5	Proses <i>Training</i> dengan <i>Q-Learning</i>	84
3.6	Proses <i>Recall Data</i>	88
3.7	Perancangan Aplikasi.....	89
3.7.1	Rancangan Modul	91
3.7.1.1	Modul Inisialisasi.....	91
3.7.1.2	Modul <i>Training</i>	97
3.7.1.3	Modul <i>Recall Data</i>	107
3.7.2	Rancangan Struktur Menu.....	111

3.7.3	<i>State-Transition Diagram (STD)</i>	114
3.7.4	Rancangan Layar.....	125
3.7.4.1	Rancangan <i>Form Main Menu</i>	125
3.7.4.2	Rancangan <i>Form Training Data</i>	127
3.7.4.3	Rancangan <i>Form Recall Events Products</i>	129
3.7.4.4	Rancangan <i>Form Recall Near Expired Products</i>	131
3.7.4.5	Rancangan <i>Form Recall New Products</i>	133
3.7.4.6	Rancangan <i>Form Recall Too Many Products</i>	135
3.7.4.7	Rancangan <i>Form View Matrix R</i>	137
3.7.4.8	Rancangan <i>Form View Matrix Q – Events</i>	139
3.7.4.9	Rancangan <i>Form View Matrix Q – Near Expired</i>	141
3.7.4.10	Rancangan <i>Form View Matrix Q – New</i>	143
3.7.4.11	Rancangan <i>Form View Matrix Q – Too Many</i>	145
3.7.4.12	Rancangan <i>Form View Data Table</i>	147
3.7.4.13	Rancangan <i>Form View Events Table</i>	149
3.7.4.14	Rancangan <i>Form View Priority Table</i>	151
3.7.4.15	Rancangan <i>Form View Promotion Table</i>	153
3.7.4.16	Rancangan <i>Form Program Tutorial</i>	155
3.7.4.17	Rancangan <i>Form About Us</i>	157
BAB 4 IMPLEMENTASI DAN EVALUASI.....		160
4.1	Spesifikasi Sistem	160
4.1.1	Spesifikasi Perangkat Keras.....	160
4.1.2	Spesifikasi Perangkat Lunak.....	160

4.1.3	Spesifikasi Minimum Perangkat Keras yang Dianjurkan	161
4.2	Prosedur Operasional	161
4.3	Prosedur Evaluasi.....	178
4.3.1	Evaluasi Parameter <i>Q-Learning</i>	179
4.3.1.1	Evaluasi Parameter ϵ -greedy	179
4.3.1.2	Evaluasi Parameter <i>Discount Rate</i>	180
4.3.2	Evaluasi Solusi yang Dihasilkan Parameter Terpilih.....	181
4.3.2.1	Evaluasi Solusi Pada <i>Events Products</i>	181
4.3.2.1.1	Evaluasi Solusi Pada <i>Events Products</i> Natal dan Tahun Baru	182
4.3.2.1.2	Evaluasi Solusi Pada <i>Events Products</i> Tahun Baru Imlek	185
4.3.2.2	Evaluasi Solusi Pada <i>Near Expired Products</i>	189
4.3.2.3	Evaluasi Solusi Pada <i>New Products</i>	192
4.3.2.4	Evaluasi Solusi Pada <i>Too Many Products</i>	194
4.3.3	Evaluasi Aplikasi Secara Umum.....	198
4.3.4	Rangkuman Hasil Evaluasi Secara Keseluruhan	198
BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN		199
5.1	Simpulan	199
5.2	Saran.....	200

DAFTAR PUSTAKA	202
RIWAYAT HIDUP	204
LAMPIRAN.....	L1

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbedaan Kecerdasan Buatan dengan Pemrograman Konvensional.....	12
Tabel 3.1	Rancangan Tabel Barang	71
Tabel 3.2	Rancangan Tabel Alasan Promosi	71
Tabel 3.3	Rancangan Tabel Hari Raya.....	72
Tabel 3.4	Rancangan Tabel Kelas.....	73
Tabel 3.5	Rancangan Tabel Kategori.....	74
Tabel 3.6	Rancangan Tabel Status Kadaluarsa	74
Tabel 3.7	Rancangan Tabel Prioritas	75
Tabel 3.8	Rancangan Tabel Status	75
Tabel 3.9	Rancangan Tabel Persediaan Barang	76
Tabel 3.10	Rancangan Tabel Metode Promosi	77
Tabel 3.11	Rancangan Tabel Data	78
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Terhadap Parameter ϵ -greedy	179
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Terhadap Parameter <i>Discount Rate</i>	180
Tabel 4.3	Promosi Diskon Produk Cokelat – Natal dan Tahun Baru	182
Tabel 4.4	Promosi Diskon Produk <i>Soft Drink</i> – Natal dan Tahun Baru	183
Tabel 4.5	Promosi Diskon Produk Chiki – Natal dan Tahun Baru	183
Tabel 4.6	Promosi Diskon Produk Kacang – Natal dan Tahun Baru.....	183
Tabel 4.7	Promosi Diskon Produk Perlengkapan Pesta – Natal dan Tahun Baru...	183
Tabel 4.8	Hasil <i>Recall Events Products</i> – Natal dan Tahun Baru.....	184
Tabel 4.9	Tingkat Keakuratan Data Solusi – Natal dan Tahun Baru.....	184

Tabel 4.10	Promosi Diskon Produk Makanan Kaleng – Tahun Baru Imlek	185
Tabel 4.11	Promosi Diskon Produk Daging Ayam – Tahun Baru Imlek	185
Tabel 4.12	Promosi Diskon Produk Buah dan Sayuran Segar – Tahun Baru Imlek	186
Tabel 4.13	Promosi Diskon Produk Makanan Beku – Tahun Baru Imlek.....	186
Tabel 4.14	Promosi Diskon Produk <i>Soft Drink</i> – Tahun Baru Imlek	187
Tabel 4.15	Promosi Diskon Produk Permen – Tahun Baru Imlek.....	187
Tabel 4.16	Promosi Diskon Produk Biskuit – Tahun Baru Imlek	187
Tabel 4.17	Promosi Diskon Produk Cokelat – Tahun Baru Imlek	188
Tabel 4.18	Hasil <i>Recall Events Products</i> – Tahun Baru Imlek.....	188
Tabel 4.19	Tingkat Keakuratan Data Solusi – Tahun Baru Imlek	189
Tabel 4.20	Promosi Diskon Produk Biskuit – <i>Near Expired</i>	190
Tabel 4.21	Promosi Diskon Produk Mie Instan – <i>Near Expired</i>	190
Tabel 4.22	Promosi Diskon Produk Buah dan Sayuran Segar – <i>Near Expired</i>	190
Tabel 4.23	Promosi Diskon Produk Daging Sapi – <i>Near Expired</i>	190
Tabel 4.24	Promosi Diskon Produk <i>Soft Drink</i> – <i>Near Expired</i>	190
Tabel 4.25	Hasil <i>Recall Near Expired Products</i>	191
Tabel 4.26	Tingkat Keakuratan Data Solusi – <i>Near Expired Products</i>	191
Tabel 4.27	Promosi Diskon Produk Saus – <i>New</i>	192
Tabel 4.28	Promosi Diskon Produk Makanan Beku – <i>New</i>	192
Tabel 4.29	Promosi Diskon Produk Kosmetik – <i>New</i>	192
Tabel 4.30	Promosi Diskon Produk Pembersih – <i>New</i>	193
Tabel 4.31	Promosi Diskon Produk Aksesoris – <i>New</i>	193
Tabel 4.32	Promosi Diskon Produk <i>Soft Drink</i> – <i>New</i>	193
Tabel 4.33	Hasil <i>Recall New Products</i>	193

Tabel 4.34	Tingkat Keakuratan Data Solusi – <i>New Products</i>	194
Tabel 4.35	Promosi Diskon Produk Minyak – <i>Too Many</i>	195
Tabel 4.36	Promosi Diskon Produk Susu – <i>Too Many</i>	195
Tabel 4.37	Promosi Diskon Produk Tissue dan Kapas – <i>Too Many</i>	195
Tabel 4.38	Promosi Diskon Produk Pampers dan Pembalut – <i>Too Many</i>	196
Tabel 4.39	Promosi Diskon Produk Beras – <i>Too Many</i>	196
Tabel 4.40	Hasil <i>Recall Too Many Products</i>	197
Tabel 4.41	Tingkat Keakuratan Data Solusi – <i>Too Many Products</i>	197

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Neuron Biologis Pada Manusia.....	18
Gambar 2.2	Arsitektur <i>Single Layer Network</i>	20
Gambar 2.3	Arsitektur <i>Multi Layer Network</i>	21
Gambar 2.4	Arsitektur <i>Recurrent Network</i>	23
Gambar 2.5	Model Komputasi <i>Artificial Neural Network</i>	24
Gambar 2.6	Kurva Fungsi Identitas.....	25
Gambar 2.7	Kurva Fungsi Tangga Biner.....	25
Gambar 2.8	Kurva Fungsi Tangga Bipolar.....	26
Gambar 2.9	Kurva Fungsi Sigmoid Biner.....	27
Gambar 2.10	Kurva Fungsi Sigmoid Bipolar.....	29
Gambar 2.11	Paradigma Pembelajaran dalam <i>Machine Learning</i>	30
Gambar 2.12	Metode Pembelajaran <i>Reinforcement Learning</i>	38
Gambar 2.13	<i>Markov Decision Process</i>	39
Gambar 2.14	Contoh Kasus Menggunakan <i>Q-Learning</i>	45
Gambar 3.1	Alur Proses Pencarian Solusi Optimal Menggunakan Metode Pembelajaran <i>Reinforcement Learning</i> dengan <i>Q-Learning</i>	66
Gambar 3.2	Representasi Model of Environment Dalam Bentuk Graph.....	80
Gambar 3.3	Diagram Alir Modul Inisialisasi Matriks R.....	92
Gambar 3.4	Diagram Alir Modul Inisialisasi Matriks Q.....	94
Gambar 3.5	Diagram Alir Modul <i>Set</i> Parameter γ	95
Gambar 3.6	Diagram Alir Modul Inisialisasi Parameter ϵ	96

Gambar 3.7	Diagram Alir Modul <i>Training Data</i>	98
Gambar 3.8	Diagram Alir Modul <i>Choose Action</i>	100
Gambar 3.9	Diagram Alir Modul <i>Get Index</i>	102
Gambar 3.10	Diagram Alir Modul <i>Update Convergence</i>	104
Gambar 3.11	Diagram Alir Modul <i>Save Matrix Q</i>	106
Gambar 3.12	Diagram Alir Modul <i>Recall Data</i>	108
Gambar 3.13	Diagram Alir Modul <i>Load Matrix Q</i>	110
Gambar 3.14	Gambar Struktur Menu Utama.....	111
Gambar 3.15	Gambar Struktur Menu <i>Learning Process</i>	111
Gambar 3.16	Gambar Struktur Menu <i>Recalling Process</i>	112
Gambar 3.17	Gambar Struktur Menu <i>View Matrix</i>	112
Gambar 3.18	Gambar Struktur Menu <i>View Database</i>	113
Gambar 3.19	Gambar Struktur Menu <i>Help</i>	113
Gambar 3.20	<i>State Transition Diagram</i>	114
Gambar 3.21	<i>STD</i> Menu Utama.....	115
Gambar 3.22	<i>STD</i> Menu <i>Training Data</i>	116
Gambar 3.23	<i>STD</i> Menu <i>Recall Events Products</i>	117
Gambar 3.24	<i>STD</i> Menu <i>Recall Near Expired Products</i>	118
Gambar 3.25	<i>STD</i> Menu <i>Recall New Products</i>	118
Gambar 3.26	<i>STD</i> Menu <i>Recall Too Many Products</i>	119
Gambar 3.27	<i>STD</i> Menu <i>View Matrix R</i>	119
Gambar 3.28	<i>STD</i> Menu <i>View Matrix Q – Events</i>	120
Gambar 3.29	<i>STD</i> Menu <i>View Matrix Q – Near Expired</i>	120
Gambar 3.30	<i>STD</i> Menu <i>View Matrix Q – New</i>	121

Gambar 3.31	<i>STD Menu View Matrix Q – Too Many</i>	121
Gambar 3.32	<i>STD Menu View Data Table</i>	122
Gambar 3.33	<i>STD Menu View Events Table</i>	122
Gambar 3.34	<i>STD Menu View Priority Table</i>	123
Gambar 3.35	<i>STD Menu View Promotion Table</i>	123
Gambar 3.36	<i>STD Menu Program Tutorial</i>	124
Gambar 3.37	<i>STD Menu About Us</i>	124
Gambar 3.38	Rancangan <i>Form Main Menu</i>	125
Gambar 3.39	Rancangan <i>Form Training Data</i>	127
Gambar 3.40	Rancangan <i>Form Recall Events Products</i>	129
Gambar 3.41	Rancangan <i>Form Recall Near Expired Products</i>	131
Gambar 3.42	Rancangan <i>Form Recall New Products</i>	133
Gambar 3.43	Rancangan <i>Form Recall Too Many Products</i>	135
Gambar 3.44	Rancangan <i>Form View Matrix R</i>	137
Gambar 3.45	Rancangan <i>Form View Matrix Q – Events</i>	139
Gambar 3.46	Rancangan <i>Form View Matrix Q – Near Expired</i>	141
Gambar 3.47	Rancangan <i>Form View Matrix Q – New</i>	143
Gambar 3.48	Rancangan <i>Form View Matrix Q – Too Many</i>	145
Gambar 3.49	Rancangan <i>Form View Data Table</i>	147
Gambar 3.50	Rancangan <i>Form View Events Table</i>	149
Gambar 3.51	Rancangan <i>Form View Priority Table</i>	151
Gambar 3.52	Rancangan <i>Form View Promotion Table</i>	153
Gambar 3.53	Rancangan <i>Form Program Tutorial</i>	155
Gambar 3.54	Rancangan <i>Form About Us</i>	157

Gambar 4.1	Tampilan <i>Splash Screen</i>	161
Gambar 4.2	Tampilan Awal Aplikasi.....	162
Gambar 4.3	Pemilihan Menu <i>Learning Process</i> Pada Tampilan Awal Aplikasi.....	163
Gambar 4.4	Tampilan Layar Menu <i>Training Data</i>	164
Gambar 4.5	Tampilan Layar <i>Warning</i> Untuk Pengisian Parameter <i>Discount Rate</i>	165
Gambar 4.6	Tampilan Layar <i>Warning</i> Untuk Pengisian Parameter ϵ - <i>greedy</i>	165
Gambar 4.7	Tampilan Layar Pada Saat Proses <i>Training</i>	166
Gambar 4.8	Tampilan Layar <i>Training Done</i>	167
Gambar 4.9	Tampilan Layar Setelah Proses <i>Training</i> Selesai	168
Gambar 4.10	Tampilan Layar Konfirmasi <i>Save Data</i>	169
Gambar 4.11	Tampilan Layar <i>Saving Done</i>	170
Gambar 4.12	Tampilan Layar <i>Recall Events Products</i>	171
Gambar 4.13	Tampilan Layar <i>Recall Events Products</i> – Natal dan Tahun Baru	172
Gambar 4.14	Tampilan Layar <i>View Matrix R</i>	173
Gambar 4.15	Tampilan Layar <i>View Matrix Q – Events</i>	174
Gambar 4.16	Tampilan Layar <i>View Data Table</i>	175
Gambar 4.17	Tampilan Layar <i>View Events Table</i>	175
Gambar 4.18	Tampilan Layar <i>View Promotion Table</i>	176
Gambar 4.19	Tampilan Layar <i>Program Tutorial</i>	177
Gambar 4.20	Tampilan Layar <i>About Us</i>	178

DAFTAR LAMPIRAN

A	Tabel <i>Database</i>	L1
B	Inisialisasi Matriks	L6