ANALISIS "WHO WANTS TO BE A MLLIONAIRE " DENGAN PROGRAM DINAMIS

Meliza T.M.Silalahi

Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Bandung
Ganesha 10, Bandung
if16116@students.if.itb.ac.id

ABSTRAK

Program Dinamis (*dynamic programming*) adalah metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan langkah (step) atau tahapan (stage) sedemikian sehingga solusi dari persoalan dapat dipandang dari serangkaian keputusan yang saling berkaitan.
Makalah ini mencoba memaparkan analisis suatu acara TV "Who wants to be a millonaire" dilihat dari segi program dinamis, untuk memaksimalkan hadiah yang ingin diraih dan memaksimalkan mencapai suatu pertanyaan tertentu.

Kata kunci: Program Dinamis, peluang, optimal, strategi.

1. PENDAHULUAN

Dalam permainan "Who wants to be a millionaire", kontestan membuat suatu keputusan di setiap pertanyaan dan ada empat jawaban yang mungkin. Ada N= 16 tahapan di mana tahapan ke-16 hanya dapat dicapai setelah menjawab 15 pertanyaan dengan benar. Untuk membuat keputusan, kontestan sebaiknya mengetahui indeks dari pertanyaan yang sedang dihadapi dan bantuan yang telah mereka gunakan.

Misalkan Y adalah vektor state yang elemennya berbentuk s = (k,l_1,l_2,l_3). Variabel k adalah indeks dari pertanyaan yang sedang dihadapi dan

li = 1 jika bantuan i masih bisa digunakan
0 jika bantuan i sudah digunakan (1)

A(s) menunjukkan himpunan dari aksi yang dapat dikerjakan dalam state s. A(s) bergantung pada indeks pertanyaan dan bantuan yang tersisa. Jika k = 16 dan permainan berakhir dan tidak ada aksi lagi yang mungkin dilakukan. Jika k = 15 , kontestan memiliki beberapa kemungkinan :

- Menjawab pertanyaan dengan menggunakan satu atau lebih bantuan. Dalam kasus ini, kontestan harus menspesifikasikan bantuan yang akan digunakan mengingat setiap bantuan hanya dapat digunakan sekali sepanjang permainan.
- Berhenti dari permainan.

Jika pemain memutuskan berhenti, dia hanya mendapat sejumlah nilai dari pertanyaan terakhir yang dijawab. Jika pemain memutuskan menjawab, hadiah yang akan didapat merupakan variabel acak dan bergantung terhadap kemungkinan jawaban benar. Jika pemain gagal, hadiah yang didapat hanyalah sebesar nilai terakhir sebelum gagal. Jika kandidat memilih jawaban yang benar maka dia maju ke tahap selanjutnya dan ada harapan ke tahap final.

Misalkan rk menunjukkan nilai yang diperoleh jika pemain memutuskan untuk berhenti dari permainan setelah menjawab pertanyaan k dengan benar dan rk* merupakan nilai yang diperoleh jika kandidat gagal menjawab pertanyaan k+1. Nilai dari rk dan rk* dapat dilihat pada table 1.

Tabel 1 Hadiah langsung versus hadiah yang telah terjamin

r1	150	r1*	0
r2	300	r2*	0
r3	450	r3*	0
r4	900	r4*	0
r5	1800	r5*	1800
r6	2100	r6*	1800
r7	2700	r7*	1800
r8	3600	r8*	1800
r9	4500	r9*	1800
r10	9000	r10*	9000
r11	18000	r11*	9000
r12	36000	r12*	9000
r13	72000	r13*	9000
r14	144000	r14*	9000
r15	300000	r15*	300000

Setelah keputusan diambil, proses mengolah state baru.Jika pemain memutuskan untuk berhenti pada suatu pertanyaan atau jawaban salah, permainan berakhir.Jika pemain memutuskan bermain dan memilih jawaban yang benar, maka ada transisi ke state lain t(s,a) = (l+1, l'1, l'2 , l'3) € Y , di mana indikator bantuan l'i adalah

- l'i = l'i - 1 jika bantuan i digunakan dalam pertanyaan k.
- li jika tidak

Misalkan pk* merupakan kemungkinan menjawab dengan benar tanpa menggunakan bantuan apapun dan pk^i adalah kemungkinan menjawab dengan benar dengan mengunakan bantuan ke i. Dari data yang tersedia kita dapat melakukan analisis regresi linear dengan menggunakan *least squares* sehingga semua kemungkinan berada di antara 0 dan 1. Dengan cara ini, kita mempertahankan model pk = c + m (k-1) di mana c = 1 dan c -14m = 0 , pk merepresentasikan kemungkinan-kemungkinan pk*, pk^1 , pk^2 , pk^3 . Hasil jumlah dari regresi garis dan parameter r2 masing-masing adalah:

$pk^* = 0.996 – 0.051 (k-1)$, $r2 = 0.941$,
$pk^1 = 1.000 – 0.037 (k- 1)$, $r2 = 0.883$, (2)
$pk^2 = 1.000 – 0.029 (k- 1)$, $r2 = 0.858$,
$pk^3 = 1.000 – 0.041 (k- 1)$, $r2 = 0.865$.

Nilai dari r^2 mendekati 1 sehingga untuk selanjutnya dipertimbangkan nilai dari p_k^* dan p_k^i dari garis regresi , i = 1,2,3.

Untuk memperkirakan kemungkinan menjawab dengan benar sebuah pertanyaan yang menggunakan beberapa bantuan , kita membuat asumsi bahwa ada relasi/hubungan multiplikatif antara kemungkinan gagal dalam state tertntu dengan menggunakan bantuan i dan kemungkinan gagal tanpa bantuan. Hubungan ini seperti kemungkinan gagal yang meningkat oleh factor tatap c^i, $0 < c^i < 1$ i = 1,2,3.

Secara matematis:

$$q_k^i = q_k^* c_k^i \quad \Leftrightarrow \quad p_k^i = 1- (1-p_k^*)\, c_k^i, \qquad (3)$$

di mana $q_k^* = 1- p_k^*$ dan $q_k^i = 1- p_k^i$, i = 1,2,3 dan k = 1,...,15. Kita asumsikan lebih jauh bahwa kombinasi dari beberapa bantuan membatasi kemungkinan awal p_k^*, q_k^* dalam cara yang multiplikatif dengan mengalikan konstanta ‘c’ yang berbeda. Simplikasi ini memperbolehkan ekspresi empiris tentang kemungkinan. Dengan asumsi ini, kita dapat menggunakan informasi yang kita punya tentang pemain dalam memperkirakan kemungkinan menjawab dengan benar dengan semua kombinasi bantuan.

Dari persamaan (3) dan nilai dari garis regresi dalam persamaan (2) , dapat diturunkan nilai dari konstanta ‘c’ , lihat tabel 2.

Tabel 2 Faktor Kebenaran

k	c1	c2	c3
1	0	0	0
2	0.672	0.527	0.745
3	0.698	0.547	0.773
4	0.707	0.554	0.783
5	0.711	0.557	0.788
6	0.714	0.559	0.791
7	0.716	0.561	0.793
8	0.717	0.562	0.795
9	0.718	0.563	0.796
10	0.719	0.563	0.796
11	0.719	0.564	0.797
12	0.720	0.564	0.798
13	0.720	0.564	0.798
14	0.721	0.565	0.799
15	0.721	0.565	0.799

2. MODEL MATEMATIKA

Ada dua model analisa yangakan dijelaskan. Yang pertama , dimaksudkan untuk memaksimalkan nilai hadiah yang diharapkan. Yang kedua adalah mencari strategi optimal sehingga kemungkinan untuk mencapai dan menjawab pertanyaan dengan benar adalah maksimal.

2.1 Memaksimalkan nilai hadiah yang diharapkan.

Misalkan p_s^a merupakan kemungkinan menjawab dengan benar saat state s € Y aksi a € A(s) dipilih.

Asumsi bahwa p_s^a hanya bergantung pada indeks pertanyaan dan bantuan yang digunakan

$\forall$ s € S, $\forall$ a € A(s).

f(s) adalah nilai hadiah maksimum yang diharapkan yang bisa dipertahankan dimulai dari state s = (k, l_1, l_2, l_3). Kita dapat menghitung f(s) dengan cara berikut. Nilai hadiah maksimum yung diharapkan dapat dipertahankan dari semua kemungkinan state yang bisa dicapai dari state s. Pada saat itu, kita dapat berhenti dari permainan dan memastikan r_k atau pergi ke pertanyaan selanjutnya (asumsi indeksnya k+1). Dalam kasus selanjutnya jika kita memilih sebuah aksi a € A(s) kemudian kita menjawab dengan benar dengan kemungkinan p_s^a dan gagal dengan kemungkinan (1 - p_s^a) . Nilai hadiah yang diperoleh ketika gagal menjawab adalah sesuai dengan nilai sebelumnya saat pertanyaan k+1, yaitu r_k*. Dengan kata lain menjawab pertanyaan ke k+1 dengan benar menghasilkan peralihan ke pertanyaan selanjutnya dengan bantuan yang masih tersisa. Fungsi transisi t(s,a) memberikan state baru ketika aksi a dipilih dalam state s. Nilai hadiah yang diharapkan adalah f(t(s,a)). Untuk lebih jelasnya, nilai hadiah yang diharapkan dengan aksi ’a’ adalah

$$p_s^a\, f(t(s,a)) + (1-p_s^a)\, r_k^* \qquad (4)$$

Maka :

$$f(s) = \max_{a \in A(s)} \{ r_k,\ p_s^a\, f(t(s,a)) + (1- p_s^a)\, r_k^* \} \qquad (5)$$

Untuk mendapatkan nilai hadiah yang diharapkan adalah maksimum, kita harus mengevaluasi fungsionalitas f dalam state yang terpisah. Nilai dari f dapat dihitung secara rekursif dengan induksi terbalik segera sesudah mengetahui nilai dari f di berbagai state yang layak (feasible) dari terminal stage yaitu saat berada pada pertanyaan ke-15 dengan kombinasi bantuan yang masih mungkin. Nilai-nilai ini ditunjukkan pada table 3.

Nilai hadiah yang diharapkan dalam 8 kemungkinan state akhir (terminal) dari model 1

State	f(state)
15,1,1,1	231858.5
15,0,0,1	144000
15,0,1,0	181854
15,0,1,1	205549
15,1,0,1	214763.7
15,1,1,0	179493.6
15,1,0,0	149262
15,0,0,0	144000

Contoh 3.1. Nilai maksimum hadiah yang diharapkan ketika mulai pertanyaan 1 dengan semua pilihan bantuan yang tersedia f(1,1,1,1) adalah 2386.7 dan strategi optimal untuk mencapai hal ini adalah seperti ditunjukkan pada kolom pertama table 4.

Untuk melihat kekuatan dari solusi yang diberikan, kita menganalisa strategi yang optimal ketika model ini dimodifikasi dengan mengubah setiap koefisien dengan pengurangan satu atau penjumlahan satu dengan standard deviasi. Strategi optimal untuk setiap empat model baru ini dapat dilihat pada tabel 4.

Satu hal yang dapat diamati dari tabel 4 yang menambah (mengurangi) satu standard deviasi ke c(m) menaikkan kemungkinan menjawab dengan benar. Oleh sebab itu, strategi hasil menjadi lebih berisiko jika menunda penggunaan bantuan dan mencapai pertanyaan akhir. Di sisi lain, mengurangi atau menambah satu standard deviasi ke c(m) akan mengurangi kemungkinan menjawab dengan benar dan strateginya cenderung menggunakan bantuan segera setelah pertanyaan ke-8.

Tabel 4 Solusi model 1 menunjukkan strategi optimal dalam setiap pertanyaan (QI) dan nilai hadiah yang diharapkan untuk basis model (kolom 1)

QI	c-m(k-1)	$c+s_c$- m(k-1)	$c-s_c$- m(k-1)
1	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
2	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
3	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
4	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
5	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
6	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
7	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
8	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tanya audiens
9	50:50	tanya audiens	50:50
10	telefon	telefon	telefon
11	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
12	tanya audiens	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
13	stop	50:50	stop
14	-	stop	-
ER	2386.7	3350.7	1683.4

Ket: ER = expected reward (nilai hadiah yang diharapkan)

QI	c-$(m+s_m)$(k-1)	c-$(m+s_m)$(k-1)
1	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
2	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
3	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
4	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
5	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
6	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
7	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
8	tanya audiens	tidak ada bantuan
9	50:50	tanya audiens
10	telefon	telefon
11	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
12	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
13	Stop	50:50
14	-	Stop
ER	2017.17	2885.9

Kolom lain menunjukkan kepekaan solusi dengan mengubah dua koefesien regresi (c dan m) dengan satu standard deviasi.

2.2 Mencapai sebuah pertanyaan

Dalam sesi ini kita mengalamatkan sebuah objek yang berbeda dengan hal yang berhubungan dengan relasi rekurens yang berbeda dengan permainan. Sekarang kita mencari strategi optimal dalam memaksimalkan kemungkinan mencapai dan menjawab pertanyaan yang diberikan. Lebih lagi, kita juga memberikan peluang melakukan jika kita mengikuti strategi optimal

Berikut didefenisikan sebuah persoalan baru. State s didefenisikan sebagai vektor berdimensi empat seperti sebelumny a

$$s = (k, l_1, l_2, l_3)$$

Misalkan w= 1,2,...,15 adalah nomor yang pasti. Tujuan kita adalah menjawab dengan benar pertanyaan w. Tunjukkan dengan f(s) sebagai peluang maksimum mencapai dan menjawab pertanyaan w dengan benar dimulai dengan state s.

Kita menghit ung f(s) dengan cara berikut. Peluang maksimum mencapai dan menjawab dengan benar pertanyaan w dimulai dari state s adalah nilai maksimum dari peluang aksi a e A(s) dari kemungkinan menjawab suatu pertanyaan tertentu dengan benar di kali dengan peluang maksimum mencapai tujuan dari state t(s,a), a e A(s), di mana t(s,a) merupakan state peralihan setelah memilih aksi a dalam satate s jika menjawab dengan benar.

Sehingga kita memiliki

$$f(k, l_1, l_2, l_3) = \max_{\substack{0 = g_i = l_i \\ g_i \text{ e } Z \ \forall i}} \{ p_{k, g1, g2, g3} \cdot f(k+1, l_1 - g_1, l_2 - g_2, l_3 - g_3) \}$$

Di mana $p_{k, g1, g2, g3}$ adalah peluang menjawab dengan benar pertanyaan ke- k dengan menggunakan bantuan ke i jika g_i = 1, i = 1,2,3.

Fungsi f adalah fungsi rekursif, sehingga untuk mempertahankan evaluasi ini dengan induksi terbalik kita membutuhkan nilai dari setiap state yang adalah terminal stage.

Perhatikan bahwa tujuan dari formulasi ini adalah untuk menjawab pertanyaan w dengan benar. Peluang untuk berbuat demikian tercapai jika kita telah berada pada pertanyaan w+1 dengan nilai formula adalah 1. Sehingga kita memiliki

$$f(w+1, l_1, l_2, l_3) = 1 \quad \forall l_i \text{ e } \{0,1\}, \quad i = 1,2,3.$$

Kita telah memiliki fungsi evaluasi pada terminal stage, solusi dari model ini adalah *f(departing stage)*.

Stategi optimal dan peluang mencapai dan menjawab dengan benar pertanyaan yang mungkin w =1,...15 ditunjukkan pada tabel 5 dan 6. Perlu diperhatikan bahwa strategi memilki pola yang sama, yaitu menggunakan bantuan pada akhir dan dari w=6 dalam urutan yang sama : tanya audiens , 50:50 dan telfon teman.

Tabel 5 Stategi optimal untuk w = 1-5 dan kemungkinan sukses

QI	w=1	w=2	w=3	w=4	w=5
1	semua bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
2		semua bantuan	tanya audiens	tidak ada bantuan	tidak ada bantuan
3			50:50, telefon	50:50	tidak ada bantuan
4				telfon,tanya audiens	50:50
5					telfon; tanya audiens
Pr	1	0.982	0.916	0.812	0.680

Tabel 6 Peluang sukses untuk w= 6-15. Dalam setiap kasus , strateginya adalah tidak menggunakan bantuan sampai pertanyaan w-2, dan menggunakan bantuan dengan urutan tanya audiens, 50:50 dan telfon teman

QI	w=6	w=7	w=8	w=9	w=10
Pr.	0.538	0.400	0.278	0.179	0.107
QI	w=11	w=12	w=13	w=14	w=15
Pr.	0.058	0.029	0.013	0.005	0.002

3. Analisis lebih jauh dari permainan ini

Sesi sebelumnya, persoalan telah dianalisi dengan cara yang statis, setelah diasums ikan bahwa semua peluang dideterminasikan “sebuah priori”, yaitu tanpa pengetahuan yang aktual dari setiap pertanyaan. Tapi permainan ini mengubah peluang menjaw ab dengan benar saat menghadap i pertanyaan tertentu. Untuk alasan ini, sebuah pendekatan baru direncanakan. Dalam pendekatan ini kita mengasumsikan bahwa pemain dapat mempresiksi peluang menjawab benar suatu pertanyaan tertentu, peluang menjawab dengan benar pertanyaan berikut tetap tidak berubah seperti yang telah diprediksi sesuai persamaan (2).

Dalam analisis ini, kontestan memodifikasi setiap stage k peluang p_k* menjawab dengan benar sesuai dengan pengetahuan mereka tentang subjek . Fitur ini digabungkan dengan kode komputer sehingga setiap stage pemain dapat mengubah kemungkinan menjaw ab dengan benar suatu pertanyaan tertentu. Lihat bahwa argumen ini tidak memodifikasi analisi rekursif terhadap masalah. Ini hanya berarri kita mengizinkan variasi peluang p_k* dalam setiap langkah analisis.

3.1. Simulasi

Dalam sesi ini kita akan menunjukkan silulasi dari model permainan ini dalam versi dinamis. Kita akan mengasumsikan bahwa dalam setiap pertanyaan aktual kemungkinan menjawab dengan benar dimodifikasikan seketika setelah pertanyaan diketahui. Sekiranya kontestan sekarang menghadapi pertanyaan ke –k , memutuskan paakah menjawab atau tidak bergantung paada derajat kesuliatn pertanyaan. Model dinamis mengasumsikan bahwa peluang menjawab dengan benar pertanyaan berikut yaitu dari k+1 adalah sesuai dengan yang diperkirakan sebelumnya. Untuk setiap k = 1,...,15 misalkan X_k adalaj variabel acak melalui

X_k := kemungkinan menjawab dengan benar pertanyaan k (6)

Untuk memudahkan simulasi, kita mengasumsikan kemungkinan menjawab pertanyaan dengan benar tanpa menggunakan bantuan adalah:

- 1 jika kontestan tahu jawaban yang benar
- ½ jika kontestan ragu akan dua kemungkinan jawaban
- 1/3 jika kontestan yakin bahwa satu jawaban salah, tiga lagi mungkin benar
- ¼ jka kontestan tidak tahu sama sekali tentang jawaban dan keempatnya mungkin baginya.

Dengan kata lain , X_k e {1/4, 1/3, ½,.1}. Kita akan mengimplementasikan dan menjalankan dua simulasi yang berbeda , di mana setiap fungsi peluang X_k adalah

1. $P[X_k = 1] = P[X_k = ½] = P[X_k = 1/3] = P[X_k = 1/4] = ¼$ $\forall$k = 1,..,15.
2. Tapi untuk pendekatn yang lebih realistis, lebih dipertimbangkan simulasi yang kedua bahwa peluang bervariasi bergantung pada indeks pertanyaan. Itulah semakin tinggi indeks pertanyaan, semakin sulit pertanyaan yang akan dihadapi. Pertimbangan $P[X_k = 1] = M_{1,k}$, $P[X_k = ½] = M_{2,k}$, $P[X_k = 1/3] = M_{3,k}$, $P[X_k = 1/4] = M_{4,k}$, $\forall$k = 1,..,15, di mana matriks M adalah sebagai berikut:

M:= 1/24 dari matriks di bawah ini

$$\begin{bmatrix} 14 & 13 & 12 & 11 & 10 & 9 & 9 & 8 & 7 & 9 & 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ 6 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 & 4 \\ 3 & 4 & 4 & 5 & 5 & 5 & 6 & 6 & 6 & 6 & 6 & 7 & 7 & 8 & 9 \\ 1 & 2 & 3 & 3 & 4 & 5 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 9 & 10 & 10 & 10 \end{bmatrix}$$

Kedua simulasi ini diimplementasikan dan dijalankan 10.000 kali. Pada tabel 7 ditunjukkan frekuensi di mana rencana dihentikan pada setipa pertanyaan pada kedua simulasi. Perlu dicatat bahwa pertanyaan tidak ada contoh perhentian pada pertanyaan 1,2,3,4,6,7,8,10 atau 11 pada simulasi apapun. Hal ini berasal dari fakta bahwa pertanyaan-pertanyaan itu berisiko karena kontestan tidak cukup akuat untuk berhenti karena masih sangat dekat dengan permulaan permainan ataupun belum terlalu jauh setelah menjawab pertanyaan pada level aman. Tentunya pertanyaan akhir akan lebih susah dibandingkan yang pertama, satu hal dapat dilihat bahwa stategi optimal berhenti dengan peluang yang lebih tinggi pada pertanyaan 9,12,13 dibanding pada awal permainan atau pun diakhir.

Setiap peluang menjawab berdasarkan pengetahuan pemain dapat digabungkan dengan model. Penggabungan ini dilakukan dengan menghitung peluang setelahnya dengan Bayes's rule. Sudah jelas bahwa strategi berubah bergantung pada peluang menjawab dengan benar pertanyaan yang sedang dihadapi kontestan. Seperti yang bisa dilihat, sesuai dengan peluang yang telah disimulasikan sebelumnya, strategi dapat bervariasi dari berhenti pada pertanyaan ke-15 sampai baru mulai bermain.

Tabel 7 Persentase frekuensi berhenti pada pertanyaan yang diberikan.

QI	5	9	12	13	14	15	16
Sim1	25.08	19.18	27.88	13.88	6.89	3.32	3.77
Sim2	17.15	24.58	38.81	13.64	4.49	1.05	0.28

4. KESIMPULAN

Makalah ini menganalisis permainan TV "Who wants to be a millionaire" sesuai dengan program dinamis. Ananlisi ini digunakan ada 2 hal yaitu, memaksimalkan nilai hadiah dan memaksimalkan peluang mencapai pertanyaan yang diberikan, yang artinya memenangkan sejumlah uang.

Analisis program dinamis menunjukkan bahwa berhenti pada pertanyaan ke 13 dan tidak menggunakan bantuan sebelum pertanyaan ke-9 adlaah optimal unutk memaksimalkan nilai hadiah yang diharapkan. Dlam model lain dari permainan ini, juga dibuktikan bahwa teknik program dinamis ketika ingin memaksimalkan pekyang memenangkan sejukmlah uang , strategi optimalnya adalah menggunakan bantuan pada akhir pertanyaan ,sesuai dengan table 5

Sebagai tambahan juga ada analisa tehadap perubhan peluang pada setiap stage sesuai dengan peluang menjawab pertanyaan tertentu dengan benar. Model ini ditest dengan dua kasus berbeda: (1) ketika peluang menjwab pertanyaan dengan benar adalah sama dan tidak nbergantung pada indeks pertanyaan dan (2) ketika pertanyaan menjadi semkin sulit seperti permainan saat mendekati pertanyaan akhir. Dua hasil yang menarik yang dapat dinyatakan : kontestan seharusnya tidk berhenti setelah menjawab pertanyaan ke-4, juga sesudah dua level aman, risiko yang akan diambil kerika mejawab pertanyan ini setelah level aman tidak cukup kuat untk membuat pemain berhenti.

REFERENSI

[1] Federico Perea dan Justo Puerto, "Dynamic programming analysis of the TN game Who wants to be a millionaire?", European Journal of Operational Research, 183, 2007, 805-811.

[2] Rinaldi Munir, "Strategi Algoritmik", ITB, 2006.

.