Implementasi Algoritma Backtracking Dengan Optimasi Menggunakan Teknik Hidden Single Pada Penyelesaian Permainan Sudoku

Valdo Septiansen Widjaja
Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Universitas Multimedia Nusantara
Gading Serpong, Tangerang, Indonesia
valdo_widjaja@yahoo.com

Dodick Z. Sudirman
Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Teknologi Informasi dan Komunikasi
Universitas Multimedia Nusantara
Gading Serpong, Tangerang, Indonesia
dodick@umn.ac.id

***Abstrak*—Perkembangan teknologi informasi telah merambah dalam berbagai bidang, salah satunya bidang permainan seperti *puzzle* atau teka-teki. Sudoku adalah sebuah permainan teka-teki logika yang cukup menarik untuk dimainkan. Hingga saat ini permainan Sudoku telah populer di kalangan masyarakat. Berbagai jenis variasi *puzzle* dan tingkat kesulitan yang terdapat dalam Sudoku membuat para ilmuwan berusaha untuk melakukan penelitian terhadap permainan ini. Penggunaan algoritma *backtracking* dalam penyelesaian *puzzle* Sudoku merupakan salah satu penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hanya saja, algoritma ini masih membutuhkan waktu yang cukup lama dalam melakukan komputasi penyelesaian *puzzle* Sudoku. Dalam penelitian ini, dibangun sebuah aplikasi untuk mengoptimalkan algoritma *backtracking* dalam menyelesaikan *puzzle* Sudoku menggunakan sebuah teknik optimasi yang disebut teknik*hidden single*.Aplikasi ini telah berhasil mengimplementasikan teknik *hidden single* ke dalam algoritma *backtracking* yang digunakan. Hasil uji coba penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan optimasi teknik *hidden single*, algoritma *backtracking* mampu mengoptimalkan waktu dan kinerja komputasi pada penyelesaian *puzzle* Sudoku.**

***Kata kunci*—Sudoku, permainan, logika, puzzle, teka-teki, algoritma, optimasi, backtracking, hidden single.**

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi terjadi dalam berbagai bidang, salah satunya dalam bidang permainan[6]. Selain sebagai hiburan, permainan juga dapat menjadi suatu hal yang menantang ataupun untuk mengasah kemampuan otak pemain, seperti permainan teka-teki yang saat ini sedang populer di kalangan masyarakat[8].

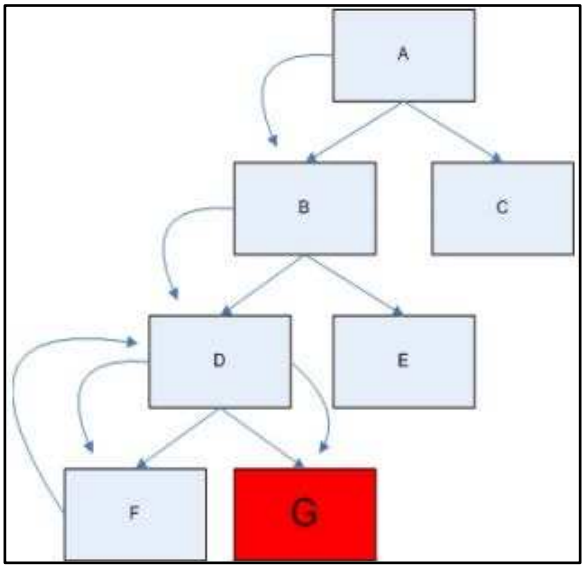
Sudoku adalah sebuah permainan teka-teki angka yang berbasis logika[9]. Pada umumnya, sebuah *puzzle* Sudoku terdiri dari 81 kotak yang disusun menjadi 9 baris, 9 kolom, dan 9 subbagian. Tujuan utama dari permainan ini adalah mengisi seluruh kotak tersebut dengan angka 1 sampai 9[1]. Permainan Sudoku mengharuskan pemainnya untuk berpikir secara logis sesuai dengan aturan-aturan permainan yang ada. Namun demikian, para ilmuwan komputer dan matematikawan berusaha untuk meneliti permainan ini karena tingkat kerumitan dan banyaknya variasi *puzzle* Sudoku yang masing-masing memiliki suatu solusi unik[4]. Salah satu teknik sederhana dan paling umum yang sering digunakan untuk menyelesaikan permainan Sudoku adalah teknik *hidden single*[1]. Meskipun begitu, pada beberapa variasi *puzzle* Sudoku tertentu tidak dapat diselesaikan hanya dengan menggunakan teknik *hidden single* saja.

Algoritma *backtracking* merupakan perbaikan dari algoritma *brute-force* dan algoritma *exhaustive-search*, di mana algoritma ini membangun pohon ruang status (*state-space tree*) untuk menemukan solusi[3]. Prinsip dari algoritma *backtracking* adalah jika terjadi kesalahan dalam pencarian solusi pada sebuah *node*, maka akan dilakukan *backtrack* ke *node* sebelumnya. Meski begitu, algoritma ini menjadi tidak efisien jika kandidat solusi yang ditemukan sama dengan kandidat solusi yang ditemukan pada algoritma *exhaustive-search*.

Berdasarkan pemaparan tersebut di atas, maka dilakukan penelitian untuk melakukan implementasi teknik *hidden single* pada algoritma *backtracking* dengan tujuan melakukan optimasi pada algoritma tersebut sehingga dapat membantu dalam menyelesaikan *puzzle* Sudoku dengan lebih mudah.

II. ALGORITMA BACKTRACKING

Algoritma *backtrack* pertama kali diperkenalkan oleh D.H. Lehmer pada tahun 1950[10]. Dalam perkembangan algoritma ini, beberapa ahli seperti Rwalker, Golomb, dan Baumert menyajikan uraian umum tentang *backtrack* dan penerapannya dalam berbagai persoalan dan aplikasi. Algoritma *backtracking* adalah sebuah algoritma yang berbasis *depth-first search* (DFS) dalam pencarian solusi pada pohon ruang status yang dibangun secara dinamis. Algoritma ini membangun solusi parsial (*partial solution*) dari sebuah kandidat solusi dan mengevaluasi solusi parsial tersebut pada suatu waktu. Jika solusi parsial yang dibangun tidak memenuhi syarat, maka kandidat solusi tersebut tidak akan dibangun lebih lanjut dan dilakukan *backtrack* ke kandidat solusi lain yang memenuhi syarat. Algoritma *backtracking* dilakukan secara berulang-ulang hingga menemukan sebuah solusi yang sesuai dengan syarat.



Gambar 1. Contoh Pohon Ruang Status Algoritma Backtracking[10]

Langkah-langkah pencarian solusi pada algoritma *backtracking* adalah sebagai berikut[10].

1. Solusi dicari dengan membentuk lintasan dari akar ke daun. Simpul yang telah dilahirkan dinamakan simpul hidup dan simpul hidup yang diperluas dinamakan simpul-E (*Expand node*).
2. Jika lintasan yang diperoleh dari perluasan simpul-E tidak mengarah ke solusi, maka simpul itu akan menjadi simpul mati yang tidak dapat diperluas lagi.
3. Jika posisi terakhir ada di simpul mati, maka pencarian dilakukan dengan membangkitkan simpul anak yang lainnya dan jika tidak ada simpul anak maka dilakukan *backtracking* ke simpul induk.
4. Pencarian dihentikan jika kita telah menemukan solusi atau tidak ada simpul hidup yang dapat ditemukan.

```
procedure RunutBalik(input k: integer)
{ Mencari semua solusi dengan metode
backtracking.
  Masukan: k, yaitu indeks komponen vektor
solusi x[k].
  Keluaran: solusi x = (x[1], x[2], ...,
x[n]).    }
Algoritma:
  for tiap x[k] yang belum dicoba
sedemikian sehingga (x[k] ← T(k)) and
B(x[1], x[2], ..., x[k]) = true do
    if (x[1], x[2], ..., x[k]) adalah
lintasan dari akar ke daun then
      CetakSolusi(x)
    endif
    RunutBalikR(k + 1)
  Endforeach
```

Gambar 2. Contoh Pseudocode Algoritma Backtracking[7]

III. SUDOKU DAN TEKNIK HIDDEN SINGLE

Sebuah permainan teka-teki Sudoku terdiri dari 9x9 kotak, yang dibagi menjadi 9 subbagian berukuran 3x3 kotak[2]. Beberapa kotak telah diisi dengan angka-angka tertentu (antara 1 sampai 9) sebagai petunjuk awal permainan. Tujuan dari permainan Sudoku adalah untuk meletakkan sebuah angka (antara 1 sampai 9) ke dalam sebuah kotak kosong dengan aturan masing-masing baris, kolom, dan subbagian hanya boleh menampilkan angka tersebut sekali.

3	4	5	2	8	7	6	1	9
6	2	1	5	9	4	8	3	7
7	8	9	3	1	6	2	5	4
8	6	7	1	3	5	4	9	2
2	1	4	9	6	8	5	7	3
9	5	3	4	7	2	1	8	6
4	9	2	7	5	1	3	6	8
1	7	8	6	2	3	9	4	5
5	3	6	8	4	9	7	2	1

Gambar 3. Contoh Sudoku Valid Berukuran 9x9 kotak[11]

Secara umum, permainan Sudoku dapat diselesaikan secara manual dengan kombinasi beberapa teknik dasar, antara lain sebagai berikut[5].

1) *Pemindaian (scanning)*
   Berupa proses memindai baris atau kolom untuk mengidentifikasi baris mana yang terdapat angka-angka tertentu. Proses ini kemudian diulang pada setiap kolom (atau baris) secara sistematis. Kemudian menentukan nilai dari suatu kotak dengan membuang nilai-nilai yang tidak mungkin.
2) *Penandaan (marking)*
   Penandaan berupa analisis logika, dengan menandai kandidat angka yang dapat dimasukkan ke dalam sebuah kotak.
3) *Analisis (analyzing)*
   Analisis berupa eliminasi kandidat, di mana kemajuan dicapai dengan mengeliminasi kandidat angka secara berturut-turut hingga sebuah kotak hanya mempunyai sebuah kandidat.

Teknik *hidden single* adalah salah satu teknik dalam menyelesaikan permainan Sudoku[11]. Teknik *hidden single*bertujuan untuk mencari kandidat tunggal dari sebuah kotak, tetapi kandidat tunggal tersebut agak tersembunyi. Teknik ini dilakukan dengan mencari kandidat yang unik pada suatu baris, kolom, atau subbagian. Sebuah kotak yang memiliki *hidden single* dapat memiliki lebih dari satu kandidat,

tetapi salah satu kandidat tersebut adalah unik pada suatu baris, kolom, atau subbagian.

x	5	1	8	**2**	7	9	x	3
		2						5
8				9				
	9		2					
3			7	6			**2**	4
	7		5			1	9	
				5	3	8	1	
1			9	7			5	2
5	4	9				6	3	7

Gambar 4. Contoh Teknik Hidden Single Pada Baris[11]

Gambar 4 menunjukkan salah satu kondisi *hidden single* pada baris. Kotak warna kuning, yaitu pada baris ke-1, kolom ke-5, memiliki *hidden single*, yaitu angka 2. Pada subbagian ke-1, sudah terdapat angka 2 di baris ke-2 sehingga kotak kosong pada baris ke-1, kolom ke-1 tidak mungkin diisi dengan angka 2. Kemudian pada kolom ke-8, sudah terdapat angka 2 di baris ke-5 sehingga pada baris ke-1, kolom ke-8 tidak mungkin diisi dengan angka 2. Maka pada baris ke-1, yang bisa diisi dengan angka 2 hanya pada kolom ke-5.

IV. IMPLEMENTASI DAN UJI COBA

A. *Implementasi Algoritma Backtracking Hidden Single*

Implementasi algoritma *backtracking hidden single* terdiri dari beberapa proses, antara lain sebagai berikut.

1) *Find and save any empty cell into array*
   Proses ini melakukanpencarian dan memasukkan setiap kotak kosong yang ada pada *puzzle* ke dalam sebuah *array*.

2) *Find and save any candidate number in the empty cell*
   Proses ini melakukan pengecekan dan menyimpan kandidat angka yang mungkin pada sebuah kotak.

3) *Check if is there any candidate*
   Proses ini melakukan pengecekan apakah kotak tersebut memiliki kandidat angka. Jika tidak ada kandidat angka pada kotak tersebut, maka dilakukan proses *backtrack*.

4) *Check if is there any hidden single number*
   Proses ini melakukan pengecekan apakah kotak tersebut memiliki *hidden single number*. Jika terdapat *hidden single number*, maka dilakukan proses *backtrack*.

5) *Check if all candidates have been tried*
   Proses ini melakukan pengecekan terhadap seluruh kandidat angka yang telah dicoba sebelumnya. Jika seluruh kandidat angka telah dicoba sebelumnya, maka dilakukan proses *backtrack*.

6) *Backtrack*
   Proses ini melakukan *backtrack* untuk kembali ke kotak (*node*) yang telah diproses sebelumnya.Kemudian dilakukan pengecekan kembali pada kotak tersebut.

7) *Fill the empty cell with one of the candidate number*
   Proses ini melakukan pengisian pada kotak kosong dengan salah satu kandidat angka yang sesuai dengan aturan permainan Sudoku.

B. *Hasil Uji Coba*

Pengujian dilakukan dengan membandingkan algoritma *backtracking* biasa dengan algoritma *backtracking hidden single* dalam menyelesaikan *puzzle* Sudoku. Pengujian dilakukan terhadap beberapa tingkat kesulitan yang masing-masing berjumlah 100 *puzzle*. Berikut akan dijelaskan hasil pengujian salah satu tingkat kesulitan.

TABLE I. HASIL PENGUJIAN PENYELESAIAN SUDOKU TINGKAT KESULITAN HARD

Eksp. Ke-	Jumlah kotak kosong (45 - 49)	Waktu		Jumlah Backtrack		Optimasi
		Backtrack	Backtrack H. Single	Backtrack	Backtrack H. Single	
1	45	941	**729**	24	**9**	8
2	45	7173	**2355**	229	**46**	48
3	45	5308	**2883**	224	**82**	44
4	45	5260	**2447**	129	**72**	26
5	45	821	**567**	19	**0**	8
6	45	632	**536**	10	**2**	4
7	45	559	**511**	5	**0**	3
8	45	**4217**	5337	164	**46**	30
9	45	1102	**709**	31	**7**	9
10	45	8120	**3415**	362	**107**	46
11	45	6682	**1806**	282	**31**	36
12	45	6131	**4499**	266	**167**	38
13	45	**2471**	2472	49	**38**	10
14	45	441	**441**	1	**0**	1
15	45	13110	**5281**	538	**165**	53
16	45	4220	**3251**	178	**102**	38
17	45	6321	**2895**	281	**67**	59
18	45	**737**	759	0	0	0
19	45	593	**469**	7	**0**	3
20	45	1955	**948**	70	**18**	10
21	45	1073	**788**	28	**6**	11
22	46	3528	**2423**	146	**66**	35
23	46	9791	**2453**	440	**78**	24
24	46	5486	**1564**	236	**38**	21
25	46	715	**552**	8	**1**	4
26	46	1418	**1145**	47	**29**	8
27	46	**460**	486	1	**0**	1
28	46	3733	**2334**	157	**69**	31
29	46	983	**742**	24	**9**	5

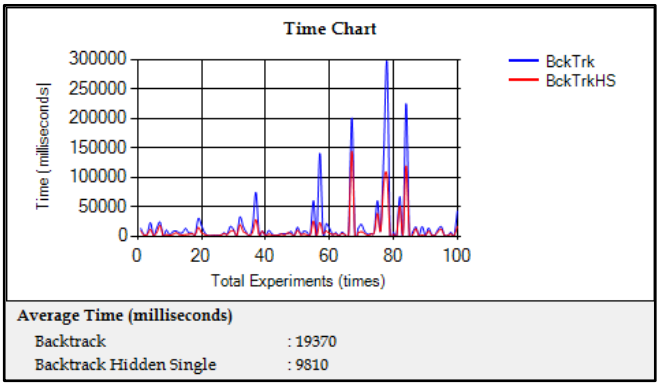
TABLE I. HASIL PENGUJIAN PENYELESAIAN SUDOKU TINGKAT KESULITAN HARD (LANJUTAN)

Eksp. Ke-	Jumlah kotak kosong (45 - 49)	Waktu		Jumlah Backtrack		Optimasi
		Backtrack	Backtrack H. Single	Backtrack	Backtrack H. Single	
30	46	20813	**8391**	960	**209**	180
31	46	9283	**4943**	401	**169**	58
32	46	1269	**525**	38	**0**	3
33	46	1792	**1348**	58	**20**	25
34	46	818	**631**	13	**3**	5
35	46	702	**547**	10	**0**	4
36	47	12795	**8379**	514	**286**	118
37	47	2237	**1563**	84	**34**	24
38	47	13700	**6010**	571	**199**	83
39	47	774	**690**	14	**6**	6
40	47	1940	**1080**	71	**21**	10
41	47	8828	**5539**	369	**206**	49
42	47	4786	**3685**	210	**133**	35
43	47	2540	**2151**	101	**70**	18
44	47	513	**506**	3	**1**	2
45	47	18288	**7114**	849	**185**	149
46	47	9195	**3162**	274	**77**	57
47	47	4040	**3172**	170	**103**	33
48	47	3561	**1778**	146	**36**	32
49	47	3384	**2378**	74	**47**	14
50	47	59611	**25151**	2703	**838**	397
51	47	13334	**4005**	603	**104**	76
52	47	7545	**5935**	332	**210**	68
53	47	951	**912**	23	23	0
54	47	4460	**2980**	190	**86**	42
55	47	15983	**1837**	710	**33**	33
56	48	23445	**17577**	1065	**638**	209
57	48	5087	**2444**	210	**60**	38
58	48	12774	**2105**	572	**57**	25
59	48	17699	**5371**	824	**158**	83
60	48	1288	**623**	35	**1**	8
61	48	16127	**7610**	656	**267**	94
62	48	32184	**18855**	1383	**670**	236
63	48	6233	**4604**	269	**157**	52
64	48	73803	**27744**	3462	**862**	265
65	48	3808	**1452**	158	**28**	22
66	48	2005	**1076**	70	**7**	21
67	48	14461	**9554**	657	**350**	101
68	48	2637	**2226**	98	**76**	13
69	48	6472	**4459**	277	**146**	45
70	48	**577**	608	4	**0**	3
71	48	7848	**4136**	265	**129**	54
72	48	2762	**949**	108	**12**	14
73	48	59469	**38091**	2326	**1148**	499
74	48	140302	**90179**	5076	**2658**	933
75	48	2259	**1325**	83	**16**	11
76	48	6648	**1468**	81	**20**	21
77	48	13296	**8312**	499	**253**	108
78	48	42440	**16337**	1904	**592**	158
79	49	22500	**11363**	1051	**409**	147
80	49	29696	**14490**	1402	**512**	189
81	49	5216	**4054**	215	**140**	38
82	49	3193	**2127**	124	**55**	29
83	49	11054	**9087**	492	**350**	81
84	49	1157	**897**	10	**0**	2
85	49	16524	**7703**	761	**302**	55

TABLE I. HASIL PENGUJIAN PENYELESAIAN SUDOKU TINGKAT KESULITAN HARD (LANJUTAN)

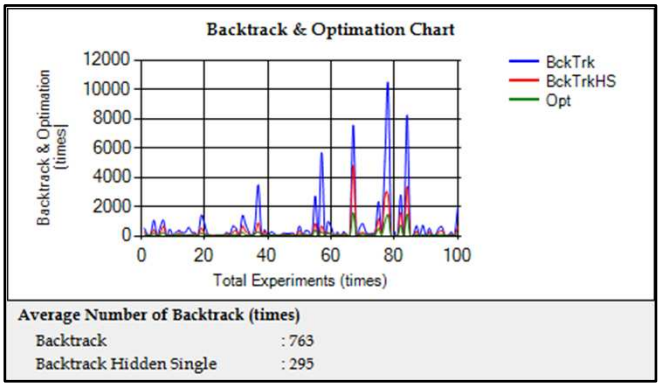
Eksp. Ke-	Jumlah kotak kosong (45 - 49)	Waktu		Jumlah Backtrack		Optimasi
		Backtrack	Backtrack H. Single	Backtrack	Backtrack H. Single	
86	49	8792	**7966**	397	**297**	82
87	49	7449	**3404**	180	**134**	17
88	49	140159	**22795**	5673	**663**	264
89	49	5445	**3381**	234	**103**	45
90	49	2162	**1818**	82	**55**	14
91	49	200309	**143237**	7544	**4800**	1571
92	49	19405	**7327**	824	**209**	122
93	49	9270	**8253**	416	**215**	63
94	49	294944	**102372**	10405	**2751**	1418
95	49	66455	**50819**	2784	**1575**	693
96	49	224351	**118881**	8223	**3355**	1462
97	49	15112	**12227**	672	**295**	98
98	49	11348	**7441**	492	**262**	88
99	49	15841	**11606**	625	**334**	83
100	49	5952	**3508**	249	**92**	37

Pada TABLE I di atas menunjukkan hasil pengujian penyelesaian Sudoku terhadap 100 *puzzle* dengan jumlah awal kotak kosong secara acak antara 45 sampai 49 buah. Parameter yang diuji pada penelitian ini adalah waktu penyelesaian (diukur dalam *milliseconds*) dan jumlah *backtrack* yang dilakukan. Terlihat pada tabel tersebut bahwa 95% soal diselesaikan lebih cepat dengan menggunakan algoritma *backtracking hidden single*, sedangkan jumlah *backtrack* yang dilakukan oleh *backtracking hidden single* lebih sedikit daripada jumlah *backtrack* yang dilakukan oleh *backtrack* biasa.



Gambar 5. Chart Time Hasil Pengujian Penyelesaian 100 Puzzle Sudoku Tingkat Kesulitan Hard

Pada Gambar 5 di atas menunjukkan hasil statistik waktu penyelesaian dari hasil pengujian yang telah dilakukan, berdasarkan TABLE I. Garis biru menggambarkan waktu penyelesaian *backtracking* biasa dan garis merah menggambarkan waktu penyelesaian *backtracking hidden single*. Selain itu terdapat juga rata-rata waktu penyelesaian dari masing-masing algoritma *backracking*. Terlihat pada gambar tersebut bahwa rata-rata waktu penyelesaian *backtracking* biasa, dengan waktu 19370 *milliseconds*, lebih lama daripada rata-rata waktu penyelesaian *backtracking hidden single*, dengan waktu 9810 *milliseconds*.



Gambar 6. Backtrack & Optimation Chart Hasil Pengujian Penyelesaian 100 Puzzle Sudoku Tingkat Kesulitan Hard

Pada Gambar 6 di atas menunjukkan hasil statistik jumlah *backtrack* dari hasil pengujian yang telah dilakukan, berdasarkan TABLE I. Garis biru menggambarkan jumlah *backtrack* yang dilakukan algoritma *backtracking* biasa dan garis merah menggambarkan jumlah *backtrack* yang dilakukan algoritma *backtracking hidden single*. Selain itu terdapat juga rata-rata jumlah *backtrack* dari masing-masing algoritma *backracking*. Terlihat pada gambar tersebut bahwa rata-rata jumlah *backtrack* yang dilakukan algoritma*backtracking* biasa, dengan 763 kali, lebih banyak daripada rata-rata jumlah *backtrack* yang dilakukan algoritma *backtracking hidden single*, dengan 295 kali.

Hasil pengujian penyelesaian 100 *puzzle* Sudoku tingkat kesulitan *hard* di atas menunjukkan bahwa algoritma *backtracking hidden single* lebih efisien daripada algoritma *backtracking* biasa, dilihat dari segi waktu penyelesaian dan jumlah *backtrack* yang dilakukan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. *Kesimpulan*

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian antara lain sebagai berikut.

1. Optimasi pada algoritma *backtracking* dengan menggunakan teknik *hidden single* untuk menyelesaikan permainan Sudoku telah berhasil diimplementasikan dan diuji.
2. Optimasi pada algoritma *backtracking* dengan menggunakan teknik *hidden single* mampu mengoptimalkan waktu penyelesaian dan meminimalkan jumlah penggunaan *backtrack* pada algoritma *backtracking* biasa dalam menyelesaikan permainan Sudoku.
3. Tingkat kesulitan sebuah *puzzle* Sudoku mempengaruhi hasil uji coba kedua algoritma yang telah duji. Semakin rumit tingkat kesulitan *puzzle*, maka perbedaan waktu penyelesaian dan jumlah *backtrack* yang digunakan semakin besar.

B. *Saran*

Saran untuk penelitian dan pengembangan aplikasi selanjutnya adalah sebagai berikut.

1. Adanya keterbatasan pada saat aplikasi berjalan, yaitu terkadang aplikasi menjadi *not responding* pada saat aplikasi melakukan uji coba. Diharapkan pada penelitian selanjutnya, penulisan kode menggunakan *threading* sehingga aplikasi dapat berjalan dengan lebih baik.
2. Aplikasi dapat dikembangkan dengan menambahkan optimasi pada algoritma *backtracking* dengan menggunakan teknik-teknik penyelesaian Sudoku lainnya, seperti *hidden pair* atau *hidden triple*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] D. Adler & Associates. 2012. "Sudoku Solver Manual Version 1.6.0". Dalam *http://www.dadler.net/*.

[2] Lee, Wei-Meng. 2006. *Programming Sudoku*. New York: Springer-Verlag New York, Inc.

[3] Levitin, Anany & Maria Levitin. 2011. *Algorithmic Puzzles*. New York: Oxford University Press, Inc.

[4] Majumder, Abhisek dkk. 2010. "The Game of Sudoku-Advanced Backtrack Approach". Dalam *International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.10 No.8, August 2010.*

[5] Mujaddid, Sibghatullah. 2009. "Penerapan Algoritma Runut-Balik (Backtracking) Dalam Penyelesaian Permainan Sudoku". Dalam *http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/.*

[6] Noviyanto, Fiftin. 2008. "Membangun Sistem Pembelajaran Pengenalan Bentuk Untuk Anak Berbasis Multimedia Dan Game Interaktif". Dalam *http://www.journal.uad.ac.id/.*

[7] Sulun, Hafni Syaeful & Rinaldi Munir. 2010. "Pembangkit Teka-Teki Silang Dengan Algoritma Backtracking Serta Aplikasi Permainannya Yang Berbasis Web". Dalam *Jurnal Informatika, Vol.4 No.2, Juli 2010.*

[8] Sutanto, Hendy. 2009. "Combination of BFS and Brute Force Algorithm Implementation in Futoshiki Puzzle Game". Dalam *http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/.*

[9] Syam, Umi Fadilah Wardati. 2007. "Perumusan Sudoku Dengan Solusi Unik Menggunakan Algoritma Pencabangan Dan Pembatasan (Branch And Bound)". Dalam *http://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/.*

[10] Teneng, Joko Purwadi, & Erick Kurniawan. 2010. "Penerapan Algoritma Backtracking Pada Permainan Math Maze". Dalam *http://ti.ukdw.ac.id/.*

[11] Wihandika, Randy Cahya, Nur Rosyid Mubtada'i & Rizky Yuniar H. 2011. "Penyelesaian Puzzle Sudoku Menggunakan Algoritma Genetika". Dalam *http://www.eepis-its.edu/.*