

PENGEMBANGAN ALGORITMA HEURISTIK UNTUK PENYELESAIAN PUZZLE HITORI

Arnold Aribowo¹⁾, Samuel Lukas²⁾, Bobby Pranata³⁾

¹⁾Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pelita Harapan

^{2,3)}Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pelita Harapan

Universitas Pelita Harapan, Fakultas Ilmu Komputer, Gedung B UPH, Lippo Village, Tangerang, 15811

e-mail: arnold.aribowo@staff.uph.edu, samuel.lukas@staff.uph.edu, bobbypranata@yahoo.com

Abstrak

Puzzle hitori bertujuan menghilangkan angka-angka yang sama dalam tiap baris dan kolom dengan menghitamkan tiap kotak kecil yang mengandung angka yang sama sehingga sisa kotak kecil tidak mengandung angka yang muncul lebih dari satu kali dalam satu baris atau kolom tertentu. Selain itu juga tidak diperbolehkan adanya dua kotak yang berdampingan secara horizontal ataupun vertikal yang dieliminasi. Setiap kotak yang dieliminasi juga tidak boleh memisahkan antara kotak non-eliminasi dengan kotak non-eliminasi lainnya.

Karena penyelesaian manual puzzle ini membutuhkan waktu lama, maka dilakukan penelitian untuk menyelesaikan puzzle menggunakan bantuan piranti lunak dengan menerapkan aturan-aturan heuristic, yaitu starting, basic, corner dan advanced techniques.

Ada 3 tingkatan kesulitan pada puzzle ini, yaitu : easy, medium dan hard. Berdasarkan pengujian yang dilakukan maka diketahui bahwa semakin besar ukuran puzzle, semakin banyak waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya. Selain itu, semakin tinggi tingkat kesulitan suatu puzzle, maka semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan puzzle.

Kata kunci: *Solving puzzle hitori, heuristic search*

1. Pendahuluan

Puzzle hitori merupakan permainan teka-teki logika yang berasal dari Jepang. Puzzle ini dimainkan pada sebuah matriks berukuran $n \times n$, yang diisi dengan angka dari 1 sampai dengan n . Puzzle ini pertama kali ditemukan pada tahun 1990, oleh perusahaan permainan Nikoli, yang juga membuat berbagai permainan puzzle lainnya, seperti sudoku, shikaku, akari, kakuro dan nurikabe. Puzzle ini memiliki beberapa aturan permainan yang sederhana, tetapi dibutuhkan ketelitian dan penalaran logika untuk menyelesaikannya. Penyelesaian puzzle hitori secara manual pada umumnya membutuhkan waktu yang tidak sedikit, khususnya untuk ukuran dan tingkat kesulitan tertentu. Penyelesaian puzzle ini memiliki banyak kemungkinan langkah yang harus dipilih, dimana setiap langkah yang dipilih menentukan langkah dan solusi selanjutnya. Dengan adanya persoalan itulah, maka diperlukan suatu metode yang efektif dalam penyelesaian puzzle ini dengan bantuan piranti lunak.

Pada penelitian ini dilakukan penyelesaian puzzle hitori menggunakan bantuan komputer dengan menerapkan algoritma pencarian heuristik, yang dikembangkan dengan menerapkan berbagai aturan penyelesaian puzzle hitori. Selain menerapkan berbagai aturan permainan puzzle, sejumlah aturan logika juga digunakan untuk membatasi kemungkinan-kemungkinan dalam pengambilan langkah yang ada. Ukuran puzzle hitori yang dibahas pada penelitian ini adalah 5×5 , 8×8 dan 9×9 . Nilai yang digunakan untuk mengisi setiap kotak pada puzzle adalah angka 1 sampai dengan sejumlah ukuran puzzle yang digunakan. Pada penelitian ini, puzzle yang dapat diselesaikan oleh piranti lunak adalah permasalahan puzzle yang valid, dimana penyelesaian puzzle tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan aturan-aturan logika tanpa adanya faktor tebakan. Permasalahan puzzle yang diberikan haruslah memiliki jawaban yang unik (one solution).

2. Metodologi Penelitian

2.1. Puzzle Hitori

Hitori adalah singkatan bahasa Jepang, yaitu "Hitori ni shite kure" yang berarti "tinggalkan saya sendiri". Puzzle hitori adalah puzzle logika yang diterbitkan tahun 1990 oleh rumah produksi Nikoli di Jepang. Permainan puzzle hitori ini memiliki beberapa tipe, yang dapat dikategorikan berdasarkan perbedaan ukuran, dan nilai yang digunakan pada setiap puzzle [1].

Puzzle Hitori dimainkan pada bujur sangkar besar $n \times n$, yang berisi bujur kotak kecil n dan setiap bujur sangkar kecil berisi sebuah angka. Tujuan dari permainan ini adalah untuk menghilangkan angka-angka yang sama dalam tiap baris dan kolom dengan menghitamkan tiap kotak kecil yang mengandung angka yang sama sehingga sisa kotak kecil tidak mengandung angka yang muncul lebih dari satu kali dalam satu baris atau kolom tertentu. Menghilangkan angka-angka yang sama juga dipengaruhi oleh beberapa aturan pada permainan ini sendiri [2].

Berikut ini adalah contoh permasalahan puzzle hitori dengan ukuran 8×8 beserta penyelesaiannya :

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

Gambar 1. Contoh permasalahan puzzle hitori ukuran 8×8 .

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

Gambar 2. Penyelesaian permasalahan puzzle hitori pada contoh Gambar 1

Pada umumnya, tingkat kesulitan sebuah puzzle hitori ditentukan dengan ukuran matriks sebuah puzzle. Semakin besar ukuran matriks suatu puzzle, maka semakin sulit puzzle tersebut untuk diselesaikan. Pernyataan ini tidak sepenuhnya tepat, berdasarkan informasi yang diperoleh dari beberapa situs [3], bahwa setiap puzzle hitori dengan ukuran matriks yang sama juga memiliki tingkat kesulitan yang berbeda-beda. Sehingga belum tentu suatu puzzle dengan ukuran matriks kecil lebih mudah diselesaikan daripada puzzle hitori yang memiliki ukuran matriks besar.

2.2 Aturan-aturan Permainan Puzzle

Seperti permainan puzzle sudoku, puzzle hitori juga memiliki beberapa aturan dalam penyelesaiannya. Tujuan permainan puzzle ini adalah untuk meng-eliminasi angka-angka pada setiap kotak sehingga memenuhi aturan-aturan puzzle hitori sebagai berikut [2]:

- 1) Angka-angka yang terdapat pada matriks puzzle hanya boleh muncul satu kali di setiap baris atau kolom.

Jika terdapat kotak dengan nilai angka yang sama pada baris atau kolom, maka salah satu kotak tersebut harus dieliminasi, sehingga setidaknya setiap baris dan kolom pada puzzle hanya terdapat satu angka unik (tunggal). Untuk memenuhi peraturan ini, yang harus dilakukan adalah mencari semua kotak yang terlihat memiliki nilai yang muncul lebih dari satu kali pada baris maupun kolom. Kotak ini dinamakan sebagai "duplikat".

Sebagai contoh, permasalahan puzzle hitori dengan kotak-kotak "duplikat" dapat dilihat pada Gambar berikut :

1	2	4	3	5
2	1	2	5	4
5	4	1	4	3
3	5	5	2	1
4	4	3	4	2

Gambar 3. Contoh permasalahan puzzle hitori dengan kotak-kotak “duplikat”
 Berdasarkan Gambar di atas, kotak yang berbayang merupakan kotak-kotak “duplikat” yang memiliki nilai yang muncul lebih dari satu kali pada baris ataupun kolom. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan meng-eliminasi salah satu kotak “duplikat”. Hasil dari solusi dengan dilakukannya eliminasi dapat dilihat pada Gambar berikut :

1	2	4	3	5
2	1	2	5	4
5	4	1	4	3
3	5	5	2	1
4	4	3	4	2

Gambar 4. Puzzle hitori yang memenuhi aturan pertama

Berdasarkan Gambar di atas, terlihat bahwa kotak-kotak berwarna hitam merupakan kotak yang dieliminasi, sehingga peraturan pertama permainan puzzle hitori dapat terpenuhi.

- 2) Tidak diperbolehkan adanya dua kotak yang berdampingan secara horizontal ataupun vertikal yang dieliminasi.
 Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa kotak-kotak yang dieliminasi membentuk suatu garis vertikal, dan ini menyalahi peraturan kedua dalam permainan puzzle hitori. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan melakukan penggantian kotak yang tereliminasi. Hasil yang didapatkan setelah dilakukan penggantian kotak-kotak “duplikat” yang tereliminasi adalah seperti yang terlihat pada berikut ini :

1	2	4	3	5
2	1	2	5	4
5	4	1	4	3
3	5	5	2	1
4	4	3	4	2

Gambar 5. Penyelesaian puzzle hitori telah memenuhi peraturan 1 dan 2

- 3) Peraturan terakhir adalah setiap kotak yang dieliminasi tidak boleh memisahkan antara kotak non-eliminasi dengan kumpulan kotak non-eliminasi lainnya, atau dengan kata lain membentuk dua wilayah non-eliminasi yang berbeda.
 Berdasarkan solusi yang diberikan pada Gambar 5, maka aturan ketiga puzzle hitori ini tidak terpenuhi. Hal tersebut terlihat pada Gambar berikut :

1	2	4	3	5
2	1	2	5	4
5	4	1	4	3
3	5	5	2	1
4	4	3	4	2

Gambar 6. Peraturan tiga tidak terpenuhi

- 4) Berdasarkan Gambar 6, dapat dilihat bahwa dengan kondisi puzzle tersebut, maka terbentuk beberapa wilayah dengan kotak non-eliminasi yang saling terpisah satu sama lain. Solusi dari permasalahan ini adalah dengan mengganti beberapa kotak “duplikat” yang tereliminasi. Solusi dari permasalahan tersebut dapat dilihat pada Gambar berikut ini :

1	2	4	3	5
2	1	2	5	4
5	4	1	4	3
3	5	5	2	1
4	4	3	4	2

Gambar 7. Peraturan pertama, kedua, dan ketiga puzzle hitori terpenuhi

2.3. Penyelesaian puzzle hitori

Pertama-tama proses ini diawali dengan pemilihan ukuran matriks puzzle hitori. Setelah memilih ukuran puzzle, proses dilanjutkan dengan memasukkan data permasalahan puzzle terlebih dahulu ke dalam sistem. Setelah itu, dilakukan pencarian solusi dengan algoritma pencarian heuristik yang telah dikembangkan dengan menerapkan beberapa logika dan peraturan yang umumnya digunakan dalam permainan puzzle hitori. Setelah proses pencarian solusi dilakukan, maka diperoleh suatu solusi dari permasalahan puzzle yang ditampilkan pada suatu antar muka.

Pada penelitian ini, papan permainan puzzle dirancang dalam bentuk matriks berukuran $n \times n$ yang dilambangkan sebagai matriks dua dimensi K. Setiap kotak pada matriks K diberi penomoran i yang dimulai dari baris pertama kolom pertama hingga baris terakhir kolom terakhir secara berurutan dari kiri ke kanan, sehingga kotak-kotak pada puzzle tersebut dapat diberikan suatu penomoran. Sebagai contoh, penamaan kotak-kotak pada puzzle hitori dengan ukuran matriks 9×9 dapat dilihat pada Gambar berikut ini :

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	28	29	30	31	32	33	34	35	36
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45
6	46	47	48	49	50	51	52	53	54
7	55	56	57	58	59	60	61	62	63
8	64	65	66	67	68	69	70	71	72
9	73	74	75	76	77	78	79	80	81

Gambar 8. Penamaan kotak-kotak pada puzzle hitori dengan ukuran matriks 9×9

Setelah mengetahui rancangan puzzle yang digunakan, selanjutnya dapat diberikan data-data yang digunakan dalam permainan puzzle. Hubungan antara data-data tersebut dengan papan permainan puzzle adalah sebuah puzzle dengan ukuran matriks $n \times n$ direpresentasikan menjadi suatu matriks dua dimensi K. Selain direpresentasikan ke dalam matriks K, matriks K juga dinyatakan sebagai sebuah string yang terdiri dari $n \times n$ karakter dan dilambangkan sebagai string T yang merupakan representasi dari data permasalahan puzzle. Setiap karakter yang dilambangkan dengan t_i merepresentasikan setiap nilai kotak yang ada pada papan permainan puzzle. Indeks setiap kotak pada matriks K sama dengan indeks dari string T dan dapat dirumuskan dalam persamaan berikut :

$$T = t_1 t_2 \dots t_n$$

$$t_i = \{a \mid a \leq n, a \in N\}$$

Indeks i mengidentifikasi posisi yang ada pada string T sesuai dengan nomor kotak pada matriks K. Setiap nilai kotak pada matriks K yang bernomor i dilambangkan dengan $K_{b,k} = t_i$. Indeks b dan k mengidentifikasi baris dan kolom yang menunjukkan nomor kotak dalam matriks K. Hubungan antara nomor i dengan indeks b dan k dapat ditulis dalam persamaan-persamaan berikut :

$$b = \begin{cases} \text{div}(i, N) & \text{jika } \text{mod}(i, N) = 0 \\ \text{div}(i, N) + 1 & \text{lainnya} \end{cases}$$

$$k = \begin{cases} N & \text{Jika } \text{mod}(i, N) = 0 \\ \text{mod}(i, N) & \text{lainnya} \end{cases}$$

Dengan nilai N dapat bervariasi dari 5, 8, dan 9. Sebagai contoh, suatu permasalahan puzzle hitori yang memiliki ukuran matriks 5 × 5 dengan data permasalahannya dapat dilihat pada Gambar berikut :

	1	2	3	4	5
1	1	1	1	3	5
2	3	4	5	5	2
3	4	3	4	2	1
4	2	5	3	3	4
5	4	2	5	4	3

1 1 1 3 5 3 4 5 5 2 4 3 4 2 1 2 5 3 3 4 4 2 5 4 3

Gambar 9. Representasi data pada permainan puzzle hitori 5 × 5

2.3.1. Aturan Logika Awal (Starting Techniques)

Pada aturan logika awal ini terdapat tiga jenis logika yang digunakan untuk melakukan pencarian solusi, yaitu :

- 1) Pencarian tiga kotak “duplikat” yang bersentuhan baik pada baris atau kolom (searching for adjacent triplets). Aturan logika ini memiliki ketentuan bahwa kotak yang terdapat di tengah kumpulan tiga kotak “duplikat” tidak boleh dieliminasi. Sebagai contoh, penerapan aturan logika ini dapat dilihat pada Gambar berikut :

	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	4	1	5	3	2	1	4	1	5	3	2
2	1	2	3	5	5	2	1	2	3	5	5
3	3	4	4	5	1	3	3	4	4	5	1
4	3	5	1	5	4	4	3	5	1	5	4
5	5	2	5	1	3	5	5	2	5	1	3

Gambar 10. Kondisi adjacent triplet

- 2) Kotak yang diapit oleh dua kotak “duplikat” (square between pairs). Logika ini merupakan suatu kondisi yang dibuat dengan memanfaatkan aturan yang menyatakan bahwa sebuah kotak diantara dua kotak “duplikat” tidak boleh dieliminasi. Contoh kondisi ini dapat dilihat pada Gambar berikut.

	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	3	3	2	1	5	1	3	3	2	1	5
2	2	2	4	5	3	2	2	2	4	5	3
3	3	1	5	3	2	3	3	1	5	3	2
4	2	4	2	3	5	4	2	4	2	3	5
5	1	2	3	3	4	5	1	2	3	3	4

Gambar 11. Kondisi square between pairs

- 3) Kondisi dimana terdapat tiga buah kotak “duplikat” yang salah satu pasangannya merupakan pair pada baris atau kolom yang sama (pair induction). Pada kondisi ini, kotak yang bukan pair harus dieliminasi, sehingga jika salah satu kotak pair tereliminasi, maka tidak akan melanggar peraturan pertama maupun kedua puzzle hitori. Contoh kondisi ini dapat dilihat pada Gambar berikut.

	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	5	1	4	3	4	1	5	1	4	3	4
2	1	5	4	5	2	2	1	5	4	5	2
3	4	3	4	1	5	3	4	3	4	1	5
4	3	5	2	5	5	4	3	5	2	5	5
5	1	4	5	2	3	5	1	4	5	2	3

Gambar 12. Kondisi pair induction

2.3.2. Aturan Logika Sudut (Corner Techniques)

Aturan logika ini berguna dan dapat diaplikasikan jika terjadi kondisi-kondisi yang unik pada keempat sudut puzzle hitori. Aturan-aturan logika tersebut adalah sebagai berikut

- 1) Kondisi dimana terdapat tiga buah kotak “duplikat” yang salah satunya terletak pada posisi sudut dan dua kotak lain disebelahnya. Pada kondisi ini, kotak pada posisi sudut harus dieliminasi dan dua kotak pada posisi bukan sudut tidak boleh dieliminasi untuk mencegah terbentuknya suatu pembagian wilayah yang memisahkan antara kotak pada posisi sudut dan sisa kotak non-eliminasi lainnya. Contoh kondisi ini dapat dilihat pada Gambar berikut.

	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	3	3	2	2	4	1	3	3	2	2	4
2	3	1	5	2	5	2	3	1	5	2	5
3	5	4	1	2	2	3	5	4	1	2	2
4	2	2	2	4	3	4	2	2	2	4	3
5	2	5	4	1	3	5	2	5	4	1	3

Gambar 13. Corner technique 1

- 2) Kondisi dimana terdapat dua pasang kotak bersebelahan dan salah satunya berada pada posisi sudut. Pada kondisi tersebut, kotak pada posisi sudut dan kotak yang bersebelahan dalam arah miring harus dieliminasi, sedangkan kotak bersebelahan dalam arah vertical maupun horizontal tidak dieliminasi untuk mencegah terbentuknya suatu pembagian wilayah yang memisahkan antara kotak pada posisi sudut dan sisa kotak non-eliminasi lainnya (Gambar 14).

	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	3	1	4	4	3	1	3	1	4	4	3
2	3	1	2	4	5	2	3	1	2	4	5
3	1	4	3	5	2	3	1	4	3	5	2
4	3	3	3	1	2	4	3	3	3	1	2
5	4	2	5	3	2	5	4	2	5	3	2

Gambar 14. Corner technique 2

2.3.3. Aturan Logika Dasar (Basic Techniques)

Pada beberapa soal, penggunaan aturan logika awal atau aturan logika sudut masih belum dapat menyelesaikan puzzle, sehingga dibutuhkan aturan logika dasar dalam penyelesaiannya. Berikut ini adalah aturan-aturan logika dasar :

- 1) Un-shading around shaded squares
 Karena penerapan aturan kedua puzzle hitori yaitu tidak diperbolehkan adanya dua kotak yang berdampingan secara horizontal ataupun vertikal yang dieliminasi, maka terdapat beberapa kotak yang tidak dieliminasi (Gambar 15).

	a	b	c	d	e		a	b	c	d	e
1	4	1	5	3	2	1	4	1	5	3	2
2	1	2	3	5	5	2	1	2	3	5	5
3	3	4	4	5	1	3	3	4	4	5	1
4	3	5	1	5	4	4	3	5	1	5	4
5	5	2	5	1	3	5	5	2	5	1	3

Gambar 15. Un-shading around shaded squares

- 2) Shading squares in rows and columns
 Sebagai akibat dari penerapan aturan Un-shading around shaded squares, kotak dengan nilai yang sama dengan kotak yang tidak dieliminasi pada kolom atau baris yang sama harus dieliminasi (Gambar 16).

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
1	4	3	1	5	5	1	4	3	1	5	5
2	1	2	5	4	3	2	1	2	5	4	3
3	4	1	2	3	2	3	4	1	2	3	2
4	5	3	3	3	4	4	5	3	3	3	4
5	4	2	4	1	5	5	4	2	4	1	5

Gambar 16. Shading squares in rows and columns

2.3.4. Aturan Pencarian Standar Cycle Pattern (Advance Techniques)

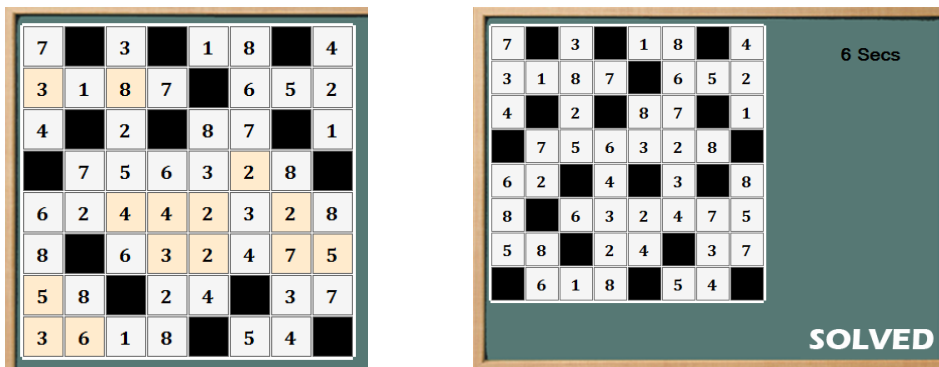
Beberapa permasalahan puzzle yang cukup kompleks membutuhkan aturan yang lebih kompleks lagi dalam proses penyelesaiannya. Dengan metode ini, sisa kotak yang belum ditentukan sebagai kotak “eliminasi” atau “non-eliminasi” akan diuji. Hal ini dilakukan untuk menentukan nilai status dari kotak tersebut. Dalam melakukan pengujian ini terdapat sebuah aturan logika yang digunakan, yaitu Un-shading squares to avoid partitions. Aturan logika ini diterapkan untuk mencegah pelanggaran aturan ketiga dari permainan puzzle hitori yang mengatakan bahwa kotak eliminasi tidak boleh membentuk suatu garis yang memisahkan antara kotak non-eliminasi dengan sisa kotak non-eliminasi lainnya. Berikut ini adalah contoh penerapan aturan tersebut :

	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	<i>e</i>
1	1	5	5	3	4	1	1	5	5	3	4
2	3	1	3	5	4	2	3	1	3	5	4
3	4	4	3	3	5	3	4	4	3	3	5
4	5	5	2	4	3	4	5	5	2	4	3
5	2	5	4	1	2	5	2	5	4	1	2

Gambar 17. Un-shading squares to avoid partitions

3. Hasil dan Analisis

Berdasarkan perancangan piranti lunak yang telah dibuat, berikut ini adalah contoh tampilan yang menunjukkan proses pencarian solusi saat piranti lunak dijalankan dan hasil akhirnya :



Gambar 18. Proses Pencarian solusi saat piranti lunak dijalankan dan hasil akhir

3.1. Pengujian Pengaruh Ukuran Puzzle

Pengujian pengaruh ukuran puzzle terhadap waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan dengan tingkat kesulitan yang sama dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Perbandingan ukuran puzzle terhadap waktu yang dibutuhkan dalam penyelesaiannya

No	Ukuran Puzzle	Waktu (S)
1	5x5	1

2	8x8	1
3	9x9	4

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa semakin besar ukuran suatu puzzle, semakin banyak waktu yang diperlukan untuk menyelesaikannya.

3.2. Pengujian Pengaruh Tingkat Kesulitan Puzzle

Pengujian ini dilakukan pada tiga jenis ukuran puzzle, yaitu 5 x 5, 8 x 8 dan 9 x 9 dengan tiga macam tingkat kesulitan puzzle, yaitu easy, medium dan hard. Pada pengujian ini dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh tingkat kesulitan suatu puzzle terhadap jumlah waktu yang diperlukan untuk mendapatkan solusi permasalahan puzzle. Dalam pengujian ini, dilakukan masing-masing lima kali pengujian untuk setiap tingkat kesulitan puzzle dengan ukuran puzzle yang sama. Permasalahan puzzle hitori yang digunakan pada pengujian ini diperoleh dari website www.menneske.no. Setelah pengujian dilakukan, diperoleh data seperti pada Tabel berikut :

Tabel 2. Perbandingan tingkat kesulitan puzzle terhadap waktu yang diperlukan dalam penyelesaiannya

No	Ukuran Puzzle	Tingkat Kesulitan	Waktu (s)					Waktu Paling Lama (s)
			Puzzle A	Puzzle B	Puzzle C	Puzzle D	Puzzle E	
1	5x5	Easy	1	1	1	1	1	1
2	5x5	Medium	1	1	1	1	1	1
3	5x5	Hard	1	1	1	1	1	1
4	8x8	Easy	1	1	2	1	2	2
5	8x8	Medium	2	4	4	3	3	4
6	8x8	Hard	5	5	5	5	6	6
7	9x9	Easy	2	2	3	2	2	3
8	9x9	Medium	5	5	5	6	5	6
9	9x9	Hard	9	10	10	14	14	14

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa pengaruh tingkat kesulitan puzzle dengan ukuran matriks 5x5 terhadap waktu penyelesaiannya tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena ukuran matriks puzzle yang kecil sehingga tidak diperlukan waktu ekstra untuk menentukan langkah yang tepat dari kemungkinan-kemungkinan solusi yang ada. Pada puzzle dengan ukuran matriks 8x8 dan 9x9, semakin tinggi tingkat kesulitan suatu puzzle hitori, maka semakin banyak waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Algoritma pencarian heuristik yang dikembangkan dengan penerapan aturan logika dan peraturan permainan puzzle hitori terbukti dapat menyelesaikan permasalahan puzzle hitori.
- 2) Semakin besar ukuran matriks suatu permasalahan puzzle hitori, semakin banyak kemungkinan langkah yang harus dipertimbangkan.
- 3) Suatu tingkat kesulitan puzzle hitori tidak hanya sepenuhnya ditentukan oleh ukuran matriks puzzle, melainkan juga ditentukan dari cara penempatan nilai pada setiap kotak di dalam matriks puzzle.

Untuk tahap selanjutnya dapat dilakukan kemungkinan pengembangan berikut :

- 1) Menambahkan pilihan untuk membuat suatu permasalahan puzzle hitori dengan berbagai tingkat kesulitan.
- 2) Menggunakan algoritma pencarian lain untuk memecahkan permasalahan puzzle hitori ini, seperti algoritma genetika yang dapat menyelesaikan suatu masalah pencarian solusi yang membutuhkan ruang pencarian yang besar.

References

- [1] Hitori, Hitori Logic Puzzle , <http://www.conceptispuzzles.com/index.aspx?uri=puzzle/hitori>, diakses tanggal 14 Februari 2011.
- [2] Hitori Tutorial, <http://www.nikoli.com/en/puzzles/hitori/rule.html>, diakses tanggal 20 Februari 2011.
- [3] Hitori Puzzles, <http://www.menneske.no/hitori/eng/random.html?diff=7>, diakses tanggal 21 Maret 2011.
- [4] S. Kusumadewi, Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya). Yogyakarta : Graha Ilmu. 2003.
- [5] E. Rich dan K. Knight, Artificial Intelligence. New York : McGraw-Hill. 1991.