

Pengaruh Global Transposition Table dan Algoritma PVS dan Negascout Pada Puzzle Games

Performance Analysis in Global Transposition Table and PVS and Negascout Algorithms for Puzzle Games

Ali Mustopa

Sistem Informasi, Universitas Amikom Yogyakarta

E-mail: ali.m@amikom.ac.id

Abstrak

Nine Men's Morris merupakan game *puzzle* berbentuk board game 2 pemain. Papan terdiri dari kotak dengan dua puluh empat persimpangan atau titik. Permainan *Nine Men's Morris* bersifat *fully observable* yang artinya bahwa seluruh kondisi pada papan permainan dan bidak-bidak dapat dipersepsi dan dinilai dengan baik. Penelitian ini melihat pengaruh penggunaan algoritma-algoritma dalam performa game *Nine Men's Morris*. Performa permainan dilihat dari kemenangan, panjang jumlah jalur, lama pencarian. Penggunaan *Global Transposition Table* (GTT) sebagai penyimpanan memiliki keunggulan – dimana penyimpanannya lebih banyak sehingga memberikan ruang penelusuran lebih besar. Kemampuan ini disebabkan karena sifat GTT yang paralel. Dengan GTT ini diharapkan mampu menemukan solusi lebih cepat. *Global Transposition Table* sendiri adalah kumpulan dari beberapa tabel transposisi di dalam sebuah tabel transposisi lebih besar. GTT dapat diibaratkan seperti folder yang memiliki banyak subfolder dengan setiap subfolder berisi tipe file yang sama, dan memiliki nama depan file yang sama. Maka dengan menggabungkan Algoritma pencari dan menggunakan GTT dalam permainan *Nine Men's Morris* ini diharapkan dapat mengetahui performa dari penggunaan Algoritma Negascout dan juga pengaruh tambahan dari penggunaan GTT dalam game *puzzle* *Nine Men's Morris*.

Kata Kunci— Performa, GTT, Negascout, Strategi, *Nine Men's Morris*

Abstract

Nine Men's Morris is a two player board game. The board consists of squares with twenty-four intersections or points. Nine Men's Morris game is fully observable which means that all conditions on the board and pieces can be perceived and assessed properly. This study looks at the effect of using algorithms in Nine Men's Morris game performance. Game performance is seen from the victory, the length of the number of lines, the length of the search. The use of Global Transposition Table (GTT) as a storage has advantages - where more storage thus providing more search space. This ability is due to the parallel nature of GTT. With GTT this is expected to be able to find solutions faster. The Global Transposition Table itself is a collection of several transposition tables in a larger transposition table. GTT can be likened to a folder that has many subfolders with each subfolder containing the same file type, and having the same file first name. So by combining the search algorithm and the use of GTT in the Nine Men's Morris game, it is expected to know the performance of the use of the Negascout Algorithm and also the additional effect of using GTT in the Nine Men's Morris puzzle game.

Keywords: *Performance, GTT, Negascout, Strategy, Nine Men's Morris*

1. PENDAHULUAN

Performa sebuah permainan dapat ditentukan dengan jumlah kemenangan. Pemain handal jika pemain memiliki jumlah kemenangan besar dibandingkan dengan pemain lainnya. Performa permainan juga dapat dilihat dengan berapa banyak jalan yang ditembus untuk menemukan kemenangan. Semakin panjang jalur yang dicari maka semakin jelas prediksi jalur musuh yang bisa dihadang dan jalur kemenangan dapat ditemukan. Namun semakin panjang jalur akan berimbas pada waktu yang diperlukan untuk mencari solusi permainan.

Permainan papan Nin Morris terdiri dari kotak dengan dua puluh empat persimpangan atau titik. Setiap pemain memiliki sembilan keping bidak atau “*men*”, biasanya berwarna hitam dan putih. Pemain mencoba membentuk “*mill*” yaitu garis lurus dengan tiga bidak berwarna sama secara horisontal atau vertikal. Jika mampu menghasilkan mill, pemain dapat mengambil atau menyingkirkan bidak pemain lain yang tidak segaris mill [1].

Penerapan algoritma evaluasi pada sebuah game sudah jamak digunakan. Algoritma digunakan terutama jika pemain yang bersifat manusia hanya satu orang atau dalam artian game *single player*. Games *puzzle* menggunakan algoritma evaluasi sebagai penentuan jalur yang digunakan musuh dan juga jalur untuk mencari kemenangan. Jalur evaluasi ini menentukan apakah game dapat memiliki kemampuan layaknya manusia dalam bermain. Semakin baik jalur evaluasi yang dilakukan maka akan semakin baik pula permainan dan permainan akan dikatakan mampu menyaingi pemain manusia dan bahkan bisa melampauinya.

Performa algoritma ini dapat dilihat berdasarkan performa permainan seperti jumlah kemenangan, jumlah jalur yang digunakan dan waktu yang dibutuhkan. Algoritma yang digunakan dalam evaluasi ini adalah Negascout. Prinsipel variant search adalah variasi dari alpha-beta ketika node-node diluar ketentuan pencarian berada pada minimal window $\beta = \alpha + 1$. Negascout memiliki dasar bahwa mengambil 2 level terendah dari nilai benar, maka mengevaluasi posisi tertinggi akan sia-sia. Algoritma ini dapat digunakan sebagai penelusuran penyelesaian sebuah game *puzzle*. Game Nine Men’s Morris terbagi menjadi dua fase yang berbeda. Mulai, Ketika posisi batu ditempatkan di papan tulis dan pertengahan dan akhir, Ketika posisi batu dipindah. Pada pencarian mendalam memiliki perbedaan pula. Pada fase mulai ini jelas memiliki kedalaman menyeluruh hingga 18 lapisan; Sebaliknya, waktu yang dihabiskan di pertengahan dan akhir tergantung pada gerakan yang dipilih[2].

Kevin dalam penelitiannya menyebutkan bahwa penggunaan algoritma PVS dan Negascout digunakan sebagai algoritma pencarian dan digunakan secara bersama, sehingga dapat menghasilkan kombinasi percepatan pencarian lebih tinggi. Namun proses pencarian lebih tinggi maka waktu dan panjang pencarian lebih panjang dan lama[3]. David pada penelitiannya menyebutkan bahwa Algoritma negascout memiliki kekuatan pada pencarian jalur terbaik namun memiliki kelemahan pada waktu yang digunakan untuk menemukannya [4]. Kelemahan pada algoritma *Alpha beta pruning* yang salah satunya adalah Pvs adalah penggunaan memory yang besar dan waktu terlalu lama[5]. Pada penelitian berikutnya menyebutkan bahwa algoritma negascout yang merupakan paralel search memberikan jalur terbaik dengan kecepatan penelusuran baik pula jika diimbangi dengan penggunaan hardware multi core [6]. Multi transposition tabel terbukti berkinerja lebih baik secara signifikan daripada implementasi tunggal table. [7]. Maka dalam penelitian ini akan melihat apakah penggunaan algoritma ini mampu memberikan performa lebih baik dalam permainan Nine Men’s Morris. Dalam penelitian ini ingin mengetahui pengaruh Global Transposition table pada permainan Nine Men’s Morris serta pengaruh algoritma PVS dan negascout serta kombinasinya pada permainan *puzzle* Nine Men’s Morris

2. METODE PENELITIAN

Menguji algoritma pencarian dapat dilakukan dengan melakukan beberapa pemroses dan juga distribusi memory[8]. Penelitian ini untuk mengetahui performa dari algoritma Negascout dan penggunaan GTT pada permainan *puzzle* Nine Men’s Morris. Menguji games

dengan mode otomatis, menggunakan Algoritma dan hasil tersebut dibandingkan dan dilakukan uji terkait beberapa variable uji untuk mengetahui hubungan antar variable uji yang ada. Dalam pengujian ini dilakukan selama 7 percobaan dan dilakukan dengan alat dan broser yang sama. Dalam proses penelitian, penulis menggunakan beberapa alat dan bahan yang dapat dilihat dari gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dengan beberapa alat-alat yang dipergunakan, antara lain :

2.1 Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan dalam pengujian penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Spesifikasi PC (Multi-Core)

Nama Perangkat	Spesifikasi
Intel Core I5 6800k	(6 Core, 6 Tread)
Intel Core I7 8700k	(6 Core, 12 Tread)
Ryzen 5 2400 G	(4 Core, 4 Tread)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

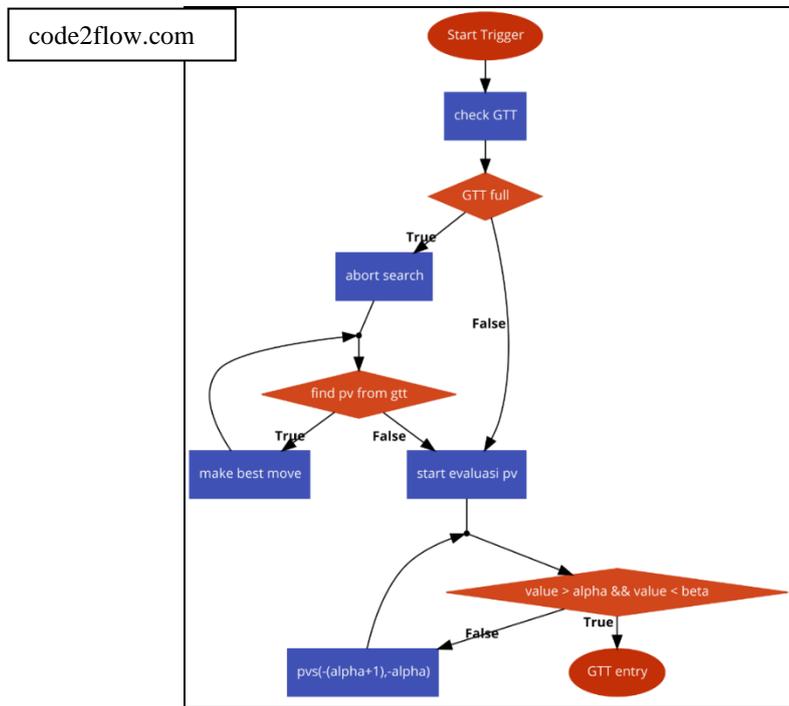
Kecerdasan buatan yang digunakan dalam pembuatan game ini adalah kecerdasan berlapis dengan algoritma evaluasi yang jalan secara bersamaan yaitu PVSs dan NS. Berikut adalah Pseudocode Sisi Sisi PVS dan NS.[3]

```

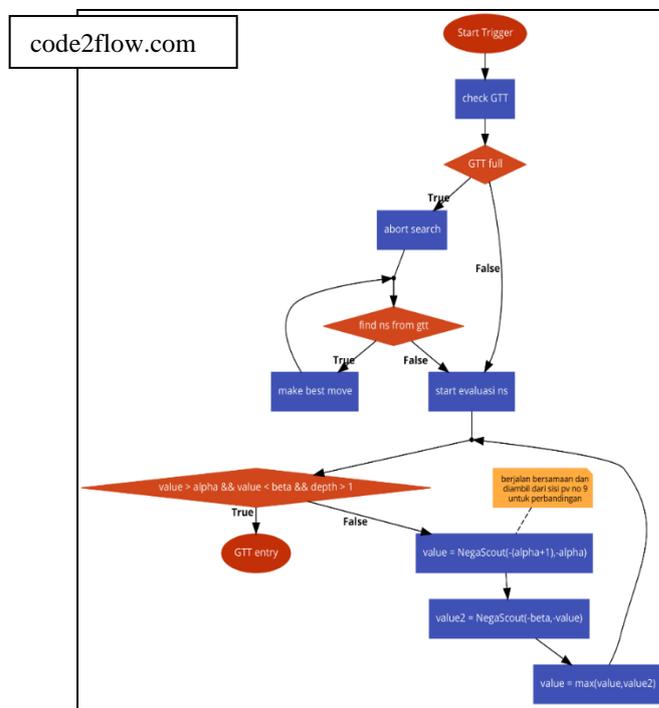
Start Trigger;
check GTT;
if(GTT full) {
    abort search;
    while (find PVS from gtt)
        make best move;
}
start evaluasi PVS;
while (! value > alpha && value < beta) {
    PVS (-alpha+1), -alpha);
}
GTT entry;
return

Start Trigger;
check GTT;
if(GTT full) {
    abort search;
    while (find ns from gtt)
        make best move;
}
start evaluasi PVS;
while(!value > alpha && value < beta && depth > 1){
    value = NegaScout(-alpha+1,-alpha);
    value2 = NegaScout(-beta,-value);
    value = max(value,value2);}
GTT entry;
return
    
```

gambar 2 dan 3 dibawah ini adalah flowchart yang dapat menggambarkan alur NS dan negascout.



Gambar 2. Flowchart pseudocode PVs



Gambar 3. Flowchart Pseudocode Negascout

Fungsi hashing dalam kondisi ideal akan menghasilkan indeks yang berkisar dari 0 hingga (N - 1) di mana N adalah jumlah status permainan yang mungkin. Akan tetapi, menciptakan fungsi hashing yang ideal seperti ini bisa sulit[9]. Pada proses pembentukan Game *Puzzle Morris Nine Mens* ini menggunakan Data Store adalah GTT dengan spesifikasi sebagai berikut :

- a. 128 bit Hashing: dengan pembagian 64-bit untuk posisi dan keadaan permainan dan 64-bit untuk *best move, value, depth, Age* serta informasi environment legal *move* sesuai peraturan permainan *Moris Nine Mens*.
- b. *External key* atau *flag* merupakan peraturan atau situasi baik angka maupun algoritma yang disisipkan pada setiap data sebelum dimasukan ke slot atau *buckets* dalam GTT.
- c. *Bitwise left shift operator* ($a \ll b$), b decimal a akan diganti menjadi biner dan di tambahkan 0 sejumlah nilai b.
- d. *Nibble* merupakan setengah dari *byte*, atau 4bit yang berarti dapat 16 nilai yang sering digunakan bertipe *hexadecimal*. [2]

Tabel 2. Pseudocode GTT external key dan index

index = key % TABLESIZE;
hashtable[index].key = key ^ data;
hashtable[index].data = data;

Paralelisasi algoritma pencarian yang efisien yang menggunakan tabel transposisi adalah tugas yang menantang, perbandingan *Transposition Driven Scheduling* (TDS) dengan pendekatan konvensional pada sistem paralel skala besar. TDS berkinerja lebih baik secara signifikan, namun untuk jumlah prosesor yang besar [10]. Dalam uji coba yang dilakukan, untuk mendapatkan hasil kecepatan mencari solusi dari setiap pemain, menghitung jumlah langkah dalam setiap keputusan dengan menggunakan spesifikasi hardware dengan jumlah prosesor yang kecil serta perbandingan performa dari setiap algoritma dan penggunaan GTT yang digunakan sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :

Performa dengan menggunakan inti 6 dan untaian 12 thread pada Intel Core I7 8700k, menunjukkan bahwa jumlah langkah yang ditempuh menjadi lebih banyak kisaran 780 langkah dan diikuti oleh Intel Core I5 8600k yang memiliki 6 inti dan 6 thread menghasilkan 633 langkah dan Ryzen 5 yang memiliki 4 inti dan 8 thread dengan 515 langkah. Pada hasil ini membuktikan bahwa penggunaan GTT dalam penyimpanan data dengan dukungan multithread dapat menghasilkan jumlah langkah yang lebih banyak diproses. Seperti ditunjukkan pada gambar 4. Namun dalam hal tetap mempertimbangkan jumlah inti yang digunakan. Dapat terlihat jika jumlah langkah berbanding dengan kombinasi inti dan thread pada yang sebanding maka memiliki nilai lebih baik, yaitu pada Intel Core I5 8600k.

M-Estimators

	Huber's M-Estimator ^a	Tukey's Biweight ^b	Hampel's M-Estimator ^c	Andrews' Wave ^d
i5	633.2879	633.1714	633.5083	633.1846
r5	515.8386	516.3062	515.8634	516.3038
i7	785.2593	784.3447	788.2022	784.4250

Gambar 4. Jumlah Langkah pada Spesifikasi Perangkat

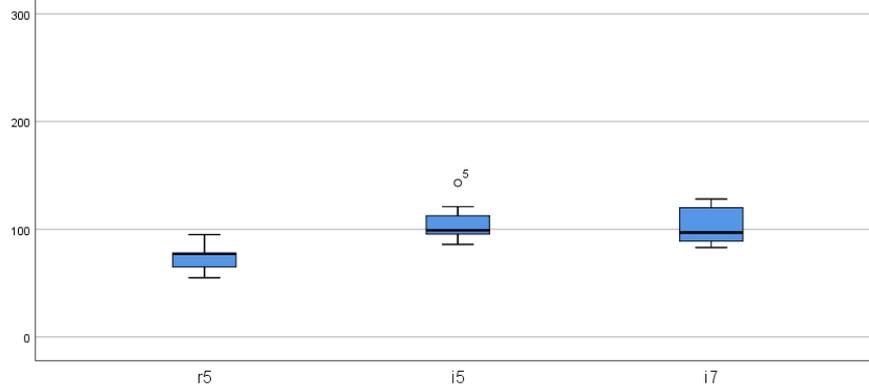
Pada penggunaan Algoritma yang digunakan yaitu Algoritma Max adalah perpaduan algoritma Pvs dan Negascout, algoritma PVs saja dan juga algoritma Negascout saja. Dalam pengujian menghasilkan kemiripan jumlah langkah atau tidak terlalu berbeda jumlah langkah yang dilakukan dalam setiap prosesnya hanya selisih puluhan langkah saja. Walaupun terlihat bahwa PVs algoritma yang paling besar langkah digunakan dalam mencari solusi. Seperti pada

gambar 5 berikut :

M-Estimators				
	Huber's M-Estimator ^a	Tukey's Biweight ^b	Hampel's M-Estimator ^c	Andrews' Wave ^d
MAX	514.8327	515.2657	514.6593	515.2610
PV	553.6967	555.6747	554.8178	555.7192
NEGASPV	526.7320	538.6203	528.1434	539.1582

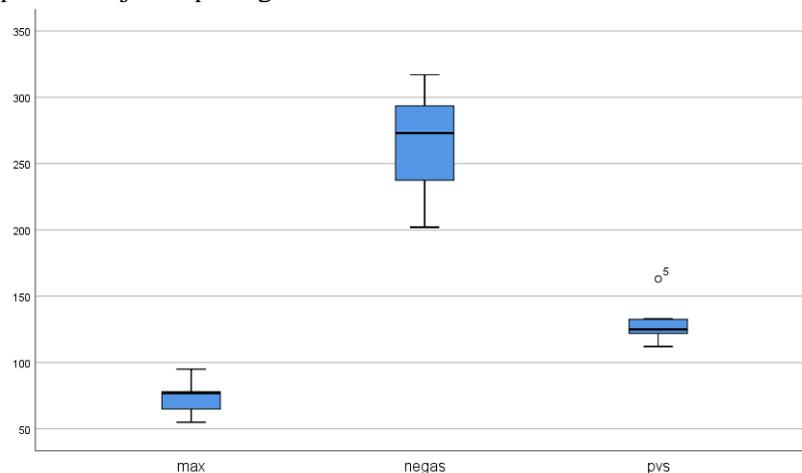
Gambar 5. Jumlah Langkah pada Perbedaan Algoritma yang digunakan

Waktu digunakan untuk menyelesaikan permainan dari 7 kali uji coba menghasilkan penggunaan Ryzen 5 memiliki waktu penyelesaian lebih cepat dibandingkan Intel Core i5 dan Intel Core i7, dan ditunjukkan bahwa dari i5 dan i7 memiliki posisi kecepatan hampir sama di antara 100ms bahkan dapat dilihat bahwa i7 memiliki rentang kecepatan yang lebih besar. Seperti ditunjukkan pada gambar 6



Gambar 6. Durasi penyelesaian Game berdasarkan spesifikasi perangkat

Waktu digunakan untuk menyelesaikan permainan dari 7 kali uji coba menghasilkan penggunaan Ryzen 5 menggunakan algoritma maksimal memiliki waktu penyelesaian lebih cepat dibandingkan menggunakan algoritma PV dan Negascout, dan ditunjukkan bahwa negascout jauh lebih lama, ini dikarenakan pada kondisi menggunakan proses dua kali pencarian. Seperti ditunjukkan pada gambar 7

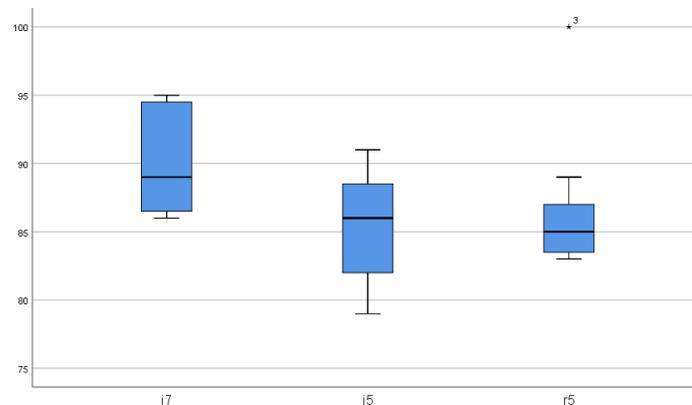


Gambar 7. Durasi penyelesaian Game berdasarkan spesifikasi perangkat

Memory yang digunakan dalam proses penyelesaian game tidak memiliki ada hubungan yang signifikan karena perubahan *memory* dalam *browser* hanya dipengaruhi dari lamanya penyelesaian game. Seperti ditunjukkan pada gambar 8 dan 9

M-Estimators				
	Huber's M-Estimator ^a	Tukey's Biweight ^b	Hampel's M-Estimator ^c	Andrews' Wave ^d
i7	89.8793	90.0083	90.2857	90.0073
i5	85.5927	85.4194	85.2857	85.4201
r5	85.0609	84.6441	84.8417	84.6442

Gambar 8. Penguana memory



Gambar 9. Variasi penggunaan memory dari prosesor yang digunakan

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengamatan dan hasil analisis ditemukan kesimpulan bahwa :

- a. penggunaan GTT dalam proses penyimpanan memberikan dampak positif terhadap performa game *puzzle* dengan melihat jumlah inti dan juga jumlah thread pada prosesor.
- b. Serta penggunaan algoritma dengan yang tepat mengkombinasikan pvs dan negascout dengan tepat menghasilkan proses lebih baik.
- c. Konsumsi memory dalam penyelesaian solusi tidak ada perbedaan yang signifikan pada semua algoritma dan proses penyimpanan.

Sebagai sarannya diharapkan dapat dilanjutkan dengan mencari pola sebagai basis pengetahuan game *puzzle* Morris Nine Mens.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini tidak terlepas dari peran serta Direktorat Penelitian Universitas AMIKOM Yogyakarta dan juga peneliti sebelumnya Kevin Alan Kurniawan Santoso. Ucapan terimakasih yang saya sampaikan kepada yang tersebut di atas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Petcu, S.A., Holban, S., 2008, Nine Men's Morris: evaluation functions. In: *International Conferencs on Development and Application Systems*, Mei 22-24
- [2] Gasser, Ralph. 1998. *Solving Nine Men's Morris*. Nowakowski, R., & Mathematical Sciences Research Institute, *Games of No Chance*. Cambridge University Press. Berkeley
- [3] Santoso, Kevin Alan Kurniawan. 2018. *Membangun Game "NINE MEN'S MORRIS" dengan kecerdasan buatan*. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas AMIKOM, Yogyakarta
- [4] David. 2013, Perbandingan Algoritma Minimax Dan Negascout Pada Permainan Catur Sederhana. *Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, Vol 8, No 2 hal. 29-33. <http://e-journals.unmul.ac.id/index.php/JIM/article/view/193/pdf>
- [5] Kevin Winata. 2012, "Penerapan Algoritma Alpha Beta Pruning pada Permainan Nine Men's Morris." <https://informatika.stei.itb.ac.id/~rinaldi.munir/Stmik/2012-2013/Makalah2012/Makalah-IF3051-2012-061.pdf>, diakses 20 Juni 2019
- [6] Elnagar, Ahmed & Gadallah, Mahmoud & Mostafa, Mostafa & Eldeeb, Hesham. 2014. A Comparative Study of Game Tree Searching Methods. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. Vol 5. No 5. 68-77.
- [7] Beal, D. F., & Smith, M. C. (1996). Multiple probes of transposition tables. *ICGA Journal*, vol 19 no 4, 227-233.
- [8] A. Kishimoto, A. Fukunaga, and A. Botea, 2013. "Evaluation of a simple, scalable, parallel best-first search strategy," *Artif. Intell.*, vol. 195, 222–248, 2013
- [9] Loewer, Wesley. 2016. *The Effects of Rule Variations on Perfect Play Databases for Nine Men's Morris*. https://www.researchgate.net/profile/Wesley_Loewer/publication/305413042_The_Effects_of_Rule_Variations_on_Perfect_Play_Databases_for_Nine_Men's_Morris/links/578e374608ae35e97c3f6570/The-Effects-of-Rule-Variations-on-Perfect-Play-Databases-for-Nine-Mens-Morris.pdf, diakses tgl 27 Mei 2020
- [10] J. W. Romein, H. E. Bal, J. Schaeffer and A. Plaat, "A performance analysis of transposition-table-driven work scheduling in distributed search," *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, vol. 13, no. 5, hal. 447-459, Mei 2002,.