Laporan Tugas Kecil I Strategi Algoritma

Penyelesaian Permainan Kartu 24 dengan Algoritma *Brute Force*

Disusun oleh

Nama: Haziq Abiyyu Mahdy

Kelas: K2

NIM: 13521170

Tahun ajaran 2022/2023

BAB I

DESKRIPSI PERSOALAN

Kartu 24 adalah salah satu variasi permainan kartu yang dapat dimainkan dengan kartu remi. Kartu remi terdiri dari lima puluh dua kartu yang terbagi menjadi empat suit (sekop, hati, keriting, dan wajik) yang masing-masing terdiri dari tiga belas kartu (As, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, Jack, Queen, dan King). As bernilai 1, Jack bernilai 11, Queen bernilai 12, King bernilai 13, sedangkan kartu bilangan memiliki nilai dari bilangan itu sendiri. Mekanisme permainan kartu 24 adalah sebagai berikut. Pada awal permainan, moderator atau salah satu pemain mengambil empat kartu dari dek yang sudah dikocok. Kemudian pemain akan menebak susunan serta operasi aritmatika yang dapat menghasilkan angka dua puluh empat. Operasi yang diperbolehkan adalah penjumlahan (+), pengurangan (-), perkalian (*), pembagian (/), dan tanda kurung (()). Tiap kartu harus digunakan tepat sekali dan urutan penggunaannya bebas.

Pada tugas ini penulis merancang program dalam bahasa C++ untuk menerima empat input berupa angka atau huruf yang merupakan bagian dari dari (A, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, J, Q, K) atau *generate* secara *random*, kemudian menampilkan output berupa banyaknya solusi yang ditemukan, solusi dari permainan yang kemudian dapat disimpan ke dalam *file*, dan waktu eksekusi yang diperlukan. Algoritma yang digunakan untuk mendapatkan solusi permainan kartu 24 adalah algoritma *brute force*.

BAB II

ALGORITMA PENYELESAIAN MASALAH

Pada bagian awal program, program akan menanyakan apakah pengguna ingin melakukan input kartu atau mendapatkan kartu *random*. Jika pengguna ingin melakukan input kartu, maka pengguna dapat mengetikkan empat angka atau huruf yang terdiri dari (A, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, J, Q, K) yang dibatasi oleh spasi seperti contoh berikut.

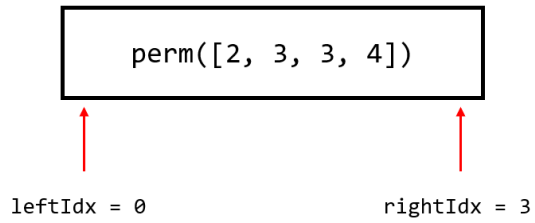
```
Insert card numbers:
A 3 Q K
```

Kemudian, program akan melakukan *parsing* dan validasi pada masukan pengguna. Jika masukan tidak valid, maka akan muncul pesan kesalahan dan pengguna diminta melakukan input ulang hingga program valid. Jika masukan valid, maka program akan menyimpan `vector<int>` berupa nilai dari keempat kartu yang diinput secara terurut. Jika pengguna ingin mendapatkan kartu

secara *random*, maka program akan memilih kartu secara random, menampilkan kartu di layar dan menyimpan nilai kartu tersebut ke dalam `vector<int>`.

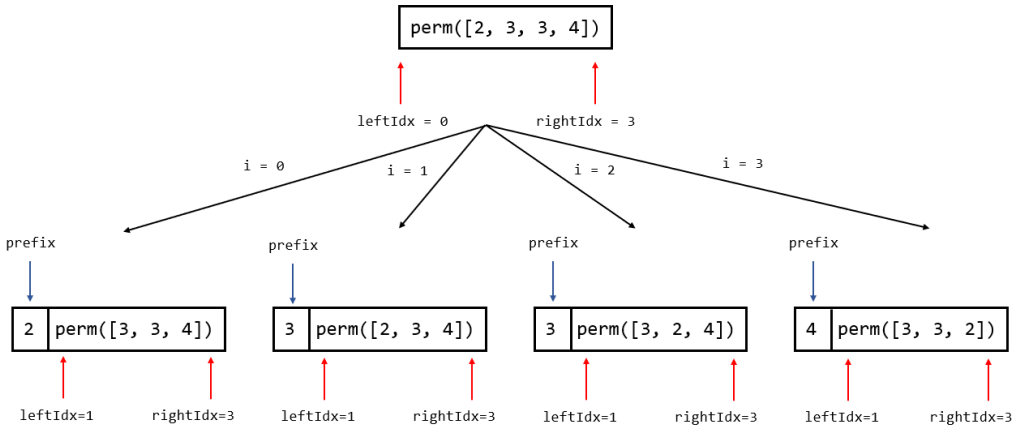
```
Your cards:
3 3 J A
```

Kemudian, program akan mencari seluruh susunan/permutasi kartu yang mungkin diperoleh dari input kartu yang ada. Pencarian permutasi kartu dilakukan dengan menggunakan prosedur `void findNumberPermutation(vector<int>& container, int leftIdx, int rightIdx)`. Berikut adalah penjelasan algoritma yang digunakan pada prosedur tersebut. Pada pemanggilan prosedur, kita memasukkan parameter berupa `vector<int>` yang sudah diperoleh dari proses input sebelumnya, `leftIdx = 0`, dan `rightIdx = TOTALNUMS – 1 (=3)`. Misalkan `vector<int>` yang diperoleh adalah {2, 3, 3, 4}. Maka, *initial state* prosedur dapat dinyatakan pada gambar berikut.

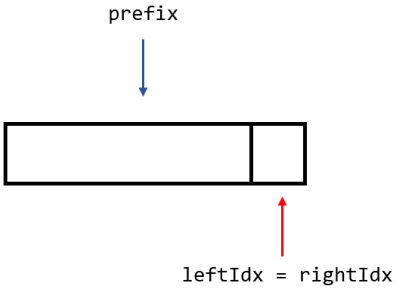


Program akan mencari elemen yang akan dijadikan *prefix*, yaitu elemen yang sudah tetap posisinya dan tidak akan ditukar lagi, dengan cara melakukan iterasi dari `i = leftIdx → i = rightIdx` dan *swap* `Vec[leftIdx]` dengan `Vec[i]`. Setelah itu, elemen `Vec[0 .. leftIdx]` akan dijadikan *prefix* dan elemen `Vec[leftIdx+1 .. rightIdx]` akan dicari permutasinya, lalu dilakukan kembali swap `Vec[leftIdx]` dengan `Vec[i]` untuk backtracking.

Namun, tidak semua elemen dari `Vec[leftIdx .. rightIdx]` boleh di-*swap* dengan `Vec[leftIdx]`. Jika pada `Vec[leftIdx .. i-1]` terdapat elemen yang sama dengan `Vec[i]`, dan `Vec[leftIdx]` di*swap* dengan `Vec[i]`, maka akan menghasilkan prefix yang sama dengan hasil *swap* yang sudah dilakukan sebelumnya. Berikut adalah ilustrasinya.



Pada saat `i = 1`, proses *swap* `Vec[leftIdx]` dengan `Vec[i]` akan menghasilkan `[3, perm([2, 3, 4])]`. Saat `i = 2`, jika dilakukan *swap* `Vec[leftIdx]` dengan `Vec[i]`, maka akan dihasilkan `[3, perm([3, 2, 4])]`. Karena kedua `vector` tersebut memiliki *prefix* yang sama, yaitu 3, dan seluruh susunan yang dihasilkan oleh `perm([3, 2, 4])` juga akan dihasilkan oleh `perm([2, 3 4])`, maka tidak perlu dilakukan *swap* pada `i = 2` agar tidak menghasilkan duplikat pada hasil permutasi. Rekursi terus dilakukan hingga `leftIdx = rightIdx`, atau tidak ada lagi elemen yang dapat di-*swap* (kasus basis) seperti pada gambar berikut.



Setiap rekursi mencapai kasus basis, program akan menyimpan `vector` permutasi angka dengan melakukan push pada variabel global `vector<vector<int>> numsPermutation`.

Setelah itu, program akan mencari seluruh susunan/permutasi operasi yang dapat dilakukan dengan menggunakan prosedur `void findOpsPermutation()`. Karena setiap operasi yang tersedia (+, -, *, /) unik, kita tidak perlu mengkhawatirkan adanya duplikat atau permutasi yang muncul lebih dari satu kali. Oleh karena itu, kita dapat menggunakan *nested for* untuk memperoleh susunan operasi pertama, kedua, dan ketiga. Setiap permutasi akan dimasukkan/di-*push* ke dalam `vector<vector<char>>`.

Total susunan = 64

Setelah memperoleh seluruh permutasi angka dan operasi, kita dapat melakukan iterasi pada `vector` susunan operasi dan `vector` susunan angka dan melakukan evaluasi pada ekspresi yang diperoleh.

```
for (int i=0; i < opsPermutations.size(); i++) {
    for (int j=0; j < numsPermutations.size(); j++) {
        /* Lakukan evaluasi pada ekspresi yang ada pada susunan
opsPermutations[i] dan numsPermutations[j] */
    }
}
```

Untuk peletakan tanda kurung, terdapat lima kasus yang dapat dieksekusi secara manual, yaitu;

```
(a op1 b) op2 (c op3 d)
a op1 (b op2 (c op3 d))
a op1 ((b op2 c) op3 d)
((a op1 b) op2 c) op3 d
(a op1 (b op2 c)) op3 d
```

Evaluasi ekspresi akan dilakukan pada setiap kasus peletakan tanda kurung, dan jika evaluasi menghasilkan angka 24, maka jumlah solusi akan di-*increment* dan string ekspresi akan di-*push* ke dalam `vector<string> savedResults`.

BAB III

SOURCE CODE

Program terdiri atas satu *header file* (header.hpp) dan tiga modul (iofile.cpp untuk implementasi fungsi yang berkaitan dengan I/O, algorithm.cpp untuk implementasi fungsi yang berkaitan dengan algoritma, dan driver.cpp)

1. header.hpp

```
#ifndef HEADER_HPP
#define HEADER_HPP

#include <iostream>
#include <vector>
#include <fstream>
#include <chrono>
using namespace std;

// CONSTANTS
#define TOTALNUMS 4
#define TOTALOPS 4

// GLOBAL VARIABLES
extern vector<vector<int>> numsPermutations;
extern vector<vector<char>> opsPermutations;
extern vector<string> savedResults;

// IO RELATED FUNCTIONS
vector<string> inputCardFromUser();

vector<int> generateRandomCard();

vector<int> getNumsVec();
/* Gets input from user, validates the input, and converts the input into
vector<int> */

bool isInputValid(vector<string> inputs);

bool isInputElmtValid(string input);

int convertToInt(string input);
/* Precondition: input string is already valid */
```

```
void printResults();

void saveResultsToFile(int solutions);

// ALGORITHM
float evaluate(float firstNum, float secondNum, char op);

void swapElmt(int& num1, int& num2);

void findNumberPermutation(vector<int>& container, int leftIdx, int
rightIdx);

void findOpsPermutation();

int getPossibleResults();

#endif
```

2. iofile.cpp

```
#include "header.hpp"

vector<string> inputCardFromUser() {
    vector<string> inputs;
    string buffer;
    int currentSize = 0;

    cout << "Insert card numbers: " << endl;
    getline(cin, buffer);
    if (buffer == "") {
        getline(cin, buffer);
    }

    string currentWord = "";
    for (int i=0; i <= buffer.length(); i++) {
        if (buffer[i] == ' ' || !buffer[i]) {
            if (currentWord != "") {
                inputs.push_back(currentWord);
                currentSize++;
                currentWord = "";
```

```
                if (currentSize == 5) break;
                // Kalau size nya udah 5 langsung break aja karena udah
pasti ga valid
            }
        }
        else {
            currentWord += buffer[i];
        }
    }
    return inputs;
}

vector<int> generateRandomCard() {
    const vector<string> cardOptions = {"A", "2", "3", "4", "5", "6",
"7", "8", "9", "10", "J", "Q", "K"};
    vector<int> randomCard(TOTALNUMS);
    int random;

    srand((unsigned) time(NULL));
    cout << "Your cards: " << endl;
    for (int i=0; i < TOTALNUMS; i++) {
        random = rand() % 13;
        cout << cardOptions[random] << " ";
        randomCard[i] = convertToInt(cardOptions[random]);
    }
    cout << endl << endl;
    return randomCard;
}

vector<int> getNumsVec() {
    vector<string> temp;
    vector<int> numsVec(TOTALNUMS);

    temp = inputCardFromUser();
    while (!isInputValid(temp)) {
        cout << "Invalid input!" << endl;
        temp = inputCardFromUser();
    }
```

```
    cout << endl;

    for (int i=0; i < TOTALNUMS; i++) {
        numsVec[i] = convertToInt(temp[i]);
    }

    return numsVec;
}

bool isInputValid(vector<string> inputs) {
    if (inputs.size() != TOTALNUMS) {
        return false;
    }
    for (int i=0; i < TOTALNUMS; i++) {
        if (!isInputElmtValid(inputs[i])) {
            return false;
        }
    }
    return true;
}

bool isInputElmtValid(string input) {
    if (input.length() == 2) {
        return (input == "10");
    }
    if (input.length() == 1) {
        return ((input[0] - '0' > 1 && input[0] - '0' < 10) ||
                (input[0] == 'A') ||
                (input[0] == 'J') ||
                (input[0] == 'Q') ||
                (input[0] == 'K'));
    }
    else {
        return false;
    }
}

int convertToInt(string input) {
    if (input == "10") {return 10;}
```

```
    else if (input[0] - '0' > 1 && input[0] - '0' < 10) {return input[0]
- '0';}
    else if (input[0] == 'A') {return 1;}
    else if (input[0] == 'J') {return 11;}
    else if (input[0] == 'Q') {return 12;}
    else /* (input[0] == 'K') */ {return 13;}
}

void printResults() {
    for (int i=0; i < savedResults.size(); i++) {
        cout << savedResults[i] << endl;
    }
    cout << endl;
}

void saveResultsToFile(int solutions) {
    string fileName;
    ofstream fout;

    cout << "Insert file name: ";
    cin >> fileName;
    fout.open("test/" + fileName);

    if (!solutions) {
        fout << "No solutions found" << endl;
    }
    else {
        fout << solutions << " solutions found" << endl;
        for (int i=0; i < savedResults.size(); i++) {
            fout << savedResults[i] << endl;
        }
    }
}
```

3. algorithm.cpp

```
#include "header.hpp"

vector<vector<int>> numsPermutations;
vector<vector<char>> opsPermutations;
```

```
vector<string> savedResults;

float evaluate(float firstNum, float secondNum, char op) {
    if (op == '+') {return firstNum + secondNum;}
    else if (op == '-') {return firstNum - secondNum;}
    else if (op == '*') {return firstNum * secondNum;}
    else /* (op == '/') */ {return firstNum / secondNum;}
}

void swapElmt(int& num1, int& num2) {
    int temp = num1;
    num1 = num2;
    num2 = temp;
}

bool shouldSwap(vector<int>& container, int leftIdx, int currentIdx) {
    for (int i=leftIdx; i < currentIdx; i++) {
        if (container[i] == container[currentIdx]) {
            return false;
        }
    }
    return true;
}

void findNumberPermutation(vector<int>& container, int leftIdx, int
rightIdx) {
    if (leftIdx == rightIdx) {
        numsPermutations.push_back(container);
        return;
    }

    for (int i=leftIdx; i <= rightIdx; i++) {
        bool check = shouldSwap(container, leftIdx, i);
        if (check) {
            swapElmt(container[leftIdx], container[i]);
            findNumberPermutation(container, leftIdx + 1, rightIdx);
            swapElmt(container[leftIdx], container[i]);
        }
    }
```

```
}

void findOpsPermutation() {
    vector<char> temp(3);
    const char allOps[TOTALOPS] = {'+', '-', '*', '/'};

    for (int i=0; i < TOTALOPS; i++) {
        for (int j=0; j < TOTALOPS; j++) {
            for (int k=0; k < TOTALOPS; k++) {
                temp[0] = allOps[i];
                temp[1] = allOps[j];
                temp[2] = allOps[k];
                opsPermutations.push_back(temp);
            }
        }
    }
}

int getPossibleResults() {
    int solutions = 0;
    int a, b, c, d;
    float result;
    char op1, op2, op3;
    string temp;
    for (int i=0; i < opsPermutations.size(); i++) {
        for (int j=0; j < numsPermutations.size(); j++) {
            a = numsPermutations[j][0];
            b = numsPermutations[j][1];
            c = numsPermutations[j][2];
            d = numsPermutations[j][3];
            op1 = opsPermutations[i][0];
            op2 = opsPermutations[i][1];
            op3 = opsPermutations[i][2];

            // (a op1 b) op2 (c op3 d)
            result = evaluate(evaluate(a, b, op1), evaluate(c, d, op3),
op2);
            if (result == 24) {
```

```
                temp = "(" + to_string(a) + op1 + to_string(b) + ")" +
op2 + "(" + to_string(c) + op3 + to_string(d) + ")";
                savedResults.push_back(temp);
                solutions++;
            }

            // a op1 (b op2 (c op3 d))
            result = evaluate(a, evaluate(b, evaluate(c, d, op3), op2),
op1);
            if (result == 24) {
                temp = to_string(a) + op1 + "(" + to_string(b) + op2 +
"(" + to_string(c) + op3 + to_string(d) + "))";
                savedResults.push_back(temp);
                solutions++;
            }

            // a op1 ((b op2 c) op3 d)
            result = evaluate(a, evaluate(evaluate(b, c, op2), d, op3),
op1);
            if (result == 24) {
                temp = to_string(a) + op1 + "((" + to_string(b) + op2 +
to_string(c) + ")" + op3 + to_string(d) + ")";
                savedResults.push_back(temp);
                solutions++;
            }

            // ((a op1 b) op2 c) op3 d
            result = evaluate(evaluate(evaluate(a, b, op1), c, op2), d,
op3);
            if (result == 24) {
                temp = "((" + to_string(a) + op1 + to_string(b) + ")" +
op2 + to_string(c) + ")" + op3 + to_string(d);
                savedResults.push_back(temp);
                solutions++;
            }

            // (a op1 (b op2 c)) op3 d
            result = evaluate(evaluate(a, evaluate(b, c, op2), op1), d,
op3);
```

```
            if (result == 24) {
                temp = "(" + to_string(a) + op1 + "(" + to_string(b) +
op2 + to_string(c) + "))" + op3 + to_string(d);
                savedResults.push_back(temp);
                solutions++;
            }
        }
    }
    return solutions;
}
```

4. driver.cpp

```
#include "header.hpp"

int main() {
    vector<int> test;
    int solutions;
    string option;



    while (true) {
        cout << "Do you want to insert cards (0) or generate random cards
(1)?: ";
        cin >> option;
        if (option == "0") {
            test = getNumsVec();
            break;
        }
        if (option == "1") {
            test = generateRandomCard();
            break;
        }
        cout << "Invalid input!" << endl;
    }

    using namespace std::chrono;

    high_resolution_clock::time_point start =
high_resolution_clock::now();
```

```
    findNumberPermutation(test, 0, TOTALNUMS-1);
    findOpsPermutation();
    solutions = getPossibleResults();
    high_resolution_clock::time_point end = high_resolution_clock::now();
    duration<double> executionTime = duration_cast<duration<double>>(end
- start);

    if (!solutions) {
        cout << "No solutions found" << endl;
    }
    else {
        cout << solutions << " solutions found" << endl;
        printResults();
    }

    cout << "execution time: " << executionTime.count() * 1000 << " ms"
<< endl << endl;

    while (true) {
        cout << "Do you want to save the result? (Y/N): ";
        cin >> option;
        if (option == "Y") {
            saveResultsToFile(solutions);
            break;
        }
        if (option  == "N") {
            break;
        }
        cout << "Invalid input" << endl;
    }

    return 0;
}
```

BAB IV

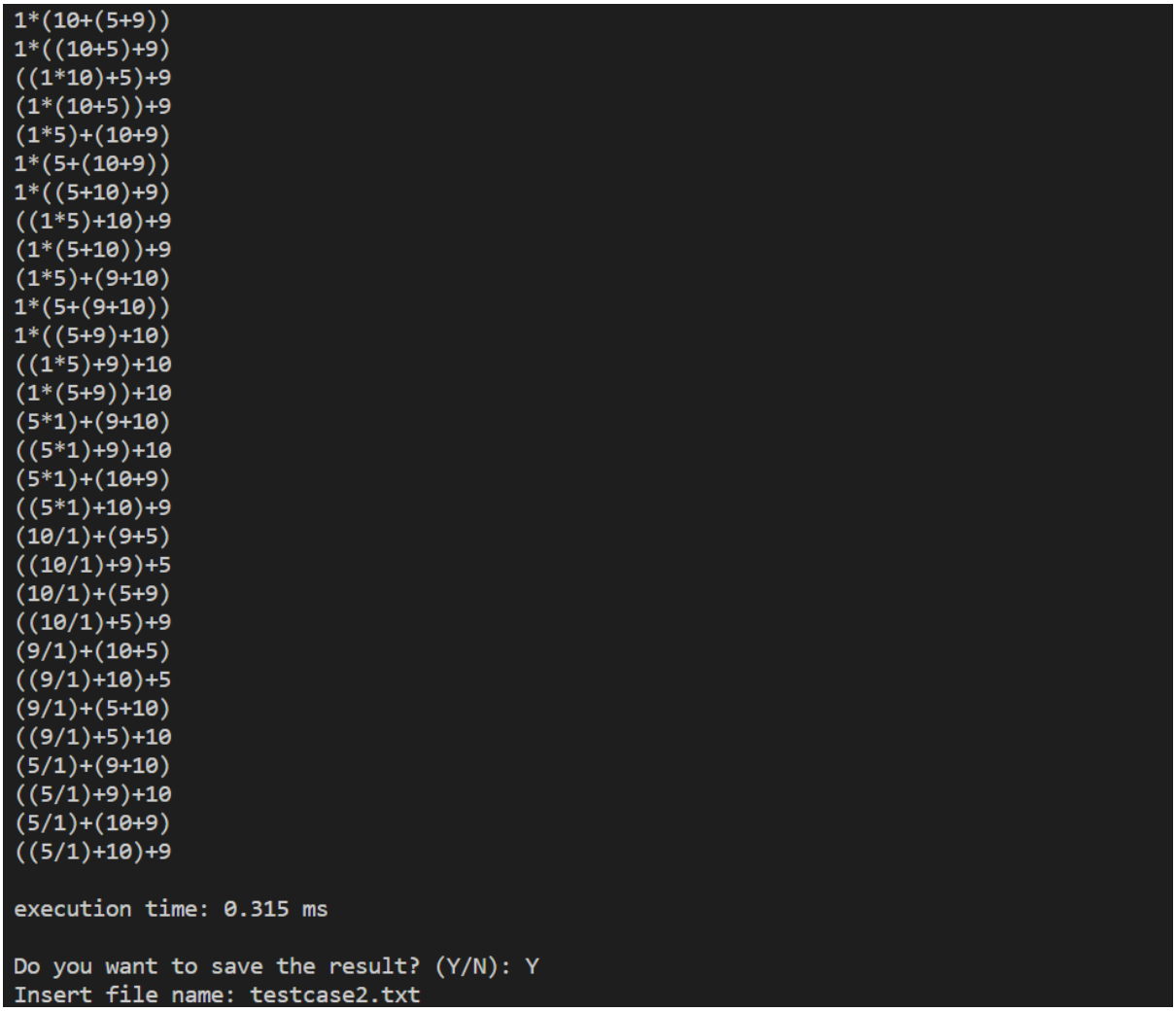
KASUS UJI DAN *CHECKLIST*

1. Kasus uji pertama

```
PS C:\Users\Haziq\OneDrive - Institut Teknologi Bandung\SMT IV\Stima\Tucil1_13521170> ./bin/driver
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 0
Insert card numbers:
7 J 9 6

No solutions found
execution time: 0.268 ms

Do you want to save the result? (Y/N): Y
Insert file name: testcase1.txt
```

2. Kasus uji kedua

```
PS C:\Users\Haziq\OneDrive - Institut Teknologi Bandung\SMT IV\Stima\Tucil1_13521170> ./bin/driver
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 2
Invalid input!
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 0
Insert card numbers:
10 9 A 5

180 solutions found
(10+9)+(1*5)
10+(9+(1*5))
(10+9)+(5*1)
10+(9+(5*1))
10+((9+5)*1)
((10+9)+5)*1
(10+(9+5))*1
(10+5)+(1*9)
10+(5+(1*9))
(10+5)+(9*1)
10+(5+(9*1))
10+((5+9)*1)
((10+5)+9)*1
(10+(5+9))*1
(9+10)+(1*5)
9+(10+(1*5))
(9+10)+(5*1)
9+(10+(5*1))
9+((10+5)*1)
((9+10)+5)*1
(9+(10+5))*1
(9+5)+(1*10)
9+(5+(1*10))
(9+5)+(10*1)
9+(5+(10*1))
9+((5+10)*1)
((9+5)+10)*1
(9+(5+10))*1
```



(P.S. Karena terdapat sangat banyak solusi, tidak semua solusi dapat ditampilkan pada *screenshot* ini. Untuk selengkapnya dapat dilihat di test/testcase2.txt)

3. Kasus uji ketiga

```
PS C:\Users\Haziq\OneDrive - Institut Teknologi Bandung\SMT IV\Stima\Tucil1_13521170> ./bin/driver
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 0
Insert card numbers:
9 J Q K

16 solutions found
(9+13)*(12/11)
((9+13)*12)/11
(13+9)*(12/11)
((13+9)*12)/11
((9+13)/11)*12
((13+9)/11)*12
(9+13)/(11/12)
(13+9)/(11/12)
12*((9+13)/11)
(12*(9+13))/11
12*((13+9)/11)
(12*(13+9))/11
(12/11)*(9+13)
(12/11)*(13+9)
12/(11/(9+13))
12/(11/(13+9))

execution time: 0.217 ms

Do you want to save the result? (Y/N): Y
Insert file name: testcase3.txt
```

4. Kasus uji keempat

```
PS C:\Users\Haziq\OneDrive - Institut Teknologi Bandung\SMT IV\Stima\Tucil1_13521170> ./bin/driver
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 1
Your cards:
A 5 5 9

4 solutions found
(1+5)*(9-5)
(5+1)*(9-5)
(9-5)*(5+1)
(9-5)*(1+5)

execution time: 0.107 ms

Do you want to save the result? (Y/N): I
Invalid input
Do you want to save the result? (Y/N): Y
Insert file name: testcase4.txt
```

5. Kasus uji kelima

```
PS C:\Users\Haziq\OneDrive - Institut Teknologi Bandung\SMT IV\Stima\Tucil1_13521170> ./bin/driver
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 1
Your cards:
Q 5 6 9

20 solutions found
((5+6)-9)*12
(5+(6-9))*12
((6+5)-9)*12
(6+(5-9))*12
((5-9)+6)*12
((6-9)+5)*12
(5-(9-6))*12
(6-(9-5))*12
(12-6)*(9-5)
(5-9)*(6-12)
(6-12)*(5-9)
(9-5)*(12-6)
12*(5+(6-9))
12*((5+6)-9)
12*(6+(5-9))
12*((6+5)-9)
12*((5-9)+6)
12*((6-9)+5)
12*(5-(9-6))
12*(6-(9-5))

execution time: 0.17 ms

Do you want to save the result? (Y/N): Y
Insert file name: testcase5.txt
```

6. Kasus uji keenam

```
PS C:\Users\Haziq\OneDrive - Institut Teknologi Bandung\SMT IV\Stima\Tucil1_13521170> ./bin/driver
Do you want to insert cards (0) or generate random cards (1)?: 1
Your cards:
K 8 K 7

No solutions found
execution time: 0.096 ms

Do you want to save the result? (Y/N): Y
Insert file name: testcase6.txt
```

Poin	Ya	Tidak
1. Program berhasil dikompilasi tanpa kesalahan	✓	
2. Program berhasil *running*	✓	
3. Program dapat membaca input / generate sendiri dan memberikan luaran	✓	
4. Solusi yang diberikan program memenuhi (berhasil mencapai 24)	✓	
5. Program dapat menyimpan solusi dalam file teks	✓	

BAB V

LINK TO REPOSITORY

Repository dapat diakses melalui tautan berikut:

https://github.com/haziqam/Tucil1_13521170