1 Algoritma Brute Force

1. Proses dekripsi *cryptarithmetic* dimulai dengan pembuatan himpunan/matriks berukuran $10! \times 10$ yang berisi kemungkinan permutasi himpunan yang terdiri dari 10 angka (0, 1, 2, …, 9).
2. Selanjutnya, untuk soal yang ingin didekripsi, dicari huruf-huruf uniknya.
3. Kemudian, setiap huruf unik akan di-*assign* sebuah nilai yang diambil dari setiap anggota himpunan dari matriks yang dibuat pada langkah 1.

   Misalnya jika anggota himpunannya adalah [5, 2, 0, 3, 4, 1, 8, 9, 7, 6] dan huruf uniknya terdiri dari [C, T, A], maka C = 5, T = 2, A = 0, dan anggota himpunan lainnya "dibuang"[1].
4. Selanjutnya, diperiksa ada atau tidak huruf depan *operand* yang di-*assign* ke angka 0.
   - Jika ada, kembali ke langkah sebelumna dan pilih anggota himpunan lain, tetapi
   - jika tidak ada, lanjutkan ke langkah selanjutnya.
5. Kemudian, setiap huruf pada setiap operand akan diganti dengan angka yang sudah di-*assign*-kan ke huruf yang bersangkutan kemudian angka itu akan dijumlahkan ke suatu variabel.
6. Hasil diubah ke dalam bentuk angka juga.
7. Lalu, variabel yang menjumlahkan semua *operand* angka pada langkah 5 diperiksa sudah sama dengan hasil yang diubah ke angka atau belum.
   - Jika sama, lanjutkan ke langkah selanjutnya, tetapi
   - jika tidak sama, kembali ke langkah 2 dengan memilih anggota himpunan yang lain.
8. Pada langkah ini, program sudah selesai bekerja jika semua soal sudah didekripsi, tetapi jika masih ada soal lagi, program akan kembali ke langkah 2.

2 Source Code Program

Listing 1: "helpers.hpp"

```
/* Nama     : Josep Marcello
 * NIM      : 13519164
 * Tanggal  : 20 Januari 2021
 */

#ifndef _TUCIL_1_STIMA_
#define _TUCIL_1_STIMA_

#include <iostream> // string
#include <vector> // vector
#include <unordered_map> // unordered_map
#include <stdio.h> // puts()

#define MAX_UNIQUE_LETTERS 10
#define debug1() puts("males belajar tapi...")
#define debug2() puts("pengen kaya")
#define debug3() puts("udah stres")
#define cel() puts("")

/**
 * Fungsi untuk menghapuskan whitespaces ('', '\t', '\n') dari awal C string
 *
 * @param *strToStrip pointer ke C string yang ingin di-strip
 * @returns std::string yang sudah dihapuskan whitespace-nya
 */
std::string strip_at_beginning(char* strToStrip);

/**
 * Fungsi untuk menuliskan isi vector
 * Format: [el1,el2,el3,el4,]
 *
 * @tparam T tipe data elemen yang ditampung vector
 * @param vec vector yang ingin dituliskan isinya
```

[1] Algoritma ini bisa menyebabkan rekalkulasi (misalnya jika anggota himpunannya adalah [5, 2, 0, 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9], maka C = 5, T = 2, A = 0), tapi setelah pengujian, cara ini bisa menyebabkan perhitungan lebih cepat jika diberikan beberapa soal sekaligus.

```
 */
template <typename T>
void print_vec(std::vector<T> vec);

/**
 * Fungsi untuk menuliskan isi vector multidimensi
 * Format:
 * [
 *      [el11,el12,el13,el14,],
 *      [el21,el22,el23,el24,],
 *      [el31,el32,el33,el34,],
 *      [el41,el42,el43,el44,],
 * ]
 *
 * @tparam T tipe data elemen yang ditampung vector multidimensi
 * @param vec vector dari vector yang ingin dituliskan isinya
 *
 * @overload
 */
template <typename T>
void print_vec(std::vector<std::vector<T>> vec);

/**
 * Fungsi untuk menuliskan isi suatu unordered_map
 * Format:
 * [<K1, V1>,<K2, V2>,]
 *
 * @tparam K tipe data untuk key pada unordered_map
 * @tparam V tipe data untuk value pada unordered_map
 * @param umap unordered_map yang ingin dituliskan isinya
 */
template <typename K, typename V>
void print_map(std::unordered_map<K, V> umap);

/**
 * Fungsi untuk membaca file (sesuai format pada spek) lalu memisahkannya
 * berdasarkan soal
 *
 * @param *fileName string yang berisi nama file soal
 * @param *output vector dari vector yang menampung soal-soal (tiap elemen
 * adalah soal)
 */
void parse_file(char* fileName, std::vector<std::vector<std::string>>* output);

#endif
```

Listing 2: ”helpers.cpp”

```
/* Nama     : Josep Marcello
 * NIM      : 13519164
 * Tanggal  : 20 Januari 2021
 */

#include "headers/helpers.hpp"
#include <utility> // pairs
#include <vector> // vector
#include <stdlib.h> // exit()
#include <sysexits.h> // exit codes
#include <iostream> // string, cout, cerr
#include <unordered_map> // unordered_map
#include <fstream> // file operation

std::string strip_at_beginning(char* strToStrip)
{
    while ((*strToStrip == ' ' || *strToStrip == '\t' || *strToStrip == '\n')
            && (*strToStrip != '\0')) strToStrip++;

    return strToStrip;
}

template <typename T>
void print_vec(std::vector<T> vec)
{
    std::cout << '[';
    for (auto it = vec.begin(); it != vec.end(); ++it)
        std::cout << *it << ',';
```

```
    std::cout << ']';
}

template <typename T>
void print_vec(std::vector<std::vector<T>> vec)
{
    std::cout << "[\n";
    for (auto it = vec.begin(); it != vec.end(); ++it)
    {
        std::cout << '\t';
        print_vec(*it);
        std::cout << ",\n";
    }
    std::cout << ']';
}

template <typename K, typename V>
void print_map(std::unordered_map<K, V> umap)
{
    std::cout << "[";
    for (auto it = umap.begin(); it != umap.end(); ++it)
        std::cout << '<' << it->first << ',' << it->second << ">,";
    std::cout << "]";
}

void parse_file(char* fileName, std::vector<std::vector<std::string>>* output)
{
    /// variabel untuk menyimpan file
    std::fstream input;
    input.open(fileName, std::ios::in);

    if (input.is_open())
    {
        /// menyimpan baris dari file yang lagi mau diparse
        std::string line;

        while(getline(input, line))
        {
            /// vektor buat nyimpen operand-operand yang dibaca
            std::vector<std::string> operands;
            /// buat ngecek masih ngerjain ngeparse soal atau bukan
            bool isMasihParseSoal = true;
            /// buat ngecek udah operand terakhir atau belum
            bool isReadingLastOperand = false;

            do
            {
                /// operand yang lagi dibaca, sesudah di-strip di depan
                std::string operand = strip_at_beginning(&(line[0])).c_str();

                if (isReadingLastOperand)
                {
                    isMasihParseSoal = false;
                    operands.push_back(operand);
                }
                else if (operand.empty() || operand[0] == '-')
                {
                    isReadingLastOperand = operand[0] == '-';
                    continue;
                }
                else if (*(operand.end()-1) == '+')
                {
                    operand.resize(operand.size()-1);
                    operands.push_back(operand);
                }
                else operands.push_back(operand);
            } while(isMasihParseSoal && getline(input, line));

            output->push_back(operands);
        }

        input.close();
    }
    else
    {
        std::cerr << "Gagal membuka file " << fileName << ".\n";
```

```
        exit(EX_NOINPUT);
    }
}
```

Listing 3: ”main.cpp”

```
/* Nama     : Josep Marcello
 * NIM      : 13519164
 * Tanggal  : 20 Januari 2021
 */

#include <chrono> // itung waktu eksekusi
#include <utility> // pairs
#include <vector> // vector
#include <stdlib.h> // exit(), free(), malloc()
#include <sysexits.h> // exit codes
#include <stdio.h> // printf(), puts(), scanf()
#include <iostream> // string, cout
#include <unordered_map> // unordered_map
#include "headers/helpers.hpp"

// *** DEKLARASI FUNGSI-FUNGSI ***

/**
 * Fungsi untuk membuat semua kemungkinan permutasi dari suatu vektor
 *
 * @tparam T tipe data yang disimpan pada vektor
 * @param vec vektor yang ingin dibuat permutasinya
 * @returns vektor yg berisi vektor-vektor hasil permutasi
 */
template <typename T>
std::vector<std::vector<T>> permutate_vec(std::vector<T> vec);

/**
 * Fungsi untuk menghasilkan enumerasi permutasi-permutasi yang mungkin dari
 * angka-angka dalam range [0..lim)
 *
 * Mis: lim = 2, maka output:
 * [[0,1], [1,0]]
 *
 * lim = 3:
 * [[0,1,2], [0,2,1], [1,0,2], [1,2,0], [2,0,1], [2,1,0]]
 *
 * @param lim batas atas angka
 */
std::vector<std::vector<int>> generate_permutated_numbers(int lim);

/**
 * Fungsi untuk mendekripsi Cryptarithmetic
 *
 * @param soal soal yang mau didekripsi
 * @param permutatedNumbers vektor berisi vektor-vektor kumpulan
 * permutasi-permutasi yang mungkin dari vektor angka [0..MAX_UNIQUE_LETTERS]
 * @returns sebuah pair berisi solusi benar dan jumlah kasus yang dikerjakan
 */
std::pair<std::vector<int>, int> decrypt_cryparithm(std::vector<std::string> soal,
    std::vector<std::vector<int>> permutatedNumbers);

/**
 * Fungsi untuk mendapatkan huruf-huruf unik dari soal
 *
 * @param soal soal yang ingin dicari huruf-huruf uniknya
 */
std::vector<char> unique_letters(std::vector<std::string> soal);

/**
 * Fungsi untuk menuliskan jawaban sesuai dengan spek
 *
 * @param soal vektor yang berisi soal yang ingin diprint, hasil parse parse_file()
 * @param answer jawaban dari soal yang ingin diprint, hasil decrypt_cryparithm()
 */
void print_answer(std::vector<std::string> soal, std::vector<int> answer);

// *** END ***

int main(int argc, char *argv[])
```

```cpp
{
    /// Vektor untuk nyimpen semua soal
    std::vector<std::vector<std::string>> semuaSoal;

    if (argc == 1)
    {
        /*
        fprintnf(stderr, "Penggunaan: %s [nama file soal]\n", argv[0]);
        exit(EX_USAGE);
        */

        /// string berisi nama file soal
        char* namaFile;
        namaFile = (char *) malloc(128 * sizeof(char));

        printf("Masukkan nama file: ");
        scanf("%s", namaFile);
        getchar();
        parse_file(namaFile, &semuaSoal);
        free(namaFile);
    }
    else parse_file(argv[1], &semuaSoal);

    std::chrono::steady_clock sc;

    /// Vektor untuk menyimpan semua jawaban
    std::vector<std::vector<int>> answers(semuaSoal.size());

    /// awal perhitungan waktu semua soal
    auto start = sc.now();
    /// Vektor untuk menyimpan semua kemungkinan permutasi dari [0..9]
    std::vector<std::vector<int>> permutatedNumbers =
    generate_permutated_numbers(MAX_UNIQUE_LETTERS);
    /// akhir perhitungan waktu pembuatan permutasi list
    auto permEnd = sc.now();
    auto permTS = static_cast<std::chrono::duration<double>>(permEnd-start);
    printf("Waktu pembuatan semua kemungkinan permutasi adalah: %lf.\n\n", permTS.count());
    for (std::vector<std::vector<std::string>>::iterator it =
            semuaSoal.begin(); it != semuaSoal.end(); ++it)
    {
        /// awal hitungan waktu
        auto partialStart = sc.now();

        /// counter iterasi
        int i = it - semuaSoal.begin();
        /// jumlah kasus yg diuji
        int cases;

        // dekripsi dan tuliskan hasil
        std::pair<std::vector<int>, int> result = decrypt_cryparithm(*it, permutatedNumbers);
        answers[i] = result.first;
        cases = result.second;

        print_answer(*it, answers[i]);
        printf("\n");

        /// akhir hitungan waktu
        auto partialEnd = sc.now();
        auto partialTimeSpend =
    static_cast<std::chrono::duration<double>>(partialEnd-partialStart);
        printf("Soal ke-%d membutuhkan: %lf detik.\n", i+1, partialTimeSpend.count());
        printf("Jumlah kasus yang diuji adalah %d.\n\n", cases);
    }

    // akhir perhitungan waktu semua soal
    auto end = sc.now();
    auto timeSpend = static_cast<std::chrono::duration<double>>(end-start);

    printf("Total waktu permutasi, eksekusi dekripsi %lu soal, dan menuliskan output adalah
    %lf detik.\n",
            semuaSoal.size(), timeSpend.count());
}

template <typename T>
std::vector<std::vector<T>> permutate_vec(std::vector<T> vec)
{
```

```
    if (vec.size() == 0) return {{}};
    else if (vec.size() == 1) return {vec};
    else if (vec.size() == 2) return {vec, {vec[1], vec[0]}};

    /// vektor yang menampung hasil semua permutasi
    std::vector<std::vector<T>> newVec;
    /// elemen pertama vektor
    T first = vec[0];
    /// tail yang sudah dipermutasi
    std::vector<std::vector<T>> permutated = permutate_vec(std::vector<T>(vec.begin()+1,
    vec.end()));

    // tambahin first ke setiap hasil permutasi tail

    /// elemen dari permutated (tail yang sudah dipermutasi)
    for (std::vector<T> p: permutated)
    {
        for (size_t i = 0; i < p.size() + 1; ++i)
        {
            /// vektor yang akan dipush ke newVec
            std::vector<T> toBePushed(p.begin(), p.begin()+i);
            toBePushed.push_back(first);
            toBePushed.insert(toBePushed.end(), p.begin()+i, p.end());

            newVec.push_back(toBePushed);
        }
    }

    return newVec;
}

std::vector<std::vector<int>> generate_permutated_numbers(int lim)
{

    /// vektor untuk menyimpan angka-angka pada vektor
    std::vector<int> numbers(lim);
    for (int i = 0; i < lim; ++i)
        numbers[i] = i;

    std::vector<std::vector<int>> hasil = permutate_vec(numbers);

    return hasil;
}

std::pair<std::vector<int>, int> decrypt_cryparithm(std::vector<std::string> soal,
    std::vector<std::vector<int>> permutatedNumbers)
{
    // proses perisapan dan inisialisasi

    /// vektor untuk menyimpan huruf-huruf unik
    std::vector<char> letters = unique_letters(soal);
    /// vektor untuk menyimpan huruf pertama dari tiap operand
    std::vector<char> firstLetters(soal.size());
    /// unordered_map yang memetakan huruf ke angka
    std::unordered_map<char, int> numberFromLetter;
    /// counter jumlah kasus
    int cases = 0;

    // bikin vektor huruf pertama
    for (std::vector<std::string>::iterator it = soal.begin();
            it != soal.end();
            ++it)
        firstLetters[it - soal.begin()] = ((*it)[0]);

    // probably not needed, but wut teh hecc
    if (letters.size() > MAX_UNIQUE_LETTERS)
    {
        std::cerr << "Banyak huruf berbeda (unik) maksimum adalah "
                << MAX_UNIQUE_LETTERS << '.';
        exit(EX_DATAERR);
    }

    /// vektor u/ nampung operands yg udh diubah ke dalam bentuk bilangan
    std::vector<int> operandInNumbers(soal.size());

    // proses dekripsi
```

```
    /// numbers vektor yang berisi angka [0..9] yang sudah dipermutasi
    for (std::vector<int> numbers: permutatedNumbers)
    {
        operandInNumbers.clear();
        // map huruf ke angka
        for (size_t i = 0; i < letters.size(); ++i)
            numberFromLetter[letters[i]] = numbers[i];

        // periksa huruf pertama ada yg bernilai 0 atau ngga

        /// Penanda apakah loop perlu dilanjutkan atau tidak
        bool stopThyLoop = false;
        for (char c: firstLetters) stopThyLoop = numberFromLetter[c] == 0;

        if (stopThyLoop) continue;

        /// variabel untuk menyimpan sum dari semua operand
        int sum = 0,
        /// variabel untuk menyimmpan sum 'yang seharusnya'
            realSum = 0;

        // ubah operand-operand menjadi angka
        for (size_t i = 0; i < soal.size(); ++i)
        {
            int curNum = 0;
            for (size_t j = 0; j < soal[i].size(); ++j)
                curNum = curNum*10 + numberFromLetter[soal[i][j]];

            if (i != soal.size()-1)
                sum += curNum;
            else
                realSum = curNum;

            operandInNumbers.push_back(curNum);
        }

        if (sum == realSum) break;
        else cases++;
    }

    return std::make_pair(operandInNumbers, cases);
}

std::vector<char> unique_letters(std::vector<std::string> soal)
{
    /// vector untuk nyimpen huruf-huruf unik
    std::vector<char> letters;

    /// array untuk nandain huruf apa aja yg udah dipake
    bool areLettersUsed[] = {
        false, false, false, false, false, false,
        false, false, false, false, false, false,
        false, false, false, false, false, false,
        false, false, false, false, false, false,
        false, false, false, false, false, false
    };

    for (std::string operand: soal)
    {
        for (char c: operand)
        {
            if (!areLettersUsed[c - 'A'])
            {
                letters.push_back(c);
                areLettersUsed[c - 'A'] = true;
            }
        }
    }

    return letters;
}

void print_answer(std::vector<std::string> soal, std::vector<int> answer)
{
    size_t longest = 0;
```

```
    for (std::string operand: soal)
        if (longest < operand.size()) longest = operand.size();


    for (size_t i = 0; i < soal.size()-2; ++i)
    {
        for (size_t j = 0; j < longest - soal[i].size(); ++j) // ngasih spasi
            std::cout << " ";
        std::cout << soal[i] << '\n';
    }
    for (size_t j = 0; j < longest - soal[soal.size()-2].size(); ++j) // ngasih spasi
        std::cout << " ";
    std::cout << soal[soal.size()-2] << " +\n";

    for (size_t i = 0; i < longest+2; ++i)
        std::cout << '-';
    std::cout << '\n';

    for (size_t j = 0; j < longest - soal[soal.size()-1].size(); ++j) // ngasih spasi
        std::cout << " ";
    std::cout << soal[soal.size()-1] << '\n';

    std::cout << '\n';
    std::cout << '\n';

    for (size_t i = 0; i < answer.size()-2; ++i)
    {
        for (size_t j = 0; j < longest - std::to_string(answer[i]).size(); ++j) // ngasih
    spasi
            std::cout << " ";
        std::cout << answer[i] << '\n';
    }

    for (size_t j = 0; j < longest - std::to_string(answer[answer.size()-2]).size(); ++j) //
    ngasih spasi
        std::cout << " ";
    std::cout << answer[answer.size()-2] << " +\n";

    for (size_t i = 0; i < longest+2; ++i)
        std::cout << '-';
    std::cout << '\n';

    for (size_t j = 0; j < longest - soal[soal.size()-1].size(); ++j) // ngasih spasi
        std::cout << " ";
    std::cout << answer[answer.size()-1] << '\n';
}
```

3 Hasil Pengujian

3.1 Input

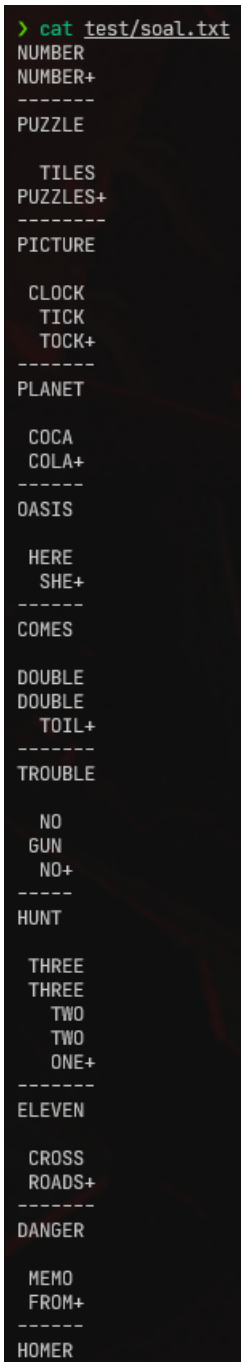

Figure 1: Masukan program (10 soal)

3.2 Output

```
❯ bin/main test/soal.txt
Waktu pembuatan semua kemungkinan permutasi adalah: 25.917506.

NUMBER
NUMBER +
--------
PUZZLE


201689
201689 +
--------
403378

Soal ke-1 membutuhkan: 12.961303 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 1213714.

  TILES
PUZZLES +
---------
PICTURE


  91542
3077542 +
---------
3169084

Soal ke-2 membutuhkan: 7.028243 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 2487929.

 CLOCK
  TICK
  TOCK +
--------
PLANET


 90892
  6592
  6892 +
--------
104376

Soal ke-3 membutuhkan: 7.534005 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 3097000.

 COCA
 COLA +
-------
OASIS


 8186
 8106 +
-------
16292

Soal ke-4 membutuhkan: 3.358258 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 1322093.

 HERE
  SHE +
-------
COMES


 9454
  894 +
-------
10348

Soal ke-5 membutuhkan: 5.881068 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 3028549.
```

Figure 2: Luaran program dekripsi untuk bagian permutasi dan soal 1 sampai 5

```
 DOUBLE
 DOUBLE
   TOIL +
---------
TROUBLE


 798064
 798064
   1936 +
---------
1598064

Soal ke-6 membutuhkan: 5.670454 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 2172063.

  NO
 GUN
  NO +
------
HUNT


  87
 908
  87 +
------
1082

Soal ke-7 membutuhkan: 2.936333 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 1050033.

 THREE
 THREE
   TWO
   TWO
   ONE +
--------
ELEVEN


 84611
 84611
   803
   803
   391 +
--------
171219

Soal ke-8 membutuhkan: 4.275388 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 1340580.

 CROSS
 ROADS +
--------
DANGER


 96233
 62513 +
--------
158746

Soal ke-9 membutuhkan: 6.411413 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 2936303.

 MEMO
 FROM +
-------
HOMER


 8485
 7358 +
-------
15843

Soal ke-10 membutuhkan: 2.632254 detik.
Jumlah kasus yang diuji adalah 851279.

Total waktu permutasi, eksekusi dekripsi 10 soal, dan menuliskan output adalah 84.608184 detik.
```

Figure 3: Luaran program dekripsi untuk soal 6 sampai 10

3.3 Tabel Penilaian

Poin	Ya	Tidak
1. Program berhasil dikompilasi tanpa kesalahan (no syntax error)	✓	
2. Program berhasil *running*	✓	
3. Program dapat membaca file masukan dan menuliskan luaran	✓	
4. Solusi *cryptarithmetic* hanya benar untuk persoalan *cryptarithmetic* dengan dua buah *operand*		✓
5. Solusi *cryptarithmetic* benar untuk persoalan *cryptarithmetic* untuk lebih dari dua buah *operand*	✓	