

PERBANDINGAN ALGORITME *BRUTE FORCE* DAN *DIVIDE AND CONQUER* RECURRENCE UNTUK MENENTUKAN SOLUSI SISTEM PERSAMAAN TAK-LINEAR MULTIVARIAT BINER

INDRIANI JUVITA KHUSTANTILIE



**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Perbandingan Algoritme *Brute Force* dan *Divide and Conquer Recurrence* untuk Menentukan Solusi Sistem Persamaan Tak-Linear Multivariat Biner adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2021

Indriani Juvita Khustantiliem
NIM G54160047



ABSTRAK

INDRIANI JUVITA KHUSTANTILIE. Perbandingan Algoritme *Brute Force* dan *Divide and Conquer Recurrence* untuk Menentukan Solusi Sistem Persamaan Tak-Linear Multivariat Biner. Dibimbing oleh SUGI GURITMAN dan TEDUH WULANDARI.

Pada skripsi ini sembarang polinomial p pada *ring* polinomial multivariat biner $\mathbb{F}_2[x_1, x_2, \dots, x_n]$ dipandang sebagai suatu fungsi *Boolean* $p : \mathbb{F}_2^n \rightarrow \mathbb{F}_2$ dan *varitas aljabar* dari p dapat dipandang sebagai himpunan solusi persamaan multivariat tak-linear biner $P = \{x \in \mathbb{F}_2^n / p(x) = 0\}$. Berikutnya, *varitas aljabar* dari subhimpunan $\{p_1, p_2, \dots, p_m\} \subseteq \mathbb{F}_2[x_1, x_2, \dots, x_n]$ dipandang sebagai himpunan solusi sistem persamaan tak-linear multivariat biner $S = \{x \in \mathbb{F}_2^n / p_i(x) = 0, i = 1, 2, \dots, m\}$. Metode *brute force* untuk menyelesaikan sistem tersebut diartikan sebagai melacak semua nilai $x \in \mathbb{F}_2^n$ sedemikian sehingga evaluasi $p_i(x) = 0$. Metode ini tergolong buruk karena harus melacak semua nilai domain $\mathbb{F}_2^n$. Selanjutnya, metode alternatif ditambahkan yaitu *divide and conquer recurrence*, dengan ide dasar membagi suatu *problem* menjadi *subproblem*. Dalam skripsi ini proses komputasi direpresentasikan sebagai himpunan integer. Implementasi algoritme dikerjakan dalam program MAPLE, dan hasilnya menunjukkan bahwa *divide and conquer recurrence* jauh lebih cepat dari *brute force*.

Kata kunci: algoritme *divide and conquer*, metode *Brute Force*, sistem tak-linear multivariat biner, solusi fungsi *Boolean*.

ABSTRACT

INDRIANI JUVITA KHUSTANTILIEM. Comparison of the Brute Force and the Divide and Conquer Recurrence Algorithms for finding the solution of Binary Multivariate Non-Linear System. Supervised by SUGI GURITMAN and TEDUH WULANDARI.

In this paper, any polynomial p in binary multivariate ring polynomial $\mathbb{F}_2[x_1, x_2, \dots, x_n]$ is considered as a Boolean function $p: \mathbb{F}_2^n \rightarrow \mathbb{F}_2$ and the *algebraic variety* of p is considered as the set of solutions to binary non-linear multivariate polynomial $P := \{x \in \mathbb{F}_2^n \mid f(x) = 0\}$. The algebraic variety of the subset $\{p_1, p_2, \dots, p_m\} \subseteq \mathbb{F}_2[x_1, x_2, \dots, x_n]$ is considered as the set of solutions for the system of binary multivariate non-linear equation $S = \{x \in \mathbb{F}_2^n \mid p_i(x) = 0, i = 1, 2, \dots, m\}$. *Brute force* method for solving the system is interpreted as searching all values of $x \in \mathbb{F}_2^n$ such that the evaluation $p_i(x) = 0$. This method is bad because it has to search of all the values in the domain $\mathbb{F}_2^n$. Furthermore, an alternative method is added, namely *divide and conquer recurrence* of which the basic idea is to divide the problem into subproblems. In this paper, the computation process is symbolized as set of integers. The algorithm implementation is performed in MAPLE program, and the results show that the divide and conquer recurrence is much faster than the brute force.

Keywords: binary multivariate non-linear system, Boolean function solution, Brute Force method, divide and conquer algorithm



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERBANDINGAN ALGORITME *BRUTE FORCE* DAN *DIVIDE AND CONQUER RECURRENCE* UNTUK MENENTUKAN SOLUSI SISTEM PERSAMAAN TAK-LINEAR MULTIVARIAT BINER

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains
pada
Departemen Matematika

**DEPARTEMEN MATEMATIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2021**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Judul Skripsi: Perbandingan Algoritme *Brute Force* dan *Divide and Conquer Recurrence* untuk Menentukan Solusi Sistem Persamaan Tak-Linear Multivariat Biner

Nama : Indriani Juvita Khustantiliem
NIM : G54160047

Disetujui oleh



Digitally signed by:
Sugi Guritman
[08992E91CD4FB809]
Date: 28 Jul 2021 09:01:31 WIB
Verify at design.ipb.ac.id

Dr. Sugi Guritman
Pembimbing I



Digitally signed by:
Teduh Wulandari Mas'Oed
[136009B13D7B4ABF]
Date: 28 Jul 2021 11:43:17 WIB
Verify at design.ipb.ac.id

Teduh Wulandari Mas' oed, M.Si
Pembimbing II

Diketahui oleh



Dr Ir Endar Hasafah Nugrahani, M.S.
Ketua Departemen

Tanggal lulus :



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini adalah Matematika Murni, dengan judul Perbandingan Algoritme *Brute Force* dan *Divide and Conquer Recurrence* untuk Menentukan Solusi Sistem Persamaan Tak-Linear Multivariat Biner.

Penyusunan karya ilmiah ini juga tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan terima kasih banyak kepada:

1. Keluarga yang telah memberikan dukungan bagi penulis selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan karya ilmiah ini,
2. Bapak Dr. Sugi Guritman dan Ibu Teduh Wulandari Mas'ood, M.Si selaku dosen pembimbing atas segala ilmu, bimbingan, dan motivasinya selama penyusunan karya ilmiah ini dalam masa pandemi COVID-19,
3. Bapak Drs. Siswandi, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan motivasi,
4. Seluruh dosen dan staf Departemen Matematika atas segala ilmu, motivasi, bantuan dan saran yang telah diberikan,
5. Pihak-pihak pemberi Beasiswa Kartu Jakarta Mahasiswa Unggul yang telah memberikan dukungan bagi penulis selama masa perkuliahan,
6. Rekan-rekan mahasiswa Matematika IPB angkatan 53 dan UKM FORCES IPB angkatan 13-17 yang telah memberikan doa serta dukungannya selama masa perkuliahan hingga proses penyusunan karya ilmiah ini,
7. Mohamad Ali Said, Putri Rahmawati, dan Febry Ambama selaku rekan sebangkisan yang telah berjuang bersama, mendoakan, dan memberi dukungan kepada penulis selama proses penyusunan karya ilmiah,
8. Gabriella Esther Ophelia Setiady, Vinni Maulidina R, Linda Leni Fatmawati, Diana Oktaviani, Dhea Putri Permatasari, Fialfi Zulfa, Yudasril, Dorothy Zenia, Siska Anggraini, Nur Istiqomah, Dinda Fathiyyah, Gentur Ngudiharjo, Budy Salaam Muhammad, Alicia Angel Ganur, Yustina Andra Mutia, Ayu Lestari, Amalia Imani, Raihan Ainun, M. Aulia Naufal Adam, Yuvicko Gerhaen, Melaty Noviana Dewi, Siti Nur Asiyah Wardah, Selvia Dwi Putri Handayani, dan rekan-rekan lainnya yang tidak dapat dituliskan satu persatu, yang telah memberikan doa, motivasi, dan dukungan kepada penulis,

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Juli 2021

Indriani Juvita Khustantiliem



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	1
TINJAUAN PUSTAKA	2
Struktur Aljabar	2
<i>Ring</i> Polinomial	4
<i>Ring</i> Polinomial Multivariat	6
Sistem Persamaan Tak-Linear Multivariat	8
Matematika Diskret	9
HASIL DAN PEMBAHASAN	11
Representasi <i>Ring</i> Polinomial Multivariat Biner Sebagai Himpunan Integer	11
Evaluasi Polinomial	14
Metode Brute Force	16
Metode <i>Divide and Conquer</i>	18
Implementasi Komputasi dengan Program MAPLE	22
SIMPULAN DAN SARAN	24
Simpulan	24
Saran	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN	26
RIWAYAT HIDUP	31



DAFTAR TABEL

1	Tabel Cayley himpunan biner operasi penjumlahan	2
2	Tabel Cayley himpunan biner operasi perkalian	2
3	Observasi kecepatan algoritme <i>brute force</i> and algoritme <i>divide and conquer</i> dalam menentukan solusi sistem persamaan tak-linear multivariat biner	23

DAFTAR LAMPIRAN

1	Representasi Polinomial sebagai <i>Set of Integers</i>	26
2	Operasi Adisi: AddPol menjumlahkan 2 polinomial <i>set of integers</i>	28
3	Evaluasi polinomial	28
4	Algoritme <i>Brute Force</i>	29
5	Algoritme <i>Divide and Conquer</i>	29