

Solusi Pendekatan SAT Problem dengan Jaringan Syarf Tiruan Model Learning Vector Quantization

by John Doe

Submission date: 05-Jun-2021 09:35AM (UTC+0700)

Submission ID: 1600714994

File name: makalah_automata.docx (736.21K)

Word count: 3557

Character count: 21381

Solusi Pendekatan SAT Problem dengan Jaringan Syaraf Tiruan Model Learning Vector Quantization

Abstract—Boolean Satisfiability Problem atau yang sering disingkat dengan SAT Problem merupakan suatu masalah yang menentukan sebuah formula matematika bernilai satisfiable atau unsatisfiable. Sebuah perangkat lunak bagi solusi untuk permasalahan SAT disebut dengan SAT Solver. Banyak ilmuwan yang mencoba membuat SAT Solver ini menggunakan bermacam-macam metode, salah satunya yaitu, Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Sejak dikenalkan pada tahun 1991, JST terus mengalami perkembangan setiap waktu. JST ini memiliki banyak model, namun pada tulisan ini menggunakan JST model Learning Vector Quantization (LVQ). Masukan dari sistem yang akan dibangun ini berupa formula matematika dengan format Conjunctive Normal Form (CNF), kemudian luarannya berupa sebuah kata satisfiable atau unsatisfiable. Bahasa pemrograman Python yang merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi akan digunakan untuk membangun sistem.

Keywords—SAT Problem, SAT Solver, Jaringan Syaraf Tiruan, Learning Vector Quantization

I. PENDAHULUAN

Manusia diciptakan dengan bentuk yang paling sempurna oleh Tuhan Yang Maha Esa. Bentuk yang sempurna ini mendorong para ilmuwan untuk mempelajari struktur dan cara kerja manusia kemudian diterapkan ke dalam teknologi. Salah satu hasil implementasi dari fungsi manusia adalah Jaringan Syaraf Tiruan (JST) atau dalam bahasa inggrisnya disebut dengan Artificial Neural Network (ANN).

Jaringan Syaraf Tiruan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1943 oleh McCulloch dan Pitts. Sejak saat itu JST terus mengalami perkembangan sampai saat ini. JST ini memiliki berbagai macam model yang bisa disesuaikan dengan kebutuhan dan tujuan yang ingin dicapai oleh *developer*. Macam-macam model JST diantaranya adalah backpropagation, Graph Neural Network, Convolution Neural Network, K-SOM, dan Learning Vector Quantization. Implementasi dari berbagai model JST ini bisa dilihat pada memprediksi tingkat polusi udara, meramalkan beban listrik jangka pendek pada perencanaan distribusi listrik, membuat model prediksi kadar salinitas air sungai menggunakan metode jaringan syaraf tiruan, dan menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk memprediksi curah hujan dan klimatologi [6].

Di sisi lain, dalam bidang matematika dan informatika kita mengenal istilah Boolean Satisfiability Problem atau yang disingkat dengan SAT Problem, yang merupakan salah satu bidang dalam logika matematika. Tujuan akhir dari SAT Problem ini adalah menentukan sebuah formula matematika yang bernilai satisfiable atau unsatisfiable. Masalah yang bisa diselesaikan menggunakan penyelesaian SAT ini adalah untuk menyelesaikan masalah-masalah kecerdasan. Sebuah perangkat lunak untuk menyelesaikan SAT Problem disebut

dengan SAT Solver. Contoh aplikasi SAT Problem dalam kehidupan sehari-hari adalah pada Sudoku (Taufiq, 2018).

Para ilmuwan dari waktu ke waktu terus mencari SAT Solver yang cocok untuk sebuah masalah menggunakan berbagai macam metode. Mereka terus mencari SAT Solver dan terus meningkatkan keakuratan dari perangkat lunak yang dikembangkan.

Metode yang bisa digunakan untuk membuat SAT Solver adalah JST. Penelitian sebelumnya yang menggunakan JST dalam menyelesaikan SAT Solver adalah penelitian yang dilakukan Alexander yang berjudul "Penentuan Solusi Satisfiability (SAT) Problem dengan Metode Kohonen Self-Organizing Map (K-SOM)". Namun penelitian ini masih memiliki kekurangan, yaitu SAT Solver yang ditawarkan belum memberikan solusi yang sepenuhnya memuaskan. Akurasiya lebih tinggi ketika hanya berlaku untuk masalah-masalah besar tetapi tidak berlaku untuk masalah yang kecil. Meski memiliki kekurangan, dari penelitian-penelitian sebelumnya bisa dilihat bahwa Jaringan Syaraf Tiruan memang memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah-masalah dengan kompleksitas yang tinggi.

Oleh karena itu dalam penelitian ini peneliti ingin memberikan solusi lain berupa perangkat lunak yang bisa menyelesaikan SAT Problem. SAT Solver yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan model Learning Vector Quantization (LVQ). Diharapkan dengan menggunakan model LVQ ini solusi yang diberikan bisa mencapai tingkat keakuratan yang lebih tinggi dibandingkan dengan SAT Solver sebelumnya.

II. LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Putaka

Penelitian SAT Solver ini sudah banyak dilakukan sebelumnya, diantaranya sebagai berikut.

SAT Problem merupakan suatu problem yang menentukan apakah sebuah formula akan bernilai true atau false. SAT solver merupakan suatu sistem yang mampu menyelesaikan SAT Problem. Sistem ini bisa dibangun dengan berbagai metode namun pada penelitian ini akan difokuskan menyelesaikan SAT Problem menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan model Learning Vector Quantization. Beberapa penelitian terkait topic ini diantaranya adalah penelitian oleh Daniel Selsam (2019) yang berjudul "Neural Network and Satisfiability Problem" yang membahas tentang penyelesaian SAT Problem menggunakan jaringan syaraf. Penelitian ini membuktikan kemampuan jaringan syaraf sederhana untuk menyelesaikan masalah SAT Problem yang kompleks menggunakan model Graph Neural Network (GNN). Penelitian ini membuktikan bahwa jaringan syaraf yang sederhana pun bisa menyelesaikan masalah SAT yang kompleks.

Penelitian selanjutnya dari Setiawan (2020) yang berjudul “Solusi pendekatan SAT Problem dengan Algoritma Genetika” yang meneliti SAT Solver menggunakan pendekatan algoritma genetika. Penelitian ini membangun SAT Solver dengan metode pendekatan dan mencapai hasil yang cukup memuaskan dengan keberhasilan menyelesaikan SAT Problem dengan hitungan detik. Namun penelitian ini masih memiliki kekurangan karena SAT Problem yang diuji pada penelitian masih terlalu sederhana sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan SAT Solver yang lebih baik.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Pratama (2018) dengan judul penelitian “PENYELESAIAN BOOLEAN SATISFIABILITY PROBLEM DENGAN ALGORITMA DAVIS PUTNAM LOGEMANN LOVELAND (DPLL) MENGGUNAKAN JAVA”. Pada penelitian ini mereka membahas mengenai penyelesaian SAT Problem menggunakan algoritma DPLL. Hasil yang diperoleh adalah waktu yang SAT Solver ini butuhkan untuk menyelesaikan SAT Problem tidak dipengaruhi oleh klausa. Selain itu sistem yang dibangun dapat menyelesaikan permainan Sudoku dengan konsep yang telah dibangun. Kekurangan dari penelitian ini adalah dari segi User Interface yang belum ada.

B. Dasar Teori

Teori-teori yang digunakan sebagai dasar penelitian ini dirangkum sebagai berikut:

a) SAT Problem dan SAT Solver

Boolean Satisfiability Problem atau yang disingkat dengan SAT Problem adalah masalah fundamental dalam ilmu computer yang akan menentukan suatu masalah memenuhi rumus Boolean tertentu [12]. SAT Problem ini akan menanyakan apakah ada assignment yang memuaskan dalam variable rumus preposisi. Jika terdapat nilai yang memuaskan dalam rumus tersebut, maka masalah tersebut akan dikatakan satisfiable atau SAT. Jika tidak, maka masalah tersebut akan dinyatakan unsatisfiable atau UNSAT [3]. Masalah SAT ini akan melibatkan satu set variable Boolean x_1, x_2, \dots, x_n dengan rumus F berbentuk format Conjunctive Normal Form (CNF). Rumus ini merupakan gabungan dari m dari klausa $c_1, c_2, c_3, \dots, c_m$. Klausa adalah disjungsi dari satu atau lebih literal, di mana literal adalah variabel x_n atau negasinya. Rumus F memuaskan jika ada bisa ditetapkan kebenaran untuk setiap variabelnya memenuhi setiap klausa rumus. Jika tidak, maka rumus tersebut tidak memuaskan. Tujuan dari masalah ini adalah untuk menentukan assignment untuk setiap variabel x yang memenuhi semua klausa [1]. Ekspresi Boolean yang dibuat menggunakan konstanta true (1) dan false (0), variabel, negasi, konjungsi, dan disjungsi disebut rumus logika proposisional. Model untuk rumus adalah penugasan nilai Boolean ke variabelnya sedemikian rupa sehingga rumus mengevaluasi ke 1 (true). Untuk setiap rumus, terdapat rumus equisatisfiable dalam bentuk normal konjungtif (CNF), yang dinyatakan sebagai konjungsi dari disjungsi variabel (mungkin dinegasikan). Setiap konjungsi rumus di CNF disebut klausa, dan setiap variabel (mungkin dinegasikan) dalam klausa disebut literal [4].

b) Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan neural adalah sekelompok node yang saling berhubungan, mirip dengan jaringan neuron yang luas di otak manusia [6]. Jaringan Syaraf Tiruan sederhana awalnya

dikenalkan oleh McCulloch dan Pitts (1943). Selanjutnya Rosebalt (1958) mulai memperkenalkan dan mengembangkan model jaringan yang disebut dengan Perceptron. Metode pelatihan pada jaringan ini mengoptimalkan hasil dari iterasinya [2].

Jaringan Syaraf Tiruan merupakan paradigma pemrosesan suatu informasi yang terinspirasi oleh sistem sel saraf biologis. Elemen dasar dari paradigma tersebut adalah struktur yang baru dari proses pemrosesan informasi tersebut. Sama seperti seperti manusia, Jaringan Syaraf Tiruan belajar dari contoh. Jaringan Syaraf Tiruan dibentuk untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola atau klasifikasi karena proses pembelajaran [7].

Jaringan syaraf juga terdiri dari beberapa neuron seperti halnya otak manusia. Neuron-neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarnya menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada JST ini dikenal dengan nama bobot. Dalam bobot itu lah jaringan syaraf akan menyimpan informasi ilmu pengetahuannya [6].

Elemen pemrosesan yang bernama neuron tersebut, disebut juga dengan cell atau node. Setiap neuron akan mengaktifkan fungsi aktivasi terhadap input jaringan. Proses pengolahan informasi pada JST terjadi pada neuron dan disalurkan melalui link yang saling berhubungan dan memiliki bobot [11].

c) Conjunctive Normal Form

Bentuk Normal (Normal Form) adalah ekspresi logika yang disusun sedemikian rupa sehingga hanya berisikan variable-variabel proposisional maupun negasinya. Perangkat dasar atau penghubung yang digunakan adalah AND dan OR. Tetapi jika disebut dengan Bentuk Normal Konjungtif atau yang bahasa inggrisnya disebut Conjunctive Normal Form, maka proposisi majemuk di dalam satu kurung dengan kurung lainnya dirangkai dengan AND dan proposisi majemuk di dalam kurung dirangkai dengan OR [8].

1. Hanya memuat operator alami, yaitu \wedge , \vee , dan \neg .
 2. Operator \neg hanya boleh diterapkan terhadap proposisi (sub-formula yang berupa formula atomik)
- CNF adalah salah satu bentuk formula yang termasuk formula dalam normal form karena memenuhi kedua syarat tersebut. Formula-formula berikut merupakan formula dalam bentuk CNF. Untuk memudahkan pembacaan, setiap klausa yang terdiri dari lebih 1 literal ditulis dalam tanda kurung. Contoh CNF adalah [11]:

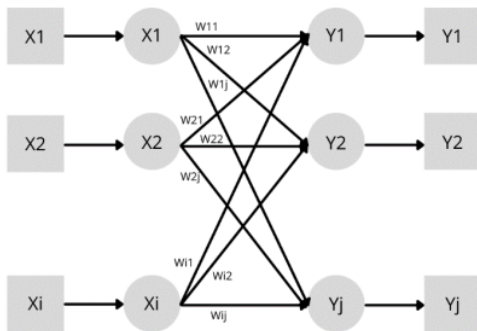
- $a \wedge b$
- $a \wedge (b \vee \neg c)$
- $a \wedge b \wedge (\neg a \vee \neg b)$
- $(a \vee \neg b) \vee (c \vee \neg d)$
- $(a \vee \neg b) \wedge b \wedge (\neg a \vee \neg c)$
- $(a \vee \neg b) \vee (c \vee \neg d) \wedge (b \vee d)$
- $(a \vee \neg b) \wedge (b \vee \neg c) \wedge (c \vee \neg a)$

d) Learning Vector Quantization

Menurut Kusumadewi (2013), learning Vector Quantization (LVQ) adalah suatu metode untuk melakukan pembelajaran pada lapisan kompetitif yang terawasi. Lapisan kompetitif pada LVQ akan secara otomatis belajar untuk mengklasifikasikan vector input. Kelas yang sudah didapat

sebagai hasil dari lapisan kompetitif ini bergantung pada jarak antara vektor-vektor input. Jika vektor ada sekumpulan vektor yang mendekati sama, maka lapisan kompetitif akan meletakkan kedua vektor tersebut ke dalam satu kelas yang sama [10].

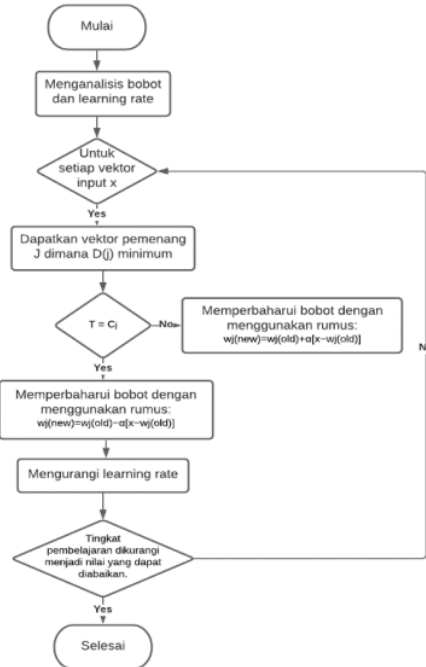
Pada tahun 1986, Kohonen mengusulkan model pembelajaran LVQ ini sebagai perbaikan dari Vector Quantization. Tujuan dari algoritma ini adalah untuk meminimalisasi kesalahan dalam pengklasifikasian. LVQ merupakan metode klasifikasi yang setiap setiap unit outputnya merepresentasikan sebuah kelas. Karena termasuk ke dalam kelompok yang terawasi, LVQ digunakan untuk pengelompokan di mana jumlah kelompok sudah ditentukan arsitekturnya. Kohonen-Self Organizing Map (K-SOM) dan LVQ sebenarnya mempunyai arsitektur yang mirip karena LVQ merupakan versi algoritma jaringan syaraf terawasi dari K-SOM. Model pembelajaran ini dirancang untuk melakukan proses pelatihan lebih cepat dibandingkan Backpropagation. Hal ini dapat meringkas atau mengurangi dataset besar untuk sejumlah kecil vector [9].



Gambar 1. Arsitektur jaringan LVQ

Gambar di atas menjelaskan arsitektur dari JST dengan model LVQ. Jika dilihat dari modelnya, dapat dilihat bahwa ada input yang diberi nama X dan output Y. masing-masing dari input ini memiliki bobot (weight) yang terkoneksi ke semua output yang ada.

Flowchart proses pembelajaran LVQ tampak pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Flowchart LVQ

Parameter yang dibutuhkan untuk algoritma pembelajaran LVQ adalah:

1. X, vektor pelatihan $(X_1, \dots, X_i, \dots, X_n)$.
2. T, target untuk vektor pelatihan.
3. W_j , bobot pada setiap unit vektor pelatihan $(W_{1j}, \dots, W_{ij}, \dots, W_{nj})$.
4. C_j , yang merupakan kelas yang merepresentasikan unit keluaran ke-j.
5. Learning rate (α), yang didefinisikan sebagai tingkat pembelajaran. Learning rate ini memiliki nilai $0 < \alpha < 1$.
6. Pembaharuan bobot dilakukan dengan kondisi [5]:
 jika $T = C_j$ maka:
 $W_j(t+1) = w_j(t) + \alpha(t)[x(t) - w_j(t)]$ (3)
 jika $T \neq C_j$ maka:
 $W_j(t+1) = w_j(t) - \alpha(t)[x(t) - w_j(t)]$ (4)

e) Visual Studio Code

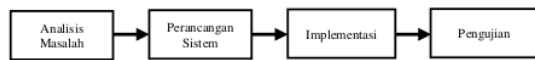
Visual Studio Code atau biasa disebut VS Code merupakan source code editor yang ringan dan bisa dijalankan pada desktop Windows, macOS, dan Linux. Code editor ini mendukung bahasa pemrograman C++, C#, Java, Python, PHP, Go, dan lain sebagainya. VS Code ini menggabungkan berbagai macam teknologi web seperti JavaScript dan Node.js dengan fleksibilitas dan kecepatan seperti halnya aplikasi asli. Selain itu VS Code menggunakan versi yang lebih baru dan lebih cepat dari editor berbasis HTML. Arsitektur service VS Code memungkinkannya untuk berintegrasi dengan teknologi-teknologi yang mendukung Visual Studio, termasuk Roslyn untuk .NET, TypeScript, debugging Visual Studio, dan lain sebagainya. Oleh sebab itu VS Code banyak digunakan oleh pengembang untuk membangun aplikasi [14].

19
f) Python

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mudah dibaca oleh manusia dan berorientasi objek. Pada tahun 1991 Python pertama kali diperkenalkan oleh Guido van Rossum. Bahasa pemrograman ini juga bertipe dinamis di mana, python secara otomatis mengubah mesukan dari pengguna dan memiliki struktur data bawaan tingkat tinggi. Oleh sebab itu bahasa pemograman ini sangat diminari oleh para pengembang untuk digunakan sebagai bahasa skrip atau untuk menghubungkan komponen yang ada bersama-sama [13].

Beberapa alasan python ini menjadi pilihan banyak programmer adalah, pertama, python dapat digunakan untuk mengembangkan berbagai macam aplikasi untuk web, desktop, menganalisis data, dan lain sebagainya. Kedua, untuk menyelesaikan berbagai masalah pemograman, python menyediakan Third_Party Libraries dan sudah terintegrasi dengan berbagai macam bahasa pemograman dan layanan enterprise [13].

15
III. METODOLOGI PENELITIAN
Tahap-tahap yang dilalui dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Alur penelitian

A. Analisis Masalah

Tahap awal pada penelitian ini merupakan analisis masalah. Pada tahap ini masalah akan diidentifikasi dan menentukan solusi dari masalah tersebut. Hal-hal yang dianalisis berupa fungsi yang ingin dicapai oleh sistem serta masukan dan luaran sistem.

B. Perancangan Sistem

Perancangan adalah proses perencanan untuk merancang sistem yang akan dibangun. Perancangan sistem dibuat menggunakan diagram dengan tujuan memudahkan peneliti pada saat melakukan proses implementasi. Perancangan ini meliputi perancangan SAT Problem dan arsitektur LVQ.

C. Implementasi

Setelah proses perancangan selesai, kemudian masuk ke tahap implementasi. Pada tahap ini sistem yang sudah dirancang sebelumnya direalisasikan melalui proses coding.

D. Pengujian

Tahap ini bertujuan untuk melihat fungsionalitas sistem apakah sudah memenuhi standar yang diinginkan atau tidak.

IV. IMPLMENTASI DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Masalah

Fungsi yang ingin dicapai oleh sistem, yaitu sistem dapat membaca formula preposisi dengan format CNF kemudian menyelesaikan masalah SAT Problem menggunakan JST model LVQ.

Sistem yang ingin dikembangkan pada penelitian ini adalah sebuah pemodelan SAT Solver menggunakan JST model LVQ. Input dari sistem ini akan membaca formula preposisi dengan format CNF kemudian sistem akan

mengeluarkan output berupa pasangan input dan output yang sudah sesuai.

29
Data yang digunakan dalam pelatihan maupun pengujian didapat dari situs satcompetition.com. Dari data tersebut akan dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian.

B. Perancangan Sistem

Berikut ini akan dijelaskan rancangan SAT Problem dan Learning Vector Quantization.

a) Rancangan LVQ

Sistem yang dibuat ini akan memberikan assignment dari setiap variable dari formula yang akan ditentukan satisfiability ketika diberikan klausa dalam formula tertentu.

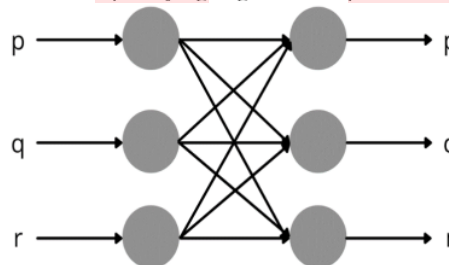
Seperti yang terlihat pda gambar 1, pada arsitektur Learning Vector Quantization, setiap node menyatakan nilai setiap variable. Oleh sebab itu banyaknya node pada layer input sama dengan banyaknya node pada variable. Pada penelitian ini, input pada setiap node pada layer input dinyatakan dengan 1, 0, atau -1. Nilai 1 untuk menyatakan nilai true, 0 ketika nilai tidak diketahui, dan -1 ketika menyatakan false. Kemudian output akan menyatakan assignment setiap variable yang menentukan sebuah formula tertentu SAT/UNSAT. Gambar di atas juga menunjukkan bahwa setiap banyaknya node pada layer output akan sama dengan banyaknya variable. Sama seperti input, node pada setiap layer output akan bernilai 1, 0, atau -1 yang menyatakan true, tidak diketahui, atau false.

Untuk mengetahui rancangan LVQ secara lebih mendalam diberikan contoh formula sebagai berikut:

Misalkan diketahui formula:

$$(\neg p \vee q) \wedge (p \vee r) \wedge (p \vee \neg q \vee r)$$

Formula tersebut dari 3 variabel, maka rancangan LVQ untuk problem ini seperti yang digambarkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Rancangan model LVQ

Dari klausa di atas dapat dilihat terdapat tiga variabel, yaitu p, q, dan r yang dihubungkan dengan symbol V (OR). Serta terdapat tiga klausa yang dihubungkan dengan simbol A (AND).

b) Data pelatihan

Agar LVQ dapat memberikan output yang diharapkan, LVQ dilatih berdasarkan data pelatihan yang diperoleh dari

Solusi Pendekatan SAT Problem dengan Jaringan Syarf Tiruan Model Learning Vector Quantization

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

18%

INTERNET SOURCES

8%

PUBLICATIONS

2%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	4%
2	dspace.uii.ac.id Internet Source	2%
3	labti.ukdw.ac.id Internet Source	1%
4	jurnal.ugm.ac.id Internet Source	1%
5	eprints.upnjatim.ac.id Internet Source	1%
6	teknikinformatika-esti.blogspot.com Internet Source	1%
7	repository.its.ac.id Internet Source	1%
8	www.slideshare.net Internet Source	1%
9	ariefanshare.blogspot.com Internet Source	1%

10	eprints.mercubuana-yogya.ac.id Internet Source	<1 %
11	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
12	www.scribd.com Internet Source	<1 %
13	journal.uii.ac.id Internet Source	<1 %
14	id.123dok.com Internet Source	<1 %
15	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
16	eprints.perbanas.ac.id Internet Source	<1 %
17	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
18	jurnal.stmikasia.ac.id Internet Source	<1 %
19	manverskh.blogspot.com Internet Source	<1 %
20	Ilham Saputra, Setyo Wira Rizki. "PENERAPAN METODE LEARNING VECTOR QUANTIZATION PADA PREDIKSI INTENSITAS CURAH HUJAN DI	<1 %

KOTA PONTIANAK", Bimaster : Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya, 2019

Publication

21	core.ac.uk Internet Source	<1 %
22	e-journal.upp.ac.id Internet Source	<1 %
23	ejournal.uika-bogor.ac.id Internet Source	<1 %
24	eksplorasidatasaham.wordpress.com Internet Source	<1 %
25	idoc.pub Internet Source	<1 %
26	rahmadya.com Internet Source	<1 %
27	repository.uksw.edu Internet Source	<1 %
28	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
29	vaskoedo.wordpress.com Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

