

# MUST

## *Journal of Mathematics Education, Science & Technology*

**Pengembangan Media ICT Berbasis *Game Bare-Trick* pada Materi Barisan dan Deret di Kelas IX MTs Nurul Muhtadiin**

Rosita Dwi Ferdiani, Yuniar Ika Putri Pranyata, Luluk Qomariyah

**Pengaruh Pendekatan *Concrete-Pictorial-Abstract (CPA)* terhadap Kemampuan Representasi Matematis pada Topik Trigonometri**

Radiusman, Maslina Simanjuntak

**Peramalan Curah Hujan Provinsi Bengkulu dengan *Generalized Space-Time Autoregressive***

Herlin Fransiska, Etis Sunandi, Dian Agustina

**Giving Questions as Scaffolding to Help Students in Constructing Proof**

Nurul Lalli, Tatag Yuli Eko Siswono

**Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika**

Siti Aminah, Nira Radita

**Peningkatan Hasil Evaluasi Pembelajaran Daring saat Pandemi Covid-19 Berdasarkan Media *Powerpoint* Interaktif**

Prayitno, M. Fariz Fadillah Mardianto

**Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe NHT *with Random Name Number* terhadap Hasil Belajar Mahasiswa pada Materi Aljabar Elementer**

Eka Susilowati

**Analisis Pengaruh Kebijakan Zonasi terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa SMP dengan Regresi Linear**

Dharma Bagus Pratama Putra, Anita Andriani

**Perbandingan *Elman Recurrent Neural Networks*, *Backpropagation Neural Networks*, dan *Exponential Smoothing* dalam Peramalan Produksi Palawija**

Winda Aprianti, Jaka Permadi, Herfia Rhomadhona

**Generalisasi Algoritma *Thinning Process* pada Proses Poisson Majemuk dengan Komponen Proses Poisson Nonhomogen dan Distribusi Gamma**

Syarif Abdullah, Sidik Susilo, Miftahul Huda, Nina Valentika, Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, Agusyanif Rezka Nuha, Aswata Wisnuadji, Fajri Ikhsan, Yazid Rukmayadi

ISSN (online): 2541-4674

ISSN (cetak): 2541-6057

# MUST

*Journal of Mathematics, Education, Science and Technology*

**Pengembangan Media ICT Berbasis *Game Bare-Trick* pada Materi Barisan dan Deret di Kelas IX MTs Nurul Mubtadiin**

Rosita Dwi Ferdiani, Yuniar Ika Putri Pranyata, Luluk Qomariyah

**Pengaruh Pendekatan *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA) terhadap Kemampuan Representasi Matematis pada Topik Trigonometri**

Radiusman, Maslina Simanjuntak

**Peramalan Curah Hujan Provinsi Bengkulu dengan *Generalized Space-Time Autoregressive***

Herlin Fransiska, Etis Sunandi, Dian Agustina

**Giving Questions as Scaffolding to Help Students in Constructing Proof**

Nurul Laili, Tatag Yuli Eko Siswono

**Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika**

Siti Aminah, Nira Radita

**Peningkatan Hasil Evaluasi Pembelajaran Daring saat Pandemi Covid-19 Berdasarkan Media *Powerpoint* Interaktif**

Prayitno, M. Fariz Fadillah Mardianto

**Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe NHT *with Random Name Number* terhadap Hasil Belajar Mahasiswa pada Materi Aljabar Elementer**

Eka Susilowati

**Analisis Pengaruh Kebijakan Zonasi terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa SMP dengan Regresi Linear**

Dharma Bagus Pratama Putra, Anita Andriani

**Perbandingan *Elman Recurrent Neural Networks*, *Backpropagation Neural Networks*, dan *Exponential Smoothing* dalam Peramalan Produksi Palawija**

Winda Aprianti, Jaka Permadi, Herfia Rhomadhona

**Generalisasi Algoritma *Thinning Process* pada Proses Poisson Majemuk dengan Komponen Proses Poisson Nonhomogen dan Distribusi Gamma**

Syarif Abdullah, Sidik Susilo, Miftahul Huda, Nina Valentika, Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, Agusyarif Rezka Nuha, Aswata Wisnuadji, Fajri Ikhsan, Yazid Rukmayadi

Diterbitkan oleh:

UMSurabaya Publishing

Jl. Sutorejo 59 Surabaya

# MUST

*Journal of Mathematics, Education, Science and Technology*

## **Ketua Editor**

Himmatul Mursyidah (Universitas Muhammadiyah Surabaya)

## **Editor Bagian**

Achmad Hidayatullah (Universitas Muhammadiyah Surabaya)  
Imamatul Ummah (Universitas Hasyim Asy'ari)  
Shoffan Shoffa (Universitas Muhammadiyah Surabaya)  
Silviana Maya Purwasih (Universitas PGRI Adi Buana Surabaya)  
Wahyuni Ningsih (Politeknik Negeri Malang)  
Wayan Rumite (Universitas Lampung)

## **Mitra Bestari**

Agus Prasetyo Kurniawan (Universitas Islam Negeri Sunan Ampel)  
Alfian Mucti (Universitas Borneo Tarakan)  
Ariesta Kartika Sari (Universitas Trunojoyo)  
Etriana Meirista (Universitas Musamus Merauke)  
Ika Kurniasari (Universitas Negeri Surabaya)  
Irma Fitria (Institut Teknologi Kalimantan)  
M. Fariz Fadillah Mardianto (Universitas Airlangga)  
Nasruddin (Universitas Sembilanbelas November Kolaka)  
Nurcholif Diah Sri Lestari (Universitas Jember)  
Syarif Abdullah (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)  
Syarifuddin N. Kapita (Universitas Khairun Ternate)  
Tommy Tanu Wijaya (Guangxi Normal University)

## **Layout Editor**

Sandha Soemantri (Universitas Muhammadiyah Surabaya)

Jurnal ini diterbitkan dua kali dalam satu tahun

UMSurabaya Publishing

Jl. Sutorejo 59, Surabaya

<http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/matematika>

## Daftar Isi

<b>Pengembangan Media <i>ICT</i> Berbasis <i>Game Bare-Trick</i> pada Materi Barisan dan Deret di Kelas IX MTs Nurul Muhtadiin</b> Rosita Dwi Ferdiani, Yuniar Ika Putri Pranyata, Luluk Qomariyah	106
<b>Pengaruh Pendekatan <i>Concrete-Pictorial-Abstract</i> (CPA) terhadap Kemampuan Representasi Matematis pada Topik Trigonometri</b> Radiusman, Maslina Simanjuntak	118
<b>Peramalan Curah Hujan Provinsi Bengkulu dengan <i>Generalized Space-Time Autoregressive</i></b> Herlin Fransiska, Etis Sunandi, Dian Agustina	130
<b>Giving Questions as Scaffolding to Help Students in Constructing Proof</b> Nurul Laili, Tatag Yuli Eko Siswono	143
<b>Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika</b> Siti Aminah, Nira Radita	156
<b>Peningkatan Hasil Evaluasi Pembelajaran Daring saat Pandemi Covid-19 Berdasarkan Media <i>Powerpoint</i> Interaktif</b> Prayitno, M. Fariz Fadillah Mardianto	171
<b>Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe NHT <i>with Random Name Number</i> terhadap Hasil Belajar Mahasiswa pada Materi Aljabar Elementer</b> Eka Susilowati	182
<b>Analisis Pengaruh Kebijakan Zonasi terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa SMP dengan Regresi Linear</b> Dharma Bagus Pratama Putra, Anita Andriani	197
<b>Perbandingan <i>Elman Recurrent Neural Networks</i>, <i>Backpropagation Neural Networks</i>, dan <i>Exponential Smoothing</i> dalam Peramalan Produksi Palawija</b> Winda Aprianti, Jaka Permadi, Herfia Rhomadhona	206
<b>Generalisasi Algoritma <i>Thinning Process</i> pada Proses Poisson Majemuk dengan Komponen Proses Poisson Nonhomogen dan Distribusi Gamma</b> Syarif Abdullah, Sidik Susilo, Miftahul Huda, Nina Valentika, Sri Istiyarti Uswatun Chasanah, Agusyarif Rezka Nuha, Aswata Wisnuadji, Fajri Ikhsan, Yazid Rukmayadi	221

**PENGEMBANGAN MEDIA *ICT* BERBASIS *GAME BARE-TRICK* PADA  
MATERI BARISAN DAN DERET DI KELAS IX MTS NURUL  
MUBTADIIN**

**Rosita Dwi Ferdiani<sup>\*1</sup>, Yuniar Ika Putri Pranyata<sup>2</sup>, Luluk Qomariyah<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Universitas Kanjuruhan Malang

rositadf@unikama.ac.id<sup>\*1</sup>, yuniar.mat@unikama.ac.id<sup>2</sup>,

lulukqomariyah5@gmail.com<sup>3</sup>

*\*Corresponding Author*

*Received 20 April 2020; revised 26 August 2020; accepted 23 September 2020.*

**ABSTRAK**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* berdasarkan aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan. Penelitian ini menggunakan model pengembangan *ADDIE*. Tahapan pengembangan media ini yakni: (1) *Analysis* (2) *Design* (3) *Development* (4) *Implementation* (5) *Evaluation*. Penelitian ini melibatkan 30 peserta didik kelas IX MTs Nurul Muhtadiin sebagai subyek uji coba media, serta dosen dan guru sebagai ahli validator media. Angket validasi digunakan oleh ahli media, ahli materi, dan ahli pembelajaran untuk menguji kevalidan, angket respon untuk menguji kepraktisan dan tes hasil belajar untuk menguji keefektifan media. Hasil penelitian berdasarkan aspek kevalidan menurut ahli media, ahli materi dan ahli pembelajaran menunjukkan, media memiliki nilai sangat valid dengan presentase masing masing adalah 93,1% dari ahli media, 92% ahli materi, dan 97,5% menurut ahli pembelajaran. Aspek kepraktisan dilakukan pengujian berdasarkan angket respon pada uji lapangan terbatas dengan jumlah 10 peserta didik dan menunjukkan media ini termasuk kategori sangat praktis dengan presentase 91,8%. Aspek keefektifan diperoleh hasil tes belajar yang menunjukkan 24 peserta didik mencapai nilai KKM (Kriteria Ketuntasan Minimal), dan diperoleh ketuntasan 78,8%. Hal ini menunjukkan bahwa media ini termasuk kategori efektif. Dapat disimpulkan bahwa media *ICT* Berbasis *Game Bare-trick* layak sebagai media pembelajaran karena memenuhi kevalidan, kepraktisan dan keefektifan.

**Kata kunci:** barisan dan deret, *game bare-trick*, media *ICT*

**ABSTRACT**

This study aims to develop *ICT* media based on *Game Bare-tricks* which is aspects of validity, practicality, and effectiveness. This study uses *ADDIE* development model. The stages of

this media development which include: (1) Analysis (2) Design (3) Development (4) Implementation (5) Evaluation. This study involved 30 students of class IX MTs Nurul Mubtadiin as subjects of media trials, as well as lecturers and teachers as experts of media validator. Validation questionnaires are used by media experts, materials experts, and learning experts to verify validity, response questionnaires are to test practicality and test results is to examine the effectiveness of the media. The results of the study based on the validity aspects according to media experts, material experts and learning experts showed that the media had very valid values with each percentage being 93.1% of media experts, 92% of materials experts, and 97.5% of learning experts. The practicality aspect is examined based on the response questionnaire in a limited field test with a total of 10 students and shows that media is a very practical category with a percentage of 91.8%. The effectiveness aspect was obtained by the results of the learning test which showed that 24 students achieved the KKM score (Standart of Minimum Completeness of Mastery Learning), and 78.8% of completeness was obtained. This shows that that media is an effective category. It can be concluded that ICT media based on Game Bare-trick is appropriate as a learning media because it is eligible in terms of validity, practicality and effectiveness.

**Keywords:** sequence and series, game Bare-trick, ICT media

## **PENDAHULUAN**

Saat ini Indonesia tengah memasuki era revolusi industri 4.0 atau sering disebut dengan era digital. Bila ingin bersaing di era digital ini, Indonesia perlu segera meningkatkan kemampuan dan keterampilan sumber daya manusia melalui pendidikan (Syamsuar & Reflianto, 2016). Karena dengan pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi dapat menggeser proses pembelajaran dari *teacher centered* menjadi *student centered* (Kurdi, 2009). Menurut Sutarman (dalam Kurniawati & Sutirman, 2017) dengan adanya bantuan komputer dan teknologi informasi, maka dapat meningkatkan kualitas pendidikan. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas pendidikan adalah tenaga pendidik. Tenaga pendidik dituntut untuk selalu meningkatkan profesionalitasnya untuk tetap kreatif dan inovatif, maka diperlukan suatu pendukung proses untuk mencapai tujuan pembelajaran. Pembelajaran yang dimaksud bisa terwujud apabila suasana pembelajarannya diciptakan dengan menyenangkan (Mintasih, 2016). *Trend in International Mathematics and Science Study* (TIMMS) yang dilansir oleh Puspendik (2015) menyatakan bahwa secara umum peserta didik Indonesia lemah di semua aspek konten maupun kognitif, baik untuk matematika dan sains. Kelemahan yang dialami dikarenakan kesulitan belajar, dimana pembelajaran

yang sering diterapkan oleh pendidik di Indonesia masih bersifat *teacher centered* dan berpusat pada buku, sehingga peserta didik merasa bosan dan tidak tertarik untuk belajar matematika. Oleh karena itu, inovasi media pembelajaran akan memberikan kesan yang berbeda pada peserta didik, sehingga dapat membangun suasana kelas yang aktif, interaktif dan menarik.

Perkembangan teknologi informasi dewasa ini telah mampu mengemas kondisi dan realitas pembelajaran menjadi lebih menarik dan memberikan pengondisian secara adaptif dalam proses pembelajaran dimanapun berada, serta penggunaan teknologi dalam pembelajaran pun lebih efektif dibanding pembelajaran yang konvensional (Pangayudi, Suweleh, & Ihsan, 2017). Dalam penggunaannya, terdapat beberapa model pembelajaran berbantuan komputer yang menarik, salah satunya adalah model permainan (*games*) (Darmawan, 2012). *Game* menjadi salah satu solusi inovatif pada pembelajaran di era revolusi industri 4.0 ini.

Berdasarkan hasil observasi peneliti pada tanggal 2 Oktober 2019 di MTs Nurul Muhtadiin yang terletak di Jalan Arjuna, Kecamatan Purwodadi Kabupaten Pasuruan, bahwa proses pembelajaran yang dilakukan oleh tenaga pendidik mata pelajaran matematika masih belum menggunakan media pembelajaran yang dapat menunjang dalam penyampaian materi kepada peserta didik. Pendidik hanya menggunakan buku paket dalam proses belajar mengajar. Pendidik hanya fokus pada buku dan tugas yang ada pada media cetak, dan membiarkan peserta didik tidak memperhatikan penjelasan pendidik. Sehingga suasana dan kondisi kelas tidak dapat dikendalikan dengan baik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, *Game Bare-trick* menjadi salah satu inovasi media pembelajaran di era revolusi industri 4.0. *Game Bare-trick* merupakan sebuah inovasi media pembelajaran yang dimainkan oleh peserta didik pada materi barisan dan deret, di dalam *game* tersebut terdapat materi dan soal evaluasi yang disesuaikan dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). Menurut Kopoulos (dalam Pangayudi, Suweleh, & Ihsan, 2017) menuturkan bahwa peserta didik akan memperoleh manfaat dari penggunaan *game education* dimana mereka akan merasa senang dan gembira dalam belajar matematika. Sesuai dengan tujuan penelitian ini, yakni antara lain

mengembangkan media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* pada materi barisan dan deret berdasarkan aspek kevalidan, kepraktisan dan keefektifan media. Selain itu, media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* ini dapat menarik perhatian peserta didik dalam proses pembelajaran, sehingga proses pembelajaran yang terjadi bersifat *student centered*.

## **METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan dengan metode penelitian *Research and Development (R&D)* yaitu penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2014). Model pengembangan dalam penelitian ini adalah ADDIE. Model ini mempunyai 5 fase atau tahap utama yaitu Analisis (*Analysis*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*). Adapun prosedur penelitiannya sebagai berikut:

- 1. Analisis (*Analysis*).** Pada tahap ini dilakukan observasi kepada subjek dan objek penelitian. Observasi dilakukan di MTs Nurul Mubtadiin. Tahap analisis ini mencakup dua proses kegiatan, yaitu:
  - a. Analisis masalah; berdasarkan hasil pengamatan di ketahui permasalahan bahwa peserta didik merasa bosan dan monoton saat pembelajaran matematika.
  - b. Analisis komponen pembelajaran; analisis ini berkaitan dengan materi barisan dan deret yang disesuaikan dengan kurikulum, sehingga indikator pencapaian dan kompetensi materi barisan dan deret dapat terpenuhi.
- 2. Desain (*Design*).** Berdasarkan hasil analisis, tahap selanjutnya adalah tahap desain atau perancangan produk yang meliputi:
  - a. Pengumpulan referensi; pengumpulan referensi ini bertujuan untuk mencari sumber yang relevan baik dari buku maupun internet seperti pengumpulan gambar, perancangan karakter *game*, pengumpulan referensi desain menu, animasi, dan referensi *level game*.
  - b. Perancangan isi materi; perancangan isi materi yakni berdasarkan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). Pada perancangan isi

materi Barisan dan Deret, peneliti mengaplikasikan materi dalam sebuah permainan atau *game* pada KD 3.14 dan 4.4.

c. Perancangan *storyboard*; *storyboard* berfungsi sebagai panduan untuk memudahkan pembuatan *game*. Dalam tahap ini, Peneliti merancang kerangka *game* yang meliputi alur cerita, level beserta isi *Game Bare-trick*.

**3. Pengembangan (*Development*).** Pada tahap ini dilakukan pembuatan media pembelajaran berbasis *game* dengan menggunakan *Software Engine Unity*. maka tahap selanjutnya yakni melakukan validasi kepada ahli materi, ahli media dan ahli pembelajaran atau praktisi/guru. Uji validitas digunakan untuk mengetahui kevalidan media yang selanjutnya dilakukan perbaikan atau revisi media.

**4. Implementasi (*Implementation*).** Tahap implementasi atau penerapan media pembelajaran kepada peserta didik dalam uji lapangan terbatas dilakukan oleh 10 peserta didik untuk mengetahui kepraktisan media dengan memberikan kuesioner, sedangkan 30 peserta didik dilihat dari hasil soal tes yang ada di dalam *game* guna untuk mengetahui uji keefektifan media.

### **Uji Coba Produk**

Adapun uji coba produk dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Desain Uji Coba

Desain uji coba dalam penelitian ini dirancang dalam tiga tahap, yaitu tahap pertama adalah uji validitas oleh ahli media, ahli materi, dan ahli pembelajaran. Tahap kedua ada dua uji, yaitu

a. Uji coba terbatas. Uji terbatas ini dimaksudkan untuk mengetahui kepraktisan media. Menurut Alfiriani & Ellbert (2017) siswa dibentuk dalam kelompok kecil kemudian mengisi angket respon kepraktisan yang telah disediakan. Peneliti melakukan uji coba terbatas yaitu dengan memberikan angket respon peserta didik untuk menguji kepraktisan media.

b. Uji coba lapangan luas. Tahap ini dimaksudkan untuk mengetahui keefektifan media. Menurut Alfiriani & Ellbert (2017) pembelajaran secara klasikal untuk mengukur efektivitas terhadap hasil belajar siswa yang meliputi ranah kognitif yang diperoleh dari hasil tes kognitif sedangkan hasil belajar ranah psikomotor diperoleh dari lembar penilaian

psikomotor siswa selama mereka praktek. Peneliti melakukan uji efektif dengan menilai hasil belajar peserta didik dalam uji lapangan luas.

## 2. Subyek Uji Coba

Subyek uji coba dalam penelitian pengembangan media pembelajaran berbasis *game Bare-trick* ini, yakni:

- a. Peserta didik kelas IX MTs Nurul Mubtadiin sebanyak 10 orang sebagai subjek uji coba lapangan terbatas. Menurut Susilana & Riyana (dalam Fajri, 2018) Jumlah uji kepraktisan untuk melihat respon peserta didik ini didasarkan pada jumlah evaluasi kelompok kecil yang ditulis didalam bukunya yang mana jumlah 10 orang merupakan jumlah yang dapat mewakili populasi target.
- b. Seluruh peserta didik kelas IX MTs Nurul Mubtadiin sebanyak 30 orang sebagai subjek uji coba lapangan luas.

### **Instrumen Pengumpulan Data**

Adapun instrumen yang digunakan antara lain:

- a. Lembar validasi media untuk ahli media. Lembar validasi media ini bertujuan untuk memperoleh penilaian terhadap media *Game Bare-trick*, yaitu berupa masukan dan saran untuk perbaikan atau revisi media.
- b. Lembar validasi untuk ahli materi. Lembar validasi ini bertujuan untuk memperoleh penilaian terhadap penyampaian materi dalam media *Game Bare-trick*.
- c. Lembar validasi untuk ahli pembelajaran. Lembar validasi ini bertujuan untuk memperoleh penilaian tentang aspek pembelajaran dalam penggunaan media *ICT* berbasis *Game Bare-trick*
- d. Angket respon kepraktisan. Menurut Alfiriani & Ellbert (2017) Kepraktisan mengacu pada kondisi media yang dikembangkan mudah digunakan oleh pengguna (guru dan siswa) sehingga pembelajaran yang dilakukan bermakna, menarik dan menyenangkan dan berguna bagi kehidupan siswa, maka dalam hal ini dapat diketahui melalui lembar angket kepraktisan.
- e. Tes hasil belajar peserta didik untuk menguji keefektifan. Menurut Alfiriani & Ellbert (2017) Keefektifan dilihat dari tercapainya tujuan pembelajaran sehingga uji keefektifan adalah uji untuk melihat ketercapaian tujuan

pembelajaran dengan menggunakan produk yang dikembangkan untuk proses pembelajaran. Penelitian ini menggunakan tes hasil belajar peserta didik ini digunakan untuk mengukur tingkat ketuntasan belajar peserta didik.

### **Teknik Analisis Data**

Menurut Van den Akker dan Nieveen (dalam Rochmad 2012) menyatakan bahwa dalam penelitian dan pengembangan perlu memperhatikan kriteria kualitas. Untuk menguji kualitas kelayakan produk dengan memenuhi kriteria kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan, maka kualitas produk dikatakan layak apabila memenuhi kriteria-kriteria berikut.

#### a) Analisis Kevalidan Media

Untuk menentukan tingkat kevalidan media pembelajaran menurut Purbasari, dkk (2012) dapat dilihat dari hasil persentasenya. Dalam penelitian ini bahwa media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* pada materi barisan dan deret ini bersifat valid dan dapat diterapkan dalam proses kegiatan belajar mengajar matematika jika memiliki total persentase  $70\% \leq P < 85\%$ .

#### b) Analisis Kepraktisan Media

Berdasarkan kriteria kepraktisan, maka media *Game Bare-trick* dikatakan praktis jika hasil persentasenya minimal  $50\% \leq X < 85\%$ . Jika media tersebut praktis, maka dapat digunakan dengan sedikit revisi atau tanpa revisi.

#### c) Analisis Keefektifan Media

Media pembelajaran berbasis *Game Bare-trick* dikatakan efektif jika hasil jawaban peserta didik pada soal-soal yang ada di dalam *Game Bare-trick* dengan menunjukkan bahwa peserta didik mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) dengan nilai  $\geq 75$ . Berdasarkan analisis keefektifan media pada uji coba lapangan luas dikatakan efektif dengan melihat hasil tes soal peserta didik dengan melihat persentase rata-rata ketuntasannya.

**5. Evaluasi (*Evaluation*).** Evaluasi adalah proses untuk mengetahui media pembelajaran yang telah dibuat sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Selain evaluasi di akhir tahap ini pada dasarnya evaluasi juga telah dilaksanakan berupa evaluasi pengembangan dan evaluasi kevalidan produk yang dilakukan oleh ahli media dan ahli materi. Hasil evaluasi oleh ahli media dan ahli materi tersebut dijadikan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan

terhadap media pembelajaran yang telah dibuat. Evaluasi tentang kevalidan oleh guru matematika MTs Nurul Muhtadiin juga dapat digunakan sebagai dasar untuk menyempurnakan media yang telah dibuat.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengembangan media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* ini dibuat dan dikembangkan berdasarkan model pengembangan *ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation)*. Adapun hasil pengembangan media ini yakni berupa *Game* yang dibuat dengan aplikasi *Software Engine Unity* yang hasilnya akan disajikan dalam Gambar 1 sampai Gambar 18.



Gambar 1. Tampilan Resolusi Ukuran Layar *Game* di Komputer



Gambar 2. Tampilan Menu *Game Bare-trick*



Gambar 3. Tampilan Level Select *Game Bare-trick*



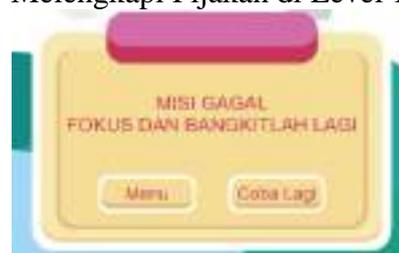
Gambar 4. Tampilan Level 1 di Sumatera Utara



Gambar 5. Tampilan Soal di Level 2



Gambar 6. Tampilan Soal Untuk Melengkapi Pijakan di Level 1



**Pengembangan Media ICT Berbasis Game Bare-Trick pada Materi Barisan dan Deret di Kelas IX MTs Nurul Muhtadiin**

Gambar 7. Tampilan Materi



Gambar 9. Tampilan Ketika Misi di Salah Satu Level Berhasil



Gambar 11. Tampilan Level 3



Gambar 13. Tampilan Ketika Level 3 Dapat Terlewati



Gambar 15. Tampilan Materi



Gambar 17. Tampilan Soal Evaluasi di Level 5

Gambar 8. Tampilan Ketika Misi Gagal



Gambar 10. Tampilan Level 2



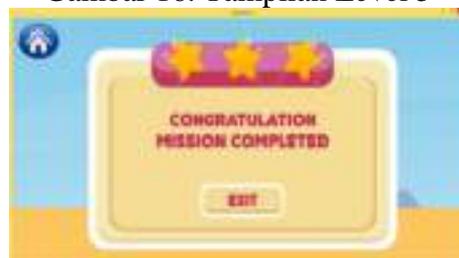
Gambar 12. Tampilan Soal di Level 3



Gambar 14. Tampilan Level 4 di Jembatan Ampera



Gambar 16. Tampilan Level 5



Gambar 18. Tampilan Ketika Semua Misi Berhasil

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sesuai dengan model penelitian ADDIE, dan penelitian berdasarkan aspek kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan media. Berikut ini merupakan hasil pengujian terhadap tiga aspek dan penyempurnaan produk.

a. Hasil Uji Kevalidan oleh Ahli Media

Uji kevalidan dilakukan dengan memberikan angket kepada ahli media, terdapat masukan atau saran yakni menambahkan kata “petunjuk” pada menu petunjuk penggunaan, masih ada *bug* yaitu ketika karakter masih tetap berjalan disaat muncul info pada level 4. Berdasarkan data yang didapat dari ahli validasi media diperoleh persentase total nilai sebesar 93,1% dengan kategori “Sangat Valid”.

b. Hasil Uji Kevalidan oleh Ahli Materi

Pada uji validasi ini, terdapat masukan atau saran yakni dalam memberikan latihan soal diharapkan menggunakan intruksi soal dengan aturan SPOK. Berdasarkan data yang di peroleh dari ahli materi dengan persentase total nilai sebesar 92% dengan kategori “Sangat Valid”.

c. Hasil Uji Kevalidan oleh Ahli Pembelajaran

Berdasarkan data yang didapat dari ahli pembelajaran diperoleh persentase total nilai sebesar 97,5% dengan kategori “Sangat Valid”. Validasi yang dilakukan oleh ahli pembelajaran juga tidak terdapat komentar atau saran.

**Hasil Pengujian Pertama dan Revisi Produk**

Tahap uji coba ini dilakukan terhadap 10 anak di kelas IX dengan menggunakan angket respon kepraktisan media oleh peserta didik. Berdasarkan data yang diperoleh dari penilaian 10 peserta didik, dapat diketahui dari persentase untuk angket respon peserta didik yang menunjukkan rata-rata total sebesar 91,8% dengan kategori “Sangat Praktis”. Kategori ini berarti media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* praktis dan dapat digunakan tanpa revisi. Pada uji lapangan terbatas ini tidak terdapat saran untuk perbaikan media dari peserta didik, karena sebagian besar dari peserta didik yang sudah menggunakan media ini menurutnya adalah sesuatu yang sangat menarik dan belum ditemui sebelumnya. Namun, terdapat beberapa komentar yang sama untuk menambah level, dalam hal ini peneliti memiliki keterbatasan dalam pembuatan game yakni

terbatas pada 5 level.

### **Hasil Pengujian Kedua dan Penyempurnaan Produk**

Tingkat keefektifan media diukur dengan hasil tes yang diberikan kepada peserta didik melalui media berbasis *Game Bare-trick*. Adapun hasil nilai peserta didik pada uji coba lapangan luas menunjukkan bahwa peserta didik mencapai KKM (Kriteria Ketuntasan Minimal) dengan nilai  $\geq 75$  sebanyak 24 peserta didik dari 30 peserta didik. Dengan demikian persentase ketuntasan peserta didik sebesar 78,8 % sehingga diperoleh nilai bahwa media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* efektif.

### **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* pada materi barisan dan deret, dapat disimpulkan bahwa kelayakan media media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* berdasarkan aspek kevalidan, kepraktisan dan keefektifan sebagai berikut,

1. Kevalidan media media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* menurut ahli media sebesar 93,1%, ahli materi 92% dan ahli pembelajaran sebesar 97,5%, hal ini menunjukkan bahwa media ini sangat valid.
2. Tingkat kepraktisan dilihat dengan menggunakan angket respon kepraktisan media pada uji lapangan terbatas oleh 10 peserta didik menunjukkan bahwa media *ICT* berbasis *Game Bare-trick* termasuk pada kategori sangat praktis dengan rata-rata skor pada uji coba lapangan terbatas 91,8 %
3. Tingkat keefektifan dilakukan pada uji coba lapangan luas yang diperoleh dari hasil tes belajar 30 peserta didik yang menunjukkan bahwa peserta didik yang mencapai KKM (Kriteria Ketuntasan Minimal) dengan nilai  $\geq 75$  sebanyak 24 anak tuntas dan 6 peserta didik tidak tuntas dengan persentase 78,8% dan termasuk pada kategori efektif.

Berdasarkan penjelasan tersebut, media *ICT* Berbasis *Game Bare-trick* dapat dinyatakan sebagai media yang layak digunakan dalam proses pembelajaran matematika khususnya pada materi barisan dan deret karena telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfiriani, A., & Ellbert, H. (2017). Kepraktisan dan keefektifan modul pembelajaran bilingual berbasis komputer. *Jurnal Kependidikan*, 1(1), 12-23.
- Darmawan, D. (2012). *Pendidikan teknologi informasi dan komunikasi*. Jakarta: Penerbit Andi.
- Fajri, V. R., & Lazulva. (2018). Desain media pembelajaran menggunakan software adobe flash professional Cs6 pada materi unsur transisi periode keempat. *Journal of the Indonesian Society of Integrated Chemistry*, 10(2), 28-41.
- Kurdi, F. N. (2009). Penerapan *student-centered learning* dari *teacher centered learning* pada program studi penjaskes. *Forum Kependidikan*, 28(2), 108-113.
- Kurniawati, D., & Sutirman. (2017). Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi oleh perangkat desa gandulan kecamatan kaloran kabupaten temanggung. *Jurnal Pendidikan Administrasi Perkantoran*, 6(4), 374-386.
- Mintasih, D. (2016). Merancang pembelajaran menyenangkan bagi generasi digital. *Jurnal el-Tarbawi*, 9(1), 39-48.
- Panggayudi, D. S., Suweleh, W., & Ihsan, P. (2017). Media game edukasi berbasis budaya untuk pembelajaran pengenalan bilangan pada anak usia dini. *MUST: Journal of Mathematics Education Science and Technology*, 2(2), 255-266.
- Purbasari, R. J., Kahfi, M. S., & Yunus, M. (2012). Pengembangan aplikasi *android* sebagai media pembelajaran matematika pada materi dimensi tiga untuk siswa SMA kelas X. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(2).
- Puspendik. (2015). *Hasil TIMSS 2015 diagnosis hasil untuk perbaikan mutu dan peningkatan capaian*. Jakarta: Kemendikbud.
- Rochmad. (2012). Desain pengembangan perangkat pembelajaran matematika. *Journal Kreano*, 3(1), 59-72.
- Sugiyono. (2014). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Syamsuar, & Reflianto. (2018). Pendidikan dan tantangan pembelajaran berbasis teknologi informasi di era revolusi industri 4.0. *Journal Ilmiah Teknologi Pendidikan*, 6(2), 1-13.

**PENGARUH PENDEKATAN *CONCRETE-PICTORIAL-ABSTRACT* (CPA)  
TERHADAP KEMAMPUAN REPRESENTASI MATEMATIS PADA TOPIK  
TRIGONOMETRI**

**Radiusman\*<sup>1</sup>, Maslina Simanjuntak<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat

<sup>2</sup>Universitas Negeri Surabaya, Jawa timur

radius\_saragih88@unram.ac.id\*<sup>1</sup>, maslin.simanjuntak@gmail.com<sup>2</sup>

\*Corresponding Author

*Received 15 August 2020; revised 30 August 2020; accepted 01 October 2020.*

**ABSTRAK**

Penelitian kuantitatif ini bertujuan untuk melihat pengaruh pendekatan *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA) terhadap kemampuan representasi matematis siswa pada materi trigonometri. Representasi matematis merupakan dasar siswa untuk memahami dan menggunakan ide matematis. Populasi dari penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X IPA MAN 2 Bekasi tahun ajaran 2019/2020. Sampel pada penelitian ini diambil menggunakan teknik kluster sampling dimana terdapat 40 siswa sebagai kelas eksperimen dan 40 orang sebagai kelas kontrol. Penelitian ini menggunakan desain *pre-test-posttest control group design*. Penelitian ini menggunakan bantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang berisikan materi-materi singkat trigonometri, permasalahan trigonometri dan langkah-langkah penyelesaian permasalahan trigonometri. Berdasarkan hasil uji beda N-Gain ternormalisasi diperoleh bahwa nilai sig. hitung (0,00) < nilai sig. tabel (0,05). Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa kemampuan representasi siswa yang menggunakan pendekatan CPA lebih baik dibandingkan siswa yang menerima pembelajaran secara konvensional. Pendekatan CPA juga memberikan pengaruh positif lain yaitu siswa terlatih untuk menguasai teknik penyelesaian permasalahan dibandingkan hanya sekedar mencari penyelesaian permasalahan trigonometri.

**Kata kunci:** pendekatan CPA, representasi matematis, trigonometri.

**ABSTRACT**

This quantitative research aims to see the effect of the *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA) approach on students' mathematical representation abilities in trigonometry. Mathematical representation is basic for students to understand and use mathematical ideas. The population of this study was all students of class X IPA MAN 2 Bekasi in the academic year 2019/2020. The sample in this study was taken using the cluster sampling technique where there were 40 students

as the experimental class and 40 students as the control class. This study used a pretest-postes control group design. This study uses the help of student worksheets (LKPD) which contains brief trigonometry materials, trigonometry problems, and steps to solve trigonometry problems. Based on the t-test results of the normalized N-Gain value, it is found that the value the sig. count (0,00) < sig. Table (0,05). Based on this, it can be concluded that the representation ability of students who use the CPA approach is better than students who receive conventional learning. The CPA approach also has another positive effect, namely that students are trained to master problem-solving techniques rather than just looking for solving trigonometry problems.

**Keywords:** CPA approach, mathematics representation, trigonometry.

## **PENDAHULUAN**

Representasi merupakan salah satu kemampuan yang harus dikuasai dalam pembelajaran matematika. Representasi matematis diartikan sebagai hubungan antara objek dan simbol matematika. Representasi juga dapat diartikan sebagai prosen melambangkan suatu objek (Rosengrant, Etkina, & Van Heuvelen, 2007). Objek dalam matematika dapat disimbolkan dalam bentuk kata, diagram, grafik dan simbol (Sahendra, Budiarto, & Fuad, 2018). Kemampuan representasi matematika membantu siswa dalam mengembangkan, memperdalam pemahaman serta mengkomunikasikan pemikiran terhadap konsep matematika (NCTM, 2000). Kemampuan representasi matematika sudah dimulai pada masa anak-anak mulai belajar berhitung. Anak-anak menggunakan simbol-simbol eksternal dalam merepresentasikan angka (Batchelor, Keeble, & Gilmore, 2015).

Kemampuan representasi juga digunakan sebagai cara mengungkapkan ide dan memahami penggunaan ide matematis (Astuti, 2017). Siswa dapat menggunakan kemampuan representasi matematis menggunakan area model dalam memahami pecahan (Wahyu, Amin, & Lukito, 2017). Kemampuan representasi memiliki beberapa manfaat antara lain: memberitahukan kepada guru tentang bagaimana siswa berpikir tentang permasalahan konteks matematika, memberikan informasi tentang bagaiman siswa memecahkan peramasalahan matematika (Kalathil & Sherin, 2000), serta memberikan informasi tentang kemampuan siswa menyelesaikan permasalahan kontekstual (Dewolf, Van Dooren, & Verschaffel, 2017), misalnya permasalahan dalam trigonometri (Mesa & Herbst, 2011).

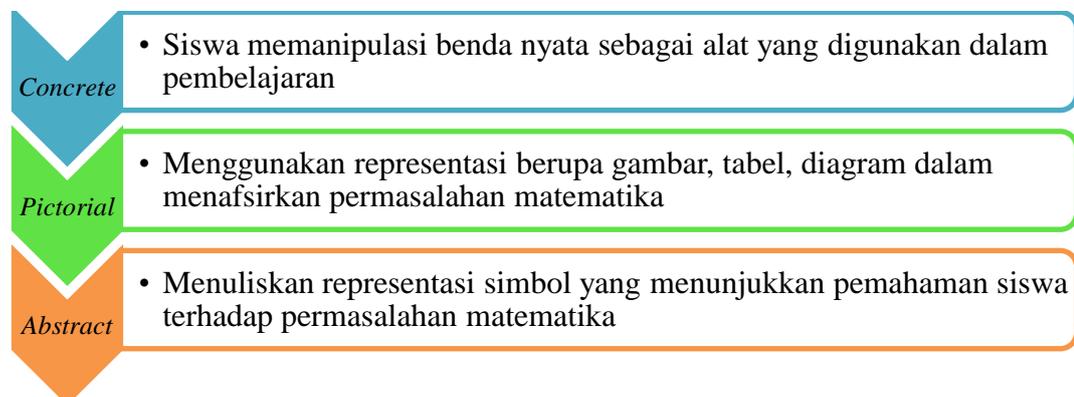
Trigonometri merupakan salah satu materi yang harus dipahami dan tidak terpisahkan oleh siswa sekolah menengah atas. Trigonometri memiliki hubungan yang sangat erat dengan aljabar, geometri, dan fungsi (Price & Van Jaarsveld, 2017; Solikin, 2016). Salah satu kompetensi yang harus dikuasai siswa dalam materi trigonometri adalah menghubungkan dan memecahkan masalah kontekstual yang berkaitan dengan rasio trigonometri dalam segitiga siku-siku (Dündar, 2015; Sarkam, Sujadi, & Subanti, 2019) serta konsep geometri (Brijlall & Nirajan, 2015), namun pada kenyataannya trigonometri merupakan salah satu mata pelajaran sulit untuk dipahami dalam matematika sekolah menengah dan tidak disukai oleh kebanyakan siswa (Gerhana, Mardiyana, & Pramudya, 2017; Kamber & Takaci, 2018).

Pemahaman terhadap konsep trigonometri hanya mampu dikuasai oleh siswa yang memiliki prestasi tinggi sedangkan siswa yang memiliki prestasi rendah hanya menganggap trigonometri sebagai materi yang abstrak (Gür, 2009; Walsh, Fitzmaurice, & O'Donoghue, 2017). Kelemahan siswa dalam memahami konsep trigonometri juga dilatarbelakangi oleh lemahnya konsep geometris. Hal ini disebabkan karena siswa perlu menghubungkan dan mengidentifikasi pengukuran dalam bentuk gambar dan rasio numerik (Maor, 2013). Kendala lain yang dihadapi siswa dalam memahami permasalahan trigonometri, antara lain: banyak tidak mampu untuk menerapkan trigonometri dalam menyelesaikan masalah kontekstual seperti menggunakan sifat komutatif dan distributif (Price & Van Jaarsveld, 2017) serta mengembangkan konsep geometri dalam menyelesaikan permasalahan (Sarkam et al., 2019).

Permasalahan serupa juga ditemukan oleh peneliti di kelas X MAN 2 Bekasi. Berdasarkan hasil wawancara diperoleh fakta bahwa kesulitan terhadap materi trigonometri dipengaruhi beberapa faktor, antara lain: pemahaman siswa terhadap simbol, pemahaman terhadap perbandingan trigonometri dalam segitiga siku-siku, menentukan konsep yang akan digunakan, serta menerapkan perbandingan segitiga siku-siku dalam permasalahan kontekstual. Selain itu kebanyakan siswa menganggap trigonometri merupakan sesuatu yang abstrak sehingga sulit untuk dipahami. Fakta rendahnya kemampuan representasi matematis siswa terhadap materi juga diperkuat dengan hasil *pretest* yang diujikan

kepada siswa. Berdasarkan hasil wawancara dan *pretest* tersebut maka diperlukan suatu pendekatan baru yang tepat untuk mengajarkan materi trigonometri. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam menyelesaikan permasalahan trigonometri adalah pendekatan *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA).

Pendekatan CPA merupakan suatu instruksi bertahap yang menggerakkan siswa untuk memecahkan permasalahan matematika dengan memanipulasi benda yang konkret untuk menyelesaikan masalah dalam bentuk gambar atau representasi (Bouck, Park, & Nickell, 2017). Pendekatan CPA terdiri dari tiga tahap yaitu *concrete* (pembelajaran menggunakan benda nyata), *pictorial* (pembelajaran menggunakan media gambar) dan *abstract* (pembelajaran melalui sesuatu yang sudah abstrak) (Mahayukti, Dianawati, Ardana, & Suryawan, 2019). Pada tahap *concrete* siswa memanipulasi benda nyata seperti spidol, alat ukur, dan objek lain yang dapat digunakan siswa selama kegiatan pembelajaran, selanjutnya pada tahap *pictorial* siswa menggunakan representasi berupa gambar, diagram, grafik yang akan digunakan untuk menafsirkan permasalahan matematika, dan pada tahap *abstract* siswa diminta untuk menuliskan representasi simbol yang menunjukkan pemahaman siswa terhadap permasalahan matematika tersebut (Sousa, 2008). Pendekatan CPA dimulai ketika guru mengajarkan siswa untuk memanipulasi benda konkret untuk memecahkan permasalahan matematika dengan cara melakukan demonstrasi permasalahan yang diberikan. kemudian guru membimbing siswa untuk menggambarkan objek dengan cara memberikan petunjuk dan isyarat sesuai dengan kebutuhan dan diakhiri dengan siswa memecahkan masalah tanpa mendapat dukungan dari guru (Agrawal & Morin, 2016; Whitin, 2007). Alur pendekatan CPA dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Pendekatan *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA)

***Pengaruh Pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) terhadap Kemampuan Representasi Matematis pada Topik Trigonometri***

Berdasarkan tahapan pendekatan CPA tersebut, maka pendekatan ini sesuai untuk mengatasi permasalahan representasi siswa kelas X MAN 2 Bekasi pada materi trigonometri. Hal ini disebabkan karena pada tahapan CPA terdapat kegiatan memanipulasi atau mendemonstrasikan suatu kegiatan nyata menjadi sesuatu yang abstrak dengan bantuan gambar (*pictorial*). Ketika guru mengajarkan materi perbandingan sudut, kegiatan yang dapat dilakukan guru adalah melakukan demonstrasi seperti upacara bendera, mengamati tinggi pohon, serta mengamati lukisan di dinding. Setelah itu guru menuntun siswa (*scaffolding*) untuk menggambar kejadian yang tersebut. Langkah terakhir adalah guru meminta siswa untuk menyelesaikan permasalahan hubungan sudut pada trigonometri.

Penelitian mengenai pendekatan CPA telah banyak dilakukan antara lain untuk meningkatkan hasil belajar (Ramadhan, 2012), meningkatkan kemampuan spasial (Mahayukti et al., 2019), pemahaman konsep matematika (Agrawal & Morin, 2016; Milton, Flores, Moore, Taylor, & Burton, 2018; Varma & Schwartz, 2011) serta sikap dan performa siswa (Salingay & Tan, 2018). Penerapan pendekatan CPA juga sudah pernah dilakukan untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis antara lain pada materi matematika tingkat SD (Putri, 2015), namun sejauh ini belum ditemukan penerapan pendekatan CPA untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis pada materi trigonometri. Pada penelitian ini, bertujuan mengetahui pengaruh penerapan pendekatan CPA terhadap kemampuan representasi matematis siswa pada materi trigonometri dengan berbantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD).

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian eksperimen semu ini menggunakan desain penelitian *pretest-post test control group design*. Populasi dari penelitian ini adalah seluruh siswa kelas X MAN 2 Bekasi yang terdiri dari 4 kelas dengan jumlah siswa sebanyak 160 orang. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *cluster sampling*. *Cluster sampling* merupakan teknik survei yang umum dilakukan dengan mengambil sampel secara acak namun pengambilan acak sampel tidak dilakukan secara individu namun berdasarkan kelompok responden (Dorofeev & Grant, 2006). Dari 4 kelas yang tersedia, maka dipilih kelas X IPA 1 menjadi kelas

eksperimen untuk diterapkan pendekatan *Concrete-Pictorial-Abstract* (CPA) dalam pembelajarannya dan X IPA 3 menjadi kelas kontrol yang diterapkan pembelajaran konvensional.

Test kemampuan representasi matematis diberikan dalam dua tahap yaitu *pretest* dan *posttest*. *Pretest* diberikan untuk mengetahui kemampuan awal dari siswa sebelum dilakukan tindakan, sedangkan pemberian *post test* dilakukan setelah adanya penerapan pendekatan CPA. *Post test* bertujuan untuk melihat pengaruh penerapan pendekatan CPA terhadap kemampuan representasi matematis. Desain penelitian *pretest-post test control group design* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Desain Penelitian

<i>Pretest</i>	Perlakuan	<i>Post test</i>
O1	X	O2
O3		O4

Keterangan:

O1 : Hasil *Pretest* kelas eksperimen

O2 : Hasil *Post test* kelas eksperimen

O3 : Hasil *Pretest* kelas kontrol

O4 : Hasil *Post test* kelas kontrol

X: Pendekatan CPA

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara memberikan tes kemampuan representasi matematis yang terdiri dari 6 soal yang berbentuk uraian. Setelah data diperoleh, maka data akan diuji normalitas menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov, homogenitas menggunakan uji F serta pengaruh penerapan pendekatan CPA terhadap kemampuan representasi matematis menggunakan uji beda N-Gain ternormalisasi. Untuk melihat peningkatan kemampuan representasi matematis maka data diuji menggunakan N-Gain ternormalisasi (Hake, 1999).

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari data penelitian ini adalah untuk menjawab pertanyaan apakah kemampuan representasi matematika siswa yang diberikan pendekatan CPA lebih

*Pengaruh Pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) terhadap Kemampuan Representasi Matematis pada Topik Trigonometri*

baik dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran secara konvensional. Berikut akan disajikan hasil analisis data untuk menjawab pertanyaan tersebut.

Sebelum pelaksanaan pembelajaran menggunakan pendekatan CPA, siswa diberikan soal *pretest* berbentuk soal uraian yang mengandung indikator representasi matematis. *Pretest* ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji normalitas dan homogenitas dari sampel penelitian. Uji normalitas data sampel penelitian menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk. Adapun hasil uji normalitas *pretest* dari sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas *Pre Test*

Kelas	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
X IPA 1	.119	39	.180	.946	39	.059
X IPA 3	.125	39	.125	.950	39	.082

Berdasarkan hasil uji normalitas *pretest* pada Tabel 2 dapat terlihat bahwa nilai sig. hitung > sig. tabel (0,05). Hal ini berarti bahwa hasil *pretest* sampel penelitian berdistribusi normal. Langkah berikutnya adalah menguji homogenitas dari sampel penelitian. Adapun hasil uji homogenitas *pretest* dari sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Homogenitas *Pre Test*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
3.779	1	78	.055

Berdasarkan hasil uji homogenitas pada Tabel 3, dapat dilihat bahwa sig. hitung > sig. tabel (0,05). Hal ini menunjukkan bahwa hasil *pretest* siswa homogen. Ini berarti bahwa kemampuan awal dari sampel penelitian sama sebelum dilakukannya penerapan pendekatan CPA di kelas eksperimen. Setelah melakukan *pretest* dan diperoleh bahwa hasil tes berdistribusi normal dan homogeny maka langkah berikutnya adalah menerapkan pendekatan CPA di kelas eksperimen.

Setelah penerapan pendekatan CPA selesai, langkah berikutnya adalah melakukan *posttest* mengenai kemampuan representasi matematis. Adapun uji yang dilakukan pada hasil *post test* adalah uji homogenitas dan uji beda N-Gain

ternormalisasi. Uji homogenitas pada *post test* bertujuan untuk melihat apakah terdapat perbedaan kemampuan representasi matematis antara kelas kontrol yang menerapkan pendekatan konvensional dan kelas eksperimen yang menerapkan pendekatan CPA. Hasil uji homogenitas *posttest* sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Uji Homogenitas *Post Test*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
6.249	1	78	.015

Hasil uji homogenitas pada Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai sig. hitung (0,015) < sig. tabel (0,05). Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan representasi matematis antara kelas yang diajar dengan pendekatan CPA dengan kelas yang diajar dengan pendekatan konvensional. Langkah berikutnya adalah melakukan uji beda N-Gain ternormalisasi.

Uji beda N-Gain ternormalisasi bertujuan untuk melihat pengaruh penerapan pendekatan CPA di kelas eksperimen dibandingkan dengan kelas kontrol yang menerapkan pendekatan konvensional. Hasil uji beda N-Gain ternormalisasi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Beda N-Gain Ternormalisasi

Test Value = 0						
t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference		
				Lower	Upper	
N-Gain	11.984	79	.000	.3343064	.278779	.389834

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa nilai sig. hitung < sig. tabel (0,05), artinya terdapat pengaruh penerapan pendekatan CPA terhadap kemampuan representasi matematis siswa yang diajar menggunakan pendekatan CPA.

Pelaksanaan pendekatan CPA di dalam kelas eksperimen dilakukan dengan tiga tahap yaitu *Concrete-Pictorial-Abstract*. Pada tahap *concrete*,

***Pengaruh Pendekatan Concrete-Pictorial-Abstract (CPA) terhadap Kemampuan Representasi Matematis pada Topik Trigonometri***

peneliti mengenalkan benda nyata yang mengesankan pada siswa yang akan digunakan dalam menyelesaikan permasalahan matematika. Pada kegiatan ini peneliti menggunakan kegiatan upacara bendera sebagai alat untuk menjelaskan hubungan antara sisi tegak, sisi datar dan hipotenusa. Pada tahap *pictorial*, peneliti mulai menggambar sebuah bentuk segitiga yang merepresentasikan antara sisi tegak, sisi datar, dan hipotenusa. Kemudian peneliti mulai menjelaskan hubungan sisi tegak, sisi datar, dan hipotenusa dalam segitiga serta memberikan simbol terhadap hubungan antara sisi-sisi segitiga dalam trigonometri. Pada tahap *abstract*, peneliti memberikan permasalahan trigonometri yang berhubungan dengan simbol-simbol yang telah diberikan pada tahap sebelumnya.

Pendekatan CPA mampu memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan representasi matematika disebabkan karena dalam pendekatan CPA lebih menuntut siswa untuk menguasai teknik menyelesaikan permasalahan matematika dari pada hanya mencari jawaban dari permasalahan matematika. Penerapan pendekatan CPA di dalam kelas menggunakan bantuan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD). LKPD berisi kegiatan siswa memanipulasi benda nyata secara berkelompok. Kegiatan diskusi yang dilakukan juga bertujuan agar setiap siswa dapat memahami serta memberikan pendapat terhadap ide-ide yang disampaikan dalam kelompok. Selain itu, guru juga membebaskan siswa untuk melakukan kegiatan di luar kelas yang memiliki hubungan dengan hubungan sudut pada trigonometri, seperti melakukan pengamatan terhadap tiang bendera dan pohon.

Pendekatan CPA sangat efektif dalam membantu siswa menyelesaikan kesulitan matematika, karena pendekatan CPA dilakukan secara bertahap diawali dengan pengenalan objek yang sebenarnya melalui gambar menuju simbol matematika yang abstrak (Sousa, 2008). Selain itu, penerapan CPA di dalam kelas eksperimen juga terbukti mampu untuk meningkatkan kemampuan terhadap konsep trigonometri, kemampuan spasial matematika dan hasil belajar matematika (Mahayukti et al., 2019; Milton et al., 2018; Putri, 2015).

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kemampuan representasi matematis siswa yang diajarkan dengan pendekatan CPA lebih baik dibandingkan siswa yang diajarkan dengan pembelajaran konvensional. Hal ini disebabkan karena pendekatan CPA memiliki tahapan-tahapan yang membentuk proses berpikir siswa untuk menguasai teknik pemecahan masalah matematika. Tahapan-tahapan tersebut terdiri dari: tahap *concrete* terjadi ketika siswa mampu memanipulasi suatu benda atau pengalaman yang dapat dijadikan sebagai sumber pembelajaran trigonometri seperti penggaris segitiga dan kegiatan upacara bendera, tahap *pictorial* merupakan tahapan dimana siswa dituntut mampu menggunakan representasi berupa gambar, tabel, diagram dalam menafsirkan permasalahan matematika dan diakhiri dengan tahap *abstract* dimana siswa dituntut mampu menuliskan representasi simbol yang menunjukkan pemahaman siswa terhadap permasalahan matematika. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan suatu alternatif yang digunakan oleh guru dalam meningkatkan kemampuan matematika, khususnya kemampuan representasi matematis. Penelitian ini masih menggunakan kegiatan sederhana dalam memberikan contoh peran matematika dalam kehidupan sehari-hari serta penggunaan LKPD yang berisi materi trigonometri dan langkah-langkah pengenalan simbol trigonometri. Penelitian kedepan diharapkan peneliti lain mampu menggunakan pendekatan CPA melalui media pembelajaran berbasis teknologi dalam memperkenalkan matematika dalam kehidupan sehari-hari.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agrawal, J., & Morin, L. L. (2016). Evidence-based practices: applications of concrete representational abstract framework across math concepts for students with mathematics disabilities. *Learning Disabilities Research and Practice, 31*(1), 34–44. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12093>
- Astuti, E. P. (2017). Representasi matematis mahasiswa calon guru dalam menyelesaikan masalah matematika. *Beta Jurnal Tadris Matematika, 10*(1), 70. <https://doi.org/10.20414/betajtm.v10i1.100>
- Batchelor, S., Keeble, S., & Gilmore, C. (2015). Magnitude representations and counting skills in preschool children. *Mathematical Thinking and Learning, 17*(2–3), 116–135. <https://doi.org/10.1080/10986065.2015.1016811>
- Bouck, E., Park, J., & Nickell, B. (2017). Using the concrete-representational-abstract approach to support students with intellectual disability to solve change-making problems. *Research in Developmental Disabilities, 60*, 24–

36. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.11.006>
- Brijlall, D., & Niranjana, C. (2015). Using manipulatives to support an embodied approach to learning trigonometry in a south african school: a case study. *Africa Education Review*, 12(3), 361–380. <https://doi.org/10.1080/18146627.2015.1110893>
- Dewolf, T., Van Dooren, W., & Verschaffel, L. (2017). Can visual aids in representational illustrations help pupils to solve mathematical word problems more realistically? *European Journal of Psychology of Education*, 32(3), 335–351. <https://doi.org/10.1007/s10212-016-0308-7>
- Dündar, S. (2015). The relationships among pre-service mathematics teachers' beliefs about mathematics, mathematics teaching, and use of technology in China. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(6), 1363–1378. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1396a>
- Gerhana, M. T. C., Mardiyana, M., & Pramudya, I. (2017). The Effectiveness of project based learning in trigonometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 895(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012027>
- Gür, H. (2009). Trigonometry learning. *New Horizons in Education*, 57(1), 67–80.
- Kalathil, R. R., & Sherin, M. G. (2000). Role of students' representations in the mathematics classroom. *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, 27–28.
- Kamber, D., & Takaci, D. (2018). On problematic aspects in learning trigonometry. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 49(2), 161–175. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1357846>
- Mahayukti, G. A., Dianawati, N. P. S., Ardana, I. M., & Suryawan, I. P. P. (2019). The effect of concrete-pictorial-abstract learning strategy on spatial sense ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1317(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1317/1/012007>
- Maor, E. (2013). *Trigonometric delights*. Princenton, New Jersey: Princeton University Press.
- Mesa, V., & Herbst, P. (2011). Designing representations of trigonometry instruction to study the rationality of community college teaching. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 43(1), 41–52. <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0300-7>
- Milton, J. H., Flores, M. M., Moore, A. J., Taylor, J. L. J., & Burton, M. E. (2018). Using the concrete – representational – abstract sequence to teach conceptual understanding of basic multiplication and division. *Learning Disability Quarterly*, 1–14. <https://doi.org/10.1177/0731948718790089>
- NCTM. (2000). *Principles Standards and Standards for School Mathematics*. Reston: VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Price, C., & Van Jaarsveld, P. (2017). Using open-response tasks to reveal the conceptual understanding of learners—learners teaching the teacher what they know about trigonometry. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 21(2), 159–175. <https://doi.org/10.1080/18117295.2017.1329054>
- Putri, H. E. (2015). The influence of Concrete Pictorial Abstract (CPA) approach to the Mathematical representation ability achievement of the pre-service teachers at elementary school. *International Journal of Education and*

- Research*, 3(6), 113–126.
- Ramadhan, N. A. (2012). Penerapan pendekatan Concrete Pictorial Abstract (CPA) Bilangan cacah untuk meningkatkan hasil belajar matematika pada anak tunagrahita ringan kelas 6 di SD. *Jassi Anakku*, 11(2), 115–124.
- Rosengrant, D., Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). An overview of recent research on multiple representations. *AIP Conference Proceedings*, 883, 149–152. <https://doi.org/10.1063/1.2508714>
- Sahendra, A., Budiarto, M. T., & Fuad, Y. (2018). Students' representation in mathematical word problem-solving: exploring students' self-efficacy. *Journal of Physics: Conference Series*, 947(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012059>
- Salingay, N. R. R., & Tan, D. A. (2018). Concrete-pictorial-abstract approach on students' attitude and performance in mathematics. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 7(5), 90–111.
- Sarkam, S., Sujadi, I., & Subanti, S. (2019). Mathematical connections ability in solving trigonometry problems based on logical-mathematical intelligence level. *Journal of Physics: Conference Series*, 1188(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1188/1/012022>
- Solikin, A. (2016). Aplikasi aturan cosinus dan sinus segitiga bola dalam perhitungan arah kiblat (sebuah relasi antara matematika dan agama). *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 1(2), 164. <https://doi.org/10.30651/must.v1i2.235>
- Sousa, D. A. (2008). *How the brain learns mathematics*. Thousand Oaks, California: Corwin Press.
- Varma, S., & Schwartz, D. L. (2011). The mental representation of integers: An abstract-to-concrete shift in the understanding of mathematical concepts. *Cognition*, 121(3), 363–385. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2011.08.005>
- Wahyu, K., Amin, S. M., & Lukito, A. (2017). Motivation cards to support students' understanding on fraction division. *International Journal on Emerging Mathematics Education*, 1(1), 99. <https://doi.org/10.12928/ijeme.v1i1.5760>
- Walsh, R., Fitzmaurice, O., & O'Donoghue, J. (2017). What subject matter knowledge do second-level teachers need to know to teach trigonometry? An exploration and case study. *Irish Educational Studies*, 36(3), 273–306. <https://doi.org/10.1080/03323315.2017.1327361>
- Whitin, P. E. (2007). The Mathematics Survey: A Tool for assessing attitudes and dispositions. *Teaching Children Mathematics*, 13(8), 426–433.

PERAMALAN CURAH HUJAN PROVINSI BENGKULU DENGAN  
*GENERALIZED SPACE-TIME AUTOREGRESSIVE*

Herlin Fransiska\*<sup>1</sup>, Etis Sunandi<sup>2</sup>, Dian Agustina<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Bengkulu

[hfransiska@unib.ac.id](mailto:hfransiska@unib.ac.id)<sup>1</sup>, [esunandi@unib.ac.id](mailto:esunandi@unib.ac.id)<sup>2</sup>, [dianagustina@unib.ac.id](mailto:dianagustina@unib.ac.id)<sup>3</sup>

\*Corresponding Author

Received 08 July 2020; revised 01 October 2020; accepted 27 October 2020.

ABSTRAK

Provinsi Bengkulu adalah daerah dengan curah hujan yang tinggi dan pola yang berfluktuatif. Hal tersebut dapat menjadi salah satu pemicu terjadinya dampak seperti banjir, tanah longsor, dan bencana alam lainnya. Struktur fisik dan kondisi geografis antar lokasi di Provinsi Bengkulu adalah dua kondisi yang mempengaruhi curah hujan Provinsi Bengkulu. Berbagai struktur fisik dan kondisi geografis antar lokasi di provinsi ini menjadi pertimbangan penulis menggunakan model *Generalized Space-Time Autoregressive* (GSTAR) untuk peramalan curah hujan. Model ini lebih fleksibel jika data yang digunakan adalah data ruang-waktu. Asumsi stasioner diterima setelah data curah hujan ditransformasikan dengan fungsi  $Z^{1/2}$ . Model terbaik yang digunakan adalah model GSTAR (1;1) dengan matriks pembobot seragam dan invers jarak. Hasil penelitian didapatkan menggunakan matriks pembobot seragam diperoleh MSE 0.279, MAPE 13.810 dan RMSE 0.528, dan dengan matriks pembobot invers jarak diperoleh MSE 0.229, MAPE 13.090 dan RMSE 0.478 pada prakiraan data 3 periode. Ini menunjukkan bahwa model GSTAR (1;1) dengan bobot invers jarak memperkirakan curah hujan di Provinsi Bengkulu dengan lebih baik.

**Kata kunci:** curah hujan, GSTAR, Provinsi Bengkulu, ruang-waktu.

ABSTRACT

Bengkulu Province is an area with high and fluctuating rainfall. This can be one of the triggers for floods, landslides, and other natural disasters. The physical structure and geographical condition between locations are two conditions that affect the rainfall in Bengkulu Province. The various physical structure and geographical conditions between locations are considered by the authors to use the *Generalized Space-Time Autoregressive* (GSTAR) model for rainfall forecasting. This model is more flexible in space-time data. The stationary assumptions are accepted after rainfall data has been transformed with  $Z^{1/2}$ . The best model used is the GSTAR (1;1) model with a uniform and inverse distance weighting matrix. By using a uniform weighting

matrix obtained MSE 0.279, MAPE 13.810 and RMSE 0.528, and with the inverse distance weighting matrix obtained MSE 0.229, MAPE 13.090 and RMSE 0.478 on the three-period data forecast. This shows that the GSTAR (1;1) with the inverse distance weighting matrix model can forecast the rainfall in Bengkulu province well.

**Keywords:** rainfall, GSTAR, Bengkulu Province, space-time.

## **PENDAHULUAN**

Negara dengan iklim tropis, seperti Indonesia, sangat bergantung pada prediksi curah hujan untuk banyak sektor seperti pertanian, penerbangan, dan pengiriman (Wahyuni & Mahmudy, 2017). Provinsi Bengkulu merupakan salah satu provinsi yang memiliki curah hujan yang tinggi dan sifat sangat basah sehingga intensitas curah hujan menjadi cukup besar. Hal ini berarti hujan lebat kemungkinan besar sering terjadi sehingga sangat berbahaya karena berdampak buruk bagi aktivitas kehidupan masyarakat seperti dapat menimbulkan banjir, longsor dan bencana alam lainnya yang berefek negatif terhadap berbagai sektor seperti pertanian, pariwisata, ekonomi dan transportasi (Fransiska, Novianti, & Agustina, 2019). Oleh sebab itu, informasi tentang curah hujan Provinsi Bengkulu sangat penting untuk diketahui.

Intensitas curah hujan yang cukup besar di Provinsi Bengkulu tentunya juga disebabkan oleh karakteristik wilayahnya yang terdiri dari daerah pantai, dataran rendah dan dataran tinggi. Prakiraan cuaca saat ini telah menjadi satu hal yang dibutuhkan bagi banyak orang di dunia. Dalam memprediksi hujan, pengolahan data cuaca merupakan hal yang penting. Namun permasalahannya, data cuaca yang semakin hari semakin bertambah menyebabkan penumpukan data sehingga pengolahan data tersebut perlu penanganan lebih lanjut (Fauzy, Saleh W, & Asror, 2016). Namun umumnya faktor lokasi belum disertakan dalam penelitian curah hujan dengan menggunakan data runtun waktu sehingga peneliti melakukan permodelan data curah hujan bulanan Provinsi Bengkulu dengan mempertimbangkan lokasi. Penelitian ini menggunakan data curah hujan bulanan di beberapa lokasi pos hujan. Karena data tersebut merupakan data ruang-waktu maka dilakukan permodelan curah hujan Provinsi Bengkulu dengan menggunakan

model *Generalized Space-Time Autoregressive (GSTAR)*. Tujuan penelitian ialah permodelan dan peramalan curah hujan bulanan Provinsi Bengkulu.

## **METODE PENELITIAN**

### **Data**

Objek penelitian yang akan diamati adalah curah hujan di Provinsi Bengkulu yang diambil di empat pos hujan yang ada di beberapa kabupaten/kota di Provinsi Bengkulu. Ada empat pos hujan yang digunakan yaitu pos hujan Pulau Baai Bengkulu (Kota Bengkulu), Pos Sulau (Bengkulu Selatan), Pos Air Muring (Bengkulu Utara), dan Pos Muara Tetas (Kaur). Data curah hujan yang digunakan ialah data curah hujan bulanan sejak Januari 2008 hingga Desember 2017. Data pada penelitian ini bersumber dari Kantor BMKG Pulau Baai Kota Bengkulu.

### ***Generalized Space-Time Autoregressive (GSTAR)***

Metode analisis yang digunakan adalah model *Generalized Space-Time Autoregressive (GSTAR)* yang diawali dengan pengujian kestasioneran data. Setelah diperoleh model, kebaikan model dapat dilihat dari nilai *Mean Squared Error (MSE)* dan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*. Model *GSTAR* adalah perluasan dari model *Space Time Autotegressive (Space-Time AR* atau *STAR)* yang diperkenalkan oleh Pfeifer (1979) dalam (Suhartono dan Subanar, 2006). Model *STAR* merupakan pengembangan dari model *Autotegressive (AR)* dengan menggunakan unsur lokasi dalam membangun model secara bersama-sama dan memiliki prinsip ketergantungan antara lokasi pada data untuk waktu tertentu. Model *GSTAR* memiliki karakteristik yang lebih fleksibel daripada model *STAR*. Model *GSTAR* memiliki notasi matematis yang sama dengan *STAR* ketika  $(p; 1)$ . Namun pada model *GSTAR* diperbolehkan atau sah jika pada *lag* lokasi memiliki nilai parameter yang berlainan. Model *GSTAR*  $(p; \lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p)$  secara umum ditulis sebagai berikut (Ruchjana, Borovkova, & Lopuhaa, 2012):

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{k=1}^p \left[ \Phi_{k0} + \sum_{l=1}^{\lambda_p} \Phi_{kl} \mathbf{W}^{(l)} \right] \mathbf{Z}(t - k) + \mathbf{e}(t) \quad (1)$$

Untuk *GSTAR*  $(p; 1)$  (Rahmadeni, 2011) sebagai berikut:

$$\mathbf{Z}(t) = \sum_{k=1}^p [\Phi_{k0} + \Phi_{k1} \mathbf{W}] \mathbf{Z}(t-k) + \mathbf{e}_t \quad (2)$$

keterangan:

$\mathbf{Z}(t)$  : vektor pengamatan pada waktu ke- $t$  lokasi ke- $n$  ( $n \times 1$ )

$\Phi_{k0}$  :  $diag(\phi_{k0,1}^1, \dots, \phi_{k0,n}^n)$

$\Phi_{k1}$  :  $diag(\phi_{k1,1}^1, \dots, \phi_{k1,n}^n)$

$\mathbf{W}$  : matriks pembobot spasial ( $n \times n$ ) sehingga  $w_{ii} = 0$  dan  $\sum_{i \neq j} w_{ij} = 1$

$\mathbf{e}(t)$  : vektor *noise* ukuran ( $n \times 1$ ).

Pada pemodelan runtun waktu terdapat dua asumsi yang harus dipenuhi yaitu data stasioner dan sisaan *white noise*. Penerapan model GSTAR dimulai dengan menentukan kestasioneran data (Ruchjana et al., 2012). Identifikasi pola stasioner dapat dilakukan dengan melihat plot data, transformasi Box-Cox dan *differencing*. Selain itu, mengasumsikan data deret waktu stasioner pada tingkat rata-rata dan varians dan berlaku untuk lokasi dengan karakteristik heterogen (Abdullah et al., 2018). Model ini juga terbatas pada data stasioner dan non-musiman (Nisak, 2016).

Pendugaan parameter GSTAR pada penelitian ini menggunakan *Ordinary Least Squares* (OLS). Jumlah pengamatan  $\mathbf{Z}_i(t), t = 0, 1, \dots, T$ , untuk lokasi  $i = 1, 2, \dots, n$  ialah

$$\mathbf{V}_i = \sum_{j=1}^n w_{ij} \mathbf{Z}_j(t) \quad (3)$$

Sedangkan model lokasi ke- $i$  ialah:

$$\mathbf{Y}_i = \mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}_i + \mathbf{u}_i \quad (4)$$

dengan  $\boldsymbol{\beta}_i = (\phi_{0i}, \phi_{1i})'$

$$\mathbf{Y}_i = \begin{bmatrix} Z_i(1) \\ Z_i(2) \\ \vdots \\ Z_i(T) \end{bmatrix}, \mathbf{X}_i = \begin{bmatrix} Z_i(0) & V_i(0) \\ Z_i(1) & V_i(1) \\ \vdots & \vdots \\ Z_i(T-1) & V_i(T-1) \end{bmatrix}, \mathbf{u}_i = \begin{bmatrix} e_i(1) \\ e_i(2) \\ \vdots \\ e_i(T) \end{bmatrix}$$

Hal ini terlihat bahwa model linier secara serentak untuk semua lokasi ialah  $\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{u}$  dengan  $\mathbf{Y} = (Y'_1, \dots, Y'_n)$ ,  $\mathbf{X} = diag(X_1, \dots, X_n)$ ,  $\boldsymbol{\beta} = (\boldsymbol{\beta}'_1, \dots, \boldsymbol{\beta}'_n)'$ ,  $\mathbf{u} = (\mathbf{u}'_1, \dots, \mathbf{u}'_n)'$ . Untuk setiap  $i = 1, 2, \dots, n$ , maka model linear secara parsialnya  $\mathbf{Y}_i = \mathbf{X}_i \boldsymbol{\beta}_i + \mathbf{u}_i$ . Parameter  $\boldsymbol{\beta}_i$  dihitung dengan OLS. Hal ini

terlihat bahwa  $V_i(t) = \sum_{j \neq i} w_{ij} Z_j(t)$  yang berarti nilai pendugaan parameter model bergantung pada bobot lokasi lain dari nilai  $Z_t$  (Talungke, Nainggolan, & Hatidja, 2015).

Beberapa jenis matriks pembobot lokasi pada permodelan GSTAR adalah matriks pembobot seragam dan matriks pembobot invers jarak. Pembobot seragam yaitu pembobot yang diperoleh dengan menggunakan prinsip lokasi A dipengaruhi oleh lokasi lainnya, sehingga semua lokasi selain A memiliki bobot yang sama dalam mempengaruhi A. Pembobot invers jarak yaitu bobot yang menggunakan prinsip jarak sebenarnya yaitu semakin dekat lokasi akan semakin besar nilai bobotnya (Rahmadeni, 2011).

Pengujian signifikansi parameter model GSTAR yaitu uji individu menggunakan uji-t. Perumusan hipotesis:

$H_0: \phi_{1l}^{(i)} = 0$  (parameter tidak signifikan), dengan  $l = 0,1$  dan  $i = 1,2, \dots, N$ .

$H_0: \phi_{1l}^{(i)} \neq 0$  (parameter signifikan), dengan  $l = 0,1$  dan  $i = 1,2, \dots, N$ .

Besaran-besaran yang diperlukan

$$s(\phi_{10}^{(i)}) = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^n (z_i(t))^2}{n \sum_{i=1}^n (z_i(t) - \bar{z}_i(t))^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \times \sigma \quad (5)$$

$$s(\phi_{11}^{(i)}) = \left\{ \frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^n (z_i(t) - \bar{z}_i(t))^2} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

dengan

$\phi_{1l}^{(i)}$  = parameter dengan  $l = 0,1$  dan  $i = 1,2, \dots, N$ .

$s(\phi_{1l}^{(i)})$  = standar error untuk parameter dengan  $l = 0,1$  dan  $i = 1,2, \dots, N$ .

Adapun statistik uji yang digunakan ialah:

$$t_{hitung} = \frac{|\phi_{1l}^{(i)}|}{s(\phi_{1l}^{(i)})} \quad (7)$$

dengan kriteria pengujian jika  $t_{hitung} > t_{tabel}$ , maka  $H_0$  ditolak.

Pengukuran kesalahan peramalan dapat digunakan sebagai acuan dalam pemilihan model untuk melihat kebaikan model. Berikut dua dari beberapa jenis kebaikan model:

a. *Mean Squared Errors* (MSE)

Kesalahan rata-rata kuadrat atau MSE diperoleh dengan cara setiap kesalahan error yang dikuadratkan kemudian dijumlahkan dan dibagi dengan jumlah observasi. MSE dapat dihitung dengan rumus (Prisandy & Suhartono, 2008):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (8)$$

dengan  $e_t$ : Error pada periode- $t$ , dan  $n$ : Jumlah observasi.

b. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Persentase kesalahan absolut rata-rata atau MAPE memberikan petunjuk seberapa besar kesalahan peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya yang dapat dihitung dengan rumus (Prisandy & Suhartono, 2008):

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Z_t - \hat{Z}_t}{Z_t} \right| \times 100\% \quad (9)$$

dengan:

$Z_t$ : Data sebenarnya pada periode- $t$ .

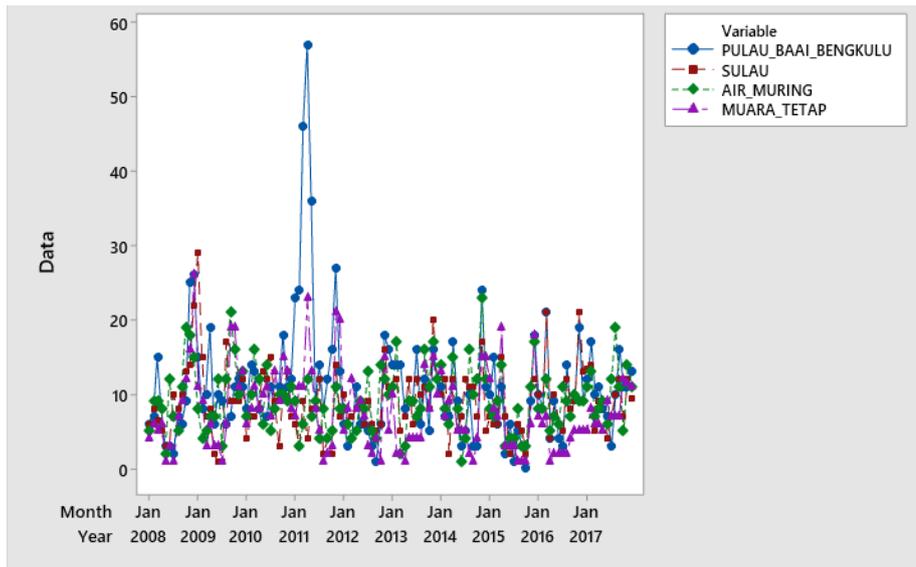
$\hat{Z}_t$ : Nilai peramalan pada periode- $t$ .

$n$ : Jumlah observasi.

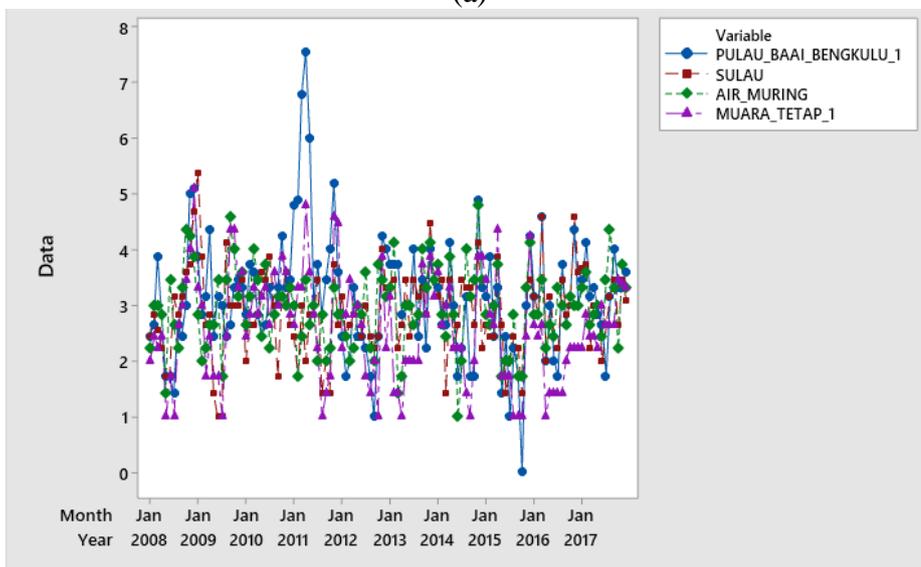
Semakin kecil nilai MSE dan MAPE semakin baik model tersebut.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Provinsi Bengkulu terdiri dari 10 kabupaten/kota yang memiliki curah hujan yang berbeda sehingga di setiap kabupaten/kota memiliki beberapa pos hujan. Berdasarkan Gambar 1 bagian (a) dapat dilihat bahwa data memiliki pola yang cenderung sama untuk rata-rata maupun variannya. Pola data ini juga menunjukkan bahwa data belum stasioner sehingga dilakukan analisis Box-Plot dan ditransformasi menggunakan  $Z^{1/2}$ . Plot data hasil transformasi dapat dilihat pada Gambar 1 bagian (b).



(a)



(b)

Gambar 1. (a) Data Asli Rata-Rata Curah Hujan Bulanan Empat Pos Hujan di Provinsi Bengkulu pada Januari 2008-Desember 2017, (b) Data Rata-Rata Curah Hujan Setelah Transformasi

Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata setiap pos hujan cukup bervariasi. Hal yang sama juga terjadi pada ragam dimana terlihat ragam yang sangat berbeda antar pos hujan yaitu 65.41, 21.78, 18.69, dan 27.88. Selain itu dapat dilihat dari Tabel 1, pada kurun waktu 10 tahun, ada bulan yang hampir tidak terjadi hujan yang dapat dilihat dari minimum curah hujannya 0 dan 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Rata-Rata Curah Hujan di Pos-Pos Hujan Provinsi Bengkulu Januari 2008-Desember 2017

	P. Baai Bengkulu	Sulau	Air Muring	Muara Tetap
Rata-rata	10.97	8.94	9.24	7.65
Ragam	65.41	21.78	18.69	27.88
Maksimum	57	29	23	26
Minimum	0	1	1	1
Kuartil 1	6	6	6	4
Median	9.5	8	9	7
Kuartil 3	14	12	12	11
Banyak Data	120	120	120	120

Secara umum data transformasi rata-rata curah hujan pada Gambar 2 bagian (b) telah menunjukkan kestasioneran data baik dalam rata-rata maupun ragam. Data transformasi ini selanjutnya digunakan untuk pemodelan. Selain itu hubungan curah hujan antar kabupaten/kota juga dapat dilihat dari korelasi. Berdasarkan data diperoleh korelasi antar wilayah berbeda-beda dengan korelasi tertinggi yaitu Muara Tetap dengan Pulau Baai Bengkulu sebesar 0.539 dan terendah antara Air Muring dengan Pulau Baai Bengkulu yaitu 0.246. Rincian lengkap diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Korelasi Curah Hujan antar Lokasi

	P. Baai Bengkulu	Sulau	Air Muring	Muara Tetap
P. Baai Bengkulu	1	0,390	0,246	0,539
Sulau	0,390	1	0,475	0,405
Air Muring	0,246	0,475	1	0,453
Muara Tetap	0,539	0,405	0,453	1

Data terbagi menjadi dua yaitu data untuk pemodelan dan untuk data peramalan. Pemodelan dengan GSTAR dilakukan pada data transformasi sebanyak 117 data. Dan untuk peramalan sebanyak 3 data. Pembobot lokasi yang digunakan ialah matriks pembobot seragam dengan bobot sebagai berikut:

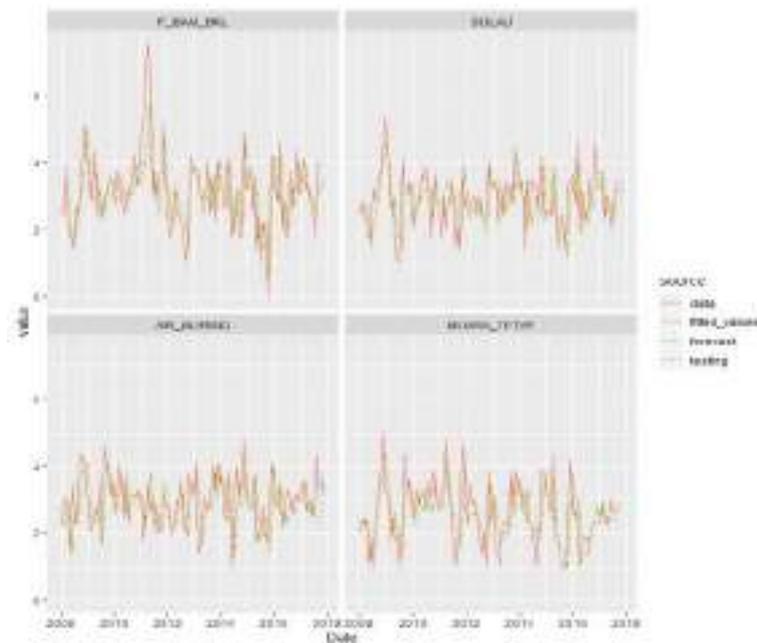
$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0.333 & 0.333 & 0.333 \\ 0.333 & 0 & 0.333 & 0.333 \\ 0.333 & 0.333 & 0 & 0.333 \\ 0.333 & 0.333 & 0.333 & 0 \end{bmatrix}$$

Model GSTAR yang terbaik ialah GSTAR (1;1) dan diperoleh parameter model untuk masing-masing pos hujan pada Tabel 3.

Tabel 3. Estimasi Parameter Model GSTAR (1;1) dengan Bobot Seragam

Parameter	Estimasi	p-Value
$\phi_{10}$ (P. Baai Bengkulu)	0.5860	0.096*
$\phi_{20}$ (Sulau)	0.5047	0.092*
$\phi_{30}$ (Air Muring)	0.6939	0.093*
$\phi_{40}$ (Muara Tetap)	0.4540	0.073*
$\phi_{11}$ (P Baai Bengkulu)	0.4343	0.090*
$\phi_{21}$ (Sulau)	0.4629	0.083*
$\phi_{31}$ (Air Muring)	0.2810	0.043*
$\phi_{41}$ (Muara Tetap)	0.4567	0.091*

Dengan menggunakan taraf nyata 10% dapat dilihat semua parameter telah signifikan. Selanjutnya dilakukan pengujian asumsi *white noise* dan diperoleh model telah memenuhi asumsi tersebut. Sehingga dapat dilakukan peramalan menggunakan parameter yang ada dan diperoleh hasil pada Gambar 2.



Gambar 2. Peramalan Rata-Rata Curah Hujan dengan Model GSTAR (1;1) Menggunakan Pembobot Seragam.

Peramalan yang ditunjukkan pada Gambar 2 memiliki nilai MSE untuk semua data sebesar 0.279 dan MAPE 13.810. Adapun nilai-nilai MAPE dan MSE masing-masing pos hujan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kebaikan Model GSTAR (1;1) dengan Pembobot Seragam

	P. Baai Bengkulu	Sulau	Air Muring	Muara Tetap
MSE	0.031	0.128	0.637	0.323
MAPE	3.749	10.317	24.451	16.721

Sementara itu pemodelan GSTAR (1;1) dengan menggunakan matriks pembobot invers dengan bobot sebagai berikut:

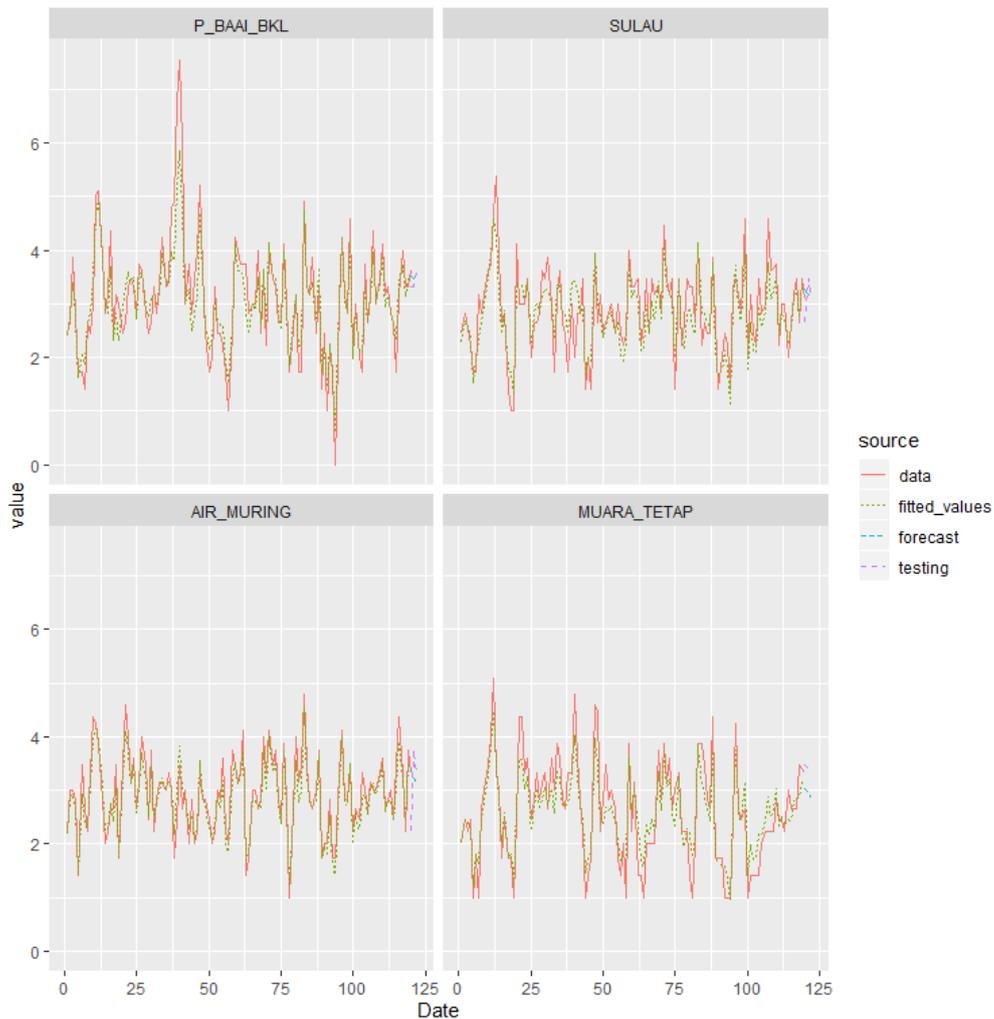
$$W = \begin{bmatrix} 0 & 0.318 & 0.424 & 0.258 \\ 0.317 & 0 & 0.243 & 0.439 \\ 0.441 & 0.303 & 0 & 0.256 \\ 0.304 & 0.451 & 0.244 & 0 \end{bmatrix}$$

Model GSTAR yang terbaik ialah GSTAR (1;1) dan diperoleh parameter model untuk masing-masing pos hujan di Tabel 5.

Tabel 5. Estimasi Parameter Model GSTAR (1;1) dengan Bobot Invers Jarak

Parameter	Estimasi	<i>p-Value</i>
$\phi_{10}$ (P.Baai Bengkulu)	0.5748	0.093*
$\phi_{20}$ (Sulau)	0.5149	0.095*
$\phi_{30}$ (Air Muring)	0.7201	0.097*
$\phi_{40}$ (Muara Tetap)	0.4837	0.082*
$\phi_{11}$ (P. Baai Bengkulu)	0.4183	0.091*
$\phi_{21}$ (Sulau)	0.4259	0.088*
$\phi_{31}$ (Air Muring)	0.2721	0.040*
$\phi_{41}$ (Muara Tetap)	0.4584	0.085*

Dengan menggunakan taraf nyata 10% dapat dilihat semua parameter telah signifikan. Selanjutnya dilakukan pengujian asumsi *white noise* dan diperoleh model telah memenuhi asumsi tersebut. Sehingga dapat dilakukan peramalan menggunakan parameter yang ada diperoleh seperti Gambar 3.



Gambar 3. Peramalan Rata-Rata Curah Hujan dengan Model GSTAR (1;1) Pembobot Invers Jarak

Peramalan yang ditunjukkan pada Gambar 3 memiliki nilai MSE untuk semua data sebesar 0.229 dan MAPE 13.090. Adapun nilai-nilai MAPE dan MSE masing-masing pos hujan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Keباikan Model GSTAR (1;1) dengan Pembobot Invers Jarak

	P. Baai Bengkulu	Sulau	Air Muring	Muara Tetap
MSE	0.035	0.157	0.523	0.200
MAPE	5.408	10.710	23.039	13.202

Hal ini menunjukkan bahwa peramalan curah hujan dipengaruhi oleh lokasi dan pembobot yang digunakan. Penentuan model terbaik dapat dilihat dari nilai *Root Mean Squared Error* (RMSE) untuk setiap model. Nilai MSE yang

dihasilkan dari masing-masing lokasi dilakukan operasi rata-rata dan diperoleh RMSE untuk bobot seragam 0.528 dan untuk bobot invers jarak 0.478. Sehingga bobot invers jarak lebih baik dilihat dari MAPE dan MSE serta RMSE secara keseluruhan.

## SIMPULAN

Struktur fisik dan kondisi geografis antar lokasi yang berbeda mempengaruhi curah hujan Provinsi Bengkulu, hal ini menjadikan data ruang-waktu (*space-time*) dapat dipertimbangkan untuk meramalkan curah hujan bulanan. Model GSTAR (1;1) dengan menggunakan pembobot seragam dan pembobot invers jarak menghasilkan hasil ramalan yang cukup baik dengan MSE 0.279 dan MAPE 13.810 untuk pembobot seragam dan MSE 0.229 dan MAPE 13.090 untuk pembobot invers jarak. Serta dilihat dari nilai RMSE untuk bobot seragam 0.528 dan untuk bobot invers jarak 0.478. Sehingga Model GSTAR (1;1) dengan bobot invers jarak lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A. S., Matoha, S., Lubis, D. A., Falah, A. N., Jaya, I. G. N. M., Hermawan, E., & Ruchjana, B. N. (2018). Implementation of Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR)-Kriging model for predicting rainfall data at unobserved locations in West Java. *Applied Mathematics and Information Sciences*, 12(3), 607-615. <https://doi.org/10.18576/amis/120316>
- Fauzy, M., Saleh W, K. R., & Asror, I. (2016). Penerapan metode association rule menggunakan algoritma apriori pada simulasi prediksi hujan wilayah kota Bandung. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Terapan*, 2(3), 221-227. <https://doi.org/10.33197/jitter.vol2.iss3.2016.111>
- Fransiska, H., Novianti, P., & Agustina, D. (2019). Permodelan curah hujan bulanan di kota Bengkulu dengan Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average (SARIMA) Studi Kasus: Stasiun Klimatologi di Bengkulu. In *Prosiding Seminar Nasional Official Statistics* (Vol.2019, No.1, pp.390-395).
- Nisak, S. C. (2016). Seemingly unrelated regression approach for GSTARIMA model to forecast rain fall data in Malang southern region districts. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 4(2), 57-64. <https://doi.org/10.18860/ca.v4i2.3488>
- Prisandy, D. E., & Suhartono. (2008). Penerapan metode GSTAR (P1) untuk Meramalkan data penjualan rokok di tiga lokasi. *Jurnal Ilmiah Widya Teknik*, 7(2), 199-210. <https://doi.org/10.33508/wt.v7i2.1275>
- Rahmadeni. (2011). *Kajian model regresi diri ruang-waktu terampat (kasus: data*

- hotspot kebakaran hutan di Riau*). Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ruchjana, B. N., Borovkova, S. A., & Lopuhaa, H. P. (2012). Least squares estimation of Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) model and its properties. In *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.4724118>
- Suhartono & Subanar. (2006). *The optimal determination of space weight in gstar model by using cross-correlation inference*. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada.
- Talungke, Y., Nainggolan, N., & Hatidja, D. (2015). Model Generalized Space Time Autoregressive (GSTAR) dengan analisis data menggunakan software R. *d'Cartesian: Jurnal Matematika dan Aplikasi*, 4(2), 122-128. <https://doi.org/10.35799/dc.4.2.2015.8649>
- Wahyuni, I., & Mahmudy, W. F. (2017). Rainfall prediction in Tengger, Indonesia using hybrid tsukamoto FIS and genetic algorithm method. *Journal of ICT Research and Applications*. 11(1), 38-55. <https://doi.org/10.5614/itbj.ict.res.appl.2017.11.1.3>

## GIVING QUESTIONS AS SCAFFOLDING TO HELP STUDENT IN CONSTRUCTING PROOF

Nurul Laili\*<sup>1</sup>, Tatag Yuli Eko Siswono<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Negeri Surabaya

nurul.17030174057@mhs.unesa.ac.id\*<sup>1</sup>, tatagsiswono@unesa.ac.id<sup>2</sup>

\*Corresponding Author

Received 30 August 2020; revised 03 October 2020; accepted 27 October 2020.

### ABSTRAK

Penelitian ini menjawab tantangan dalam membantu siswa yang mengalami kesulitan dalam menyusun pembuktian trigonometri. Penelitian kualitatif yang mendeskripsikan proses *scaffolding* dengan pertanyaan ini melibatkan 20 siswa kelas 2 SMA, yang kemudian dipilih 1 dari 11 siswa yang belum bisa menyelesaikan pembuktian secara lengkap. Hasil tes pembuktian dan rekaman wawancara adalah data yang dikumpulkan dan dianalisis untuk mengidentifikasi kesulitan yang dialami oleh siswa, jenis *scaffolding* yang dapat membantunya, serta perkembangan yang dihasilkan. Penelitian ini menunjukkan bahwa kesulitan yang dialami siswa dalam menyusun pembuktian diantaranya: kesulitan dalam menyusun strategi, *stuck* dalam proses, tidak dapat menentukan langkah selanjutnya, tidak dapat menemukan hubungan antara dua hal, melakukan langkah yang tidak tepat, serta menggunakan konsep yang tidak tepat. *Scaffolding* yang diberikan yaitu: menanyakan karakteristik dari bentuk yang akan dibuktikan, menanyakan konsep yang mungkin dapat digunakan, *directive question*, *facilitative utterance*, *trans active prompt*, dan *scaffolding* menggunakan analogi. Selanjutnya, perkembangan yang dihasilkan dari pemberian *scaffolding* tersebut adalah siswa dapat mengusulkan ide dan strategi baru, menemukan hubungan antara dua konsep atau dua hal, serta dapat menentukan dan menggunakan konsep yang tepat.

**Kata kunci:** pembuktian, pertanyaan, *scaffolding*, trigonometri.

### ABSTRACT

This research deals with the challenge of helping student who has difficulty in constructing trigonometry proof. This qualitative research that describing scaffolding process using questions involves 20 students in second grade of senior high school, then selects a student from the 11 students who cannot solve the proof completely. Student's work on proving test and interview recording are collected and analysed data to identify student's difficulty, type of scaffolding to help, and development produced. This research points out the difficulty student

faces are: difficulty in devising strategy, stuck in the process, unable to find the next step, and unable to find relation between two terms. Scaffoldings given are: asking the characteristic of what to be proven, asking a concept that may be used, directive question, facilitative utterance, trans active prompt and bridging analogy. Furthermore, developments produced from scaffolding given are: student can purpose new idea and strategy, can find relation between two things or two concepts, and student can determine and use appropriate concept.

**Keywords:** proof, question, scaffolding, trigonometry.

## **INTRODUCTION**

Constructing proof is process of constructing argument deductively to show the truth of a proposition, communicate, and persuade others to accept the truth by using known mathematical elements, they are definition, axiom, and theorem (Doruk, 2019; Hanna, 2000). It is recognized as important part in mathematics education because it involves deductive and logical reasoning that increase students' comprehension in mathematics, critical thinking, and argumentation (Cyr, 2011; Hemmi & Löfwall, 2010; Warli et al., 2020).

In line with the previous statements, Güler (2016) stated that ability to construct proof is very important because it improves problem solving skill and makes students have different points of view in solving mathematical problem. It develops reasoning skill, improves mathematical thinking skill, and contributes in improving mathematical communication skill, as well. So, it is not surprising if Güler (2016) stated that proof is the basis of mathematics, because it involves many important skills in mathematics. Beside that, it can show who understand mathematics deeply, not only execute some certain procedures, because it involves high-order thinking skills in building ideas and expressing them logically and systematically to construct the proof (Pantaleon et al., 2018). In addition, constructing proof is not only develops students' cognition, but also develops their character such as patience and persistence (Yazlik, 2019). The important role of proving in mathematics education is undeniable, however several research show that students still have some difficulties to construct it (Warli et al., 2020). Güler (2016) identified difficulties of proof that students face in four categories, they are difficulties in proof stem because of students' lack of prior knowledge, proof methods, executing certain procedure to construct proof, and biases against proof.

### *Giving Questions as Scaffolding to Help Students in Constructing Proof*

According to several opinion that proving skill is very important in mathematics education, but in another side proving is still difficult for students, for that reason it is needed to find solution of this problem. These problem can be overcome by using scaffolding. Scaffolding is assistance provided by more competent peers or adults to fill in gaps between students' actual knowledge and potential knowledge by breaking complex problem into simpler one that slowly increase students' cognitive complexity to build complete concept, so they could then solve the problem they have (Belland & Evidence, 2017; Schroeder, 2012; Slavin, 2006). The same is explained by Bikmaz et al. (2010) that the concept of scaffolding is used to define the role of more competent peers or adults in supporting students' learning development. Scaffolding can be in the form of actions that enable students to involve awareness of their thinking about the process and result of a problem. Blanton et al. (2009) divided instructional scaffolding in four types, they are:

Table 1. Type of Instructional Scaffolding

No.	Type	Characteristic
1.	Transactive Prompts (TP)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Requests for explanations</li><li>• Request for justifications</li><li>• Request for clarifications</li><li>• Request for elaborations</li><li>• Request for strategies</li></ul>
2.	Facilitative Utterances (FU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Re-voices or confirms student ideas</li><li>• Repeat or rephrase a student utterance</li></ul>
3.	Didactive Utterances (DdU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Teacher's utterances on the nature of mathematical knowledge.</li></ul>
4.	Directive Utterances (DrU)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Teacher tells directly rather than elicit information indirectly.</li></ul>

A teacher has a significant role in scaffolding process. The teacher can give scaffolding with guiding a discourse by asking purposeful questions to students -as one of scaffolding- and encourage them to share their ideas and

strategies to others (Anghileri, 2006; Pfister et al., 2015). Baxter & Williams (2010) differ scaffolding in two categories, they are social scaffolding and analytic scaffolding. Social scaffolding supports students to discuss and make interaction. It helps them to lean each other and work together rather than helps them to understand material directly, to complete mathematical task. While, analytic scaffolding supports students to understand material directly by giving them models, metaphors, representations, explanations, or justifications that can build mathematical understanding. Part of analytical scaffolding is provided by giving questions to make students focus and point out critical aspects of the mathematical concept being used (Baxter & Williams, 2010).

Questioning is an important part in learning process that enables students to develop their thinking and effective learning. It is a vital component to help them reach educational objectives and facilitate their cognitive growth (Shahrill, 2013). Skillful questioning can provide students connecting some mathematical concept in solving proof problem which might never come to their minds.

Based on the problem stated in the previous paragraph, we can see that students need scaffolding in constructing proof. So, the author has an initiative to provide a solution that is having a research about “giving questions as scaffolding to help students in constructing proof”. This research aims to describe scaffolding process using questions for helping students in constructing proof.

## **RESEARCH METHOD**

This qualitative research involves 20 students of 2nd grade of Islamic Senior High School Miftahul Qulubin Pamekasan that given proving test. 4 students can complete it, 11 students can solve only parts of it, and 5 students left the answer sheet blank. A student was selected from 11 students who can solve only parts of proving test to be given scaffolding, because scaffolding is only needed by student who cannot solve the proving completely. The proving test given consists one problem, that is proving cosine rule as follows:

*Given any triangle  $\Delta PQR$ .*

*$p$ ,  $q$ , and  $r$  are sides.*

*$\angle P$  is the angle opposite side  $p$ .*

*$\angle Q$  is the angle opposite side  $q$ .*

*$\angle R$  is the angle opposite side  $r$ .*

### *Giving Questions as Scaffolding to Help Students in Constructing Proof*

*Prove that  $q^2 = p^2 + r^2 - 2.p.r.\cos \angle Q$  (this equation is known as cosine rule)*

The data were collected through proving test and interview. The subject is interviewed related to her process in constructing proof and she was given scaffolding in part where she had difficulty. The type of scaffolding given is adapted from Blanton et al. (2009), but all of scaffolding in this research is in question form. So, directive utterance type is changed into directive question (DrU), and Didactic Utterance (DdU) type may not be given in the scaffolding. Another type of scaffolding might appear excluded Blanton's type of scaffolding, and it is identified based on student's need in scaffolding section. Furthermore, the data based on the test and interview are analyzed qualitatively, carried out by identifying difficulties that the subject face in constructing proof, determining the type of scaffolding given, and identifying the implication of scaffolding toward development of student's ZPD by analyzing student's utterance.

Blanton et al. (2009) propose five student's utterances that show development within his/her ZPD:

- 1) Proposing new idea. It refers to students' new relevant information -it may be correct or not- that potentially useful in constructing the proof.
- 2) Proposing new plan or strategy. It refers to students' new plan or strategy that potentially useful in constructing a proof or some aspect of the proof. It is differed from proposing new idea because new idea might not entail a plan or strategy.
- 3) Contribution to development of an idea. It refers to students' utterance when they add idea to existing idea that proposed by other students in the class to solve a proof completely.
- 4) Transactive questions. It refers to students' question when they request for clarification, elaboration, critique, justification, or explanation of their peers' utterances.
- 5) Transactive responses. It refers to students' response, either direct or indirect response, to clarify, elaborate, critique, justify or explain one's thinking.

These five types of utterances that show students' development within their ZPD can be found in a class. However, utterance that might show in this research is only first type and second type, because scaffolding in this research is given individually. So, there is no communication among students appears as in third, fourth, and fifth types.

## RESEARCH RESULTS AND DISCUSSIONS

### Student's capability in proving before scaffolding

The subject of this research (S1) begins the proving by understanding the problem. She determines what is known and what to be proven and she draw the illustration of the given problem. S1 thinks that to prove the theorem, she should use mathematical elements (definition, axiom, or theorem) and brings them to cosine rule form, but she does not know which mathematical elements she should choose. So, S1 manipulates what to be proven using trigonometric properties in right triangle and trying to find equality. In this case, she uses it in scalene triangle, hence, she cannot find equality. Actually, she knows that the process she carrying out is incorrect, but she does not want her work left blank. Proving process provided by S1 in Figure 1.

Diketahui -  $p$ , adalah panjang sisi yang berhadapan dengan  $\angle P$   
 $q$ , adalah panjang sisi yang berhadapan dengan  $\angle Q$   
 $r$ , adalah panjang sisi yang berhadapan dengan  $\angle R$

Dibuktikan -  $q^2 = p^2 + r^2 - 2 \cdot p \cdot r \cdot \cos \angle Q$

Dijawab -  $q^2 = p^2 + r^2 - 2 \cdot p \cdot r \cdot \cos \angle Q$   
 $= p^2 + r^2 - 2 \cdot p \cdot r \cdot \frac{p}{r}$   
 $= p^2 + r^2 - 2 \cdot p^2$   
 $= \sqrt{p^2 + r^2} - p^2$

S1 can determine what is known

S1 can determine what to be proven

Proving Process provided by S1

Figure 1. Proving Process Provided by S1 before Scaffolding

### **Scaffolding Process**

The first thing to do to help S1 in constructing proof is identifying the difficulties she has. Researcher identifies S1's first difficulty is unable to devise strategy in beginning the proof as the implication of student's lack of prior knowledge -rarely learn about proving in her school (Güler, 2016). To deal with this, researcher begins scaffolding by asking what is unique in the equation of cosine rule and what concept that might be used in proving cosine rule. This question supports S1 to find previous mathematical concept related to this problem. It is important step in constructing proof because it relates to Mathematical Connection Skill (Warli et al., 2020). The question aims to give her clue that the concept will use is Pythagorean Theorem, because lack strategic knowledge of how to choose facts and theorem to be applied is recognized as main cause of student's failure in constructing a proof (Weber, 2001). S1 answers something unique in the equation is containing square, like Pythagorean Theorem. Then she devises a strategy, that is constructing altitude to  $\overline{QR}$  through  $P$ , namely  $\overline{PR}$ . This finding a new strategy is evidence for development within S1's ZPD (Blanton et al., 2009).

Furthermore, S1 carries out the strategy, she gets  $PR^2 + PQ^2 = (PX^2 + XR^2) + (PX^2 + XQ^2)$ , and gets stuck in this step. She feels that there is something wrong with her process, and researcher gives these following questions:

- Researcher* : Is  $PX$  one of term in cosine rule? .... How to make it gone? (TP-Request for Strategies)  
*S1* : Oh ya, there is no  $PX$ . So it should be eliminated (Proposal new idea).

Then she makes two equations, that is Pythagorean formula in  $\Delta PXR$  and  $\Delta PXQ$ , and eliminates  $PX$  and gets  $q^2 - r^2 = XR^2 - XQ^2$ . But, she has difficulty in finding related concept. She does not know what to do next because she cannot find another concept that can be used to solve this proving (Warli et al., 2020).

- S1 : So, the result is  $PR^2 - PQ^2 = XR^2 - XQ^2$ . (...)  $PR^2 = q^2$ ,  $PQ^2 = r^2$ . Then how about  $XR$  and  $XQ$ ? (Unable to go to the next step)
- Researcher : What is relation between  $XR$  and  $XQ$ ? (DrQ)

“Unable to go to the next step” is differed from “get stuck”. “Unable to go to the next step” is difficulty when the student executes the right process but she does not know what to do next, while “get stuck” is difficulty when student does not know what to do next because of there is something wrong in the previous step. To help S1 in “unable to go to the next step”, she is asked to find relation between  $XQ$  and  $XR$ , as directive question, but it does not work. She needs more specific clue to find it.

- Researcher :  $XR + XQ = ?$  (DrQ)
- S1 : Ohhh  $XR + XQ = p$ . So,  $XR = p - XQ$  (Find the relation between two things)

She find that  $XQ + XR = p$ , but she does inappropriate step, by substituting  $XQ$  by  $p - XR$  and  $XR$  by  $p - XQ$ , hence  $p^2$  eliminated. It is not suitable with the equation in cosine rule, so she is asked for confirmation and requested for elaboration to make her focus on the goal she wants to achieve (Baxter & Williams, 2010), that is cosine rule.

- Researcher : Hang on second. Did you substitute  $XR$  with  $p - XQ$ , and  $XQ$  with  $p - XR$ ? (FU- Confirmation)
- S1 : Yes
- Researcher : Why did you do that? (TP- Request for elaboration)
- S1 : (...) to eliminate  $p$
- (...)
- Researcher : Please pay attention to the equation that will be proven. Is there  $p$  term there? (...) If yes, then why did you eliminate it? (TP- Request for elaboration)
- S1 : Oh

Then she realizes that she only need to substitute one of them, in this case she substitutes  $XR = p - XQ$ , to eliminate  $XQ^2$  (propose new strategy). Hence she gets  $q^2 - r^2 = (p - XQ)^2 - XQ^2$ . She thinks that  $(a + b)^2 = a^2 + b^2$  as she did in the previous step. Then, researcher asks the result of  $(5 + 2)^2$  -as base problem- and asks S1 to make an explicit comparison with  $(a + b)^2 = a^2 + b^2$ -as target problem. This question is called as scaffolding with bridging analogy (Podolefsky, 2008). This question makes her remember about binomial expansion

*Giving Questions as Scaffolding to Help Students in Constructing Proof*

and applies it (Using appropriate concept), hence she gets  $q^2 - r^2 = p^2 - 2p \cdot XQ$ . Furthermore, she uses trigonometric properties to find relation between  $XQ$  and  $\cos \angle Q$ , and gets  $q^2 = p^2 + r^2 - 2pr \cos \angle Q$ . Finally with the various types of scaffolding S1 solve the proof completely.

Scaffolding process toward S1 can be illustrated in Figure 2.

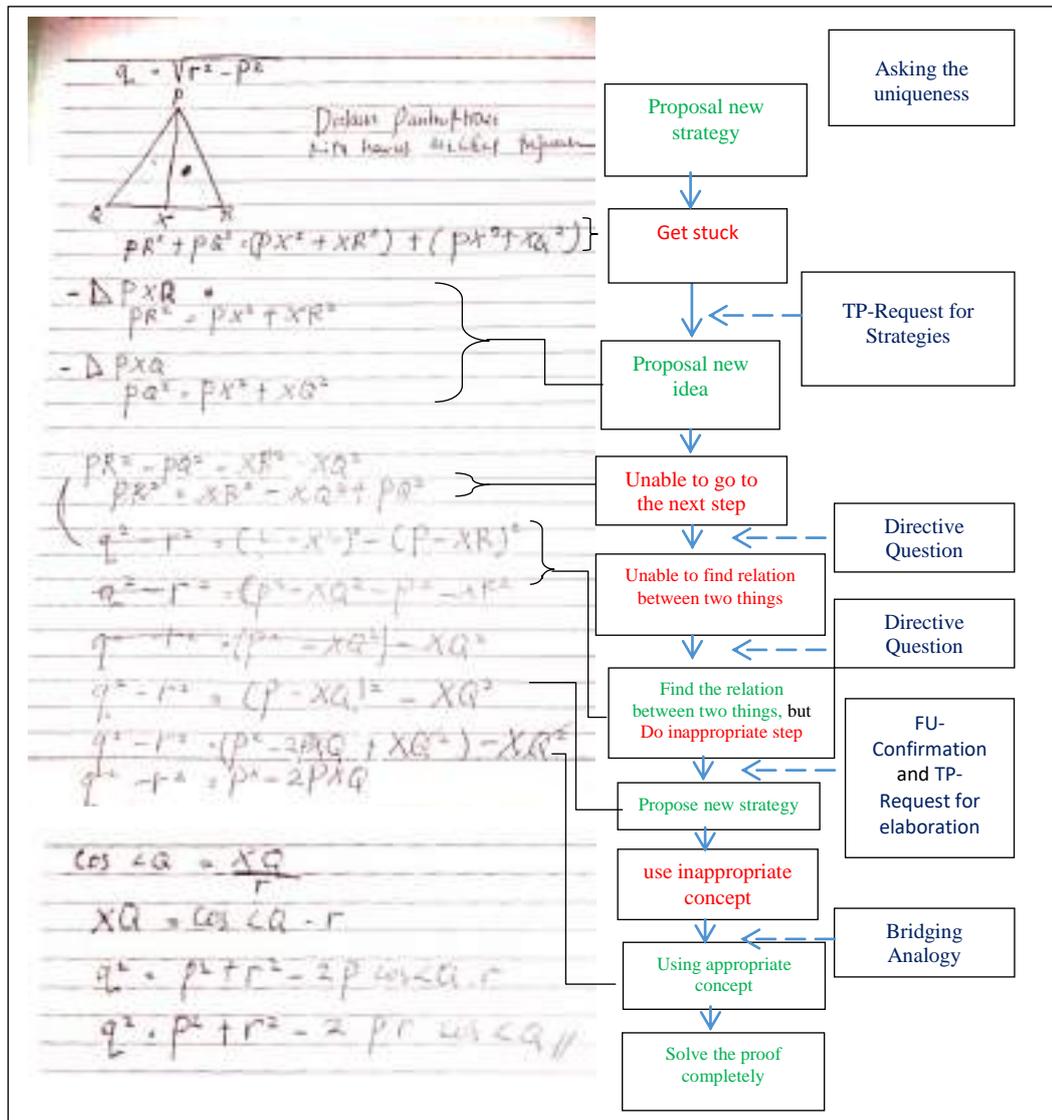


Figure 2. Proving Process Provided by S1 while Scaffolding

The red font is used to indicate difficulties or problems that S1 face in constructing proof, the blue font indicates scaffolding given to help S1 to face the difficulties, and the green font indicates the success of scaffolding given. This research only consist one subject to make the discussions of scaffolding given becomes deeper and focus. From the data, it can be seen that some problems that

student face in constructing proof are unable to begin proving or unable to devise strategy, getting stuck in the process, unable to go to the next step, unable to find relation between two things or two concepts, doing inappropriate step, and using inappropriate concept. Note that, Difficulty stated in this article means problem that student face, because in some problems student does not think that it is difficulty such as when she uses inappropriate concept.

Difficulties in devising strategy, as Stavrou (2014) found that most of students are still lack of knowing how to start a proof, can be scaffolded by asking what is the characteristics of what to be proven, and ask the students to recall their knowledge that may be used. When subjects get stuck in their process, they can be scaffolded by giving them trans active prompt with requesting for strategies, and if this scaffolding is success they will propose new idea or new strategy. Directive question can be used to scaffold students that unable to go to the next step and unable to find relation between two things. Facilitative utterance and transactive prompt can be used to scaffold student when he/she do inappropriate step, and using inappropriate concept can be scaffolded by bridging analogy. Using inappropriate concept in this article means misconception, that can be scaffolded by using analogy (Dilber & Duzgun, 2008).

Difficulties in constructing proof, scaffolding given, and development of student's ZPD are summarized in Table 2.

Table 2. Difficulty, Scaffolding, and Development of Student's ZPD

<b>Difficulty</b>	<b>Scaffolding</b>	<b>Development of Student's ZPD</b>
Devising strategy	Asking uniqueness	Propose new strategy
Getting stuck	Trans active prompt- Request for strategies	Propose new idea
Unable to go to the next step	Directive question	-
Unable to find relation	Directive question	Find relation
Do inappropriate step	Facilitative utterance	- Propose new strategy

Difficulty	Scaffolding	Development of Student's ZPD
	confirmation	
	Trans active prompt - request for elaboration	
Use inappropriate concept	Bridging analogy	Using appropriate concept

## CONCLUSION

Some problems that student face in constructing proof are unable to begin proving or unable to devise strategy, getting stuck in the process, unable to go to the next step, unable to find relation between two things or two concepts, doing inappropriate step, and using inappropriate concept. Difficulties in devising strategy can be scaffolded by asking what is the characteristics of what to be proven, and ask the students to recall their knowledge that may be used. When students get stuck in their process, they can be scaffolded by giving them directive question, and if this scaffolding is success they propose new idea or new strategy. Directive question can be used to scaffold students that unable to go to the next step and unable to find relation between two things. Facilitative utterance and transactive prompt can be used to scaffold student that do inappropriate step, and using inappropriate concept can be scaffolded by bridging analogy. For the next research related to scaffolding with questions, it is needed to compare scaffolding process between male and female students because they might have different sensitivity with question, and what kind of scaffolding that enhance more for male and female.

## REFERENCE

- Anghileri, J. (2006). Scaffolding practices that enhance mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 9(1), 33-52.  
<https://doi.org/10.1007/s10857-006-9005-9>
- Baxter, J. A., & Williams, S. (2010). Mathematics: managing the dilemma of telling. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 13(1), 7-26.  
<https://doi.org/10.1007/s10857-009-9121-4>
- Belland, B. R., & Evidence, E. (2017). *Instructional scaffolding in STEM education*. New York: Springer. Retrieved from

- <https://www.oapen.org/download?type=document&docid=1001944>
- Bikmaz, F. H., Çelebi, Ö., Ata, A., Özer, E., Soyak, Ö., & Reçber, H. (2010). Scaffolding strategies applied by student teachers to teach mathematics. *Educational Research Association The International Journal of Research in Teacher Education The International Journal of Research in Teacher Education*, 1(3), 25-36.
- Blanton, M., Stylianou, D., & David, M. (2009). Understanding instructional scaffolding in classroom discourse on proof. In D. A. Stylianou, M. L. Blanton, & E. J. Knuth (Eds.), *Teaching and learning and learning proof across the Grades: a k-16 perspective* (pp. 290-306). Madison Ave.
- Cyr, S. (2011). Development of beginning skills in proving and proof writing by elementary school students. *Proceedings of the Seventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 1–10. [http://lettredelapreuve.org/pdf/CERME7/Cerme7\\_WG1\\_Cyr.pdf](http://lettredelapreuve.org/pdf/CERME7/Cerme7_WG1_Cyr.pdf)
- Dilber, R., & Duzgun, B. (2008). Effectiveness of analogy on students' success and elimination of misconceptions. *Latin-American Journal of Physics Education*, 2(3), 174-183. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2734605.pdf>
- Doruk, M. (2019). Preservice mathematics teachers' determination skills of proof techniques: the case of integers. *International Journal of Education in Mathematics Science and Technology*, 7(4), 335-348. <https://www.ijemst.net/index.php/ijemst/article/view/729>
- Güler, G. (2016). The difficulties experienced in teaching proof to prospective mathematics teachers: academician views. *Higher Education Studies*, 6(1), 145–158. <https://doi.org/10.5539/hes.v6n1p145>
- Hanna, G. (2000). Proof, explanation and exploration: an overview. *Educational Studies in Mathematic*, 44(1-2), 5-23. <https://doi.org/10.1023/A:1012737223465>
- Hemmi, K., & Löfwall, C. (2010). Why do we need proof. *CERME 6, Congress of the European Society for Research in Mathematics Education*, 201-210. <http://www.divaportal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:400484>
- Pantaleon, K. V., Juniati, D., Lukito, A., & Mandur, K. (2018). The written mathematical communication profile of prospective math teacher in mathematical proving The written mathematical communication profile of prospective math teacher in mathematical proving. *Journal of Physics: Conference Series*, 947(1), 012070. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012070>
- Pfister, M., Moser, E. O., & Christine, P. (2015). Scaffolding for mathematics teaching in inclusive primary classrooms: a video study. *ZDM*, 47(7), 1079–1092. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0713-4>
- Podolefsky, N. S. (2008). *Analogical scaffolding: by* [University of Colorado]. <https://pdfs.semanticscholar.org/19bd/ba9831a44b3933cb9e65052c2434af566889.pdf>
- Schroeder, C. (2012). *Scaffolded assignments: designing structure and support*. University of Wisconsin.
- Shahrill, M. (2013). Review of effective teacher questioning in mathematics classrooms. *International Journal of Humanities and Social Science*, 3(17), 224-231.

<https://pdfs.semanticscholar.org/37c9/76100b72367ad137ece1813bb54b3b2a568b.pdf>

- Slavin, R. E. (2006). *Educational psychology theory and practice* (8th ed.). Pearson.
- Stavrou, S. (2014). Common errors and misconceptions in mathematical proving by education undergraduates. *Issues in the Undergraduate Mathematics Preparation of School Teachers*, 1(March), 1-8. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1043043>
- Warli, Cintamulya, I., & Rahayu, P. (2020). Scaffolding process based on students diagnostic difficulties in proving group problems by using mathematics mapping Scaffolding process based on students diagnostic difficulties in proving group problems by using mathematics mapping. *Journal of Physics: Conference Series*, 1422(1), 012012. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1422/1/012012>
- Weber, K. (2001). Student difficulty in constructing proofs: the need for strategic knowledge. *Educational Studies in Mathematics*, 48(1), 101–119. <https://doi.org/10.1023/A:1015535614355>

## PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN ALJABAR LINIER DAN MATRIKS DENGAN PENDEKATAN INKUIRI UNTUK MAHASISWA TEKNIK INFORMATIKA

Siti Aminah\*<sup>1</sup>, Nira Radita<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Sekolah Tinggi Informatika & Komputer Indonesia (STIKI) Malang  
sitiaminah@stiki.ac.id\*<sup>1</sup>, niraradita@stiki.ac.id<sup>2</sup>

\*Corresponding Author

Received 31 August 2020; revised 11 October 2020; accepted 08 November 2020.

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan modul berbasis teori konstruktivis dengan pendekatan inkuiri. Modul ini dibatasi hanya pada materi penyelesaian sistem persamaan linier pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks. Pengembangan modul pembelajaran ini dikembangkan dengan mengadaptasi tahapan pengembangan Dick & Carey. Modul yang telah dikembangkan ini diuji berdasarkan kriteria valid dan efektif. Selanjutnya, modul diuji kepada validator supaya valid dan diuji keefektifannya melalui uji normalitas dan *paired sample test*. Hasil dari penelitian ini adalah modul telah valid dan efektif.

**Kata kunci:** aljabar linier, inkuiri, modul matematika, teknik informatika.

### ABSTRACT

The purpose of this research is to develop learning module based on the constructivist theory of inquiry approach. This module is limited at solving the system of linear equations in the subject of Linear Algebra and Matrix. This learning module developed by adapting Dick & Carey model. Then, the modules are tested by an expert to get valid criteria And tested using normality and paired sample test to achieve effectiveness. The result of this study is a learning module that achieve valid and effective criteria.

**Keywords:** linear algebra, inquiry, mathematics module, informatics engineering.

### PENDAHULUAN

Sistem pembelajaran sedang bertransformasi dari pembelajaran dengan teori behavioris menuju pembelajaran dengan teori konstruktivis. Teori

konstruktivis memiliki prinsip bahwa pembelajaran adalah proses dimana seorang individu membangun pengetahuan melalui pembelajaran aktif, pembelajaran melalui proses berpikir, pembelajaran bermakna dan pembelajaran dengan bereksplorasi (Patil & Sachin, 2017). Pada kenyataannya, tidak semua individu yang melaksanakan proses pembelajaran memiliki kemampuan yang sama dalam membangun pengetahuannya. Beberapa individu merupakan tipe pebelajar cepat (*fast learner*) sedangkan beberapa lainnya merupakan tipe pebelajar lambat (*slow learner*).

Pebelajar lambat (*slow learner*) bukan merupakan pebelajar dengan disabilitas melainkan pebelajar yang membutuhkan pembelajaran khusus dikarenakan pebelajar tersebut memiliki kelemahan dalam berpikir, menemukan hubungan, penalaran, pengembangan konsep bilangan dan bahasa, serta ingatan (Ruhela, 2014). Pebelajar lambat memerlukan waktu yang lebih banyak dalam mengakuisisi kemampuannya dan akan lebih bermanfaat jika kegiatan pembelajaran dilakukan dengan terarah (Vasudevan, 2017). Sebaliknya, pebelajar cepat (*fast learner*) membutuhkan waktu yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan pebelajar lainnya dalam berpikir, bernalar, membuat hubungan, dan mengingat. Perlu dipikirkan suatu prosedur yang dapat mengakomodasi semua tipe pebelajar, baik pebelajar lambat maupun pebelajar cepat, sehingga tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan optimal. Pembelajaran yang dilakukan dosen adalah belajar berkelompok dengan pembagian siswa secara heterogen. Tujuannya supaya mahasiswa pebelajar cepat dapat mengajari pebelajar lambat. Namun kenyataannya, mahasiswa pebelajar lambat malah menunggu jawaban yang sudah jadi atau hanya nitip nama saja tanpa ada rasa ingin belajar. Supaya setiap mahasiswa mempunyai rasa tanggung jawab, maka pembelajaran dilakukan dengan pembelajaran mandiri. Usaha yang dapat dilakukan untuk mengakomodasi pebelajar cepat dan pebelajar lambat dalam pembelajaran mandiri adalah dengan memanfaatkan modul pembelajaran.

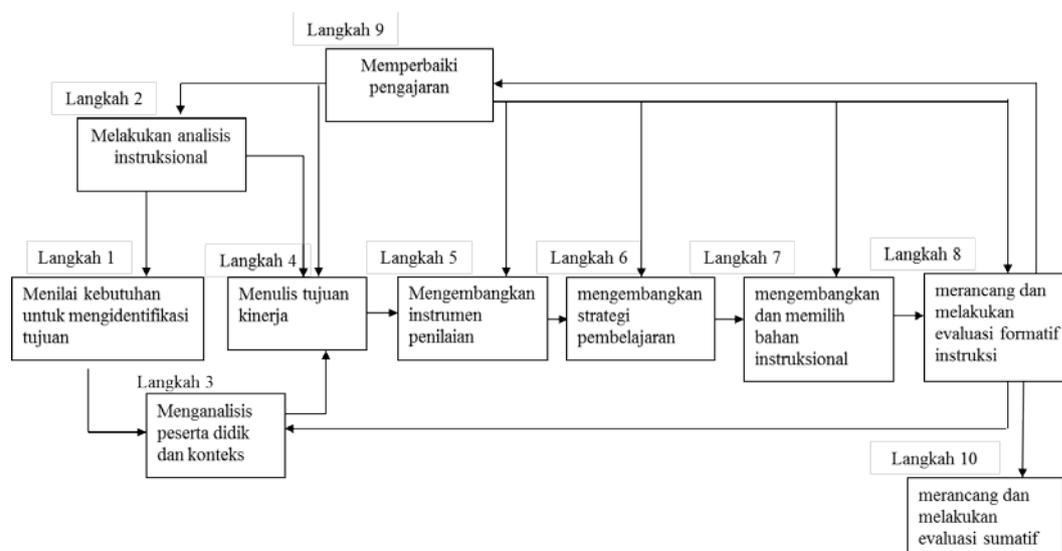
Modul pembelajaran memuat pengalaman pembelajaran yang tersusun secara sistematis dan koheren dengan tujuan pembelajaran dan kriteria penilaian yang mengharuskan pebelajar untuk berinteraksi secara aktif dengan objek

*Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika*

pembelajaran, melalui beberapa aktivitas yang harus dilakukan dan memperoleh umpan balik tentang apa yang mereka kerjakan. Modul disusun dengan teori konstruktivis sehingga modul tersebut dapat membantu pebelajar untuk memahami dan mempelajari serta memfasilitasi aktivitas pebelajar pada proses pembelajaran (Rufii, 2015). Pendekatan konstruktivis yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode inkuiri. Pendekatan inkuiri merupakan metode pembelajaran yang efektif yang mampu mengakomodasi pebelajar dengan tipe belajar yang berbeda, selain itu pebelajar dapat belajar dengan baik jika kegiatan pembelajaran memungkinkan mereka untuk terlibat secara aktif dalam aktivitas pembelajaran (Athuman, 2017). Modul ini diterapkan pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks karena mata kuliah ini memiliki tingkat kesulitan yang tinggi bagi beberapa mahasiswa (Berman & Shvartsman, 2016). Selain itu, mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib dimana konsep-konsep dasar ditanamkan sebagai dasar untuk perkuliahan pada mata kuliah lainnya. Berdasarkan penjelasan tersebut, dilakukan penelitian pengembangan modul pembelajaran pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks dengan pendekatan inkuiri pada mahasiswa Teknik Informatika.

**METODE PENELITIAN**

Modul pembelajaran ini dikembangkan dengan mengadaptasi Dick & Carey (1996) dengan tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan Menurut Dick and Carey

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah lembar validasi, lembar soal *pretest* dan lembar soal *posttest*. Validasi dilakukan dengan 2 validator yang merupakan dosen matematika pada Program Studi Teknik Informatika, satu dosen dari STIKI Malang dan satu dosen lainnya dari STMIK ASIA Malang. Hasil validasi dihitung dengan menggunakan skor rata-rata yang dikembangkan Hobri (2010). Sedangkan penentuan kriteria tingkat kevalidan merujuk pada Parta (2009) dengan ketentuan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kevalidan

Interval	Tingkat Kevalidan	Keputusan
$2 \leq \bar{V}_a \leq 3$	Valid	Tidak revisi namun memperhatikan saran dari validator
$1 \leq \bar{V}_a < 2$	Cukup Valid	Revisi kecil
$0 \leq \bar{V}_a < 1$	Tidak Valid	Revisi besar

Selanjutnya modul ini diujicobakan ke satu kelas Program Studi Teknik Informatika STIKI Malang yang sedang menempuh Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks. Pada penelitian ini, data nilai *pretest* dan *posttest* diolah sebagai uji keefektifan penggunaan modul. Data *pretest* didapatkan dari nilai tes pada materi sebelum solusi sistem persamaan linier, yaitu materi konsep matriks dan determinan. Sedangkan nilai *posttest* didapat dari nilai rata-rata kuis setelah mengerjakan modul. Data tersebut diuji secara statistika melalui uji normalitas, uji homogenitas, dan uji-t *paired test*.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah modul Aljabar Linier dan Matriks yang terbagi menjadi 3 bagian, yaitu modul 1, modul 2, dan modul 3. Berdasarkan tahapan Dick & Carey (1996), hasil dari tiap tahapan dijelaskan sebagai berikut.

### Tahap Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan penelitian pendahuluan yang meliputi pembelajaran dengan metode tatap muka, pemberian *pretest*, dan kajian literatur. Dari hasil penelitian pendahuluan diketahui bahwa terdapat mahasiswa yang merupakan tipe pebelajar lambat dan terdapat mahasiswa yang merupakan tipe pebelajar cepat. Dari kajian terhadap silabus mata kuliah yang telah disusun, diketahui bahwa pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks terdapat satu pokok

bahasanya itu menyelesaikan sistem persamaan linier yang terdiri dari 6 pokok materi untuk memperoleh hasil belajar yang hampir sama. Pokok materi tersebut yaitu menyelesaikan sistem persamaan linier dengan menerapkan eliminasi Gaussian, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan invers matriks, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Doolittle, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Cholesky, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Crout, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan aturan Cramer. Sehingga, untuk mengakomodasi tipe pebelajar cepat dan tipe pebelajar lambat pada seluruh pokok materi tersebut perlu dikembangkan modul pembelajaran pada pokok bahasan menyelesaikan sistem persamaan linier.

### **Tahap Analisis Instruksional**

Pada tahap analisis intruksional, yang dilakukan adalah mengidentifikasi materi prasyarat yang harus dikuasai mahasiswa untuk belajar menggunakan modul ini. Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan diperoleh data bahwa sebelum mempelajari pokok bahasan menyelesaikan sistem persamaan linier, mahasiswa harus sudah mempelajari pokok bahasan sistem persamaan linier, pokok bahasan matriks dan pokok bahasan determinan. Setelah mengetahui materi prasyarat yang dibutuhkan, selanjutnya adalah menyusun tujuan pembelajaran untuk materi yang akan dipelajari dengan menggunakan modul, yaitu:

- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan menerapkan eliminasi Gaussian,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan menggunakan invers matriks,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Doolittle,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Crout,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Cholesky,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan menerapkan aturan Cramer.

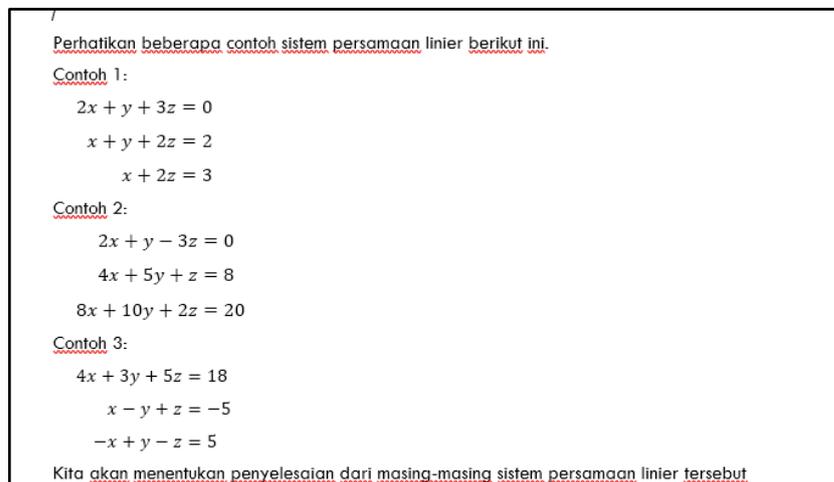
## Tahap Analisis Mahasiswa dan Konten

Tahap analisis mahasiswa dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan, sikap, dan pengetahuan awal mahasiswa yang akan menjadi subyek penelitian. Untuk dapat mencapai tujuan tersebut, dilakukan suatu kegiatan pembelajaran untuk mengetahui aktivitas belajar mahasiswa di dalam kelas dan selanjutnya memberikan *pretest* terhadap mahasiswa. Dari pelaksanaan pembelajaran di dalam kelas yang telah dilaksanakan diketahui bahwa 53% mahasiswa merupakan tipe pebelajar cepat dan 47% mahasiswa merupakan tipe pebelajar lambat.

Pada tahap analisis konten, disusun konten pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan sesuai dengan metode pembelajaran yang dipilih yaitu inkuiri. Sesuai dengan hal tersebut, maka konten pembelajaran yang dikembangkan pada modul ini meliputi aktivitas orientasi terhadap masalah, merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, mengumpulkan informasi, menguji hipotesis, dan menyimpulkan.

## Tahap Menulis Tujuan Kinerja

Ketiga modul disusun berdasarkan tahapan inkuiri. Pada tahap orientasi terhadap masalah pada salah satu modul tersaji pada Gambar 2.



Perhatikan beberapa contoh sistem persamaan linier berikut ini.

Contoh 1:

$$\begin{aligned}2x + y + 3z &= 0 \\x + y + 2z &= 2 \\x + 2z &= 3\end{aligned}$$

Contoh 2:

$$\begin{aligned}2x + y - 3z &= 0 \\4x + 5y + z &= 8 \\8x + 10y + 2z &= 20\end{aligned}$$

Contoh 3:

$$\begin{aligned}4x + 3y + 5z &= 18 \\x - y + z &= -5 \\-x + y - z &= 5\end{aligned}$$

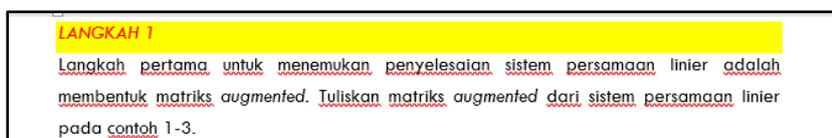
Kita akan menentukan penyelesaian dari masing-masing sistem persamaan linier tersebut

Gambar 2. Contoh Aktifitas pada Tahap Orientasi terhadap Masalah

Pada aktivitas ini, mahasiswa diberikan 3 masalah SPL. Masalah pertama adalah SPL dengan mempunyai satu solusi, masalah kedua adalah SPL yang tidak mempunyai solusi, dan masalah ketiga adalah SPL dengan banyak solusi.

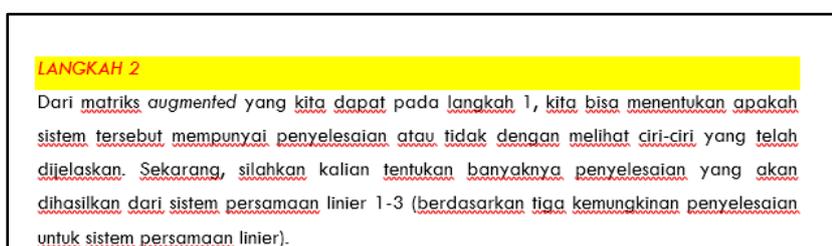
**Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika**

Selanjutnya, mahasiswa diinstruksikan mencari solusi dari SPL yang mempunyai satu solusi dengan mengikuti instruksi pada modul.

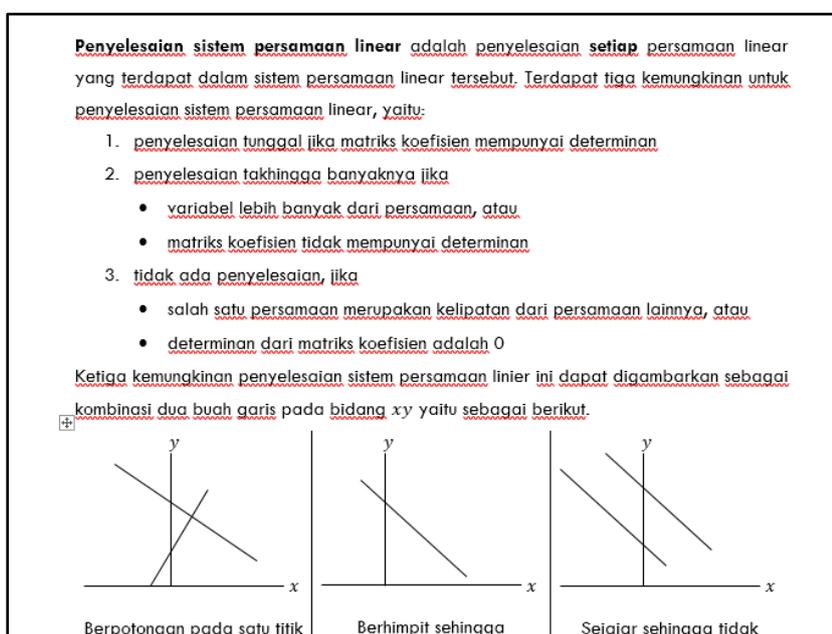


Gambar 3. Contoh Aktifitas pada Tahap Merumuskan Masalah

Tahap ke-dua pada inkuiri adalah merumuskan masalah. Pada aktivitas ini, mahasiswa membuat matriks *augmented* pada ketiga masalah yang tersedia.



Gambar 4. Contoh Aktifitas pada Tahap Mengajukan Hipotesis



Gambar 5. Contoh Pengetahuan yang Menuntun Mahasiswa Melakukan Aktivitas Mengajukan Hipotesis

Pada tahap ke-tiga inkuiri adalah mengajukan hipotesis. Sebelum menyelesaikan masalah, ada pengantar materi tentang pengetahuan yang akan

mengantar mahasiswa menyelesaikan masalah-masalah tersebut. Materi tersebut tersaji dalam halaman awal seperti pada Gambar 5. Pada tahap mengajukan hipotesis, mahasiswa menduga manakah matriks yang mempunyai satu solusi berdasarkan ciri-ciri yang diberikan sesuai pada pengetahuan mereka.

**LANGKAH 3**

Eliminasi gauss adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear dengan menghasilkan **matriks baris eselon**. Untuk menghasilkan matriks baris eselon, kita perlu melakukan Operasi Baris Elementer (OBE) pada matriks augmented. Untuk menjadi matriks baris eselon, sebuah matriks harus mempunyai sifat-sifat berikut ini:

1. jika suatu baris tidak seluruhnya terdiri dari nol, maka angka tak nol yang pertama dalam baris tersebut adalah angka satu, dan satu ini disebut **utama 1**;
2. jika ada sebarang baris yang seluruhnya terdiri dari nol, maka baris tersebut dikelompokkan bersama di bagian bawah matriks;
3. jika sebarang dua baris yang berurutan yang tidak seluruhnya terdiri dari nol, utama 1 pada baris yang lebih bawah terletak di sebelah kanan utama 1 dalam baris yang lebih atas.

Terdapat **tiga jenis operasi** yang dapat dilakukan dalam OBE, yaitu:

1. Menukarkan urutan dua baris
2. Mengalikan suatu baris dengan bilangan yang bukan nol
3. Menambahkan suatu baris dengan baris yang lainnya

Gambar 6. Contoh Aktifitas Mengumpulkan Informasi

Pada tahap ke-empat inkuiri adalah mengumpulkan informasi. Pada tahap ini, mahasiswa diberikan pengetahuan untuk dibaca dan dipahami. Pengetahuan ini akan membantu mahasiswa untuk melanjutkan proses mendapatkan penyelesaian dari masalah.

Pada tahap ke-lima inkuiri adalah menguji hipotesis. Pada tahap ini, mahasiswa telah menduga bahwa dari ketiga masalah tersaji, ada satu masalah yang mempunyai satu masalah. Dengan menggunakan pengetahuan yang telah diberikan pada tahapan mengumpulkan informasi, mahasiswa menggunakan pengetahuan tersebut untuk menguji hipotesis. Pada tahap ini, mahasiswa diberikan instruksi seperti yang tersaji pada Gambar 7.

**Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika**

**LANGKAH 4**

Tujuan kita melakukan OBE pada matriks *augmented* adalah agar matriks koefisien (A) menjadi matriks baris eselon. Berikut ini merupakan contoh matriks baris eselon

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Untuk mempermudah operasi baris elementer, lakukan langkah berikut ini

1. Ubahlah  $a_{21}$  menjadi 0
2. Ubahlah  $a_{31}$  menjadi 0
3. Ubahlah  $a_{32}$  menjadi 0

Tuliskan matriks *augmented* yang merupakan matriks dari sistem persamaan linier yang memiliki satu penyelesaian (hasil dari langkah 2). Tuliskan proses OBE dari matriks *augmented* tersebut, operasi dilakukan baik pada matriks koefisien maupun matriks suku konstan. Proses OBE berakhir jika matriks koefisien (A) sudah menjadi matriks baris eselon.

Dari matriks baris eselon diatas, kita memperoleh 3 persamaan baru, yaitu:

1. ....
2. ....
3. ....

---

Dari ketiga persamaan tersebut, kita bisa melakukan substitusi balik sehingga kita peroleh:

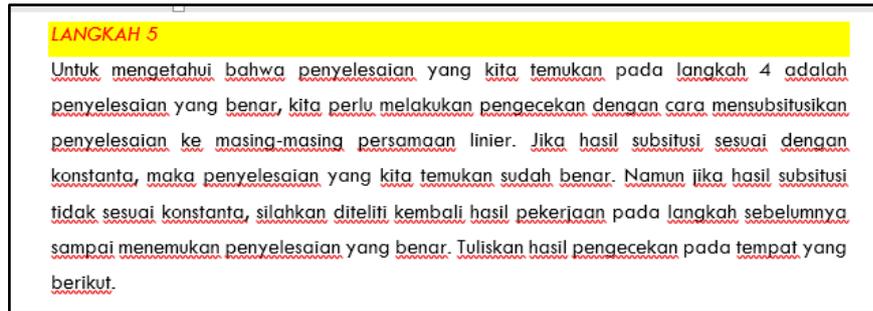
Dari persamaan 3  
 $z = \dots$

Dari persamaan 2  
 $\dots y + \dots z = \dots$   
 $\dots y + \dots = \dots$  (substitusi persamaan 1 ke persamaan 2)  
 $\dots y = \dots$   
 $y = \dots$

Dari persamaan 1  
 $\dots x + \dots y + \dots z = \dots$   
 $\dots x + \dots + \dots = \dots$  (substitusi persamaan 1 dan 2 ke persamaan 3)  
 $\dots x = \dots$

Gambar 7. Contoh Aktifitas Menguji Hipotesis

Tahap terakhir pada inkuiri adalah menyimpulkan. Setelah mahasiswa melakukan uji hipotesis, maka mereka akan mendapatkan solusi dari suatu SPL, yaitu solusi yang dihasilkan adalah satu solusi. Namun, belum mengetahui, apakah solusi tersebut benar. Sehingga diperlukan pengujian seperti pada instruksi yang tersaji pada Gambar 8. Dari pengujian tersebut, mahasiswa dapat menyimpulkan bahwa solusi yang mereka cari sudah benar.



Gambar 8. Contoh Aktifitas Menyimpulkan

### Tahap Pengembangan Instrumen Penilaian

Pada tahap ini, disusun lembar validator untuk menilai modul yang telah disusun. Indikator penilaian untuk modul aljabar linier dan matriks memodifikasi dari instrumen validasi modul (Aminah, 2012) dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Indikator Penilaian pada Lembar Validasi

No	Aspek yang dinilai	Penilaian			
		1	2	3	4
1	<i>Penampakan Pendekatan Inkuiri</i>				
	a. Isi modul tersaji masalah sesuai tahapan orientasi terhadap masalah pada inkuiri				
	b. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk merumuskan masalah				
	c. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk mengajukan hipotesis				
	d. Isi modul memuat pengetahuan yang dapat menjadi dasar mahasiswa untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan				
	e. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk menguji hipotesis				
	f. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk menyimpulkan				
2	<i>Tingkat Kesukaran Masalah</i>				
	a. Modul menyajikan masalah dengan tingkat kesukaran sesuai standar kognitif mahasiswa S1.				

No	Aspek yang dinilai	Penilaian			
		1	2	3	4
	b. Modul menyajikan kegiatan-kegiatan yang sesuai untuk kemampuan mahasiswa S1.				
4	<i>Ilustrasi/ Gambar</i>				
	a. Ilustrasi gambar pada tiap bagian dalam modul sesuai dengan topik bahasan.				
	b. Gambar tersebut dapat memberi ilustrasi konsep.				
	c. Gambar disajikan dengan jelas dan baik.				
5	<i>Bahasa</i>				
	a. Modul disajikan dengan bahasa yang komunikatif.				
	b. Modul disajikan dengan bahasa yang logis.				
	c. Modul disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami.				

### **Tahap Pemilihan Strategi Pembelajaran**

Untuk pelaksanaan pembelajaran dengan modul dilakukan dengan sistem daring. Modul terbagi menjadi 3, yaitu modul 1, modul 2, dan modul 3. Pada modul 1 berisi materi menentukan SPL dengan menggunakan eliminasi Gauss dan Gauss Jordan. Mahasiswa harus mempelajari modul 1 dalam waktu maksimal 1 minggu. Mahasiswa yang telah mempelajari modul 1, diperbolehkan mengerjakan kuis modul 1 secara daring. Jika nilai kuis modul 1 telah mencapai 65, maka mahasiswa bisa mengakses file modul 2. Bagi mahasiswa yang belum memenuhi nilai 65, maka mahasiswa harus belajar lagi dan mencoba kuis modul 1 dengan izin terlebih dahulu kepada dosen pengampu. Begitu seterusnya pembelajaran dilakukan hingga mahasiswa selesai mengerjakan kuis modul 3. Materi modul 2 tentang menentukan SPL dengan menggunakan invers matriks. Sedangkan materi modul 3 tentang menentukan SPL dengan menggunakan dekomposisi dan Cramer.

### **Tahap Mengembangkan dan Memilih Bahan Instruksional**

Modul telah tersusun sesuai dengan pendekatan inkuiri dan sesuai format yang direncanakan. Modul siap untuk diuji validasi oleh 1 dosen matematika STIKI dan 1 dosen STMIK Asia Malang.

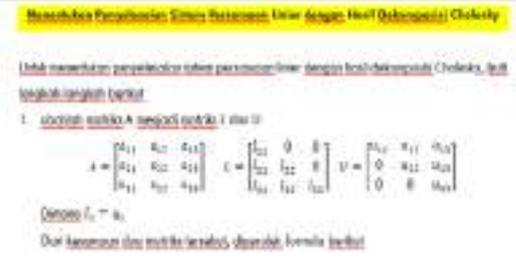
### Tahap Merancang dan Melakukan Evaluasi Formatif Instruksi

Langkah evaluasi formatif dilakukan oleh 1 dosen matematika STIKI dan 1 dosen matematika STMIK ASIA. Hasil uji validasi kedua validator adalah 2.37 yang berkriteria valid dengan beberapa revisi berdasarkan saran dari validator.

### Tahap Revisi

Pada tahap ini, dilakukan revisi berdasarkan saran dari validator. Pada Tabel 3 akan ditunjukkan saran dari validator beserta tampilan modul sebelum direvisi dan setelah direvisi.

Tabel 3. Perbaikan Modul Berdasarkan Saran dari Validator

Saran Validator	Sebelum direvisi	Setelah direvisi
Menampilkan materi pada tahap mengajukan hipotesis pada pengantar materi sebelum masalah diberikan	materi pada tahap mengajukan hipotesis terletak setelah disajikan	materi pada tahap mengajukan hipotesis terletak pada pengantar materi, sebelum 3 masalah disajikan
Materi pada tahap mengumpulkan informasi menggunakan Bahasa yang lebih mudah dipahami		
Pada modul 3 materi dekomposisi Cholesky, diberikan tambahan penjelasan supaya mudah dipahami oleh mahasiswa TI		

### **Tahap Merancang dan Melakukan Evaluasi Sumatif**

Setelah dilakukan revisi, dilakukan uji efektif. Uji keefektifan digunakan untuk membuktikan apakah modul mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan atau tidak. Modul dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Sehingga, modul dikatakan efektif jika modul dapat meningkatkan hasil belajar. Pengukuran efektif dan tidaknya modul dilakukan dengan membandingkan skor awal dalam *pretest* dengan skor akhir dalam *posttest*. Uji efektif ini dimulai dengan uji normalitas. Data yang diolah adalah nilai *pretest* dan nilai *posttest*. Nilai *posttest* didapat dari rata-rata nilai 3 kuis pada setiap modul. Untuk uji normalitas, ditentukan terlebih dahulu selisih data *pretest* dan data *posttest* seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas

			Kolmogorov Smirnov		
			Statistic	df	Sig.
Selisih	<i>Pretest</i>	dan	0.116	36	0.200
	<i>Posttest</i>				

Hasil uji normalitas dengan menggunakan Kolmogorov Smirnov diperoleh nilai sig. 0.200. Ini berarti bahwa nilai sig. > 0.05. Sehingga data dikatakan berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan *paired sample test*. Pada *paired samples statistics*, diperoleh Tabel 5.

Tabel 5. Deskripsi Statistik pada *Pretest* dan *Posttest*

	<i>Mean</i>	N	Standar Deviasi	Standar Error <i>Mean</i>
<i>Pair 1 Pretest</i>	59.2222	36	12.56324	2.09387
<i>Posttest</i>	67.1389	36	16.57831	2.76305

Pada Tabel 5 terlihat bahwa rata-rata hasil *pretest* pada 36 mahasiswa adalah 59.2222 dengan standar deviasi 12.56324. Sedangkan rata-rata hasil *posttest* adalah 67.1389 dengan standar deviasi 16.57831. Ini berarti bahwa terdapat perbedaan nilai hasil belajar yang lebih baik setelah belajar menggunakan modul.

Tabel 6. Output Paired Sample t-Test

	Paired Difference							Sig. (2 tailed)
	Mean	St. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of The Difference		t	df	
				Lower	Upper			
Pair 1 Pretest- Posttest	-7.91667	19.41614	3.23602	-14.48618	-1.34719	-2.446	35	0.002

Ho menyatakan hasil *pretest*  $\geq$  hasil *posttest*. Sedangkan Ha menyatakan hasil *pretest*  $<$  *posttest*. Dasar pengambilan keputusan pada *paired sample t-test* adalah jika nilai t hitung  $<$  - t tabel, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Sebaliknya, jika nilai t hitung  $>$  - t tabel, maka Ho diterima dan Ha ditolak. Nilai t hitung pada tabel *output paired sample t-test* bernilai negatif yaitu -2.446. Ini disebabkan karena nilai rata-rata *pretest*, yaitu 59,22 lebih rendah dari nilai *posttest*, yaitu 67,13. Derajat kebebasan sebesar 35 dan nilai signifikansi 0.05, maka nilai t tabel adalah 1.68. Karena nilai t hitung  $<$  - t tabel, yaitu -2,446  $<$  -1.68, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Artinya, hasil *pretest* lebih kecil dari *posttest* sehingga terdapat perbedaan hasil belajar sesudah dan sebelum menggunakan modul aljabar linier dan matriks. Perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* tersebut menunjukkan bahwa hasil belajar meningkat setelah dilakukan pembelajaran dengan menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan inkuiri. Hal ini membuktikan bahwa pembelajaran dengan menggunakan modul efektif untuk meningkatkan hasil belajar (Anjani, Suciati, & Maridi, 2017).

## SIMPULAN

Modul aljabar linier dan matriks telah disusun berdasarkan tahapan Dick & Carey, meliputi tahap analisis kebutuhan, analisis instruksional, analisis mahasiswa dan konten, menulis tujuan kinerja, pengembangan instrumen penilaian, pemilihan strategi pembelajaran, mengembangkan dan memilih bahan instruksional, merancang dan melakukan evaluasi formatif instruksi, revisi hingga

melakukan evaluasi sumatif. Pada tahap evaluasi formatif diperoleh nilai 2.37 dengan kriteria valid dengan beberapa revisi sesuai saran validator. Pada tahap evaluasi formatif dilakukan uji efektif melalui uji normalitas dan *paired sample test* pada nilai *pretest* dan *posttest*. Hasilnya, terdapat perbedaan hasil belajar yang lebih baik dengan menggunakan modul aljabar linier dan matriks. Sehingga, modul dapat dikatakan efektif.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Aminah, S. (2012). *Pengembangan modul fungsi komposisi dan invers kelas XI berbasis realistic mathematic education* [Universitas Negeri Malang]. <http://karya-ilmiah.um.ac.id/index.php/matematika/article/view/22380>
- Anjani, D., Suciati, & Maridi. (2017). The Effectiveness of inquiry-based learning module to improve the cognitive learning outcomes. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, First International Conference on Science, Mathematics, and Education*, (hal. 155-160). Atlantis Press.
- Athan, J. J. (2017). Comparing the effectiveness of an inquiry-based approach to that of conventional style of teaching in the development of students' science process skills. *International Journal of Environmental & Science Education*, 12(8), 1797-1816.
- Berman, A., & Shvartsman, L. (2016). Definitions are important: the case of linear algebra. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 26-32.
- Dick, W. & Carey, L. (1996). *The systematic design of instruction (4th ed.)*, New York: Harper Collins College Publishers
- Hobri. 2010. *Metodologi penelitian pengembangan: aplikasi pada penelitian pendidikan indonesia*. Jember: Pena Salsabila
- Parta, I Nengah. (2009). *Pengembangan model pembelajaran inquiry untuk penghalusan pengetahuan matematika mahasiswa calon guru melalui pengajuan pertanyaan*. Disertasi tidak diterbitkan. Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.
- Patil, A. M., & Sachin, S. K. (2017). Teaching learning with constructivist approach. *International Journal of Engineering Development and Research*, 5(4), 308-312.
- Rufii, R. (2015). Developing module on constructivist learning strategies to promote students' independence and performance. *International Journal of Education*, 7(1), 18-28. <https://doi.org/10.5296/ije.v7i1.6675>
- Ruhela, R. (2014). The pain of the slow learners. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 4(4), 193-200.
- Vasudevan, A. (2017). Slow learners – causes, problems and educational programmes. *International Journal of Applied Research*, 3(12), 308-313.

**PENINGKATAN HASIL EVALUASI PEMBELAJARAN DARING SAAT  
PANDEMI COVID-19 BERDASARKAN MEDIA *POWERPOINT*  
INTERAKTIF**

**Prayitno<sup>1</sup>, M. Fariz Fadillah Mardianto\*<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dinas Pendidikan Kabupaten Kediri, SMPN 1 Mojo, Kediri, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga,  
Surabaya, Indonesia

prayitnospd@gmail.com<sup>1</sup>, m.fariz.fadillah.m@fst.unair.ac.id\*<sup>2</sup>

\**Corresponding Author*

*Received 27 September 2020; revised 09 November 2020; accepted 11 November 2020*

**ABSTRAK**

Selama pandemi COVID-19, sistem pembelajaran daring menjadi hal yang umum dilakukan. Untuk membuat siswa tertarik mengikuti pembelajaran, diperlukan media pembelajaran yang mudah digunakan dan interaktif. Media *powerpoint* interaktif diusulkan karena *powerpoint* merupakan media yang umum digunakan, mudah dibuat guru, dan digunakan siswa untuk mendalami materi. Tujuan penelitian untuk mengetahui keefektifan metode *powerpoint* interaktif terhadap peningkatan hasil pembelajaran Matematika siswa kelas observasi, yaitu kelas VIII-C SMPN 1 Mojo Kabupaten Kediri tahun pelajaran 2020/2021. Materi yang digunakan dalam penelitian adalah kompetensi dasar barisan bilangan kelas VIII. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pembelajaran daring menggunakan *powerpoint* interaktif pada siswa dapat meningkatkan hasil pembelajaran Matematika. Hal ini terlihat berdasarkan kenaikan siswa yang tuntas belajar di setiap siklus tahapannya. Berdasarkan siklus tahapan penelitian, diperoleh hasil kenaikan persentase ketuntasan belajar berturut-turut, yaitu a) 65,21% pada siklus I, b) 78,26% pada siklus II, dan c) 90,9% pada siklus III. Selain itu diperoleh peningkatan poin aktivitas siswa, masing – masing a) 6,06 pada siklus I, b) 8,53 pada siklus II, dan c) 11,15 pada siklus III. Kenaikan persentase ketuntasan dan peningkatan poin aktivitas siswa signifikan berdasarkan hasil uji hipotesis-t multilevel. Dengan demikian, media *powerpoint* interaktif dapat diterapkan untuk meningkatkan persentase ketuntasan belajar berdasarkan hasil evaluasi.

**Kata kunci:** hasil evaluasi, pandemi COVID-19, pembelajaran daring, *powerpoint* interaktif.

## **ABSTRACT**

During the COVID-19 pandemic, online learning systems became commonplace. To make students interested in learning, easy to use and interactive learning media are needed. Interactive powerpoint media is proposed because powerpoint is a commonly used media, easy to be developed by teachers, and students can use to explore the material. The purpose of this study was to determine the effectiveness of the interactive powerpoint method on improving the mathematics learning outcomes of students in the observation class, i.e., class VIII-C of SMPN 1 Mojo in Kediri Regency, a junior high school, in the 2020/2021 academic year. The material used in the research is about basic competency related to with sequences of numbers for VIII-grade. The result showed that online learning using interactive powerpoints in students could improve mathematics learning achievement. This can be seen from the increase in students who complete learning in each of the cycles of the stages. From the cycles, the results of the increase in the percentage of learning mastery were a) 65.21% in cycle I, b) 78.26% in cycle II, and c) 90.9% in cycle III. Furthermore, the results of the increase in point of student activities were a) 6,06 in cycle I, b) 8,53 in cycle II, and c) 11,15 in cycle III. The increase in the percentage of completeness and an increase in student activity points is significantly based on the results of the multilevel t-hypothesis test. Thus, interactive powerpoint media is effectively applied.

**Keywords:** evaluation results, COVID-19 pandemic, online learning, interactive powerpoints.

## **PENDAHULUAN**

Pandemi COVID-19 memberikan dampak yang signifikan di semua bidang, khususnya pendidikan. Dengan adanya pandemi COVID-19, proses pembelajaran berubah dari tatap muka menjadi pembelajaran jarak jauh atau daring. Di situasi saat ini kewajiban guru harus tetap terlaksana, dimana guru memastikan siswa bisa mendapatkan informasi akademik atau materi pelajaran yang sesuai dengan kompetensi dasar atau capaian pembelajaran.

Tanggal 16 Maret 2020, dimulai pembelajaran jarak jauh atau daring. Pada pembelajaran ini siswa belajar dari rumah tanpa pergi ke sekolah. Dalam pembelajaran daring, penguasaan ilmu teknologi bagi seorang guru agar Proses Belajar Mengajar (PBM) berjalan dengan efektif diperlukan. Guru dituntut melakukan inovasi dalam PBM diantaranya dengan memanfaatkan teknologi dalam pembelajaran (Kurniawan, 2019). Semenjak pembelajaran diberlakukan di luar sekolah, sebagian guru melakukan pembelajaran lewat media *online* seperti *WhatsApp group, google meeting, google classroom, Zoom, Skype, Cisco Webex*

dan lain-lain (Al-Deen, 2016). Umumnya dalam media sosial tersebut guru menampilkan dan membagikan bahan pembelajaran sebagai media tambahan berbentuk file presentasi *powerpoint*.

Salah satu permasalahan yang dihadapi guru dalam proses pembelajaran daring dengan memanfaatkan *powerpoint* adalah tampilan yang kaku, kurang menarik siswa, membosankan, dan tidak interaktif, terlebih di mata pelajaran matematika. *Powerpoint* adalah salah satu media presentasi produk dari *Microsoft* yang familiar dan mudah digunakan. Seiring dengan perkembangannya *powerpoint* dirancang khusus sebagai program multimedia yang memiliki berbagai kelengkapan fasilitas untuk transisi, latar belakang, integrasi dengan musik, video, dan *file* lain, serta masih banyak lagi fasilitas yang dapat dikreasikan (Finkelstein dan Samsonov, 2007; Marcovitz, 2012). *Powerpoint* adalah media yang mudah dalam penggunaan dan relatif murah karena tidak membutuhkan bahan baku selain alat untuk menyimpan data. Marcovitz (2012) memperkenalkan dan menyediakan tutorial pembelajaran interaktif dengan media *powerpoint* untuk guru.

Media pembelajaran *powerpoint* interaktif dibuat untuk memberikan kemudahan pada siswa dalam mempelajari materi pembelajaran dengan lebih sederhana dan dapat divisualisasikan dengan baik serta siswa dapat mengerjakan latihan-latihan soal yang telah disiapkan. Guru dapat menjelaskan materi dengan suara gurunya atau video pembelajaran dibuat oleh guru, kemudian dikirim untuk diamati siswa. Selain itu guru juga dapat memberikan latar belakang yang menarik dan relevan sesuai dengan materi pembelajaran yang disampaikan, dan menyisipkan diskusi, permainan, dan *slide* motivasi di antara *slide* yang berisi materi.

PBM matematika secara daring merupakan suatu tantangan yang dihadapi oleh guru dan siswa. Pada semester genap tahun ajaran 2019/2020 dimana sebagian besar pembelajaran sudah dilakukan secara daring, tidak sedikit siswa yang mengalami kesulitan belajar matematika, salah satunya siswa kelas VIII-C SMPN 1 Mojo Kediri tahun ajaran 2019/2020. Dengan menggunakan metode wawancara dengan fasilitas *chatting*, 73% dari siswa kelas VIII-C tahun ajaran 2019/2020 mengeluhkan tidak adanya media interaktif dan sumber daya manusia

penunjang seperti Lembaga Bimbingan Belajar (LBB) sehingga siswa menjadi terbatas dalam mendapatkan tambahan belajar yang dapat mengakomodasi komunikasi dua arah dengan siswa. Hasil wawancara tersebut sesuai dengan Santoso (2014) dan Mardianto dkk (2019). Berdasarkan Mardianto dkk (2019), motivasi siswa mengikuti LBB adalah mendapatkan bantuan belajar matematika, khususnya ketika mendapatkan penugasan dari guru, dan menjelang evaluasi yang diberikan oleh guru.

Pada dasarnya, banyak hal yang dapat dilakukan agar pemahaman siswa terhadap konsep-konsep matematika dikuasai, salah satunya adalah media pembelajaran yang digunakan. Atas dasar evaluasi pembelajaran kelas VIII-C tahun ajaran 2019/2020, pada pembelajaran matematika secara daring di SMPN 1 Mojo kelas VIII-C tahun ajaran 2020/2021 untuk kompetensi dasar yang terkait materi barisan bilangan, guru menggunakan media *powerpoint* interaktif pada *google classroom* agar mudah dipahami siswa dan menarik minat siswa. Dengan media *powerpoint* interaktif materi barisan bilangan disampaikan dengan menarik dan implementatif. Guru menjelaskan dengan suaranya sendiri disertai visualisasi video yang dapat diamati oleh siswa yang diunggah di *google classroom*. Dalam beberapa *slide* terdapat contoh soal yang implementatif, landasan materi sebagai motivasi, serta permainan yang menyerupai ular tangga, domino, dan *scrabble*. Selain itu guru memberikan contoh soal dan lembar kerja siswa serta latihan soal disertai pembahasan dalam pembelajaran. Contoh soal dan lembar kerja siswa tidak hanya disertai pembahasan, tetapi juga disertai contoh implementasi dalam bentuk animasi gambar dan video sehingga siswa menjadi lebih tertarik belajar matematika secara daring.

Dalam penelitian ini, dilakukan analisis berdasarkan data nilai siswa untuk mengetahui apakah penggunaan media *powerpoint* interaktif memberikan peningkatan hasil evaluasi siswa selama pembelajaran matematika secara daring saat pandemi COVID-19. Penelitian ini bermanfaat dalam rangka memberikan motivasi khususnya terhadap guru untuk lebih berinovasi khususnya dalam memberikan pembelajaran secara daring di masa pandemi COVID-19.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menyelidiki pengaruh dari pembelajaran daring khususnya tentang materi barisan bilangan dengan menggunakan media *powerpoint* interaktif pada *google classroom* yang diberikan di awal tahun ajaran baru dalam masa pandemi COVID-19. Peningkatan hasil belajar siswa direpresentasikan oleh nilai siswa ketika mengikuti PBM Matematika di kelas.

Penelitian ini dilaksanakan di SMPN 1 Mojo, Kabupaten Kediri, Provinsi Jawa Timur, khususnya dengan sampel kelas VIII-C tahun pelajaran 2020/2021. Kelas VIII-C SMPN 1 Mojo tahun pelajaran 2020/2021 sebanyak 33 siswa, dengan rincian siswa laki-laki sebanyak 15 siswa dan siswa perempuan 18 siswa. Penelitian dilakukan ketika 33 siswa kelas VIII-C mendapatkan materi awal Matematika yaitu tentang deret bilangan di permulaan tahun ajaran baru 2020/2021, tepatnya bulan Juli 2020 sampai dengan Agustus 2020.

Jenis penelitian memadukan penelitian kualitatif berdasarkan hasil pengukuran nilai dengan penelitian tindakan kelas yang bertujuan untuk dapat melihat peningkatan hasil belajar siswa. Penelitian ini dibedakan dalam suatu siklus (Coghlan, 2019). Penelitian ini dilaksanakan dalam tiga siklus dengan masing-masing siklus (siklus I, siklus II, siklus III) yang terdiri dari empat tahapan. Berdasarkan Kemmis dkk (2014), siklus penelitian terdiri dari empat tahapan, yaitu: 1) perencanaan, 2) pelaksanaan tindakan, 3) observasi serta evaluasi, dan 4) refleksi. Empat tahapan tersebut dilakukan secara runtut pada obyek pengamatan yang sama.

Dalam penelitian ini instrumen dasar pembelajaran yang digunakan adalah Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Lembar Kerja Siswa (LKS), dan tes yang dibedakan menjadi pre-tes dan pos-tes. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi evaluasi belajar dan lembar observasi. Sesuai dengan instrumen yang telah dipilih, maka metode yang digunakan untuk pengumpulan data yaitu:

1. Metode observasi yang dilakukan selama proses pembelajaran daring dengan menggunakan media *powerpoint* interaktif di *google classroom*. Dalam penelitian ini objek yang diamati adalah kegiatan siswa yang terkait dengan respon materi yang disampaikan dalam forum daring.

2. Tes yang dilakukan bertujuan untuk memperoleh data nilai sebagai untuk mata pelajaran matematika. Tes dilaksanakan pada setiap akhir siklus.

Untuk membandingkan apakah ada peningkatan signifikan dalam setiap hasil tes yang dilakukan, dilakukan uji hipotesis  $t$  berpasangan multilevel yang bergantung pada banyaknya siklus. Berdasarkan Moerbeek dan Teerenstra (2016) pengujian  $t$  berpasangan multilevel dilakukan pada pengukuran yang membedakan tingkatan perlakuan. Dalam penelitian ini soal tugas dan tes yang diberikan memiliki tingkatan yang berbeda untuk tiap siklus. Diharapkan hasil uji  $t$  berpasangan multilevel untuk menolak hipotesis awal yang artinya dalam tiap level terdapat peningkatan rata-rata nilai yang signifikan. Kriteria untuk memastikan hipotesis awal adalah nilai  $p$ -value kurang dari taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 0.05 (Moerbeek dan Teerenstra, 2015). Pada penelitian ini digunakan pemrograman *Open Source Software* (OSS) R untuk melakukan uji hipotesis.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian dan pembahasan dijelaskan secara terperinci untuk setiap siklus. Untuk hasil pengujian hipotesis  $t$  berpasangan multilevel dijelaskan secara singkat di bagian akhir pembahasan. Hasil penelitian menunjukkan jika rangkaian siklus yang digunakan dalam penelitian beserta tahapan-tahapannya telah didukung oleh pengujian hipotesis Statistika.

Pada siklus I terdapat tiga kali pertemuan, mempelajari materi barisan bilangan, tiap pertemuan membutuhkan waktu 2 x 40 menit. Prosedur pembagian waktunya, 10 menit motivasi awal dari guru dan presensi di *google classroom*, 60 menit presentasi materi dan 10 menit berikutnya refleksi materi yang telah diberikan oleh guru bersama siswa. Hasil pengamatan pelaksanaan siklus I adalah sebagai berikut, yaitu a) guru telah memberi motivasi pada siswa sebelum memulai pembelajaran, guru melakukan presensi siswa dan mengakhiri dengan membuat rangkuman, b) di setiap kegiatan, guru telah berusaha melakukan pendampingan terhadap siswa dengan memastikan semua siswa mengikuti pembelajaran daring, c) dari hasil evaluasi belajar sebanyak 25 orang atau 65,21% siswa tuntas belajar, sedangkan 8 orang atau 34,79% siswa belum tuntas belajar.

***Peningkatan Hasil Evaluasi Pembelajaran Daring saat Pandemi Covid-19 Berdasarkan Media Powerpoint Interaktif***

Hasil refleksi siklus I yaitu a) keaktifan siswa masih butuh peningkatan, dengan bukti rata-rata skor kegiatan 6,06, b) siswa butuh pengarahan saat membuat kesimpulan, c) guru mendorong siswa aktif di kelas selama proses tanya jawab, dan d) ada 65,21% siswa tuntas belajar dan 34,79% siswa belum tuntas belajar. Dari refleksi tindakan siklus I disusun rencana tindakan siklus II sebagai berikut, yaitu sebagai berikut: 1) memberikan motivasi kepada siswa agar berani bertanya dalam PBM daring, 2) memberikan peringatan kepada siswa yang tidak aktif mengikuti PBM daring, 3) guru harus lebih memfokuskan perhatian kepada siswa yang belum tuntas.

Pada siklus II dilaksanakan dua kali pertemuan, konsep yang dibahas adalah barisan bilangan aritmetika dan barisan geometri dengan rincian waktu 2 x 40 menit. Pelaksanaan tindakan dalam pembelajaran secara umum sama dengan siklus I, kecuali fokus perhatian guru pada siswa yang belum tuntas. Hasil pengamatan tindakan pada siklus II sebagai berikut, yaitu a) siswa cukup aktif mengikuti daring dan bertanya hal ini ditunjukkan dengan rata-rata skor aktivitas 8,53, b) setiap siswa mampu menyelesaikan tugasnya, c) dari hasil tes evaluasi belajar 78,26% siswa sudah tuntas belajar, sedangkan 21,74% yang belum tuntas belajar.

Refleksi tindakan yang diberikan adalah a) siswa aktif mengikuti pembelajaran daring, b) siswa aktif dalam tanya jawab, c) siswa menyelesaikan tugas sesuai batas waktu, d) pelaksanaan penerapan pembelajaran dengan media *powerpoint* mulai terlaksana lebih baik. Indikator yang sesuai salah satunya siswa sudah dapat memahami dan mengerjakan LKS yang diberikan oleh guru dan menarik simpulan. Berdasarkan refleksi tindakan pada siklus II, kemudian disusun rencana tindakan pada siklus III sebagai berikut: 1) guru memberikan perhatian khusus untuk siswa yang belum tuntas, 2) guru menyarankan siswa sistematis dalam bekerja, dan 3) siswa diminta mempelajari materi pelajaran sehari sebelumnya.

Pada siklus III dilaksanakan tiga kali pertemuan, masing-masing 2 x 40 menit, konsep yang dibahas adalah menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan barisan bilangan. Pembagian waktu dan teknik pelaksanaannya secara umum sama dengan siklus I dan siklus II. Hasil pengamatan tindakan pada siklus III

adalah sebagai berikut, yaitu a) guru melaksanakan proses pembelajaran daring dengan media *powerpoint* interaktif dengan baik, b) kerja siswa berjalan baik, c) siswa aktif mengajukan pertanyaan, d) aktivitas belajar yang menjadi fokus penelitian berjalan dengan baik dan aktif, e) perkembangan evaluasi pembelajaran, dari hasil tes hasil belajar terdapat 90,9% (30 orang) yang telah tuntas belajar, sedangkan 9,1% (3 orang) belum tuntas belajar.

Refleksi tindakan pada siklus III sebagai berikut: a) aktivitas siswa tergolong aktif hal ini ditunjukkan dengan rata-rata skor aktivitas 11,15, b) kelompok yang menjadi fokus penelitian mampu meningkatkan pemahaman konsepnya, c) tingkat ketuntasan belajar secara klasikal mencapai 90,9% atau sebanyak 30 orang berarti sudah berada di atas 85%, dan d) pelaksanaan siklus berikutnya tidak diperlukan lagi. Secara ringkas perkembangan persentase ketuntasan siklus I sampai siklus III disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Peningkatan Persentase Ketuntasan di Setiap Siklus

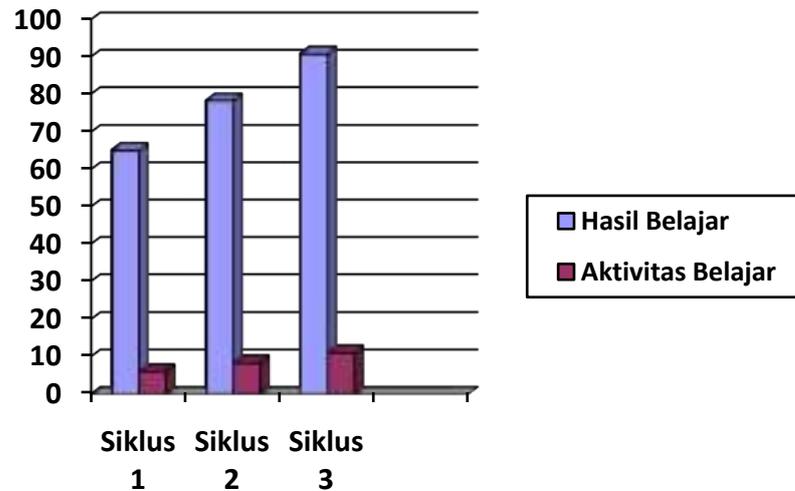
Tahapan	Persentase Ketuntasan
Siklus I	65,21%
Siklus II	78,26%
Siklus III	90,9%

Tabel 2. Peningkatan Poin Aktivitas Belajar Siswa

Tahapan	Rata-rata Poin	Kategori
Siklus I	6,06	Kurang aktif
Siklus II	8,53	Cukup aktif
Siklus III	11,15	Aktif

Dalam hal aktivitas pembelajaran, berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa, aktivitas belajar siswa mengalami peningkatan dari rata-rata poin 6,06 pada siklus I menjadi 8,53 pada siklus II. Peningkatan rata-rata poin juga terjadi pada siklus III menjadi 11,15. Untuk mengetahui ringkasan Tabel 1 dan Tabel 2, Gambar 3 berikut merupakan visualisasi deskriptif perkembangan peningkatan persentase ketuntasan dan aktivitas di setiap siklus.

**Peningkatan Hasil Evaluasi Pembelajaran Daring saat Pandemi Covid-19 Berdasarkan Media Powerpoint Interaktif**



Gambar 3. Visualisasi Hasil Perkembangan Tiap Siklus

Untuk memastikan apakah siklus yang lebih akhir dijalankan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan hasil evaluasi pembelajaran daring saat pandemi COVID-19 berdasarkan media *powerpoint* interaktif dilakukan uji hipotesis *t* berpasangan multilevel dengan hasil pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji-T Berpasangan Multi Level

Hipotesis Awal	Hipotesis Alternatif	p-value	Keputusan
$\mu_{1h} = \mu_{2h}$	$\mu_{1h} \neq \mu_{2h}$	0.0000	Tolak Hipotesis Awal
$\mu_{2h} = \mu_{3h}$	$\mu_{2h} \neq \mu_{3h}$	0.0000	Tolak Hipotesis Awal
$\mu_{1h} = \mu_{3h}$	$\mu_{1h} \neq \mu_{3h}$	0.0001	Tolak Hipotesis Awal
$\mu_{1a} = \mu_{2a}$	$\mu_{1a} \neq \mu_{2a}$	0.0050	Tolak Hipotesis Awal
$\mu_{2a} = \mu_{3a}$	$\mu_{2a} \neq \mu_{3a}$	0.0035	Tolak Hipotesis Awal
$\mu_{1a} = \mu_{3a}$	$\mu_{1a} \neq \mu_{3a}$	0.0075	Tolak Hipotesis Awal

Keterangan:

$\mu_{ih} = \mu_{jh}; i \neq j$  artinya capaian ketuntasan siklus sebelumnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketuntasan siklus sesudahnya, atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan nilai yang signifikan untuk ketuntasan siklus.

$\mu_{ih} \neq \mu_{jh}; i \neq j$  artinya capaian ketuntasan siklus sebelumnya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketuntasan siklus sesudahnya, atau dengan kata lain terjadi perubahan nilai yang signifikan untuk ketuntasan siklus.

$\mu_{ia} = \mu_{ja}; i \neq j$  artinya rata-rata capaian poin aktivitas siklus sebelumnya tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata capaian poin aktivitas siklus sesudahnya, atau dengan kata lain tidak terjadi perubahan nilai yang signifikan untuk poin aktivitas.

$\mu_{ia} \neq \mu_{ja}; i \neq j$  artinya rata-rata capaian poin aktivitas siklus sebelumnya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata capaian poin aktivitas siklus sesudahnya, atau dengan kata lain terjadi perubahan nilai yang signifikan untuk poin aktivitas.

Dengan menggunakan OSS-R dapat dilihat dalam Tabel 4, untuk taraf signifikansi  $\alpha$  sebesar 0.05, tolak hipotesis awal untuk semua siklus dalam hal ketuntasan dan poin aktivitas. Ini merupakan hasil yang positif. Capaian ketuntasan siklus sebelumnya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap ketuntasan siklus sesudahnya, atau dengan kata lain terjadi perubahan nilai yang signifikan untuk ketuntasan siklus. Selain itu, rata-rata capaian poin aktivitas siklus sebelumnya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata capaian poin aktivitas siklus sesudahnya, atau dengan kata lain terjadi perubahan nilai yang signifikan untuk poin aktivitas. Dengan demikian, telah terjadi peningkatan hasil evaluasi pembelajaran daring saat pandemi COVID-19 berdasarkan media *powerpoint* interaktif secara signifikan. Media *powerpoint* interaktif dapat diterapkan pada pembelajaran Matematika, khususnya di kelas observasi, yaitu kelas VIII-C SMPN 1 Mojo tahun pelajaran 2020/2021.

## SIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dengan menggunakan media *powerpoint* interaktif, maka dapat disimpulkan bahwa di masa pandemi COVID-19 ini pembelajaran daring yang inovatif dan interaktif diperlukan khususnya untuk mata pelajaran matematika. Penelitian ini mengusulkan pembelajaran menggunakan media *powerpoint* interaktif. Dengan menggunakan media *powerpoint* interaktif terjadi peningkatan persentase

ketuntasan belajar tiap siklus, yaitu a) 65,21% siklus I, b) 78,26% siklus II, dan c) 90,9% siklus III. Selain itu diperoleh kenaikan poin aktivitas siswa secara berturut-turut yaitu a) 6,06 pada siklus I, b) 8,53 pada siklus II, dan c) 11,15 pada siklus III. Hasil ini didukung oleh pengujian hipotesis  $t$  berpasangan multilevel, dengan hasil tolak hipotesis awal untuk semua siklus dalam hal ketuntasan dan poin aktivitas siswa khususnya di kelas VIII-C SMPN 1 Mojo tahun pelajaran 2020/2021.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Al-Deen, H. S. N. (2016). *Social media in the classroom*. Wilmington: Peter Lang.
- Cochran, D. (2019). *Doing action research in your own organization*. London: SAGE Publisher.
- Finkelstein, E., & Samsonov, P. (2007). *Powerpoint for teachers: dynamic presentations and interactive classroom project*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. (2014). *The action research planner: doing critical participatory action research*. Singapore: Springer.
- Kurniawan, Y. (2019). *Inovasi pembelajaran: model dan metode pembelajaran bagi guru*. Surakarta: Kekata Publisher.
- Marcovitz, D. M., (2012). *Powerful powerpoint for educators: using visual basic for applications to make powerpoint interactive*. Oxford: Libraries Unlimited.
- Mardianto, M. F. F., Kartiko, S. H., & Utami, H. (2019). Prediction the number of students in indonesia who study in tutoring agency and their motivations based on fourier series estimator and structural equation modelling. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 5(3), 708-731.
- Moerbeek, M., & Teerenstra, S. (2016). *Power analysis of trials with multilevel data*. New York: CRC Press.
- Santoso, T. (2014). *Persepsi terhadap bimbingan belajar*. Banda Aceh: Balai Bahasa Banda Aceh.

**PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE NHT WITH  
RANDOM NAME NUMBER TERHADAP HASIL BELAJAR MAHASISWA  
PADA MATERI ALJABAR ELEMENTER**

**Eka Susilowati**

Universitas PGRI Adi Buana Surabaya

[eka\\_s@unipasby.ac.id](mailto:eka_s@unipasby.ac.id)

*Received 08 October 2020; revised 12 November 2020; accepted 16 November 2020.*

**ABSTRAK**

Motivasi dari penelitian ini adalah kesulitan belajar yang dialami oleh mahasiswa prodi Pendidikan Matematika pada mata kuliah Aljabar Elementer. Sehingga diterapkan model pembelajaran untuk mengatasi permasalahan tersebut, yaitu Model Kooperatif Tipe NHT *with Random Name Number*. Tujuan penelitian ini diantaranya (1) untuk mengetahui hasil belajar mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika Universitas PGRI Adi Buana Surabaya semester Ganjil tahun pelajaran 2019/2020 dengan menerapkan model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT *with Random Name Number*, (2) untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar mahasiswa, dan (3) apabila terdapat pengaruh, berapa besar pengaruh model tersebut terhadap hasil belajar mahasiswa. Populasi penelitian ini adalah mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, semester Ganjil tahun pelajaran 2019/2020 yang mengikuti mata kuliah Aljabar Elementer. Adapun sampel penelitian adalah kelas 2019 A dan C. Teknik pengumpulan data adalah tes. Metode yang diterapkan pada penelitian ini yaitu pendekatan penelitian kuantitatif menggunakan uji t dengan terlebih dahulu diuji apakah data berdistribusi normal atau tidak, dan homogen atau tidak. Berdasarkan hasil uji t pada data, diperoleh bahwa  $t\text{-hitung} = 0,592041536 < 1,682878002 = t\text{-tabel}$ . Hasil dari penelitian menunjukkan tidak terdapat pengaruh yang signifikan model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar mahasiswa Prodi Pendidikan Matematika Universitas PGRI Adi Buana Surabaya semester Ganjil tahun pelajaran 2019/2020.

**Kata kunci:** hasil belajar, kooperatif, model pembelajaran, pengaruh, tipe NHT.

**ABSTRACT**

The motivation of this study is the learning difficulties experienced by Mathematics Education study program students in Elementary Algebra courses. Thus, a learning model is

applied to overcome these problems, namely NHT Type Cooperative learning model with Random Name Number. The objectives of this study are (1) to determine the learning outcomes of students in the Mathematics Education Department of Universitas PGRI Adi Buana Surabaya in the odd semester of the 2019/2020 academic year by applying the NHT Type Cooperative learning model with Random Name Number, (2) to determine whether there is an effect of the NHT Type Cooperative learning model with Random Name Number on student learning outcomes, and (3) if there is an effect, how the effect does this model have on student learning outcomes. The population of this study were students of the Mathematics Education Department, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, odd semester of the 2019/2020 academic year who took Elementary Algebra courses. The research sample is class 2019 A and C. The data collection technique is a test. The method applied in this research is a quantitative research approach using the t test by first testing whether the data is normally distributed or not, and is homogeneous or not. Based on the results of the t test on the data, it is found that  $t\text{-count} = 0.592041536 < 1.682878002 = t\text{-table}$ . The results of the study showed that there was no significant effect of the NHT Type Cooperative learning model with Random Name Number on the students learning outcomes in Mathematics Education Department of Universitas PGRI Adi Buana Surabaya in the odd semester of the 2019/2020 academic year.

**Keywords:** *learning outcomes, cooperative, learning models, effect, NHT type.*

## **PENDAHULUAN**

Matematika adalah suatu bidang keilmuan yang dasar dan mempunyai kedudukan yang fundamental pada saat mengembangkan IPTEK (Lestari, Hartono, Purwoko, 2016). Matematika juga menyediakan tempat untuk meningkatkan kompetensi berpikir sesuai logika, sistematis, kritis, kreatif, inovatif, serta meningkatkan perilaku obyektif dan transparan, yang sangat diperlukan untuk menyongsong masa depan yang terus berbenah menjadi lebih baik (Rumapea, 2018). Matematika muncul dikarenakan adanya pemikiran seseorang yang berkaitan dengan ide, proses, dan menalar. Setiap siswa/mahasiswa mempunyai daya logika yang berlainan sehingga berakibat seringkali siswa/mahasiswa kesusahan saat memahami matematika (Rahmiati & Fahrurrozi, 2016).

Stigma Matematika merupakan hal yang sulit juga masih ada sampai jenjang perguruan tinggi. Kesulitan yang biasa ditemui mahasiswa dikarenakan kurang adanya latihan soal dan hanya mengandalkan apa yang diberikan dosen

karena dosen menerapkan model pembelajaran konvensional. Model pembelajaran konvensional dikategorikan pembelajaran yang membosankan, dosen memang memiliki peran aktif dalam menyampaikan ilmu, pengetahuan, mempresentasikan keahlian atau melemparkan pertanyaan-pertanyaan, namun mahasiswa hanya merekam dan mencatat apa yang telah disampaikan (Putri, 2017). Kemandirian belajar mahasiswa ikut menjadi penentu tercapainya kesuksesan mahasiswa dalam proses pembelajaran serta memperlihatkan segi positif terhadap proses pembelajaran dan tercapainya hasil belajar yang baik (Arifin & Herman, 2018). Dosen pun serba salah jika memberikan tugas di kampus tidak cukup waktunya dan tidak menarik bagi mahasiswa, namun jika diminta dikerjakan di rumah, tidak ada jaminan mahasiswa mengerjakan sendiri dan meningkatkan kemandirian mereka dalam belajar. Proses pembelajaran yang diterapkan lebih tertuju pada langkah mengajarkan bukan membelajarkan. Akibatnya, mahasiswa diasumsikan sebagai pelaku yang tidak aktif, hanya menampung segala sesuatu yang diberikan oleh dosen. Dengan demikian, pembentukan karakter yang ada pada pribadi mahasiswa hanya pengetahuan kognitif yang kedalaman pemahamannya masih belum bisa diandalkan.

Perihal ini berdampak pada mahasiswa yang pasif dalam menyampaikan pendapat atau melontarkan pertanyaan (Angraeni & Puspitasari, 2019). Minimnya prestasi belajar matematika terjadi di banyak perguruan tinggi. Salah satu penyebab sedikitnya prestasi belajar matematika ini yaitu kecocokan model pembelajaran yang diterapkan oleh pendidik/dosen terhadap mahasiswa (Madio, 2016). Akibatnya, dosen didorong untuk dapat mengontrol dan menjalankan proses pembelajaran dengan mempunyai keahlian saat menentukan model dan metode pembelajaran yang disesuaikan dengan sasaran kurikulum dan kemampuan yang dipunyai oleh mahasiswa (Putri, 2017). Pemilihan model pembelajaran yang disesuaikan dengan materi, penggunaan media pembelajaran, strategi pendidik dalam mendesain suasana kelas memiliki peranan penting (Dadri, Dantes, & Gunamantha, 2019).

Banyak penelitian yang memaparkan model-model pembelajaran untuk dapat memperbaiki hasil belajar mahasiswa sekaligus memaksa mahasiswa untuk berpartisipasi dalam pembelajaran melalui pengalaman tidak hanya menampung

konsep yang disampaikan pendidik, dan dapat menginterpretasikan bidang keilmuannya secara mandiri. Pembelajaran yang bisa memaksa secara halus mahasiswa untuk berpartisipasi aktif adalah model pembelajaran kooperatif, karena saat pembelajaran kooperatif ini, mahasiswa dipecah ke dalam kelompok-kelompok agar dapat bekerjasama dengan mahasiswa lain dalam memecahkan permasalahan (Bainamus, Hartanto, & Abdullah, 2017).

Definisi pembelajaran kooperatif secara umum merupakan model pembelajaran yang memanfaatkan sistem pengelompokan mahasiswa dalam kelompok-kelompok kecil, terdiri empat hingga enam orang yang memiliki *background* kemampuan berbeda (Lakkas, 2018). Model pembelajaran kooperatif terdiri dari berbagai macam variasi, seperti *Student Team Achievement Division* (STAD), *Jigsaw*, *Teams- Games-Tournaments* (TGT), *Group Investigation* (GI), *Rotating Tri Exchange*, *Group Resume* (Suparni, 2017). Beberapa tipe model pembelajaran kooperatif, diantaranya *Number Head Together* (NHT), *Cooperatif Script*, *Group Investigation*, *Think Pair Share* (TPS), *Jigsaw*, *Snow Ball Throlling*, *Team Game Tournament* (TGT), *Think-Talk-Write* (TTW), dan *Two Stay Two Stray* (TS-TS).

Model pembelajaran yang kooperatif yang biasa diterapkan merupakan model pembelajaran kooperatif tipe NHT. Model pembelajaran kooperatif tipe NHT dapat didefinisikan model pembelajaran memecah mahasiswa di kelompok-kelompok kecil yang dirancang guna memberikan nomor kepala pada setiap peserta didik di setiap kelompok (Dadri, Dantes, & Gunamantha, 2019; Sutriningsih, Pratiwi, & Utami, 2018). Kedua penelitian tersebut menjelaskan bahwa menghasilkan model pembelajaran kooperatif tipe NHT berpengaruh positif. Nurdyanto menjelaskan modifikasi model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT dengan pendekatan SPICES *Continuing*, yaitu *Student Centered*, *Problem-based*, *Integrated*, *Community oriented*, *Electives*, *Systematic*, dan *Continuing* (Nurdyanto, Indana, & Agustini, 2018). Namun, peneliti menemukan kelemahan dari model pembelajaran tersebut. Kelemahan model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT dengan pendekatan SPICES *Continuing* adalah karena nomor yang diminta maju disebut oleh pendidik, sehingga tidak melatih keberanian bagi peserta didik untuk maju. Pada model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT dengan

pendekatan SPICES *Continuing* ini, terdapat langkah menyediakan kesempatan kepada anggota kelompok lain yang memiliki nomor sama untuk menyampaikan tanggapan dan berdiskusi. Karena hanya ditujukan yang bernomor sama saja, maka yang lain cenderung tidak akan memperhatikan. *Reward* bagi peserta didik untuk maju dan memberi tanggapan pun harus nyata, misal ada poin untuk nilai tugas, sehingga mereka antusias untuk maju.

Berdasarkan beberapa kelemahan yang ditemukan pada model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT dengan pendekatan SPICES *Continuing*, peneliti merancang model pembelajaran yang diasumsikan dapat mengatasi kelemahan model pembelajaran Kooperatif Tipe NHT dengan pendekatan SPICES *Continuing* ini. Model pembelajaran yang dirancang oleh peneliti ini dinamakan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*. Langkah-langkah yang menjadi sintaks model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* adalah

1. Pembagian kelompok

Satu kelompok dibagi menjadi 3 sampai 4 orang agar lebih efektif. Nomor kelompok ditentukan dengan cara berhitung sesuai tempat duduk. Misalkan jumlah satu kelas 32 mahasiswa, maka mulai dari yang duduk di pojok berhitung satu diteruskan sebelahnya hingga delapan, kemudian berhitung satu sampai delapan lagi ke mahasiswa yang duduk di sebelah delapan tadi dan seterusnya. Mahasiswa yang tadi menyebut satu, maka berkelompok dengan mahasiswa yang menyebut nomor satu, dst. Berikutnya, 8 kelompok yang telah terbentuk diberi nama kelompok A, B, C, ..., I dengan tiap kelompok 4 orang karena jumlah satu kelas 32 mahasiswa.

2. Penamaan angka untuk mahasiswa dalam satu kelompok.

Untuk setiap kelompok, anggota kelompok tersebut berhitung kembali untuk menentukan namanya dalam kelompok tsb. Misalkan kelompok A ada empat orang dengan nama Ana, Budi, Cica, dan Dedi, maka mereka berhitung 1 sampai 4. misalkan 1 itu disebut Ana, maka inisial nama Ana dalam kelompok A adalah 1, dan seterusnya. Begitu pula untuk kelompok B, C, sampai I.

3. Penugasan dosen kepada kelompok secara sukarela

Dosen menawarkan kepada setiap kelompok untuk maju secara sukarela. Misal kelompok B bersedia maju, maka salah satu anggota mewakili maju berdasarkan nomor inisialnya. Pemilihan anggota yang maju berdasarkan undian nomor anggota kelompok. Dengan demikian, peneliti mengharapkan kelemahan pada model pembelajaran kooperatif tipe NHT dapat teratasi, karena anggota tiap kelompok maju secara sukarela, dan seluruh anggota sudah harus siap. Dengan demikian, anggota dalam kelompok yang memiliki kemampuan lebih dapat bertukar ilmu dengan teman-temannya yang lain dalam satu kelompok.

4. Penilaian satu untuk semua, artinya nilai untuk perwakilan mahasiswa yang maju berlaku bagi nilai satu kelompok.

Kelompok yang maju meskipun hanya diwakili salah satu anggotanya, anggota yang lain juga akan mendapat nilai yang sama.

5. Diskusi antar kelompok dengan yang bertanya

Setelah maju dan menjelaskan, mahasiswa lain dipersilakan bertanya. Mahasiswa yang bertanya akan mendapat poin penilaian individu.

Model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* memiliki keunggulan dalam hal soal yang diberikan kepada mahasiswa. Pada model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*, mahasiswa untuk menjawab karena mahasiswa ketika maju tidak ditunjuk dosen. Mahasiswa juga mendapat *reward* lebih nyata yaitu diberikan nilai tugas bagi keaktifan mereka maju tersebut. Reward ini diberikan kepada satu kelompok dimana mahasiswa yang maju, atau menjadi nilai bersama satu kelompok. Hal tersebut mendorong semua anggota kelompok harus siap maju, ketika satu kelompok bersedia maju, karena yang maju merupakan anggota yang dipilih acak dari undian. Peneliti mengharapkan dari sistem tersebut, ada transfer ilmu antara semua anggota kelompok. Semua mahasiswa juga akan memperhatikan semua paparan bagi mahasiswa yang maju karena mahasiswa yang tidak maju diminta memberi tanggapan bagi yang maju dan juga mendapat *reward point* jika bertanya.

Tujuan diadakan penelitian ini yaitu bertujuan melihat berapa hasil belajar mahasiswa dimana diterapkan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with*

Random Name Number di kelasnya, kedua yaitu memperoleh hasil apakah ada tidaknya pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe NHT with Random Name Number terhadap hasil belajar matematika mahasiswa prodi Pendidikan Matematika angkatan 2019 pada mata kuliah Aljabar Elementer, ketiga adalah menghitung berapakah besarnya pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe NHT with Random Name Number terhadap hasil belajar matematika mahasiswa prodi Pendidikan Matematika angkatan 2019 pada mata kuliah Aljabar Elementer, jika ada pengaruhnya.

## **METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini, desain penelitian yang dipakai adalah Quasi Eksperimental Design atau biasa dinamai dengan eksperimen semu. Usaha yang dilakukan dalam mengakali variabel penelitian pada penelitian eksperimen merupakan keunikan pokok dalam berjalannya prosedur penelitian eksperimen.

Populasi penelitian ini adalah mahasiswa angkatan 2019 kelas A, B, C prodi Pendidikan Matematika Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Selanjutnya, sampel dipilih berdasarkan populasi (Sandri, 2018). Dalam penelitian ini, digunakan teknik *purposive sampling* untuk menetapkan sampel namun masih mempertimbangkan suatu hal tertentu, misal menetapkan sampel berdasarkan nilai *mean* mahasiswa yang hampir sama di antara kedua kelas yang dipilih dengan melakukan *pretest* terlebih dahulu. Pada penelitian ini, peneliti memanfaatkan dua kelas yaitu kelas 2019 A dan kelas 2019 C, dengan kelas 2019 C berkedudukan sebagai kelas eksperimen sedangkan kelas 2019 A sebagai kelas kontrol. Materi untuk pengambilan data pada penelitian ini adalah materi dalam mata kuliah Aljabar Elementer.

Design penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *posttest control design*. Design penelitian ini menggunakan dua kelas untuk mendapatkan signifikansi keterkaitan antara variabel yang diteliti yaitu signifikansi perbedaan antara model pembelajaran yang mengarahkan mahasiswa agar belajar secara kelompok (kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*) ketika ikut dalam pembelajaran di kelas eksperimen, dengan model pembelajaran konvensional di kelas kontrol.

Tabel 1. Desain Penelitian

Kelompok/Kelas	Perlakuan/ <i>Treatment</i>	<i>Posttest</i>
Eksperimen	X	O <sub>1</sub>
Kontrol	-	O <sub>1</sub>

Keterangan: O<sub>1</sub> : *Posttest*

- : tanpa perlakuan.

X : diberi perlakuan pada kelas berupa model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*

Berdasarkan Tabel 1, variabel bebas dalam penelitian ini adalah model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*, selanjutnya disebut sebagai X. Sedangkan variabel terikat yaitu hasil belajar berupa nilai Ujian Akhir Semester (UAS) mata kuliah Aljabar Elementer disebut sebagai variabel Y.

Data diperoleh dengan langkah pertama yaitu memberikan perlakuan pada dua kelas, yaitu kelas kontrol dengan model pembelajaran konvensional, dan kelas eksperimen dengan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*. Model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* atau model pembelajaran konvensional yang diterapkan pada kelas eksperimen maupun kontrol sesuai dengan model pembelajaran yang ditetapkan tanpa intervensi model pembelajaran yang lain selama satu semester penuh. Setelah itu, subjek penelitian diberi *posttest* pada materi Aljabar Elementer. Data penelitian ini adalah nilai dari hasil *posttest* tersebut. Subyek penelitian diberikan tes berupa tes uraian saat UAS. Sebelum diadakannya UAS pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, soal-soal UAS terlebih dahulu dicek validitas dan reliabilitasnya.

Secara statistik, metode analisis yang digunakan untuk mendapatkan koefisien perbedaan diantara kedua buah distribusi data nilai UAS adalah analisis uji-t (*t-test*) yang dihitung menggunakan Microsoft Excel. Sebelum uji t dilakukan, dilakukan terlebih dahulu uji prasyarat yaitu homogenitas dan kenormalan data nilai UAS.

Uji homogenitas dilaksanakan berdasarkan nilai UAS Aljabar Elementer yang diperoleh mahasiswa di kelas 2019 A dan 2019 C semester Ganjil. Oleh

karena itu, uji homogenitas variansi yang dapat dilakukan adalah dengan cara menghitung harga  $F_{\max}$ . Sedangkan uji normalitas juga diperlukan untuk menetapkan data berdistribusi normal atau tidak. Metode statistika yang digunakan adalah uji Lilliefors.

Setelah didapat hasil bahwa data tersebut memiliki distribusi normal dan homogen, prosedur berikutnya yaitu memeriksa hipotesis penelitian dengan mempergunakan analisis uji-t yang sesuai dengan hasil pengujian kenormalan dan kehomogenan data yang digunakan sebagai sampel. Uji-t dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Menetapkan hipotesis, yaitu :

$H_o$  = tidak ada pengaruh yang signifikan antara model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar matematika pada materi Aljabar Elementer.

$H_a$  = ada pengaruh yang signifikan antara model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar matematika pada materi Aljabar Elementer.

2. Menghitung nilai t-empirik ( $t_e$ ) atau t-hitung.
3. Membandingkan nilai  $t_e$  yang diperoleh dengan nilai t-teoritik ( $t_r$ ) atau t-tabel dengan ditentukan terlebih dahulu derajat kebebasan ( $db$ ) menggunakan rumus  $db = N - 2$  dan taraf signifikansi 5%. Jika nilai  $t_e < t_r$ , maka tidak ada pengaruh yang signifikan antara model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar matematika, dengan kata lain  $H_o$  diterima. Namun, apabila nilai  $t_e > t_r$ , maka terdapat pengaruh yang signifikan antara model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar matematika, atau  $H_a$  diterima.

## **HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Nilai yang diperoleh pada kelas kontrol diberikan pada Tabel 2. Apabila dicermati hasil nilai *posttest* pada kelas yang diberlakukan model pembelajaran konvensional, rentang dari nilai maksimum ke minimum sangat jauh yaitu 100 dan 55. Besarnya perbedaan nilai sampel dengan rata-rata dapat dilihat dari tinggi

rendahnya standar deviasi pada kelompok ini. Pada Tabel 2, standar deviasi yang dihasilkan dari nilai posttest pada kelas kontrol adalah 13,98801. Besar standar deviasi ini termasuk tidak terlalu tinggi, yang berarti perbedaan nilai pada kelas kontrol antar mahasiswa tidak terlalu jauh.

Tabel 2. Nilai Statistik Deskriptif Hasil Posttest pada Kelas Kontrol

Statistik	Nilai Statistik <i>Posttest</i>
Nilai paling rendah	55
Nilai paling tinggi	100
Nilai rata-rata/ <i>mean</i>	86.04545
Standar Deviasi	13.98801

Adapun statistik deskriptif dari nilai UAS Aljabar Elementer pada kelas eksperimen diberikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Statistik Deskriptif Hasil *Posttest* pada Kelas Eksperimen

Statistik	Nilai Statistik <i>Posttest</i>
Nilai paling rendah	33
Nilai paling tinggi	96
Nilai rata-rata/ <i>mean</i>	79,125
Standar Deviasi	13,81451

Tabel 3 merupakan hasil nilai *posttest* pada kelas yang diterapkan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*. Apabila dicermati, rentang dari nilai maksimum ke minimum juga sangat jauh yaitu 96 dan 33. Sedangkan keberagaman nilai *posttest* dilihat dari standar deviasinya juga termasuk besar yaitu 13,81451.

Berdasarkan Tabel 2 dan 3, terlihat nilai tertinggi yang dicapai kelas kontrol lebih tinggi dibandingkan nilai tertinggi pada kelas eksperimen. Nilai terendah yang dicapai kelas eksperimen lebih rendah dari kelas kontrol. Rata-rata nilai kelas kontrol lebih tinggi dari kelas eksperimen. Berdasarkan analisa statistik deskriptif, model pembelajaran yang diterapkan di kelas kontrol lebih berhasil daripada model pembelajaran yang diterapkan di kelas eksperimen, yaitu model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*.

Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh yang lebih baik, dilakukan uji analisis data dengan statistik inferensial. Langkah pertama adalah melakukan uji normalitas dengan tujuan mendeteksi apakah data sampel tersebut merupakan data yang berdistribusi normal. Hasil uji normalitas menggunakan metode Liliefors dengan bantuan Microsoft Excel, yaitu  $L_{hitung} < L_{tabel}$  atau  $0.159235 < 0.173$  untuk kelas kontrol, sehingga data sampel pada kelas kontrol berdistribusi normal. Sedangkan untuk kelas eksperimen,  $L_{hitung} < L_{tabel}$  atau  $0.139546 < 0.213$ , sehingga data sampel pada kelas eksperimen juga berdistribusi normal.

Langkah berikutnya adalah memeriksa homogenitas data baik dari kelas control maupun eksperimen menggunakan uji F dengan Microsoft Excel, diperoleh hasil pada Tabel 4.

Tabel 4. *F-Test Two-Sample for Variances*

	<i>Variable 1</i>	<i>Variabel 2</i>
<i>Mean</i>	86,22727273	79,125
<i>Variance</i>	184,5649351	201,7167
<i>Observations</i>	22	16
<i>df</i>	21	15
<i>F</i>	0,914971173	
<i>P(F&lt;=f) one-tail</i>	0,416651459	
<i>F Critical one-tail</i>	0,459628619	

Kriteria pengujian kehomogenitasan yang didapatkan dalam penelitian ini ternyata  $F_{hitung} = 0,914971173 > 0,459628619 = F_{tabel}$  pada taraf nyata dengan  $F_{tabel}$  didapatkan dari distribusi F dimana derajat kebebasan setiap data harus cocok dengan  $dk$  pembilang dan  $dk$  penyebut pada taraf  $\alpha = 0,05$ . Perihal tersebut mengakibatkan data yang dianalisis sebagai sampel penelitian dari kelas kontrol dan kelas eksperimen bersifat tidak homogen.

Oleh karena itu, langkah selanjutnya yang diambil sebagai langkah menganalisis data ini dapat dilanjutkan ke uji-t dengan rumus *separated variance*. Ketika kita menggunakan Microsoft Excel maka pada pilihan data analisis, kita pilih uji *t-test: two-sample assuming unequal variances* dikarenakan data sampel penelitian bersifat tidak homogen.

Setelah dilakukan data analisis menggunakan Microsoft Excel ketika dilakukan uji *t-test: two-sample assuming unequal variances* terhadap data yang digunakan sebagai sampel penelitian, yaitu nilai UAS kelas 2019 A dan 2019 C sebagai berikut:

Tabel 5. *t-Test Two-Sample Assuming Equal Variances*

	Variable 1	Variabel 2
Mean	86,22727273	79,125
Variance	184,5649351	201,7166667
Observations	22	16
Hypothesized Mean Different	0	
df	32	
t-Stat	1,549968195	
<i>P(T&lt;=t) one-tail</i>	0,065491935	
<i>t Critical one-tail</i>	1,693888748	
<i>P(T&lt;=t) two-tail</i>	0,130983869	
<i>t Critical two-tail</i>	2,036933343	

Apabila diperhatikan Tabel 5,  $t\text{-hitung} = 1,549968195 < 1,693888748 = t\text{-tabel}$ , maka didapat hipotesa  $H_0$  yang diterima. Dengan demikian bisa disimpulkan bahwa memang tidak ada pengaruh yang signifikan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar matematika pada mata kuliah Aljabar Elementer. Bahkan nilai rata-rata kelas kontrol lebih baik dari pada kelas eksperimen.

Meskipun demikian, berdasarkan jumlah mahasiswa yang mencapai nilai ketuntasan ( $>70$ ), jumlah mahasiswa pada kelas kontrol yang mencapai nilai ketuntasan sebanyak 17 mahasiswa (77,2%) dengan nilai minimum 59 diperoleh 1 mahasiswa. Sedangkan pada kelas eksperimen yang mengaplikasikan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* sebanyak 15 mahasiswa (93,75%) dengan nilai minimum 33 yang diperoleh 1 mahasiswa. Tampak dari sisi pencapaian mahasiswa, jauh lebih baik mahasiswa yang berada di kelas yang mengaplikasikan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*.

Secara keseluruhan dari berbagai segi, disimpulkan bahwa kelas yang menggunakan model pembelajaran konvensional sedikit lebih baik jika dibandingkan kelas yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*. Faktor penyebabnya yaitu aturan atau sistem yang diterapkan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol, serta kemampuan mahasiswa yang mengikuti perkuliahan di kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kemampuan mahasiswa yang dimaksud adalah mahasiswa hanya diminta mengerjakan secara individu terhadap semua tugas yang diberikan. Untuk mahasiswa di kelas kontrol, mereka lebih bisa bekerja secara individu. Sedangkan pada kelas eksperimen, model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* menuntut mahasiswa bekerja secara kelompok.

Kekurangan lain dalam penelitian ini adalah waktu pembelajaran pada kelas eksperimen yang merupakan kelas malam lebih singkat daripada kelas pagi sehingga, penerapan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* sedikit terhambat. Mahasiswa yang dipanggil secara acak untuk mempresentasikan hasil diskusi kelompok, ternyata hanya memperoleh jawaban dari anggota kelompoknya yang lain tanpa memahaminya terlebih dahulu. Model pembelajaran ini seharusnya bertujuan untuk menjadikan mahasiswa saling berbagi ilmu antar anggota kelompok sebelum salah satu mahasiswa diminta maju ke depan kelas. Namun, hal tersebut tidak dapat terlaksana dengan baik. Selain itu, mahasiswa di kelas eksperimen merupakan mahasiswa yang bekerja sampai sore hari, sehingga konsentrasi ketika mengikuti perkuliahan tidak sebaik ketika kuliah yang dilakukan di pagi hari bagi mahasiswa yang tidak bekerja. Oleh karena itu, ke depannya dapat dilakukan penelitian dengan pemilihan kelas yang lebih baik lagi dan lebih identik baik untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol.

## **SIMPULAN**

Menurut hasil dan pembahasan yang diperoleh dapat dibuat kesimpulan bahwa model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* sedikit lebih baik dibandingkan menggunakan model pembelajaran konvensional jika ditilik dari jumlah mahasiswa yang mencapai nilai ketuntasan. Meskipun kesimpulan dari hasil uji *t Two-Samples Assuming Equal Variances* adalah tidak

ada pengaruh yang signifikan antara penerapan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number* terhadap hasil belajar matematika pada materi Aljabar Elementer. Apabila dilihat dari rata-rata kelas yang diperoleh, hasil pada kelas kontrol lebih baik dibanding kelas eksperimen yang menerapkan model pembelajaran kooperatif tipe NHT *with Random Name Number*. Faktor penyebabnya adalah aturan atau sistem yang diaplikasikan pada kelas eksperimen dan kelas kontrol serta kemampuan mahasiswa yang mengikuti perkuliahan di kelas kontrol dan kelas eksperimen. Selain itu, pemilihan kelas menjadi kekurangan dalam penelitian ini. Mahasiswa pada kelas eksperimen merupakan mahasiswa yang bekerja sampai sore, sehingga konsentrasi mahasiswa ketika mengikuti perkuliahan tidak sebaik ketika kuliah yang dilakukan di pagi hari bagi mahasiswa yang tidak bekerja.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Angraeni, L., & Puspitasari, H. (2019). Pengaruh media simulasi komputer terhadap hasil belajar mahasiswa pada materi kinematika gerak. *Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v10i1.29659>
- Arifin, F., & Herman, T. (2018). Pengaruh pembelajaran e-learning model web centric course terhadap pemahaman konsep dan kemandirian belajar matematika siswa. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(2), 1–12.
- Bainamus, P. M., Hartanto, & Abdullah, M. I. (2017). Pengaruh model pembelajaran hibrid matematika pada sekolah menengah pertama negeri 1 Curup Tengah. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 16–23. <http://dx.doi.org/10.22342/jpm.11.2.3367>.
- Dadri, P. C. W., Dantes, N., & Gunamantha, I. M. (2019). Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe NHT terhadap kemampuan berpikir kritis dan hasil belajar matematika siswa kelas V SD Gugus III Mengwi, *PENDASI: Jurnal Pendidikan Dasar Indonesia*, 3(2), 84-93.
- Lakkas, M. (2018). Pengaruh model pembelajaran kooperatif terhadap motivasi dan hasil belajar siswa pada materi sistem koloid SMAN 4 Bantimurung Maros. *PEMBELAJAR: Jurnal Ilmu Pendidikan, Keguruan, Dan Pembelajaran*, 2(1), 12-24. <https://doi.org/10.26858/pembelajar.v2i1.4135>
- Lestari, N., Hartono, Y., Purwoko, P. (2016). Pengaruh pendekatan open-ended terhadap penalaran matematika siswa sekolah menengah pertama Palembang. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(1), 81-95. <http://dx.doi.org/10.22342/jpm.10.1.3284.81-95>
- Madio, S. S. (2016). Pengaruh pembelajaran berbasis masalah terhadap kemampuan penalaran dan komunikasi matematis siswa SMP dalam matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 1-16. <https://doi.org/10.22342/jpm.10.2.3637.93-108>
- Nurdyanto, H. E., Indana, S., & Agustini, R. (2018). Pengaruh penerapan model

- pembelajaran kooperatif tipe NHT dengan pendekatan spices continuing terhadap keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa SMP. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(2), 58-65. <https://doi.org/10.26740/jppipa.v2n2.p58-65>
- Putri, N. A. (2017). *Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe STAD (students teams achievement division) terhadap hasil belajar IPS peserta didik kelas V MIN 6 Bandar Lampung*. Lampung: UIN Raden Intan Lampung.
- Rahmiati, R., & Fahrurrozi, F. (2016). Pengaruh pembelajaran missouri mathematics project (MMP) terhadap kemampuan pemecahan masalah matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 1–12. <https://doi.org/10.22342/jpm.10.2.3634.75-86>
- Rumapea, R. (2018). Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe STAD dan pemberian soal open-ended terhadap kemampuan pemecahan masalah matematis siswa ditinjau dari kemampuan awal matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(1), 1–14.
- Sandri, M. (2018). Pengaruh media lagu terhadap hasil belajar matematika pada materi sifat-sifat bangun datar siswa kelas 5 SD negeri 5 Kota Bengkulu. *JNPM (Jurnal Nasional Pendidikan Matematika)*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.33603/jnpm.v2i1.698>
- Suparni, N. (2017). *Pengaruh model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw terhadap hasil belajar matematika siswa kelas V SD negeri 1 Metro Timur*. Lampung: Universitas Lampung.
- Sutriningsih, N., Pratiwi, R., & Utami, B. H. S. (2018). Penerapan model pembelajaran kooperatif tipe numbered head together (NHT) pada materi sistem persamaan linear dua variabel (SPLDV). *JURNAL E-DuMath*, 4(2), 11-20. <https://doi.org/10.26638/je.717.2064>

## ANALISIS PENGARUH KEBIJAKAN ZONASI TERHADAP MOTIVASI DAN PRESTASI BELAJAR SISWA SMP DENGAN REGRESI LINEAR

Dharma Bagus Pratama Putra\*<sup>1</sup>, Anita Andriani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Universitas Hasyim Asy'ari

dharmabaguspp@gmail.com\*<sup>1</sup>, anitaandriani@unhasy.ac.id<sup>2</sup>

\*Corresponding Author

Received 10 September 2020; revised 12 November 2020; accepted 17 November 2020.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh kebijakan zonasi terhadap motivasi dan prestasi belajar siswa. Subyek yang dipilih dalam penelitian ini adalah siswa kelas IX SMPN di kecamatan Pare. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif. Teknik yang digunakan dalam pengumpulan data adalah angket yang terdiri dari 50 pertanyaan, 30 tentang persepsi zonasi, dan 20 lainnya tentang motivasi belajar. Teknik analisis data menggunakan metode regresi linear dengan variabel bebas adalah pemahaman zonasi sedangkan variabel terikatnya yaitu motivasi dan prestasi belajar. Hasil analisis data didapatkan bahwa variabel zonasi hanya memberikan pengaruh sebanyak 3.39% terhadap motivasi belajar dan mempengaruhi prestasi belajar sebesar 3.99%, sisanya dipengaruhi oleh variabel lain. Uji korelasi antara variabel zonasi dan motivasi menghasilkan  $p - value = 0.102$  yang berarti lebih besar daripada  $\alpha = 0.05$ . Dari hasil tersebut disimpulkan bahwa zonasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap motivasi belajar. Demikian juga uji korelasi antara variabel zonasi dan prestasi belajar didapatkan  $p - value = 0.5776$  yang lebih besar daripada  $\alpha = 0.05$  sehingga variabel zonasi tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada variabel prestasi belajar siswa.

**Kata kunci:** motivasi, prestasi belajar, regresi linear, zonasi.

### ABSTRACT

The purpose of this research to investigate the impact of zoning policies on students motivation and learning achievement. The subjects that used in this study are IX grade students of State Junior High School in Pare sub-area. This sort of exploration is quantitative examination. The data collection technique used a questionnaire consisting of 50 questions, 30 about the perception of zoning and 20 others about learning motivation. The information analysis procedure utilized linear regression method. The after effects of information analysis showed that the zoning

variable only had an effect of 3.39% on learning motivation and 3.99% on learning achievement, the rest was influenced by other variables. The correlation test between zoning and motivation variables resulted in a  $p - value = 0.102$  which was greater than  $\alpha = 0.05$ , so it could be concluded that zoning did not have a significant effect on learning motivation. Likewise, the correlation test between zoning variables and learning achievement obtained  $p - value = 0.5776$  which is greater than  $\alpha = 0.05$  so that the zoning variable does not have a significant effect on students learning achievement variables.

**Keywords:** motivation, learning achievement, linear regression, zoning.

## **PENDAHULUAN**

Berdasarkan Permendikbud RI Nomor 51 tahun 2018 tentang penerimaan peserta didik baru, setiap sekolah negeri di bawah naungan kemendikbud wajib menerapkan konsep zonasi pada Penerimaan Peserta Didik Baru (PPDB) (Kemendikbud, 2018). Permendikbud tersebut lebih lanjut menjelaskan bahwa ada tiga jalur utama PPDB yaitu zonasi minimal sebesar 90%, prestasi maksimal 5%, dan pindah tugas orang tua sebesar 5%. Zonasi yang dimaksud adalah PPDB harus memprioritaskan siswa yang masuk pada zona yang ditetapkan oleh pejabat daerah yang berwenang. Menteri Pendidikan Indonesia mengatakan bahwa zonasi merupakan salah satu cara untuk mengurangi ketimpangan kualitas pendidikan pada sistem sekolah (TIM, 2018).

Namun kebijakan sistem zonasi mendapatkan pro dan kontra dari masyarakat. Berdasarkan wawancara dengan 15 wali murid kelas IX di salah satu SMPN Kecamatan Pare, 8 diantaranya tidak setuju dengan sistem zonasi. Berbagai alasan dikemukakan sebagai bentuk penolakan. 4 diantara wali murid tersebut mengatakan bahwa anaknya menjadi jarang belajar karena rumahnya dekat dengan sekolah favorit. Ini merupakan salah satu indikator menurunnya motivasi belajar siswa. Fakta ini didukung dengan hasil observasi lapangan di salah satu lembaga bimbingan belajar (bimbel) yang cukup besar di Pare. Sebelum adanya peraturan zonasi, siswa kelas IX dari SMPN di bimbel ada 5 kelas dengan rata-rata setiap kelas berisi 25 siswa. Sekarang, siswa SMPN di bimbel tersebut hanya ada 1 kelas.

Motivasi adalah kondisi yang memberikan dorongan untuk bertindak mencapai tujuan (Soemanto, 2006). Jika tindakan tersebut berupa kegiatan belajar, maka motivasi belajar adalah suatu kondisi yang mendorong individu untuk

melakukan kegiatan belajar. Makmun (2009) memberikan deskripsi bahwa indikator motivasi belajar secara operasional ada 8. Indikator tersebut antara lain: (1) durasi waktu belajar, yaitu seberapa lama kemampuan dalam menggunakan waktu belajar; (2) frekuensi belajar, yaitu berapa sering belajar seseorang pada waktu tertentu; (3) konsistensi belajar, yaitu seberapa teguh seseorang terhadap sasaran dalam belajar; (4) kegigihan dan kapabilitas dalam mengatasi problematika untuk meraih target belajar; (5) Dedikasi baik uang, tenaga, dan pikiran dalam upaya mendapatkan target belajar; (6) tekad belajar, yaitu rancangan dan tujuan yang ingin diraih pada kegiatan belajar; (7) tingkat kualifikasi prestasi dalam belajar, yaitu prestasi yang dicapai dalam kegiatan belajar; (8) pandangan dan sikap seseorang dalam tujuan belajar, maksudnya positif atau negatif sikap seseorang terhadap pembelajaran. Slameto (2003) mengungkapkan bahwa prestasi belajar dipengaruhi oleh motivasi belajar.

Winkel (1984) berpendapat prestasi merupakan salah satu tanda kesuksesan dari sebuah usaha yang telah dikerjakan. Apabila usaha yang dilakukan adalah kegiatan belajar maka prestasi belajar adalah suatu bukti keberhasilan pada proses kegiatan belajar. Prestasi belajar pada penelitian ini adalah kenaikan hasil belajar, yang didapatkan dari selisih nilai rata-rata rapor kelas IX dan kelas VII. Banyak cara yang dapat ditempuh pendidik untuk meningkatkan prestasi belajar misalnya dengan membuat modul pembelajaran, menganalisis kesalahan siswa dalam mengerjakan ujian dan sebagainya (Putra dkk, 2018a; Putra dkk, 2018b). Slameto (2003) menyebutkan bahwa kurikulum dan kebijakan sekolah adalah faktor lain yang memiliki pengaruh pada prestasi belajar. Hasil penelitian Wulandari (2018) juga menunjukkan pengaruh yang signifikan dari sistem zonasi terhadap prestasi belajar siswa SMPN.

## **METODE PENELITIAN**

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Penelitian ini melihat seberapa besar dampak dari kebijakan zonasi pada motivasi dan prestasi siswa. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Pare, Kabupaten Kediri. Populasi adalah siswa SMPN kelas IX tahun akademik 2019/2020 di Kec. Pare, Kab. Kediri, Provinsi Jawa Timur. Siswa kelas IX dipilih karena mereka yang akan

merasakan dampak zonasi dan lebih paham pengertian zonasi daripada siswa kelas bawahnya. Berdasarkan data Dinas Pendidikan Kabupaten Kediri terdapat 3669 siswa di SMPN Kecamatan Pare. Jumlah sampel penelitian adalah 80 siswa dan teknik pengambilan sampel menggunakan *random sampling*. Setiap sekolah akan diambil 20 siswa secara acak, sehingga semua SMPN di Kecamatan Pare terwakili.

Instrumen penelitian yang dipakai adalah kuisisioner *online* (dengan *google form*). Kuisisioner terdiri dari 50 pertanyaan yang dibagi menjadi dua kriteria, yaitu persepsi terhadap zonasi terdiri dari 30 pertanyaan, dan motivasi belajar terdiri dari 20 pertanyaan. Kuisisioner dibuat menggunakan skala *likert* dan terdiri dari empat alternatif jawaban yaitu sangat setuju (SS), setuju (S), kurang setuju (KS), dan tidak setuju (TS). Nilai untuk jawaban dengan pertanyaan positif adalah sangat setuju (SS) = 4, setuju (S) = 3, kurang setuju (KS) = 2, tidak setuju (TS) = 1. Sebaliknya untuk pertanyaan negatif nilai masing-masing jawaban adalah sangat setuju (SS) = 1, setuju (S) = 2, kurang setuju (KS) = 3, tidak setuju (TS) = 4.

Analisis data menggunakan metode regresi linear dengan bantuan *software R* untuk menyelidiki hubungan antar variabel (Andriani, 2017). Regresi linier digunakan karena penelitian ini tidak hanya melihat seberapa erat hubungan antar variabel, tetapi juga melihat ada tidaknya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat. Variabel yang terdapat di penelitian ini ada dua jenis yaitu variabel terikat (*dependent*) disimbolkan dengan  $Y$  dan variabel bebas (*independent*) disimbolkan dengan  $X$ . Variabel bebas (*independent*) yaitu variabel yang menjadi penyebab atau memberi pengaruh kepada variabel terikat. Variabel  $X$  pada penelitian ini adalah persepsi siswa mengenai sistem zonasi, sedangkan variabel  $Y$  penelitian ada dua, yaitu motivasi belajar siswa ( $Y_1$ ) dan prestasi belajar siswa ( $Y_2$ ).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengambilan data dilakukan dengan kuisisioner *online*. Gambar 1 merupakan data statistik deskriptif yang didapat dari kuisisioner.

**Analisis Pengaruh Kebijakan Zonasi terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa dengan Regresi Linear**

```
> summary(minatpersepsi)
      Prestasi      Minat      Persepsi      Jarak
Min.   :-2.080   Min.    : 70.00   Min.    :46.00   Min.    : 0.160
1st Qu.: 0.595   1st Qu.: 82.00   1st Qu.:54.75   1st Qu.: 1.200
Median : 2.000   Median : 86.00   Median :59.00   Median : 2.330
Mean   : 1.855   Mean    : 86.55   Mean    :58.83   Mean    : 4.925
3rd Qu.: 2.825   3rd Qu.: 91.00   3rd Qu.:62.00   3rd Qu.: 7.000
Max.   : 7.210   Max.    :105.00   Max.    :74.00   Max.    :27.000
```

Gambar 1. Statistik Deskriptif dari Data

Kuisisioner terdiri dari 50 pertanyaan yang dibagi menjadi dua kriteria, persepsi terhadap zonasi terdiri dari 23 pertanyaan dan motivasi belajar terdiri dari 27 pertanyaan. Persepsi yang dimaksud adalah pemahaman siswa mengenai sistem zonasi. Rata-rata dari variabel persepsi adalah 58.83 dari nilai maksimal 92, artinya sebagian besar siswa cukup memahami tentang PPDB sistem zonasi. Motivasi belajar memiliki rata-rata 86.55 dari nilai maksimal 108. Variabel prestasi didapatkan dari selisih rata-rata nilai rapor kelas IX dan Kelas VII. Nilai negatif artinya terjadi penurunan pada nilai rata-rata rapor. Jumlah data sampel cukup besar sehingga data diasumsikan normal dan tidak dilakukan uji asumsi klasik. Kemudian setiap variabel akan diuji dengan metode regresi linear.

Hasil uji variabel persepsi zonasi dan motivasi belajar siswa ditunjukkan di Gambar 2.

```
> minat=lm(Minat~Persepsi,minatpersepsi)
> summary(minat)

Call:
lm(formula = Minat ~ Persepsi, data = minatpersepsi)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-16.9877  -4.5259  -0.5907   4.2718  19.3405

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  72.8542     8.3130   8.764 3.1e-13 ***
Persepsi      0.2328     0.1405   1.657  0.102
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7.856 on 78 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.034,    Adjusted R-squared:  0.02161
F-statistic: 2.745 on 1 and 78 DF,  p-value: 0.1016
```

Gambar 2. Hasil Uji Regresi Linear Variabel Zonasi dengan Motivasi Belajar

Nilai  $\alpha$  ( $\alpha$ ) yang digunakan adalah 5%. Berdasarkan analisis data didapatkan bahwa koefisien dari zonasi ( $x$ ) sebesar 0.2328 sehingga didapatkan

persamaan regresi  $Y_1 = 72.854 + 0.2328x$ . Didapatkan nilai dari  $p - value$  yaitu 0.102. Karena nilai dari  $p - value$  lebih dari nilai  $\alpha = 0.05$  maka secara teori variabel zonasi tidak memiliki dampak yang signifikan pada variabel motivasi belajar. Ini juga didukung dengan nilai  $R-squared$  sebesar 3,4% artinya variabel Persepsi (zonasi) hanya mampu menjelaskan 3,4% keragaman variabel Motivasi, sisanya dijelaskan oleh variabel yang lain.

Untuk memeriksa lebih jauh tentang hubungan dua variabel, digunakan uji korelasi dengan  $\alpha = 5\%$  dengan dibuat hipotesis  $H_0$ : tidak ada hubungan antar dua variabel, dan  $H_1$ : ada hubungan antar dua variabel. Gambar 3 menyajikan data hasil uji korelasi.

```
> cor2m=cor.test(minatpersepsi$Persepsi,minatpersepsi$Minat,method = "pearson")
> cor2m
Pearson's product-moment correlation

data: minatpersepsi$Persepsi and minatpersepsi$Minat
t = 1.6568, df = 70, p-value = 0.1016
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.03683106  0.38936188
sample estimates:
cor
0.1843779

> #koefisien Determinasi
> t=cor2m$cor,minatpersepsi$Persepsi,minatpersepsi$Minat,method = "pearson")
> KDetm=t^2*100
> KDetm
[1] 3.399521
```

Gambar 3. Hasil Uji Korelasi Zonasi dengan Motivasi Belajar

Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa variabel motivasi dengan variabel persepsi zonasi memiliki keeratan sebesar 0.184. Nilai  $p - value$  yang didapatkan adalah 0.1016. Karena  $p - value > 0.05$  artinya  $H_0$  tidak ditolak, atau terima  $H_0$ . Nilai  $R-Squared$  yang didapatkan adalah sebesar 3.39 artinya variabel zonasi terhadap keragaman variabel motivasi hanya mampu dijelaskan sebesar 3.39%. Hasil tersebut juga sesuai dengan hasil yang diperoleh pada analisa sebelumnya.

Langkah dalam uji persepsi terhadap prestasi sama dengan uji sebelumnya. Pertama kita menggunakan uji regresi linear sederhana kemudian dilanjutkan dengan uji korelasi. Gambar 4 adalah hasil pengujian dengan metode regresi linear sederhana.

**Analisis Pengaruh Kebijakan Zonasi terhadap Motivasi dan Prestasi Belajar Siswa dengan Regresi Linear**

```
> prestasi~lm(minatpersepsi$Prestasi~minatpersepsi$Persepsi,minatpersepsi)
> summary(prestasi)

Call:
lm(formula = minatpersepsi$Prestasi ~ minatpersepsi$Persepsi,
    data = minatpersepsi)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.1545 -1.1711  0.1675  0.9878  5.1716

Coefficients:
              Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)    2.95545    1.97961     1.493   0.139
minatpersepsi$Persepsi -0.01872    0.03346    -0.559   0.578

Residual standard error: 1.871 on 78 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.003994, Adjusted R-squared: -0.008775
F-statistic: 0.3128 on 1 and 78 DF, p-value: 0.5776
```

Gambar 4. Hasil Uji Regresi Linear Variabel Zonasi dengan Prestasi Belajar

Dari data pada Gambar 4, didapatkan koefisien variabel  $x$  adalah  $-0.019$  sehingga persamaan regresi linearnya adalah  $Y_2 = 2.955 - 0.019x$ . Nilai dari  $p - value$  adalah  $0.578$  yang lebih besar dari  $\alpha = 0.05$ . Sehingga secara teori pengaruh variabel persepsi zonasi tidak signifikan terhadap prestasi belajar siswa.  $R-squared$  sebesar  $0.39\%$  artinya variabel persepsi (zonasi) mampu menjelaskan  $0.39\%$  keragaman variabel prestasi, sisanya dijelaskan oleh variabel yang lain.

Selanjutnya dilakukan uji korelasi. Hipotesis yang digunakan ada 2, yaitu  $H_0$ : tidak terdapat hubungan antar dua variabel,  $H_1$ : terdapat hubungan antar dua variabel. Taraf keberartian yang digunakan adalah  $5\%$ . Gambar 5 merupakan hasil analisis data

```
> corrp=cor.test(minatpersepsi$Persepsi,minatpersepsi$Prestasi,method = "pearson")
> corrp

Pearson's product-moment correlation

data: minatpersepsi$Persepsi and minatpersepsi$Prestasi
t = -0.55928, df = 78, p-value = 0.5776
alternative hypothesis: true correlation is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.2790414  0.1587216
sample estimates:
 cor
-0.06319925

> radjp
[1] 0.3994145
```

Gambar 5. Hasil Uji Korelasi Zonasi dengan Prestasi Belajar

Berdasarkan hasil pada Gambar 5, terlihat bahwa antara variabel prestasi dengan variabel persepsi, keeratannya adalah sebesar  $-0.0632$ . Nilai  $p - value$  yang didapatkan adalah  $0.5776 > 0.05$  artinya  $H_0$  tidak ditolak, atau terima  $H_0$ . Nilai  $R-Squared$  adalah sebesar  $3.99$  artinya, variabel persepsi mampu menjelaskan keragaman variabel motivasi sebesar  $3.99\%$ .

## **SIMPULAN**

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh sistem zonasi terhadap motivasi dan prestasi belajar siswa SMPN di Kecamatan Pare dapat disimpulkan variabel persepsi hanya mampu memberikan kontribusi sebesar  $3.39\%$  terhadap motivasi belajar siswa SMPN di Kecamatan Pare. Hasil analisis menunjukkan bahwa koefisien parameter dari variabel persepsi adalah sebesar  $0.2328$  dan nilai  $p - value$ nya adalah  $0.102$ . Nilai  $p - value$  yang lebih besar dari  $alpha$  ini menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari variabel persepsi terhadap variabel motivasi belajar. Dengan demikian, sistem zonasi tidak berpengaruh terhadap motivasi belajar siswa SMPN di Kecamatan Pare. Kemampuan menjelaskan keragaman variabel persepsi terhadap prestasi belajar siswa SMPN di Kecamatan Pare hanya sebesar  $3.99\%$ , sedangkan koefisien parameter dari variabel persepsi adalah sebesar  $-0.019$  dengan  $p - value$  sebesar  $0.5776$ . Nilai  $p - value$  yang lebih besar dari  $alpha$  menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan dari variabel persepsi terhadap prestasi belajar. Dengan demikian, sistem zonasi tidak berpengaruh terhadap prestasi belajar siswa SMPN di Kecamatan Pare.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada DRPM Kemenristek Dikti dalam pembiayaan skim Penelitian Dosen Pemula tahun pelaksanaan 2020.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Andriani, A. (2017). Pemanfaatan software R untuk analisis regresi linear. *Inovate: Jurnal Ilmiah Inovasi Teknologi Informasi*, 2(2).
- Kemdikbud. (2018). *Permendikbud nomor 51 tahun 2018 tentang sistem penerimaan peserta didik baru*. Retrieved September 5, 2020, from JDIH Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan:

<https://jdih.kemdikbud.go.id/arsip/PERMENDIKBUD%20NOMOR%2051%20TAHUN%202018.pdf>

- Makmun, A. S. (2009). *Psikologi kepribadian*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya.
- Putra, D. B. P., Lazulfa, I., & Mufarrihah, I. (2018a). Identifikasi kesalahan mahasiswa teknik informatika dalam menyelesaikan soal statistika. *MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology*, 3(2), 153-151. <http://dx.doi.org/10.30651/must.v3i2.1876>
- Putra, D. B. P., Lazulfa, I., & Mufarrihah, I. (2018b). Pengembangan modul berbasis kompetensi pada mata kuliah statistika mahasiswa jurusan teknik informatika Universitas Hasyim Asy'ari. *Jurnal Kajian Pembelajaran Matematika*, 2(2), 57-63.
- Slameto. (2003). *Belajar dan faktor-faktor yang mempengaruhinya*. Jakarta: Rineka Cipta
- Soemanto, W. (2006). *Psikologi pendidikan: landasan kerja pemimpin pendidikan* (cetakan ke 5). Jakarta: Rineka Cipta.
- TIM. (2018). *Semua bisa sekolah! zonasi untuk pemerataan yang berkualitas*. Retrieved September 5, 2020, from Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia: [https://kominfo.go.id/content/detail/13689/semua-bisa-sekolah-zonasi-untuk-pemerataan-yang-berkualitas/0/artikel\\_gpr](https://kominfo.go.id/content/detail/13689/semua-bisa-sekolah-zonasi-untuk-pemerataan-yang-berkualitas/0/artikel_gpr)
- Winkel. (1984). *Psikologi pendidikan dan evaluasi belajar*. Jakarta: Gramedia.
- Wulandari, D. (2018). *Pengaruh penerimaan peserta didik baru melalui sistem zonasi terhadap prestasi belajar siswa kelas VII di SMPN 1 Labuhan Ratu Lampung Timur tahun pelajaran 2017/2018*. [Skripsi] Lampung: Universitas Lampung.

**PERBANDINGAN *ELMAN RECURRENT NEURAL NETWORKS*,  
*BACKPROPAGATION NEURAL NETWORKS*, DAN *EXPONENTIAL  
SMOOTHING* DALAM PERAMALAN PRODUKSI PALAWIJA**

**Winda Aprianti\*<sup>1</sup>, Jaka Permadi<sup>2</sup>, Herfia Rhomadhona<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup>Jurusan Teknik Informatika, Politeknik Negeri Tanah Laut

winda@politala.ac.id\*<sup>1</sup>, jakapermadi.88@politala.ac.id<sup>2</sup>,

herfia.rhomadhona@politala.ac.id<sup>3</sup>

\*Corresponding Author

Received 20 October 2020; revised 15 December 2020; accepted 24 December 2020.

**ABSTRAK**

Jumlah produksi tanaman palawija di Kabupaten Tanah Laut yang fluktuatif berdampak pada jumlah persediaan pangan. Jika terjadi penurunan jumlah produksi tanaman palawija dibanding tahun sebelumnya, maka pemerintah sebagai pemangku kepentingan harus mempunyai rencana untuk menghadapi keadaan ini. Hal ini dapat dilakukan apabila pemerintah mempunyai hasil prediksi produksi tanaman palawija. Hasil peramalan yang tepat dapat dihasilkan dengan memilih metode yang tepat pula. Penelitian ini menggunakan tiga metode untuk meramalkan produksi tanaman palawija, yakni *Elman Recurrent Neural Network* (ERNN), *Backpropagation Neural Network* (BPNN), dan *Exponential Smoothing* (ES). *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) digunakan untuk mengetahui performa terbaik dari ketiga metode peramalan tersebut. *Visual Basic* digunakan sebagai alat bantu untuk menjalankan program dan perhitungan MAPE. Penelitian ini menghasilkan bahwa MAPE untuk ERNN berada pada rentang 0.0151 sampai dengan 3.3610, BPNN pada rentang 0.0896 sampai dengan 3638.0264, ES pada rentang 0.4987 sampai dengan 44357.4931. ERNN menghasilkan MAPE terkecil untuk dataset jagung, kacang hijau, kacang tanah, kedelai, padi, dan ubi kayu. Sedangkan BPNN menghasilkan MAPE terkecil untuk dataset ubi jalar. Oleh karena itu, ERNN merupakan metode dengan performa terbaik karena MAPE yang dihasilkan terkecil untuk enam dari tujuh dataset.

**Kata kunci:** BPNN, ERNN, ES, MAPE, peramalan.

**ABSTRACT**

The fluctuating amount of palawija crop production in Tanah Laut Regency has an impact on the amount of food supply. If there is a decrease in the number of secondary crop production compared to the previous year, then the government as a stakeholder must have a plan to deal with

this situation. This can be done if the government has a predictive result of crop production. Precise forecasting results can be generated by choosing the right method as well. This study uses three methods to predict crop production of crops, namely the Elman Recurrent Neural Network (ERNN), Backpropagation Neural Network (BPNN), and Exponential Smoothing (ES). Mean Absolute Percentage Error (MAPE) is used to determine the best performance of the three forecasting methods. Visual Basic is used as a tool for running MAPE programs and calculations. This research shows that MAPE for ERNN is in the range 0.0151 to 3.3610, BPNN is in the range 0.0896 to 3638.0264, ES in the range 0.4987 to 44357.4931. ERNN produced the smallest MAPE for the corn, mung bean, peanut, soybean, rice, and cassava dataset. Meanwhile, BPNN produced the smallest MAPE for the sweet potato dataset. Therefore, ERNN is the best performing method because the MAPE generated is the smallest for six of the seven datasets.

**Keywords:** BPNN, ERNN, ES, MAPE, forecasting.

## **PENDAHULUAN**

Pertanian merupakan salah satu sector utama dalam perekonomian dan sebagai mata pencaharian masyarakat kabupaten Tanah Laut. Berdasarkan warta berita aktual kalsel menyatakan bahwa 67% warga kabupaten Tanah Laut bekerja di sektor pertanian dan hortikultura. Hal ini didukung dengan sumber daya lahan yang luas dan iklim yang sesuai. Penggunaan lahan Kabupaten Tanah Laut didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan yaitu seluas 349.973 Ha, dengan kondisi lahan pertanian berupa lahan yang berpetak-petak dan dibatasi oleh pematang (galengan), saluran untuk menahan/menyalurkan air untuk tanaman padi sawah.

Berdasarkan fakta mengenai lahan pertanian di Kabupaten Tanah Laut dan data dari BPS (2017) diketahui bahwa komoditi pertanian yang dihasilkan berupa perkebunan palawija antara lain jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, dan ubi jalar. Jumlah komoditi pertanian tersebut mengalami jumlah fluaktuasi yang mana setiap tahun jumlah komoditi selalu berubah-ubah. Khususnya pada tanaman jagung mengalami penurunan yang signifikan pada tahun 2017. Hal ini menjadi perhatian yang sangat besar bagi pemerintah dan masyarakat untuk mencari solusi karena kurangnya informasi mengenai dampak alih fungsi lahan pertanian yang mempengaruhi hasil produksi sehingga kebutuhan pangan tidak terpenuhi.

Untuk mengetahui jumlah komoditi hasil pertanian dapat dilakukan sebuah peramalan. Peramalan tersebut bertujuan sebagai salah satu unsur yang sangat

penting dalam pengambilan keputusan agar menghasilkan data yang akurat. Peramalan merupakan suatu kegiatan untuk memprediksi kejadian di masa yang akan datang dengan menggunakan dan mempertimbangkan data dari masa lampau (Safitri, Dwidayati, dan Sugiman, 2017). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk peramalan antara lain *exponential smoothing* (ES) dan metode *neural network* seperti *Elman Recurrent Neural Networks* (ERNN), *Backpropagation Neural Networks* (BPNN).

*Exponential smoothing* merupakan metode yang paling sering digunakan dalam meramalkan masa yang akan datang, karena dalam proses peramalan metode ini menghasilkan data ramalan dengan nilai kesalahan yang sangat kecil. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Apriliyani, Permadi dan Rhomadhona (2018) menggunakan *exponential smoothing* dengan teknik *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk menghitung persentase tingkat kesalahan hasil peramalan. Hasil peramalan jumlah siswa sekolah dasar di Kabupaten Tanah Laut pada tahun 2018 berjumlah 35655 siswa, dengan nilai MAPE sebesar 0.770%, nilai  $\alpha = 0.77$  dan nilai  $\beta = 0.8$ .

Seiring perkembangan teknologi, beberapa peneliti mencoba melakukan prediksi atau peramalan menggunakan jaringan syaraf tiruan (*neural network*). Jaringan syaraf tiruan merupakan metode yang meniru cara kerja otak manusia dimana menghubungkan beberapa jumlah sel saraf yang terdiri dari Axon, dendrite *synapse* agar dapat memberikan solusi terhadap suatu permasalahan (Salman dan Prasetio, 2011). Penelitian menggunakan ERNN pernah dilakukan oleh Afrianty, *et al* (2018) untuk memprediksi penjualan Pilus agar dapat meminimalisir terjadinya kerugian. Parameter yang digunakan yaitu epoch 500, nilai *learning rate* 0.1 hingga 0.9 dengan arsitektur 5 neuron layer masukan, 7 *neurons* layer tersembunyi dan 1 *output*. Berdasarkan pengujian diperoleh akurasi sekitar 90.25% dengan epoch 500 dan nilai *learning rate* 0.9. Selain itu, Radjabaycolle dan Pulungan (2016) juga menerapkan metode ERNN untuk memprediksi penggunaan *bandwidth*. Hasil penelitian dengan menggunakan 13 neuron pada layer tersembunyi diperoleh nilai MSE paling kecil sebesar 0.003725. Sehingga, Suryani dan Wahono (2015) mencoba mengkolaborasikan metode ES dengan *neural network* guna meningkatkan akurasi *neural network* untuk memprediksi harga emas. Penelitian tersebut membandingkan nilai RMSE

yang dihasilkan dari metode *Neural Network* dan ES dengan fungsi aktivasi binary sigmoid adalah 0.003.

Selain elman, metode turunan dari JST yang kerap digunakan untuk peramalan adalah BPNN. Seperti yang dilakukan oleh Wong (2019) memprediksi tingkat inflasi di Kota Samarinda dengan metode BPNN dengan parameter seperti fungsi pembelajaran, fungsi aktivasi dan *learning rate* 0.1 mampu menghasilkan prediksi yang cukup baik dengan nilai MSE sebesar 0.00000424.

Zhang, *et al* (2013) telah melakukan penelitian guna mengetahui performa dari metode BPNN, *Radial Basis Function Neural Network* (RBFNN), ERNN, dan *Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average* (SARIMA) untuk memprediksi demam tifoid berdasarkan nilai *Mean Absolute Error* (MAE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan *Mean Square Error* (MSE). Hasil penelitian menunjukkan metode dengan performa yang lebih baik secara berturut-turut adalah RBFNN, ERNN, BPNN, dan SARIMA.

Berdasarkan beberapa penjelasan tersebut diperlukan analisis lebih mendalam pada metode ES, ERNN dan BPNN di bidang peramalan komoditi pertanian khususnya palawija. Pada penelitian ini mengimplementasikan ketiga metode tersebut menggunakan bahasa pemrograman visual studio. Perbandingan in dilakukan untuk mengetahui besarnya tingkat keakuratan atau akurasi dari hasil ramalan dengan melihat nilai MAPE yang dihasilkan dari masing-masing metode.

## METODE PENELITIAN

Tahapan pengerjaan penelitian ini diuraikan sebagai berikut.

### 1. Mengumpulkan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data jumlah produksi palawija di Kalimantan Selatan pada tahun 1993 sampai dengan tahun 2015 dari *kaggle.com*, kemudian dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data uji.

### 2. Menerapkan metode *Elman Recurrent Neural Networks* (ERNN), *Backpropagation Neural Networks* (BPNN), dan *Exponential Smoothing* (ES)

Pada tahap ini akan diterapkan metode ERNN, BPNN, dan ES dengan *learning rate* 0.1 sampai dengan 0.9 untuk memprediksi jumlah produksi ketujuh data. Penerapan metode dilakukan dengan membuat *source code* yang sesuai dengan alur metode menggunakan *Visual Basic*. Rumus setiap metode yang digunakan untuk *source code* sebagai berikut.

#### i. *Elman Recurrent Neural Networks* (ERNN)

ERNN dihitung menggunakan Persamaan 1 sampai dengan Persamaan 3.

$$y(k) = g(\omega_3 x(k)) \quad (1)$$

$$x(k) = f(\omega_1 x_c(k) + \omega_2 (u(k-1))) \quad (2)$$

$$x_c(k) = x(k-1) \quad (3)$$

dengan

$u(k-1)$  = Input dari network

$y(k)$  = Output dari network

$x_c(k)$  = Node dari layer konteks

$x(k)$  = Node dari layer tersembunyi

$\omega_1, \omega_2, \omega_3$  = Bobot untuk layer konteks, input, dan output tersembunyi

ii. *Backpropagation Neural Networks* (BPNN)

Output dari semua node *hidden layer* dihitung menggunakan Persamaan 4 sampai dengan Persamaan 6.

$$net_j = \sum_{i=0}^n \omega_{ij} x_i \quad (4)$$

$$y_j = f(net_j) \quad (5)$$

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (6)$$

dengan

$net_j$  = Nilai aktivasi dari node ke- $j$

$\omega_{ij}$  = Bobot penghubung dari node inputan  $i$  ke node tersembunyi  $j$

$x_i$  = Inputan ke- $i$

$y_j$  = Output dari node ke- $j$  pada layer tersembunyi

$f$  = fungsi sigmoid yang merupakan fungsi aktivasi

iii. *Exponential Smoothing* (ES)

Abraham dan Ledolter (2005) menyebutkan bahwa metode ES menggunakan bobot rata-rata dari nilai *time series* sebelumnya untuk peramalan yang disajikan pada Persamaan 7.

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (7)$$

dengan

$F_{t+1}$  = Nilai peramalan untuk waktu  $t+1$

$Y_t$  = Nilai sebenarnya untuk waktu  $t$

$F_t$  = Nilai peramalan untuk waktu  $t$

$\alpha$  = Konstanta pemulusan ( $0 < \alpha < 1$ )

3. Menghitung *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)

Jika diketahui  $n$  adalah banyaknya iterasi yang terjadi,  $Y_t$  adalah nilai sebenarnya pada waktu  $t$ , dan  $F_t$  adalah nilai peramalan pada waktu  $t$  maka MAPE dihitung menggunakan Persamaan 8.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right| \quad (8)$$

4. Menganalisis hasil MAPE antar metode dalam setiap dataset

Pada tahap ini akan dilakukan analisis terhadap hasil MAPE yang diperoleh pada Langkah 3 untuk mengetahui performa setiap metode.

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tahapan pertama, yakni pengumpulan data jumlah produksi palawija di Kalimantan Selatan pada tahun 1993 sampai dengan tahun 2015 dari *kaggle.com* menghasilkan dataset jagung, dataset kacang tanah, dataset kedelai, dataset padi, dataset ubi jalar, dan dataset ubi kayu yang masing-masing terdiri dari 23 data, serta dataset kacang hijau yang terdiri dari 19 data. Tahapan selanjutnya adalah pembuatan program menggunakan *Visual Basic*. Gambar 1 dan 2 secara berturut-turut merupakan penerapan *training* dan *testing* untuk metode ERNN.

```

For Epoch = 0 To sayepoch
    'Feedforward untuk cek dengan bobot yang ada
    For p = 0 To jumlahtrain - 1 'untuk setiap data training
        For j = 1 To jumlahhidden
            net_i(j) = v(0, j)
            For i = 1 To jumlahinput
                net_i(j) += (X_train(p, i) * v(i, j))
            Next
            If p > 0 Then
                For k = 1 To jumlahhidden
                    g(k) = h(k) 'context unit berasal dari hidden unit sebelumnya
                    net_i(j) += (g(k) * u(k, j))
                Next
            Else
                For k = 1 To jumlahhidden
                    g(k) = 0
                Next
            End If
            h(j) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_i(j)))
        Next
        net_out = w(0)
        For j = 1 To jumlahhidden
            net_out += (w(j) * h(j))
        Next
        y(p) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_out))
    Next
    'Backpropagation
    d_out = y(p) * (1 - y(p)) * (d_train(p) - y(p))
    Delta_w(0) = lr * d_out
    For j = 1 To jumlahhidden
        Delta_w(j) = lr * d_out * h(j)
        di(j) = h(j) * (1 - h(j)) * d_out * w(j)
        Delta_v(0, j) = lr * di(j)
        For i = 1 To jumlahinput
            Delta_v(i, j) = lr * di(j) * X_train(p, i)
        Next
        For k = 1 To jumlahhidden
            Delta_u(k, j) = lr * di(j) * g(k)
        Next
    Next
Next

```

Gambar 1. Source Code Training Metode ERNN

Perbandingan Elman Recurrent Neural Networks, Backpropagation Neural Networks, dan Exponential Smoothing dalam Peramalan Produksi Palawija

```
For Epoch = 0 To MaxEpoch
'Feedforward untuk cek dengan bobot yang ada
For p = 0 To JumlahTrain - 1 'untuk setiap data training
For j = 1 To JumlahHidden
net_i(j) = v(0, j)
For i = 1 To JumlahInput
net_i(j) += (X_train(p, i) * v(i, j))
Next
If p > 0 Then
For k = 1 To JumlahHidden
g(k) = h(k) 'context unit berasal dari hidden unit sebelumnya
net_i(j) += (g(k) * u(k, j))
Next
Else
For k = 1 To JumlahHidden
g(k) = 0
Next
End If
h(j) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_i(j)))
Next
NET_OUT = w(0)
For j = 1 To JumlahHidden
net_out += (w(j) * h(j))
Next
y(p) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_out))
Next
'Backpropagation
d_out = y(p) * (1 - y(p)) * (d_train(p) - y(p))
Delta_w(0) = lr * d_out
For j = 1 To JumlahHidden
Delta_w(j) = lr * d_out * h(j)
di(j) = h(j) * (1 - h(j)) * d_out * w(j)
Delta_w(0, j) = lr * di(j)
For i = 1 To JumlahInput
Delta_w(i, j) = lr * di(j) * X_train(p, i)
Next
For k = 1 To JumlahHidden
Delta_w(k, j) = lr * di(j) * g(k)
Next
Next
Next
```

Gambar 2. Source Code Testing Metode ERNN

Gambar 3 dan Gambar 4 secara berturut-turut merupakan penerapan *training* dan *testing* untuk metode BPNN.

```
For Epoch = 0 To MaxEpoch
'Feedforward untuk cek dengan bobot yang ada
For p = 0 To JumlahTrain - 1 'untuk setiap data training
For j = 1 To JumlahHidden
net_i(j) = v(0, j)
For i = 1 To JumlahInput
net_i(j) += (X_train(p, i) * v(i, j))
Next
If p > 0 Then
For k = 1 To JumlahHidden
g(k) = h(k) 'context unit berasal dari hidden unit sebelumnya
net_i(j) += (g(k) * u(k, j))
Next
Else
For k = 1 To JumlahHidden
g(k) = 0
Next
End If
h(j) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_i(j)))
Next
NET_OUT = w(0)
For j = 1 To JumlahHidden
net_out += (w(j) * h(j))
Next
y(p) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_out))
Next
'Backpropagation
d_out = y(p) * (1 - y(p)) * (d_train(p) - y(p))
Delta_w(0) = lr * d_out
For j = 1 To JumlahHidden
Delta_w(j) = lr * d_out * h(j)
di(j) = h(j) * (1 - h(j)) * d_out * w(j)
Delta_w(0, j) = lr * di(j)
For i = 1 To JumlahInput
Delta_w(i, j) = lr * di(j) * X_train(p, i)
Next
For k = 1 To JumlahHidden
Delta_w(k, j) = lr * di(j) * g(k)
Next
Next
Next
```

Gambar 3. Source Code Training Metode BPNN

```
For p = 0 To jumdatatest - 1
  For j = 1 To jumtidden
    net_i(j) = v(0, j)
    For i = 1 To juminput
      net_i(j) += (X_test(p, i) * v(i, j))
    Next
    h(j) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_i(j)))
  Next
  net_out = w(0)
  For j = 1 To jumtidden
    net_out += (w(j) * h(j))
  Next
  y(p) = 1 / (1 + Math.Pow(Math.E, -net_out))
Next
```

Gambar 4. Source Code Testing Metode BPNN

Gambar 5 merupakan penerapan untuk metode ES.

```
For i = 0 To jumdataset - 1
  x(i) = dataset norm(i)
Next

interval = Val(txtInterval.Text)
If interval < 0.1 Then
  SF = interval
Else
  SF = 0.1
End If

no = 0
Do While SF <= maks SF
  no += 1
  s(no - 1, 0) = x(0)
  For t = 1 To jumdataset - 1
    s(no - 1, t) = s(no - 1, t - 1) + (SF * (x(t - 1) - s(no - 1, t - 1)))
  Next

  'Hitung MAPE
  MAPE = 0
  For i = 0 To jumdataset - 1
    MAPE += Math.Abs(x(i) - s(no - 1, i)) / x(i)
  Next
  MAPE /= jumdataset

  SF += interval
Loop
```

Gambar 5. Source Code Training Metode ES

Kemudian untuk perhitungan MAPE disajikan pada Gambar 6.

```
MAPETest = 0
For p = 0 To jumdatatest - 1
  MAPETest += Math.Abs(d_test(p) - y(p)) / d_test(p)
Next
MAPETest /= jumdatatest
txtMAPETest.Text = MAPETest
```

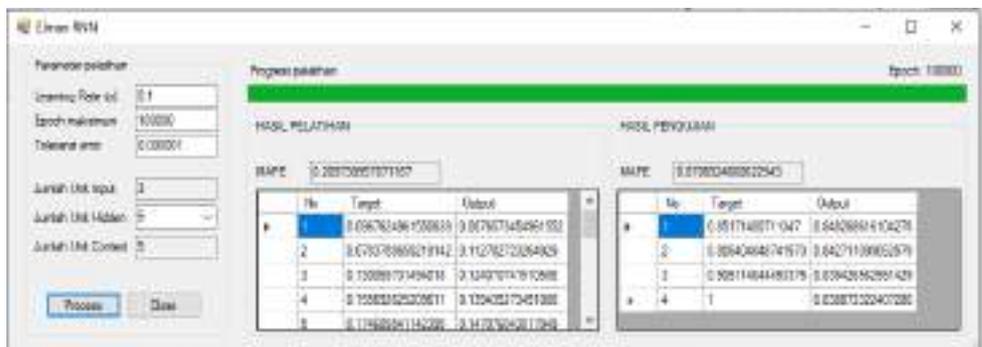
Gambar 6. Source Code untuk MAPE

Program yang telah dibuat dijalankan untuk memilih dataset, metode dan menuliskan *learning rate*, sebagai contoh untuk dataset jagung, metode yang dipilih ERNN dengan *learning rate* 0.1 dan mengklik tombol proses maka menghasilkan MAPE seperti yang disajikan Gambar 7 dan Gambar 8.

**Perbandingan Elman Recurrent Neural Networks, Backpropagation Neural Networks, dan Exponential Smoothing dalam Peramalan Produksi Palawija**

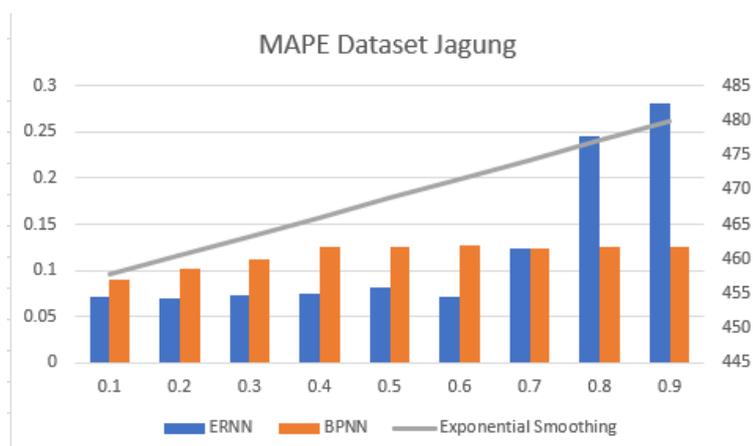


Gambar 7. Tampilan untuk Memilih Dataset dan Metode



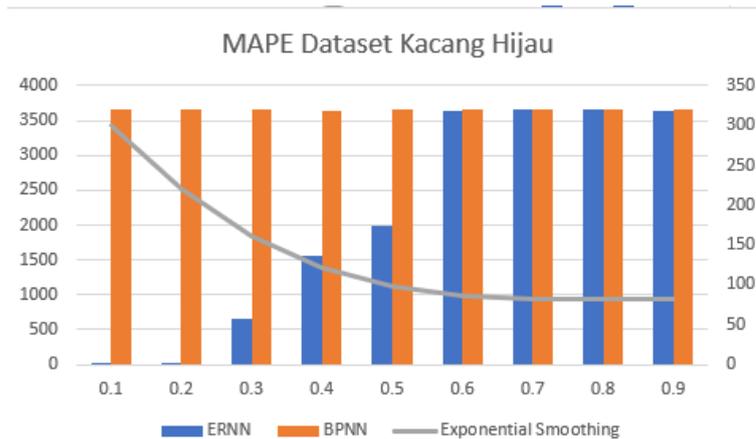
Gambar 8. Tampilan untuk Penulisan *Learning Rate* dan Hasil MAPE

Program ini dijalankan dengan memilih ketujuh dataset untuk setiap metode dan *learning rate* 0.1 sampai dengan 0.9 secara bergantian yang menghasilkan MAPE hasil pengujian yang disajikan pada Gambar 9 sampai dengan Gambar 15.



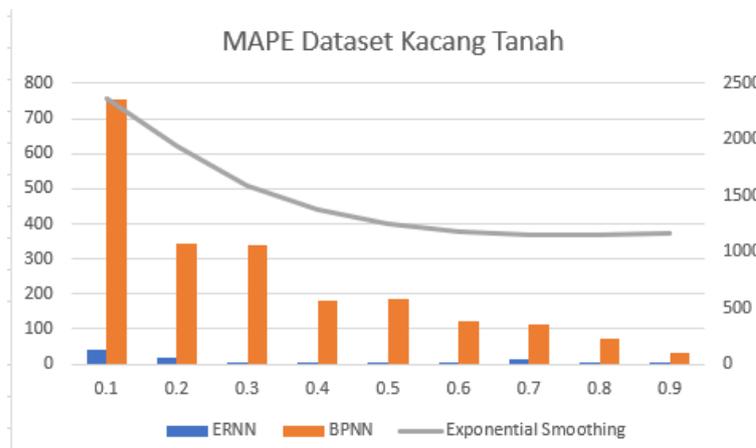
Gambar 9. MAPE untuk Dataset Jagung

Gambar 9 merupakan hasil MAPE untuk dataset jagung yang menunjukkan bahwa MAPE yang dihasilkan dari penerapan ERNN dan BPNN lebih kecil dibanding ES, dengan MAPE terendah dihasilkan oleh penerapan metode ERNN dengan *learning rate* 0.6, yakni 0.0693. Sedangkan MAPE paling besar adalah penerapan metode ES yang menghasilkan 480.0027. MAPE untuk ketiga metode menunjukkan peningkatan jika *learning rate* ditingkatkan.



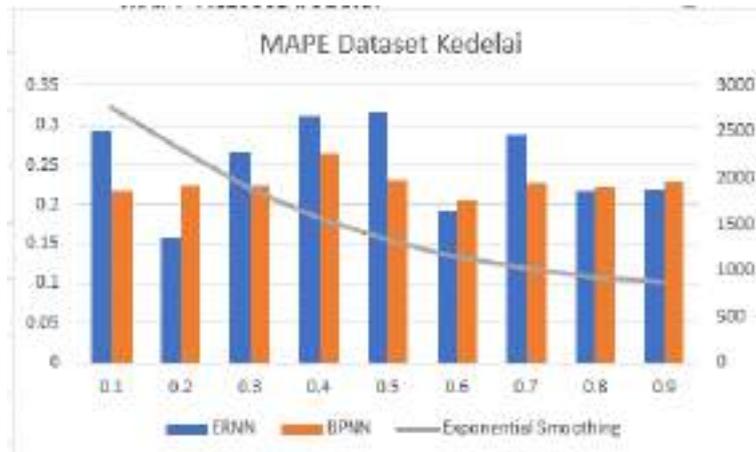
Gambar 10. MAPE untuk Dataset Kacang Hijau

Gambar 10 merupakan hasil MAPE untuk dataset kacang hijau yang menunjukkan MAPE yang dihasilkan tinggi mayoritas antara rentang 80 sampai dengan 3500, kecuali untuk metode ERNN dengan *learning rate* 0.1 dan 0.2, yakni secara berturut-turut 3.3610 dan 3.6344. MAPE untuk penerapan ERNN dan BPNN fluktuatif turun naik, sedangkan untuk penerapan ES menunjukkan nilai MAPE mengalami penurunan jika *learning rate* ditingkatkan.



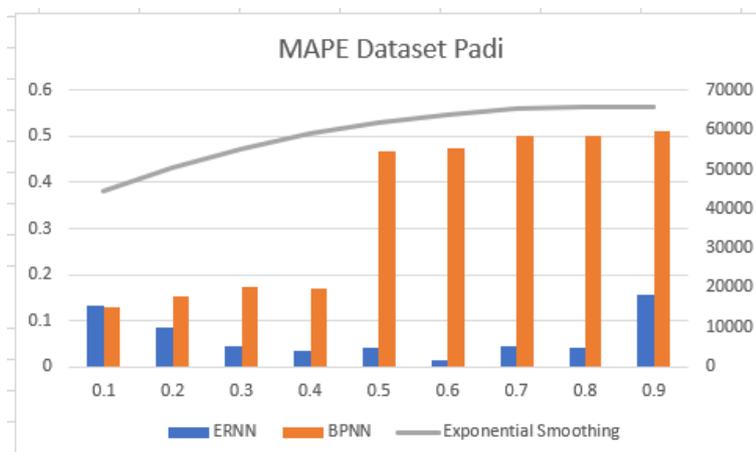
Gambar 11. MAPE untuk Dataset Kacang Tanah

Gambar 11 menunjukkan MAPE untuk metode ERNN yakni pada rentang 0.7416 sampai dengan 39.3743 relatif lebih kecil dibandingkan dua metode lainnya, yakni pada rentang 31.57089 sampai dengan 2371.8561. Metode ERNN menunjukkan penurunan MAPE untuk *learning rate* dari 0.1 sampai dengan 0.5, kemudian menunjukkan peningkatan ketika *learning rate* ditingkatkan menjadi 0.6 sampai dengan 0.9. Sedangkan kedua metode yang lain menunjukkan peningkatan MAPE jika *learning rate* ditingkatkan.



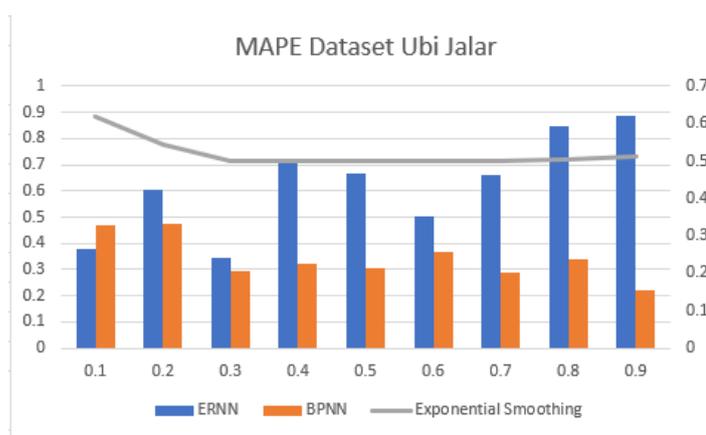
Gambar 12. MAPE untuk Dataset Kedelai

Gambar 12 menunjukkan MAPE terkecil diperoleh dari penerapan metode ERNN dengan *learning rate* 0.2, yakni 0.1573. Sedangkan MAPE terbesar diperoleh dari penerapan metode ES dengan *learning rate* 0.1, yakni 2771.1408. Gambar 12 juga menunjukkan MAPE hasil penerapan ERNN dan BPNN fluktuatif naik turun, tetapi hasil penerapan ES MAPE menunjukkan penurunan jika *learning rate* ditingkatkan.



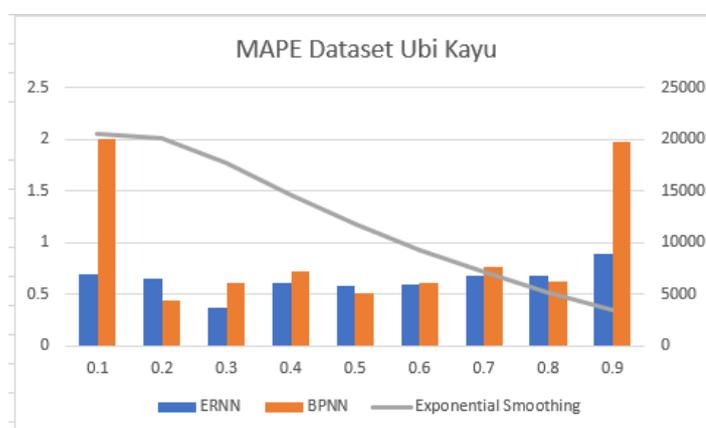
Gambar 13. MAPE untuk Dataset Padi

Gambar 13 menunjukkan bahwa MAPE hasil penerapan metode ERNN merupakan MAPE terkecil, yakni 0.0151 pada saat *learning rate* 0.6. Dibandingkan dengan ES dimana MAPEnya pada rentang 44357.4931 sampai dengan 65858.5040, MAPE hasil penerapan BPNN relatif sama kecilnya dengan hasil ERNN tetapi meningkat cukup banyak saat *learning rate* dinaikkan menjadi 0.5. MAPE hasil penerapan ERNN terlihat naik turun, sedangkan untuk kedua metode yang lain MAPE mengalami peningkatan seiring peningkatan *learning rate*.



Gambar 14. MAPE untuk Dataset Ubi Jalar

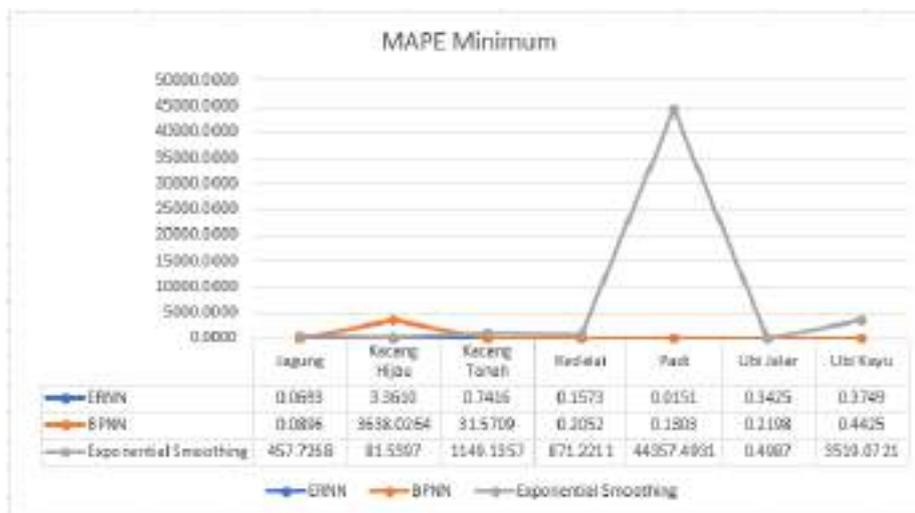
Gambar 14 menunjukkan bahwa MAPE untuk hasil penerapan ketiga metode pada dataset ubi jalar relatif kecil, yakni kurang dari 1. Walaupun MAPE terkecil adalah hasil penerapan metode BPNN dengan *learning rate* 0.9, yakni 0.2198. Gambar 14 juga menunjukkan jika *learning rate* ditingkatkan maka MAPE hasil penerapan ERNN semakin meningkat, MAPE hasil penerapan BPNN semakin menurun, dan MAPE hasil penerapan ES walaupun mengalami naik turun tetapi relatif stabil pada kisaran angka 0.5.



Gambar 15. MAPE untuk Dataset Ubi Kayu

Gambar 15 menunjukkan bahwa jika *learning rate* ditingkatkan maka MAPE dari hasil penerapan ERNN dan BPNN naik turun. Meskipun MAPE hasil penerapan ES mengalami penurunan, tetapi tetap merupakan MAPE bernilai besar karena berada pada rentang 3519.0721 sampai dengan 20557.5900. MAPE terkecil adalah hasil penetapan metode ERNN dengan *learning rate* 0.3, yakni 0.3749.

Guna melihat hasil penerapan ketiga metode, maka diambil MAPE minimum dari setiap metode pada setiap dataset yang disajikan pada Gambar 16.



Gambar 16. MAPE Minimum

Gambar 16 menunjukkan bahwa metode ERNN menghasilkan MAPE terkecil pada enam dari tujuh dataset yang ada. Walaupun pada dataset ubi jalar, MAPE terkecil diperoleh dari hasil penerapan BPNN, yakni 0.21978, tetapi MAPE yang diperoleh dari hasil penerapan ERNN tidak berbeda jauh, yakni 0.3425. Sedangkan hasil MAPE paling besar dihasilkan dari penerapan ES. Gambar 16 juga menunjukkan penerapan BPNN untuk jumlah dataset yang lebih sedikit, yakni dataset kacang hijau memberikan MAPE yang besar.

Berikut adalah hasil keterkaitan penelitian ini dengan beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi penelitian ini.

1. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mayoritas penerapan ketiga metode mampu mengenali pola pada ketujuh dataset sesuai dengan penelitian terdahulu.

2. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Zhang, *et al* (2013) dengan hasil MAPE ERNN lebih bagus dibandingkan BPNN.
3. Jumlah data latih pada dataset kacang hijau yang signifikan mempengaruhi MAPE pada penerapan metode BPNN sejalan dengan hasil penelitian oleh Nugraha, Santoso, dan Suselo (2013).

## SIMPULAN

Berdasarkan uraian pada bagian hasil dan pembahasan terlihat bahwa metode ERNN menghasilkan nilai MAPE yang kecil dan stabil untuk ketujuh dataset dibandingkan dengan nilai MAPE yang dihasilkan oleh metode BPNN dan ES. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa metode ERNN lebih baik dibandingkan BPNN dan ES untuk meramalkan data produksi tanaman palawija. Dengan kata lain, performa metode ERNN tidak bergantung pada dataset yang diuji.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Tanah Laut atas bantuan biaya pada skema Penelitian Dosen Dana DIPA Tahun Anggaran 2020.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, B., & Ledolter, J. (2005). *Statistical methods for forecasting*. New Jersey: Wiley-Interscience.
- Afrianty, I., *et al.* (2018). Penerapan jaringan syaraf tiruan Elman Recurrent Neural Network untuk prediksi penjualan pilus. *Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi, dan Industri (SNTIKI-10)*. Pekanbaru: UIN Sultan Syarif Kasim Riau.
- Aktual kassel. (2019). *Satu prioritas pembangunan di Tanah Laut*. Retrieved September 1, 2020, from <http://aktualkassel.com/2019/09/23/sector-pertanian-merupakan-salah-satu-prioritas-pembangunan-di-tanah-laut/>.
- BPS Kabupaten Tanah Laut. (2020). *Tanaman pangan*. Retrieved September 1, 2020, from <http://tanahlautkab.bps.go.id>.
- Cynthia, E.P., *et al.* (2019). Penerapan metode elman recurrent neural network (ERNN) untuk peramalan penjualan. *Journal of Education Informatic Technology and Science (JeITS)*, 1(2), 49-61.
- Nugraha, K. A., Santoso, A. J., & Suselo, T. (2013). Algoritma backpropagation pada jaringan saraf tiruan untuk pengenalan pola wayang kulit. *Seminar*

- Nasional Informatika 2013 (semnas IF 2013)*. Yogyakarta: UPN Veteran Yogyakarta.
- Apriliyani, N., Rhomadhona, H., & Permadi, J. (2018). Aplikasi peramalan jumlah siswa sekolah dasar di kabupaten Tanah Laut menggunakan metode holt's double exponential smoothing. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 7(2), 64-69. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i2.623>.
- Radjabaycolle, J., & Pulungan, R. (2016). Prediksi penggunaan bandwidth menggunakan elman recurrent neural network. *Barekeng Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan*, 10(2), 127-135.
- Safitri, T., Dwidayati, N., & Sugiman. (2017). Perbandingan peramalan menggunakan metode exponential smoothing holt-winters dan ARIMA. *UNNES Journal of Mathematics*, 6(1), 48-58.
- Salman, A.G., & Prasetio, Y.L. (2011). Implementasi jaringan syaraf tiruan recurrent menggunakan gradient descent adaptive learning rate and momentum untuk pendugaan curah hujan. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 2(1), 23-35.
- Sihabuddin, A., Rosadi, D., & Utami, S. (2017). An empirical comparative forecast accuracy of exponential smoothing and nonlinear autoregressive models on six major rates. *International Journal of Computer Science and Information Security (IJCSIS)*, 15(1), 670-672.
- Suryani, I., & Wahono, R. S. (2015). Penerapan exponential smoothing untuk transformasi data dalam meningkatkan akurasi neural network pada prediksi harga emas. *Journal of Intelligent Systems*, 1(2), 67-75.
- Wanto, A., & Windarto, A. P. (2017). Analisis prediksi indeks harga konsumen berdasarkan kelompok kesehatan dengan menggunakan metode backpropagation. *Sinkron Publikasi Jurnal & Penelitian Teknik Informatika*, 2(2), 37-43.
- Wisesa, L. (2018). Produksi pertanian Indonesia BPS 1993-2015 produksi beberapa komoditi pertanian dalam ton. Retrieved August 1, 2020 from [www.kaggle.com](http://www.kaggle.com)
- Wong, K., *et al.* (2019). Prediksi tingkat inflasi dengan menggunakan metode backpropagation neural network. *Sains, Aplikasi, Komputasi dan Teknologi Informasi*, 1(2), 8-13.
- Zhang, X., *et al.* (2013). Comparative study of four time series methods in forecasting typhoid fever incidence in China. *PLoS ONE*, 8(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0063116>.

GENERALISASI ALGORITMA *THINNING PROCESS* PADA PROSES  
POISSON MAJEMUK DENGAN KOMPONEN PROSES POISSON  
NONHOMOGEN DAN DISTRIBUSI GAMMA

Syarif Abdullah\*<sup>1</sup>, Sidik Susilo<sup>2</sup>, Miftahul Huda<sup>3</sup>, Nina Valentika<sup>4</sup>, Sri Istiyarti Uswatun Chasanah<sup>5</sup>, Agusyarif Rezka Nuha<sup>6</sup>, Aswata Wisnuadji<sup>7</sup>, Fajri Ikhsan<sup>8</sup>, Yazid Rukmayadi<sup>9</sup>

<sup>1,2,7,9</sup>Department of Mechanical Engineering, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Statistics, Universitas Bina Bangsa, Banten, Indonesia

<sup>4</sup>Department of Mathematics, Universitas Pamulang, Banten, Indonesia

<sup>5</sup>Department of Mathematics, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Yogyakarta, Indonesia

<sup>6</sup>Department of Mathematics, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

<sup>8</sup>Department of Metallurgy Engineering, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

abdullahsyarifayis@untirta.ac.id\*<sup>1</sup>, sidik@untirta.ac.id<sup>2</sup>, miftahulhuda.osima@gmail.com<sup>3</sup>, dosen02339@unpam.ac.id<sup>4</sup>, sri.chasanah@uin-suka.ac.id<sup>5</sup>, agusyarif@ung.ac.id<sup>6</sup>, aswata\_wisnuadji@untirta.ac.id<sup>7</sup>, fajri.ikhsan@untirta.ac.id<sup>8</sup>, yazid.rukmayadi86@gmail.com<sup>9</sup>

\*Corresponding Author

Received 22 November 2020; revised 25 December 2020; accepted 27 December 2020.

ABSTRAK

Proses Poisson majemuk (*compound Poissonprocess* (CPP)) adalah salah satu pengembangan dari teori stokastik yang digunakan untuk memodelkan fenomena nyata. Proses ini minimal memiliki dua komponen, yaitu komponen pada proses Poisson-nya berupa fungsi intensitas konstan atau fungsi tertentu dan komponen besaran akibat berupa distribusi tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model CPP yang memiliki komponen fungsi intensitas nonhomogen pada proses Poisson-nya (*non-homogeneous Poisson process* (NHPP)) dan komponen besaran akibat yang berdistribusi gamma (*gamma distribution* (GD)). Selanjutnya dibuat penduga parameter (*parameter estimation*) dan algoritma membangkitkan CPP-NHPP-GD. Metode yang digunakan dalam menentukan penduga parameter yaitu metode moment. Sedangkan pembuatan algoritma pada penelitian ini menggunakan metode *acceptance and rejections* berupa generalisasi teknik *thinning process*. Hasil penelitian telah didapatkan rumusan penduga-penduga untuk fungsi nilai harapan dan varian pada CPP dengan komponen NHPP dan komponen GD. Penelitian ini didapatkan pula generalisasi algoritma *thinning process* pada CPP-NHPP-GD tipe 1

dan 2. Algoritma tipe 1 merupakan hasil modifikasi dan generalisasi algoritma dari model CPP-HPP dengan mengubah komponen pada proses Poisson-nya menjadi bentuk NHPP dan komponen pada bagian besaran akibat berupa distribusi gamma. Algoritma tipe 2 merupakan hasil modifikasi dari tipe 1 dengan melakukan *breakdown* interval menjadi subinterval.

**Kata kunci:** distribusi gamma, generalisasi algoritma, penduga parameter, proses Poisson majemuk, proses Poisson nonhomogen.

### ABSTRACT

Compound Poisson process (CPP) is one of the developments of the stochastic theory used to model real phenomena. This process has at least two main components, that are the components in the Poisson process in the form of a constant intensity function or a certain function and the resulting magnitude component in the form of a certain distribution. This study aims to create a CPP model that has a non-homogeneous intensity function component in the Poisson process (NHPP) and a component of the resulting magnitude with a gamma distribution (GD). Furthermore, parameter estimation and algorithms are built to generate CPP-NHPP-GD. The method used in determining the parameter estimator is the moment method. Meanwhile, the algorithm in this study uses the acceptance and rejections method in the form of a generalization of the thinning process technique. The results of this research have obtained estimator formulations for the expected value and variance functions on the CPP with NHPP and GD components. This research also obtained a generalization of the thinning process algorithm on CPP-NHPP-GD types 1 and 2. The type 1 algorithm is the result of modification and generalization of the algorithm from the CPP-HPP model by changing the components in the Poisson process into NHPP form and the component in the resulting part of the gamma distribution. Algorithm type 2 is a modification result from type 1 by doing a breakdown interval to subinterval.

**Keywords:** algorithm generalization, compound Poisson process, gamma distribution, nonhomogeneous Poisson process, parameter estimator.

### PENDAHULUAN

Fenomena nyata pada kehidupan sehari-hari seringkali terdapat peristiwa-peristiwa yang mengandung unsur ketidakpastian, misalkan terjadinya gempa, banjir, fluktuasi suku bunga atau bahkan kematian. Dari peristiwa yang tidak pasti tersebut maka muncullah kejadian acak (*random event*), sehingga diperlukan ilmu untuk memprediksi kejadian yang terjadi secara acak (*random event that*

*occured*). Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah dengan membuat model yang sesuai atau yang meyerupai fenomena nyata yang dikaji.

Proses stokastik adalah suatu cabang ilmu yang mempelajari tentang suatu proses kejadian yang memiliki unsur ketidakpastian. Ditinjau dari segi proses waktu kejadian, proses ini secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu proses kejadian waktu diskret dan kontinu. Salah satu cabang dari proses stokastik dengan proses kejadian kontinu adalah proses Poisson. Proses Poisson adalah suatu proses pencacahan yang memiliki laju (fungsi intensitas) tertentu yang memiliki inkremen bebas dan banyaknya kejadian pada sebarang selang waktu panjang tertentu memiliki sebaran (distribusi) Poisson dengan nilai harapan tertentu pula, atau dalam arti memiliki inkremen stasioner. Proses Poisson secara garis besar terbagi menjadi dua pula, yaitu *homogeneous Poisson process* (HPP) dan *nonhomogeneous Poisson process* (NHPP). HPP adalah suatu proses Poisson dengan laju tertentu yang memiliki fungsi konstan untuk setiap waktu. Sedangkan NHPP adalah suatu proses Poisson dengan laju tertentu yang memiliki fungsi tak konstan untuk sebarang waktu. Proses HPP memiliki arti bahwa kejadian ini tidak bergantung pada waktu, sedangkan proses NHPP memiliki arti bahwa kejadian ini bergantung pada waktu. Proses Poisson memiliki banyak aplikasi, misalnya pada bidang teknik yaitu *maintenance planning: minimal repair* (Beichelt, 2006), *fibrous materials* (Sampson, 2009), *failure model* (Cha, 2013), alat deteksi nuklir (Pahlajani *et al.*, 2014), *maintenance modelling* (Andrzejczak *et al.*, 2018), *reliability model in engineering for automotive productions line* (Soltanali *et al.*, 2019) dan lain-lain.

Salah satu pengembangan dari proses stokastik selanjutnya adalah proses Poisson majemuk (*compound Poisson process* (CPP)). CPP minimal memiliki dua komponen utama, yaitu suatu komponen pada proses Poisson berupa fungsi intensitas konstan atau fungsi tertentu dan suatu komponen besaran akibat berupa distribusi tertentu. Pada proses ini mengandung arti bahwa pada proses stokastik yang didapatkan tidak hanya melihat berapa banyak kejadian itu terjadi atau muncul, namun juga diperhatikan besaran akibat atau efek dari kejadian tersebut bila terjadi atau muncul. Pada proses terjadinya suatu kejadian pada proses stokastik ini diasumsikan memiliki kejadian berupa proses Poisson, baik berupa

HPP (memiliki intensitas konstan) atau NHPP (memiliki intensitas fungsi tak konstan). Sedangkan besaran akibat dari kejadian tersebut dapat diasumsikan memiliki distribusi tertentu, misalkan mengikuti sebaran (distribusi) seragam, eksponensial, gamma, Pareto atau yang lain, yang sesuai dengan fenomena.

Salah satu aplikasi proses Poisson majemuk yang memiliki proses kejadian berupa proses Poisson homogen (*compound Poisson process-homogeneous Poisson process* (CPP-HPP)) yaitu terdapat pada bidang asuransi dan keuangan, demografi, seismografi, biologi, dan bidang teknik (Abdullah *et al.*, 2020a). Masalah yang terjadi dari model-model sebelumnya telah diasumsikan bahwa suatu kejadian memiliki kejadian yang konstan, sedangkan pada realitanya (dalam fenomena nyata) suatu kejadian tidaklah selalu konstan atau sering berubah seiring dengan waktu, sehingga perlu dikembangkan model baru yang sesuai. Proses Poisson majemuk yang memiliki proses kejadian berupa proses Poisson nonhomogen (*compound Poisson process-nonhomogeneous Poisson process* (CPP-NHPP)) belum banyak dikaji, sehingga peneliti fokus pada penelitian tersebut. CPP-NHPP yang memiliki fungsi intensitas berupa fungsi periodik telah diteliti pada Mangku *et al.* (2013), Ruhayat *et al.* (2013) dan Makhmudah *et al.* (2016). Sedangkan untuk fungsi periodik yang memiliki tren linear telah diteliti pada Wibowo *et al.* (2017) dan Abdullah *et al.* (2017). Namun pada penelitian di atas belum dibahas pada bagian komponen akibat yang berdistribusi tertentu. Penelitian Abdullah *et al.* (2020a) telah dibahas proses Poisson majemuk yang memiliki komponen pada proses kejadian berupa proses Poisson nonhomogen (*compound Poisson process-nonhomogeneous Poisson process* (CPP-NHPP)) dan komponen pada bagian besaran akibat berupa distribusi eksponensial (*exponential distribution* (ED)).

Metode yang sering digunakan untuk membangkitkan proses Poisson (baik berupa HPP atau NHPP) yaitu dengan metode *acceptance and rejection* berupa teknik *thinning process*. Oleh karena itu, untuk membangkitkan CPP-HPP dan CPP-NHPP berupa teknik *thinning process* diperlukan modifikasi dan generalisasi. Pada penelitian Abdullah *et al.* (2019) telah dibahas modifikasi algoritma CPP-HPP dan CPP-NHPP, namun belum pada bentuk komponen pada bagian akibat berupa distribusi tertentu. Pada penelitian Abdullah *et al.* (2020a)

telah dibahas modifikasi algoritma CPP-HPP dan CPP-NHPP pada bentuk komponen pada bagian akibat berupa distribusi eksponensial (CPP-NHPP-ED). Sedangkan pada penelitian Abdullah *et al.* (2020b) telah dikaji CPP-NHPP-ED berupa fungsi linear pada komponen proses Poisson-nya.

Distribusi gamma adalah keluarga dari distribusi probabilitas kontinu yang memiliki dua parameter utama, yaitu parameter bentuk (*shape*) dan parameter skala (*scale*). Kasus khusus dari distribusi gamma yaitu distribusi eksponensial, distribusi Erlang dan distribusi *chi-squared*. Distribusi ini memiliki banyak aplikasi, misalnya pada ekonometri, keuangan dan asuransi. Sehingga pada penelitian ini peneliti bertujuan untuk membuat model *compound Poisson process* (CPP) yang memiliki komponen fungsi intensitas nonhomogen pada proses Poisson-nya (*non-homogeneous Poisson process* (NHPP)) dan komponen akibat yang berdistribusi gamma (*gamma distribution* (GD)) (CPP-NHPP-GD). Selanjutnya dibuat penduga parameter (*parameter estimator*) dan generalisasi algoritma untuk membangkitkan CPP-NHPP-GD.

Hasil pembuatan model, penduga parameter dan algoritma yang dihasilkan merupakan hasil pengembangan teoritis dan analisis simulasi komputasi yang dapat diterapkan di berbagai bidang ilmu. Dalam bidang teknik, model ini dapat digunakan sebagai analisis reabilitas, sedangkan pada bidang asuransi dan keuangan model ini dapat digunakan dalam teori risiko, khususnya pada ukuran risiko. Dengan memperhatikan reabilitas dan risiko, maka perusahaan diharapkan dapat merencanakan langkah ke depan sehingga tidak terjadi kerugian dan kebangkrutan.

## **METODE PENELITIAN**

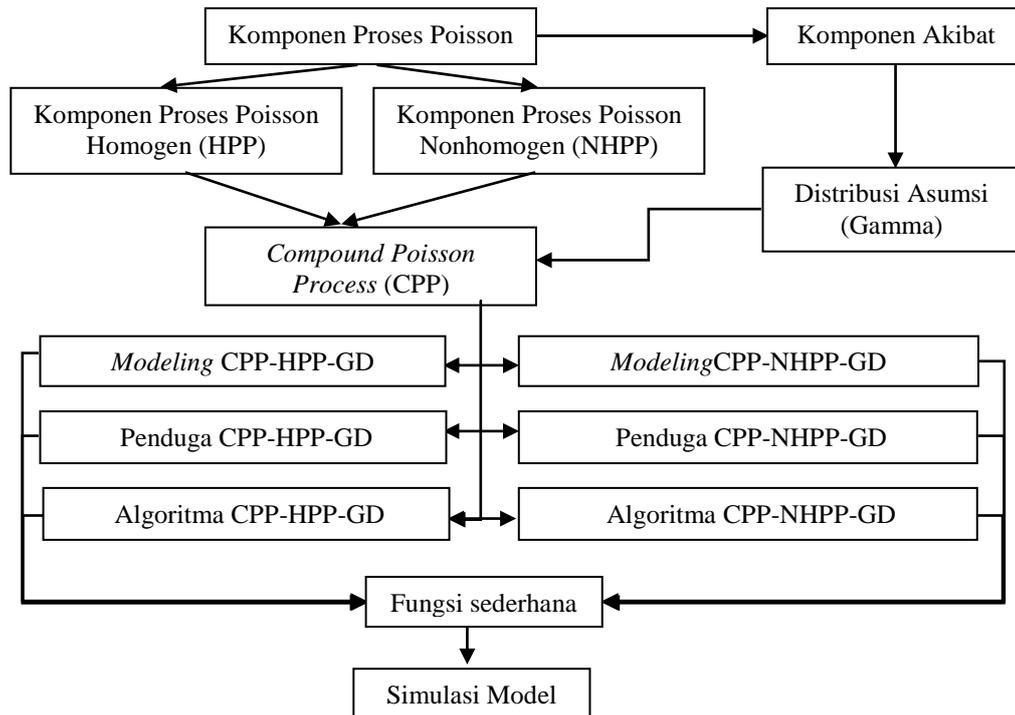
Keterbatasan pada model proses Poisson majemuk yang diasumsikan pada komponen terjadinya suatu kejadian berupa proses Poisson homogen, yang mana memiliki fungsi intensitas konstan, maka model tersebut perlu dilakukan pengembangan teori lebih lanjut agar dapat mencerminkan fenomena riil. Langkah awal dalam pembuatan model tersebut yaitu dengan mengubah definisi model CPP-HPP menjadi CPP-NHPP. Sedangkan pada komponen akibat dapat dikembangkan dengan memilih keluarga dari variabel acak i.i.d (*independent and*

*identically distributed*) yang bebas dari proses pencacahan NHPP. Langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai harapan dan varian pada proses Poisson majemuk tersebut. Karena proses Poisson majemuk ini bergantung pada waktu, maka nilai harapan dan varian ini berupa fungsi, yang berturut-turut disebut sebagai fungsi nilai harapan dan fungsi varian.

Karena untuk mengetahui sebaran dari proses Poisson majemuk ini sangat sukar untuk dicari atau ditemukan, maka dilakukan penduga proses Poisson majemuk ini. Langkah awal dalam menduga proses Poisson majemuk ini yaitu dengan melakukan penduga pada fungsi nilai harapan dan varian. Pada penduga fungsi nilai harapan ini terdapat perkalian antara penduga nilai harapan proses Poisson dan penduga nilai harapan dari komponen akibat. Dalam penduga nilai harapan proses Poisson harus dicari terlebih dahulu penduga parameternya, begitu pula untuk penduga nilai harapan dari komponen akibat. Sedangkan pada penduga fungsi varian ini juga terdapat perkalian antara penduga nilai harapan proses Poisson dan penduga nilai harapan dari komponen akibat yang dikuadratkan. Dalam penduga nilai harapan proses Poisson harus dicari terlebih dahulu penduga parameternya, begitu pula untuk penduga nilai harapan dari komponen akibat yang dikuadratkan. Pada penelitian ini disajikan rumusan penduga pada komponen proses Poisson berupa proses Poisson nonhomogen dan komponen pada bagian akibat menggunakan metode moment.

Setelah dirumuskan penduga-penduga yang telah dibahas di atas, maka disusunlah algoritma dalam membangkitkan proses Poisson majemuk yang memiliki komponen proses Poisson nonhomogen dan komponen akibat. Pada komponen akibat pada penelitian ini yaitu berupa distribusi gamma. Metode yang digunakan dalam penyusunan program ini dengan menggunakan metode simulasi komputasi *acceptance and rejection* dengan teknik *thinning process*. Teknik ini pertama kali diperkenalkan pada Lewis dan Shelder (1979) dan selanjutnya dikembangkan dan dimodifikasi pada Ross (2012). Generalisasi algoritma pada penelitian ini adalah hasil dari modifikasi dan generalisasi dari Abdullah (2019, 2020a, 2020b). Adapun langkah-langkah atau alur yang dilakukan dalam penelitian ini diilustrasikan pada Gambar 1.

**Generalisasi Algoritma Thinning Process pada Proses Poisson Majemuk dengan Komponen Proses Poisson Nonhomogen dan Distribusi Gamma**



Gambar 1. Alur Penelitian

**HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Berikut disajikan pembahasan dari hasil penelitian yang telah dicapai, yaitu CPP-HPP-GD, CPP-NHPP-GD, penduga parameter pada CPP-NHPP-GD. Sedangkan pada akhir pembahasan disajikan generalisasi algoritma CPP-NHPP-GD.

**CPP-HPP-GD**

Banyaknya kejadian yang terjadi pada waktu  $T$  dapat direpresentasikan oleh proses pencacahan  $\{N(t), t \geq 0\}$ . Jika proses ini berdistribusi Poisson dengan fungsi intensitas  $\lambda > 0$ , maka proses ini dikatakan sebagai proses Poisson homogen (*homogeneous Poisson process* (HPP)). Karena memiliki fungsi intensitas yang konstan, maka proses ini dikatakan tidak bergantung pada waktu. Hal ini dikarenakan setiap waktu yang diambil maka selalu menghasilkan nilai yang sama. Definisi, nilai harapan, varian dan beberapa teorema terkait HPP dapat dilihat pada Ross (2019).

$$E[N(t)] = \lambda t \text{ dan } \text{var}[N(t)] = \lambda t. \tag{1}$$

Definisi *compound Poisson process-homogeneous Poisson process* (CPP-HPP) adalah sebagai berikut:

**Definisi 1.** Suatu proses  $\{Y(t), t \geq 0\}$  dikatakan sebagai suatu proses Poisson majemuk, jika proses tersebut dapat direpresentasikan sebagai,

$$Y(t) = \sum_{i=1}^{N(t)} X_i, t \geq 0, \quad (2)$$

dengan  $\{N(t), t \geq 0\}$  adalah suatu proses Poisson dan  $\{X_i, i \geq 1\}$  adalah suatu keluarga dari variabel acak yang i.i.d. (*independent and identically distributed*) yang juga bebas dari proses  $\{N(t), t \geq 0\}$  (Ross, 2019).

CPP memiliki dua komponen utama, yaitu komponen banyaknya kejadian, yang biasa disebut komponen frekuensi, dimana diasumsikan berupa proses Poisson dan komponen besaran akibat, yang biasa disebut komponen seferitas. CPP ini memiliki nilai harapan ( $\psi_1(t)$ ) dan varian ( $V_1(t)$ ) seperti pada persamaan (3) dan (4) (Ross, 2019).

$$\psi_1(t) = E[Y(t)] = E[N(t)]E[X_1] \quad (3)$$

$$V_1(t) = \text{var}[Y(t)] = E[N(t)]E[X_1^2] \quad (4)$$

Terlihat bahwa nilai harapan dari CPP adalah perkalian antara nilai harapan dari proses HPP dan nilai harapan dari distribusi yang dibawa oleh komponen besaran akibat atau seferitasnya.

Selanjutnya, asumsikan bahwa  $X_i$  memiliki distribusi gamma dengan parameter skala  $\theta > 0$  dan parameter bentuk  $\alpha > 0$ . Nilai harapan, varian dan orde ke-2 dari  $X_i$  disajikan pada persamaan (5).

$$E[X] = \frac{\alpha}{\theta}, \quad \text{var}[X] = \frac{\alpha}{\theta^2} \quad \text{dan} \quad E[X^2] = \frac{(\alpha+1)\alpha}{\theta^2}. \quad (5)$$

Selanjutnya dengan mensubstitusikan persamaan (1) dan (5) ke persamaan (3) dan (4), maka didapatkan hasil pada persamaan (6) dan (7),

$$\psi_1(t) = \frac{\alpha\lambda t}{\theta}, \quad \text{dan} \quad (6)$$

$$V_1(t) = \frac{(\alpha+1)\alpha\lambda t}{\theta^2}. \quad (7)$$

Jika parameter pada distribusi gamma di atas diasumsikan dengan  $\alpha=1$ , maka nilai harapan dan varian dari distribusi tersebut menjadi nilai harapan dan varian pada distribusi eksponensial.

Karena bentuk model CPP yang memiliki komponen proses Poisson yang homogen, yaitu memiliki fungsi intensitas yang konstan, maka dikembangkan model CPP yang memiliki komponen proses Poisson yang nonhomogen yaitu memiliki fungsi intensitas yang tak homogen. Pengembangan teori ini didasari pada banyaknya kejadian acak yang terjadi pada fenomena nyata yang seringkali memiliki bentuk fungsi intensitas yang tidak selalu konstan.

### **CPP-NHPP-GD**

Banyaknya kejadian yang terjadi pada waktu  $T$  dapat direpresentasikan oleh proses pencacahan  $\{N^*(t), t \geq 0\}$ . Jika proses ini berdistribusi Poisson dengan fungsi intensitas  $\lambda(t) > 0$ , maka proses ini dikatakan sebagai proses Poisson nonhomogen (*nonhomogeneous Poisson process* (NHPP)). Karena memiliki fungsi intensitas yang tak konstan, maka proses ini dapat dikatakan sebagai proses yang bergantung pada waktu. Hal ini dikarenakan ketika diambil beberapa waktu, maka nilai yang didapatkan tidak konstan dan mengikuti tren pada fungsi tersebut. Definisi, nilai harapan, varian dan teorema terkait NHPP dapat dilihat pada Ross (2019).

$$E[N^*(t)] = \Lambda(t) \text{ dan } \text{var}[N^*(t)] = \Lambda(t), \quad (8)$$

dengan  $\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(s) ds$ . Terlihat bahwa nilai harapan dan varian dari NHPP memiliki nilai yang sama. Nilai harapan dan varian pada proses ini didapatkan dari integral dari 0 sampai  $t$  dari fungsi intensitas tak homogen yang di bawahnya.

Definisi proses Poisson majemuk yang memiliki komponen pada proses Poisson-nya berupa proses Poisson nonhomogen dimodifikasi menjadi definisi sebagai berikut:

**Definisi 2.** Suatu proses  $\{Y^*(t), t \geq 0\}$  dikatakan sebagai suatu proses Poisson majemuk, jika proses tersebut dapat direpresentasikan sebagai,

$$Y^*(t) = \sum_{i=1}^{N^*(t)} X_i, t \geq 0, \quad (9)$$

dengan  $\{N^*(t), t \geq 0\}$  adalah suatu proses Poisson nonhomogen dan  $\{X_i, i \geq 1\}$  adalah suatu keluarga dari variabel acak i.i.d (*independent and identically distributed*) yang juga bebas dari proses  $\{N^*(t), t \geq 0\}$  (Abdullah, 2017).

Definisi 2 di atas merupakan definisi dari CPP-NHPP. Proses ini berturut-turut memiliki nilai harapan ( $\psi_2(t)$ ) dan varian ( $V_2(t)$ ) sebagai berikut (Abdullah, 2017):

$$\psi_2(t) = E[Y^*(t)] = E[N^*(t)]E[X_1] \quad (10)$$

$$V_2(t) = \text{var}[Y^*(t)] = E[N^*(t)]E[X_1^2]. \quad (11)$$

Persamaan (8) dan (5) disubstitusikan ke persamaan (10) dan (11), sehingga didapatkan persamaan (12) dan (13).

$$\psi_2(t) = \frac{\alpha \Lambda(t)}{\theta}, \text{ dan} \quad (12)$$

$$V_2(t) = \frac{(\alpha+1)\alpha \Lambda(t)}{\theta^2}. \quad (13)$$

Jika parameter pada distribusi gamma di atas diasumsikan dengan  $\alpha=1$ , maka nilai harapan dan varian dari distribusi tersebut menjadi nilai harapan dan varian pada distribusi eksponensial. Karena proses Poisson majemuk ini bergantung pada waktu maka nilai harapan dan varian ini berupa fungsi, yang berturut-turut disebut sebagai fungsi nilai harapan dan fungsi varian.

### **Penduga Parameter CPP-NHPP-GD**

Sebelum membuat generalisasi algoritma, dirumuskan terlebih dahulu tentang penduga-penduga parameternya. Pada bagian ini disajikan rumusan untuk penduga parameter pada fungsi nilai harapan dan varian pada CPP-NHPP-GD. Karena parameter-parameter pada persamaan (10) dan (11) tidak diketahui, maka diperlukan rumusan penduga parameter. Persamaan (14) dan (15) merupakan rumusan penduga parameter untuk fungsi nilai harapan dan fungsi varian pada proses ini.

$$\hat{\psi}_2(t) = \hat{E}[Y^*(t)] = \hat{E}[N^*(t)] \hat{E}[X_1] \quad (14)$$

$$\hat{V}_2(t) = \hat{\text{var}}[Y^*(t)] = \hat{E}[N^*(t)] \hat{E}[X_1^2]. \quad (15)$$

Karena komponen pada NHPP dan distribusi gamma juga tidak diketahui, maka dari persamaan (14) dan (15) didapatkan rumusan sebagai berikut.

$$\hat{\psi}_2(t) = \frac{\hat{\alpha}\hat{\Lambda}(t)}{\hat{\theta}}, \text{ dan} \tag{16}$$

$$\hat{V}_2(t) = \frac{(\hat{\alpha}+1)\hat{\alpha}\hat{\Lambda}(t)}{\hat{\theta}^2}. \tag{17}$$

Penduga  $\hat{\alpha}$  dan  $\hat{\theta}$  berturut-turut adalah penduga parameter bentuk (*shape*) dan penduga parameter skala (*scale*) dari distribusi gamma. Sedangkan penduga  $\hat{\Lambda}(t)$  adalah penduga parameter dari proses Poisson nonhomogen. Dari rumusan di atas, komponen penduga yang harus dirumuskan adalah  $\hat{\alpha}$ ,  $\hat{\theta}$  dan  $\hat{\Lambda}(t)$ . Pada bagian rumusan penduga  $\hat{\Lambda}(t)$ , bergantung pada intensitas yang diduga yaitu dapat berupa fungsi konstan, linear, berpangkat, fungsi siklik atau fungsi yang lain. Agar lebih terlihat perubahannya, maka pada penelitian ini dipilih fungsi sederhana yaitu berupa fungsi linear.

Karena  $\Lambda(t) = \int_0^t \lambda(s) ds$ , maka dengan menggunakan intensitas fungsi linear  $\lambda(s) = as$  didapatkan

$$\hat{\Lambda}(t) = \int_0^t \hat{\lambda}(s) ds = \frac{\hat{a}}{2} t^2. \tag{18}$$

Terlihat bahwa pada penduga  $\hat{\Lambda}(t)$  memiliki unsur yang tidak diketahui juga, yaitu  $\hat{a}$ , sehingga pada parameter ini perlu pula untuk dirumuskan parameter penduganya. Dengan menggunakan metode moment, maka penduga untuk parameter untuk  $\hat{a}$  adalah sebagai berikut:

$$\hat{a} = \frac{2N([0, n])}{n^2}. \tag{19}$$

Sedangkan penduga untuk parameter dengan distribusi gamma dengan menggunakan metode moment, maka didapatkan rumusan penduga sebagai berikut.

$$\hat{\theta} = \frac{\bar{X}}{X^2 - (\bar{X})^2}, \text{ dan } \hat{a} = \hat{\theta}\bar{X} = \frac{(\bar{X})^2}{X^2 - (\bar{X})^2}, \tag{20}$$

dengan  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  dan  $\bar{X}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2$ .

Dengan mensubstitusikan persamaan (18), (19) dan (20) ke persamaan (16) dan (17), maka didapatkan rumusan penduga-penduga untuk fungsi nilai harapan

dan varian pada CPP dengan komponen NHPP berupa fungsi linear dan distribusi gamma berturut-turut sebagai berikut.

$$\begin{aligned}\hat{\Psi}_2(t) &= \frac{\hat{\alpha}\hat{\Lambda}(t)}{\hat{\theta}} \\ &= \frac{\frac{(\bar{X})^2}{\bar{X}^2 - (\bar{X})^2} \frac{2N([0,n])t^2}{2n^2}}{\frac{\bar{X}}{\bar{X}^2 - (\bar{X})^2}} \\ &= \frac{N([0,n])\bar{X}}{n^2} t^2, \text{ dan}\end{aligned}\tag{21}$$

$$\begin{aligned}\hat{V}_2(t) &= \frac{(\hat{\alpha}+1)\hat{\alpha}\hat{\Lambda}(t)}{\hat{\theta}^2} = \frac{(\hat{\alpha}+1)}{\hat{\theta}} \frac{\hat{\alpha}\hat{\Lambda}(t)}{\hat{\theta}} = \left(\frac{\hat{\alpha}}{\hat{\theta}} + \frac{1}{\hat{\theta}}\right) \frac{\hat{\alpha}\hat{\Lambda}(t)}{\hat{\theta}} \\ &= \left(\bar{X} + \frac{\bar{X}^2 - (\bar{X})^2}{\bar{X}}\right) \frac{N([0,n])\bar{X}}{n^2} t^2 \\ &= \left((\bar{X})^2 + \bar{X}^2 - (\bar{X})^2\right) \frac{N([0,n])}{n^2} t^2 \\ &= \frac{N([0,n])\bar{X}^2}{n^2} t^2,\end{aligned}\tag{22}$$

dengan  $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$  dan  $\bar{X}^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i^2$ .

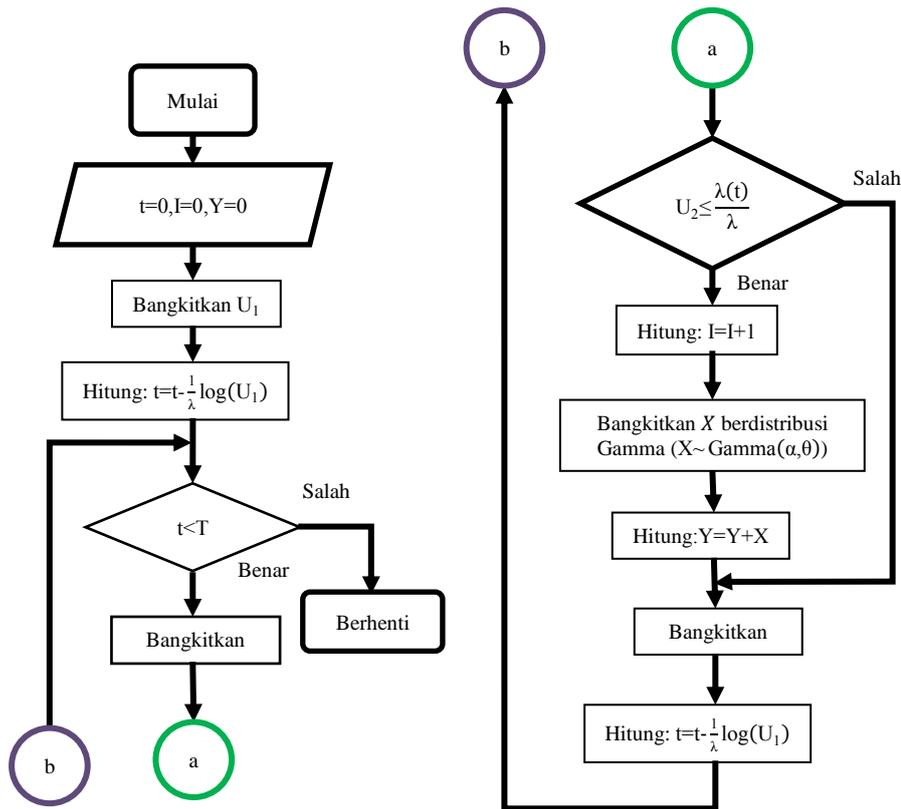
### Generalisasi Algoritma CPP-NHPP-GD

Bagian ini dibahas tentang generalisasi algoritma CPP-NHPP-GD. Generalisasi ini merupakan pengembangan algoritma yang telah dilakukan pada Abdullah (2019, 2020a, 2020b) yang diperumum pada komponen besaran akibatnya menjadi bentuk distribusi asumsi berupa distribusi gamma. Generalisasi algoritma pada penelitian ini memiliki 3 langkah utama dalam pembangkitan proses Poisson majemuk secara beruntun, yaitu membangkitkan suatu proses Poisson nonhomogen yang memiliki intensitas tak konstan, kemudian membangkitkan suatu bilangan acak  $X_i$  yang memiliki distribusi gamma, dan selanjutnya menghitung pada bagian *compound Poisson process* (CPP).

Sebagai gambaran, misalkan pada bidang aktuarial adalah setiap adanya kejadian kecelakaan, maka pemegang polis akan melakukan klaim kepada perusahaan asuransi. Di saat pemegang polis tersebut melakukan klaim dan sesuai dengan prosedur yang ada, maka perusahaan akan memberikan suatu besaran

klaim yang akan diberikan kepada pemegang polis. Proses kejadian yang terjadi kecelakaan dan kedatangann polis tersebut ke perusahaan dapat diasumsikan memiliki proses Poisson. Karena kejadian kedatangan ini terjadi secara acak dan kadang terjadi kenaikan atau penurunan pada suatu interval waktu tertentu, maka proses Poisson ini dapat diasumsikan memiliki fungsi intensitas tak konstan, sehingga proses Poisson ini merupakan proses Poisson yang nonhomogen (NHPP). Pada bagian besaran akibat, pada kejadian ini dapat diasumsikan berupa distribusi gamma karena proses tesebut memiliki ciri atau karakteristik yang dimiliki oleh distribusi gamma. Proses kejadian di atas, mulai dari peristiwa yang terjadi hingga dihitung besaran akibatnya, dapat dikategorikan sebagai proses Poisson majemuk karena pada terjadinya suatu kejadian diasumsikan memiliki proses Poisson.

Dari Definisi 2 (Persamaan (9)), misalkan untuk suatu  $\omega \in \Omega$ , suatu realisasi tunggal  $N(\omega)$  dari  $\{N^*(t), t \geq 0\}$  yang terdefinisi pada ruang peluang  $(\Omega, F, P)$  diamati pada suatu interval terbatas  $[0, n]$ . Pada proses ini memiliki fungsi intensitas tak konstan  $\lambda(t)$  dan diobservasi pula pada ruang peluangnya. Untuk setiap titik data pada  $N(\omega) \cap [0, n]$  yang diamati, maka peubah acak  $X_i$  yang bersesuaian juga diamati.  $X_i$  diasumsikan berupa berdistribusi gamma dengan parameter  $\theta$  ( $X_i \sim \text{Gamma}(\alpha, \theta)$ ). Artinya adalah setiap kali kejadian yang terjadi, maka didapatkan suatu pasangan pada komponen besaran akibat. Dalam membangkitkan NHPP, perlu diperhatikan bahwa harus dipilih nilai  $\lambda$  sedemikian sehingga  $\lambda(t) \leq \lambda$  dengan nilai peluang  $\lambda(t)/\lambda$  untuk semua  $t \leq T$ . Setiap NHPP (disimbolkan dengan  $Z_i$ ) diobservasi, maka dihasilkan realisasi tunggal  $Z_i$  dan  $X_i$  mulai dibangkitkan dengan diberikan asumsi berupa distribusi gamma. Modifikasi algoritma untuk membangkitkan CPP-NHPP-GD tipe 1 diilustrasikan pada *flowchart* Gambar 2.



Gambar 2. Flowchart CPP-NHPP-GD Tipe 1.

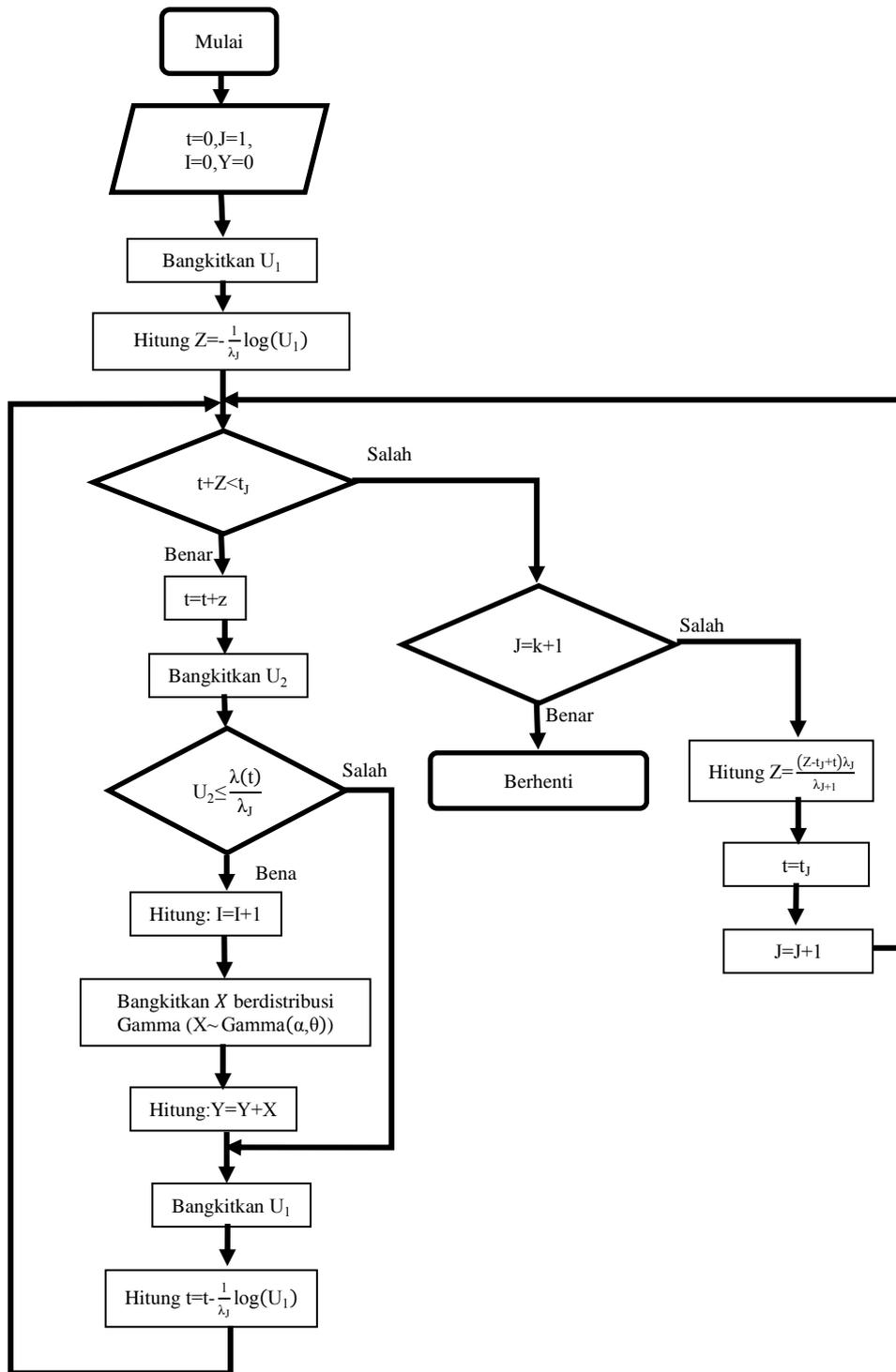
Langkah-langkah berikut merupakan modifikasi pembuatan algoritma dari CPP NHPP-GD tipe 1 dari *flowchat* Gambar 2.

- Langkah 1 :  $t = 0, I = 0, Y^* = 0$ .
- Langkah 2 : Bangkitkan  $U_1$ .
- Langkah 3 : Hitung  $t = t - \frac{1}{\lambda} \log(U_1)$ .
- Langkah 4 : Jika  $t > T$ , Berhenti.
- Langkah 5 : Bangkitkan  $U_2$ .
- Langkah 6 : Jika  $U_2 \leq \lambda(t)/\lambda$ .
- Langkah 7 : Hitung  $I = I + 1$ .
- Langkah 8 : Bangkitkan  $X$  ( $X \sim \text{Gamma}(\alpha, \theta)$ ).
- Langkah 9 : Hitung  $Y^* = Y^* + X$ .
- Langkah 10 : Ulangi langkah 2.

Adapun maksud dari beberapa simbol pada *flowchart* dan algoritma di atas sebagai berikut:  $Y^*$  merepresentasikan CPP-NHPP-GD,  $t$  adalah waktu,  $T$

adalah unit waktu pertama,  $U_1$  dan  $U_2$  merupakan bilangan acak berdistribusi seragam,  $I$  adalah banyaknya kejadian yang terjadi (*event that occurred*) pada waktu  $t$ ,  $\lambda(t)$  merupakan fungsi intensitas tak konstan dengan syarat  $\lambda(t) \leq \lambda$ , dan  $X$  merupakan variabel acak berdistribusi gamma dengan parameter bentuk  $\alpha$  dan parameter skala  $\theta$ .

Pada tipe 1 di atas, interval waktu masih belum dibagi menjadi subinterval, sehingga memungkinkan untuk dilakukan modifikasi kembali dengan membagi interval waktu tersebut menjadi beberapa subinterval. Setelah dibagi menjadi beberapa subinterval, maka dilakukan kembali prosedur atau langkah-langkah pada modifikasi tipe 1. Akibat dari pembagian subinterval ini adalah kejadian yang didapatkan akan menghasilkan kejadian yang terjadi atau muncul yang akan ditolak lebih sedikit ketika  $\lambda(t)$  mendekati  $\lambda$ . Karena interval waktu dibagi menjadi beberapa subinterval, maka fungsi intensitas tersebut juga akan terbagi menjadi berapa fungsi intensitas. Dalam membangkitkan NHPP, dipilih nilai  $\lambda_i$  sedemikian sehingga  $\lambda(s) \leq \lambda_i, \forall s \in (t_{i-1}, t_i)$  dengan peluang  $\lambda(t)/\lambda_i$ . Karena eksponensial tidak memiliki memori (Ross 2019), maka bentuk eksponensial selanjutnya dapat digunakan peluang  $\lambda_i [Z - (t_i - t)] / \lambda_{i+1}$ . Setiap kali  $Z_i$  terjadi, maka menghasilkan suatu realisasi tunggal untuk dapat menghasilkan nilai  $X_i$  yang berdistribusi gamma. Sehingga  $Y(T)$  akan didapatkan dengan menghitung jumlah dari masing-masing  $X_i$ . Adapun langkah-langkah untuk menghasilkan CPP-NHPP-GD tipe 2 diilustrasikan pada *flowchart* Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart CPP-NHPP-GD Tipe 2

Modifikasi pembuatan algoritma CPP NHPP-GD tipe 2 pada *flowchart* di atas memiliki langkah-langkah sebagai berikut.

**Generalisasi Algoritma Thinning Process pada Proses Poisson Majemuk dengan Komponen Proses Poisson Nonhomogen dan Distribusi Gamma**

- Langkah 1 :  $t=0, I=0, Y^*=0$ .
- Langkah 2 : Bangkitkan  $U_1$ .
- Langkah 3 : Hitung  $Z=-\frac{1}{\lambda}\log(U_1)$ .
- Langkah 4 : Jika  $t+Z>t_J$ , pergi ke langkah 12.
- Langkah 5 : Hitung  $t=t+Z$ .
- Langkah 6 : Bangkitkan  $U_2$ .
- Langkah 7 : Jika  $U_2\leq\lambda(t)/\lambda_J$ .
- Langkah 8 : Hitung  $I=I+1$ .
- Langkah 9 : Bangkitkan  $X$  ( $X\sim\text{Gamma}(\alpha,\theta)$ ).
- Langkah 10 : Hitung  $Y^*=Y^*+X$ .
- Langkah 11 : Ulangi langkah 2.
- Langkah 12 : Jika  $J=k+1$ , Berhenti.
- Langkah 13 : Hitung  $Z=\lambda_J[Z-(t_J-t)]/\lambda_{J+1}$ .
- Langkah 14 : Hitung  $t=t_J$ .
- Langkah 15 : Hitung  $J=J+1$ .
- Langkah 16 : Ulangi langkah 4.

Adapun maksud dari simbol-simbol pada *flowchart* dan algoritma di atas sebagai berikut:  $Y^*$  merepresentasikan CPP-NHPP-GD,  $t$  adalah waktu,  $T$  adalah unit waktu pertama,  $J$  adalah interval waktu.  $U_1$  dan  $U_2$  merupakan variabel acak berdistribusi seragam,  $I$  adalah banyaknya kejadian yang terjadi (*event that occurred*) pada waktu  $t$ ,  $\lambda(t)$  merupakan fungsi intensitas tak konstan dengan syarat  $\lambda(t)\leq\lambda$  yang kemudian di-*breakdown* menjadi  $\lambda(s)\leq\lambda_i$  untuk setiap  $s\in(t_{i-1},t_i)$  dengan peluang  $\lambda(t)/\lambda_i$ , dan  $X$  adalah variabel acak berdistribusi gamma dengan parameter bentuk  $\alpha$  dan parameter skala  $\theta$ .

## **SIMPULAN**

Hasil penelitian ini telah didapatkan model dan rumusan penduga-penduga untuk nilai harapan dan varian pada proses Poisson majemuk dengan komponen banyaknya kejadian berupa proses Poisson nonhomogen dan komponen besaran

akibat dengan distribusi gamma. Pada penelitian ini didapatkan pula generalisasi algoritma *thinning process* pada proses Poisson majemuk tipe 1 dan 2 dengan komponen proses Poisson nonhomogen dan distribusi gamma. Algoritma tipe 1 merupakan hasil modifikasi dan generalisasi algoritma dari model CPP-HPP dengan merubah komponen pada proses Poisson-nya menjadi bentuk nonhomogen dan komponen pada bagian besaran akibat berupa distribusi gamma. Algoritma tipe 2 merupakan hasil modifikasi dari tipe 1 dengan melakukan *breakdown* interval menjadi subinterval.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Artikel ini dipublikasikan atas dukungan skema hibah Penelitian Dosen Pemula (PDP) dari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada reviewer atas kritik dan saran untuk peningkatan kualitas pada artikel ini dan kepada tim redaksi atas perbaikan tampilan artikel ini. Terimakasih pula penulis ucapkan kepada Laboratorium Komputasi: Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jurusan Statistika Universitas Bina Bangsa, Jurusan Matematika Universitas Pamulang, Jurusan Matematika UIN Sunan Kalijaga, Jurusan Matematika Universitas Negeri Gorontalo, dan Jurusan Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, atas kerjasama dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini terlaksana.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, S., Mangku, I. W., & Siswadi. (2017). Estimating the variance function of a compound cyclic Poisson process in the presence of linear trend. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 102(3), 559-572. <http://dx.doi.org/10.17654/MS102030559>.
- Abdullah, S., Ikhsan, F., Ula, S., & Rukmayadi, Y. (2019). Thinning process algorithms for compound Poisson process having nonhomogeneous Poisson process (NHPP) intensity functions. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 673 012062. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/673/1/012062>.
- Abdullah, S., Susilo, S., Mangku, I. W., Ikhsan, F., Ula, S., & Rukmayadi, Y. (2020). Algorithm for generating compound Poisson process which has nonhomogeneous Poisson process and exponential distribution components. *1st International Multidisciplinary Conference on Education, Technology, and Engineering (IMCETE 2019)*, Atlantis Press, 241-246. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200303.059>.

- Abdullah, S., Susilo, S., Ula, S., Aswata, Valentika, N., & Chasanah, S. I. U. (2020). Algoritma membangkitkan proses Poisson majemuk dengan komponen proses Poisson nonhomogen fungsi linear dan komponen berdistribusi eksponensial. *STATMAT: Jurnal Statistika dan Matematika*, 2(1), 81-93. <https://doi.org/10.32493/sm.v2i1.4224>.
- Andrzejczak, K., Młyńczak, M., & Selech, J. (2018). Poisson-distributed failures in the predicting of the cost of corrective maintenance. *Eksploatacja i Niezawodność–Maintenance and Reliability*, 20(4), 602–609. <https://doi.org/10.17531/ein.2018.4.11>.
- Beichelt, F. (2006). *Stochastic Processes in Science, Engineering and Finance*. New York (US): Chapman & Hall/CRC Taylor & Francis Group.
- Cha, J. H. (2013). On a stochastic failure model under random shocks. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 410 012108. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/410/1/012108>.
- Lewis, P., A., W., & Shedler, G., S. (1979). Simulation Poisson process by thinning. Naval Postgraduate School Monterey [Tesis]. California (US): Calhoun.
- Makhmudah, F. I., Mangku, I. W., & Sumarno, H. (2016). Estimating the variance function of a compound cyclic Poisson process. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 100(6), 911-922. <https://doi.org/10.17654/MS100060911>.
- Mangku, I. W., Ruhayat, & Purnaba, I. G. P. (2013). Statistical properties of an estimator for the mean function of a compound cyclic Poisson process. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 82(2), 227-237.
- Pahlajani, C. D., Poulakakis, I., & Tanner, H. G. (2014). Networked decision making for Poisson processes with application to nuclear detection. *IEEE Transaction on Automatic Control*, 59(1), 193-198. <https://doi.org/10.1109/TAC.2013.2267399>.
- Ross, S. M. (2012). *Simulation*. Ed ke-5. Amsterdam (NL): Academic Pr.
- Ross, S. M. (2019). *Introduction to probability models*. Ed. ke-12. Florida (US): Academic Pr.
- Ruhayat, Mangku, I. W., & Purnaba, I. G. P. (2013). Consistent estimation of the mean function of a compound cyclic Poisson process. *Far East Journal of Mathematical Sciences*, 77(2), 183-194.
- Sampson, W. W. (2009). *Modelling stochastic fibrous materials with mathematica®*. London (UK): Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-991-2>.
- Soltanali, H., Rohani, A., Tabasizadeh, M., Abbaspour-Fard, M. H., & Parida, A. (2019). Operational reliability evaluation-based maintenance planning for automotive production line. *Quality Technology & Quantitative Management. Taylor and Francis Group*, 17(2), 186-202. <https://doi.org/10.1080/16843703.2019.1567664>.
- Wibowo, B. A., Mangku, I. W., & Siswadi. (2017). Statistical properties of an estimator for the mean function of a compound cyclic Poisson process in the presence of linear trend. *Arab Journal of Mathematical Science*, 23(2), 173-185. <https://doi.org/10.1016/j.ajmsc.2016.08.004>.

## INDEKS SUBJEK

aljabar linier 156, 158, 159, 165, 169, 170

barisan dan deret 106, 108, 109, 110, 112, 116

BPNN 206, 207, 208, 209, 210, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 219,

curah hujan 130, 131, 132, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 220

distribusi gamma 221, 222, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235,  
236, 237, 238

ERNN 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 215, 216, 217, 218, 219

ES 206, 207, 208, 209, 210, 213, 215, 216, 217, 218, 219

*game bare-trick* 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 116

generalisasi algoritma 221, 222, 225, 227, 230, 232, 238

GSTAR 130, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 139, 140, 141, 142

hasil belajar 106, 110, 111, 112, 126, 129, 160, 168, 169, 170, 175, 178, 179, 182,  
184, 187, 188, 189, 190, 193, 195, 196, 199

hasil evaluasi 112, 171, 174, 176, 179, 180

inkuiri 156, 158, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 169

kooperatif 182, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 195, 196

MAPE 130, 131, 132, 135, 139, 140, 141, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 213, 214,  
215, 216, 217, 218, 219

media *ICT* 106, 109, 111, 112, 113, 115, 116

model pembelajaran 108, 170, 182, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193,  
194, 195, 196

modul matematika 156

motivasi 173, 174, 176, 177, 182, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 204

pandemi COVID-19 171, 172, 174, 175, 179, 180

pembelajaran daring 171, 172, 173, 175, 176, 177, 178, 179, 180

pendekatan CPA 118, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127

penduga parameter 221, 222, 225, 226, 227, 230, 231

pengaruh 107, 118, 120, 122, 123, 125, 126, 175, 179, 180, 182, 188, 190, 192,  
193, 195, 196, 197, 199, 200, 203, 204, 205

peramalan 130, 132, 134, 135, 137, 138, 139, 140, 206, 207, 208, 209, 210, 211,  
219, 220

*powerpoint* interaktif 171, 173, 174, 175, 178, 179, 180

prestasi belajar 184, 197, 199, 200, 203, 204, 205

*proof* 143, 144, 146, 147, 149, 151, 152, 153, 154, 155

proses Poisson majemuk 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 232,  
233, 237, 238, 239

proses Poisson nonhomogen 221, 222, 224, 226, 227, 229, 230, 231, 232, 237,  
238, 239

Provinsi Bengkulu 130, 131, 132, 135, 136, 137, 141

regresi linear 197, 200, 201, 202, 203, 204

*question* 143, 144, 145, 146, 147, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 197

representasi matematis 118, 119, 120, 122, 123, 124, 125, 127

ruang-waktu 130, 131, 141

*scaffolding* 122, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155

teknik informatika 156, 158, 159, 205

tipe NHT 182, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 193, 194, 195

trigonometri 118, 119, 120, 121, 122, 126, 127, 128, 143

*trigonometry* 118, 119, 128, 129, 143, 144

zonasi 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

## INDEKS PENULIS

Agusyarif Rezka Nuha 221  
Anita Andriani 197  
Aswata Wisnuadji 221  
Dharma Bagus Pratama Putra 197  
Dian Agustina 130  
Eka Susilowati 182  
Etis Sunandi 130  
Fajri Ikhsan 221  
Herfia Rhomadhona 206  
Herlin Fransiska 130  
Jaka Permadi 206  
Luluk Qomariyah 106  
M. Fariz Fadillah Mardianto 171  
Maslina Simanjuntak 118  
Miftahul Huda 221  
Nina Valentika 221  
Nira Radita 156  
Prayitno 171  
Radiusman 118  
Rosita Dwi Ferdiani 106  
Sidik Susilo 221  
Siti Aminah 156  
Sri Istiyarti Uswatun Chasanah 221  
Syarif Abdullah 221  
Winda Aprianti 206  
Yazid Rukmayadi 221  
Yuniar Ika Putri Pranyata 106

## **UCAPAN TERIMA KASIH KEPADA MITRA BESTARI**

Redaksi MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology menyampaikan penghargaan yang setinggi-tinggi dan terima kasih kepada Mitra Bestari berikut yang telah membantu menelaah naskah yang dikirimkan kepada MUST: Journal of Mathematics Education, Science and Technology.

Agus Prasetyo Kurniawan  
(Universitas Islam Negeri Sunan Ampel)

Alfian Mucti  
(Universitas Borneo Tarakan)

Ariesta Kartika Sari  
(Universitas Trunojoyo)

Ika Kurniasari  
(Universitas Negeri Surabaya)

Irma Fitria  
(Institut Teknologi Kalimantan)

M. Fariz Fadillah Mardianto  
(Universitas Airlangga)

Nurcholif Diah Sri Lestari  
(Universitas Jember)

Syarif Abdullah  
(Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)

Syarifuddin N. Kapita  
(Universitas Khairun Ternate)

Tommy Tanu Wijaya  
(Guangxi Normal University)

## **PETUNJUK PENULISAN NASKAH**

1. Artikel Jurnal MUST diketik dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris menggunakan huruf Times New Roman di kertas A4 dengan margin kiri-atas-kanan-bawah adalah 4-3-3-3 cm.
2. Judul diketik menggunakan huruf kapital Times New Roman 12pt spasi 1,5.
3. Identitas penulis meliputi nama, afiliasi, dan email diketik menggunakan huruf Times New Roman 12pt spasi 1,5. Ketentuan penulisan nama adalah tanpa gelar, afiliasi cukup ditulis satu untuk beberapa penulis dengan afiliasi yang sama, dan email ditulis untuk semua penulis.
4. Abstrak diketik dalam dua bahasa, yaitu Bahasa Indonesia dan Inggris secara terpisah dengan ketentuan yang sama, yaitu menggunakan huruf Times New Roman 10 pt spasi 1,5. Abstrak Bahasa Indonesia dan Inggris masing-masing terdiri dari 150-250 kata dan ditulis dalam 1 paragraf saja.
5. Kata kunci abstrak terdiri dari 3-5 kata/frase pendek dengan penulisanurut abjad untuk Bahasa Indonesia (menyesuaikan urutan abjad Indonesia untuk Bahasa Inggris), huruf kecil, dan dipisahkan tanda koma.
6. Isi artikel meliputi pendahuluan, metode penelitian, hasil dan pembahasan, dan simpulan.
  - Pendahuluan memuat latar belakang permasalahan, hipotesis (jika ada), kajian pustaka singkat, solusi yang pernah ada, solusi yang diberikan dalam penelitian penulis disertai perbedaan dengan solusi yang pernah ada, dan tujuan penelitian. Komposisi pendahuluan adalah 15%-20% dari total halaman.
  - Metode penelitian memuat subjek penelitian, lokasi penelitian, variabel penelitian, instrumen penelitian, langkah-langkah penelitian, teknik pengumpulan data, dan teknik analisis data. Hal-hal lain dapat ditambahkan sesuai dengan kebutuhan jenis penelitian. Metode penelitian ditulis dengan komposisi 8%-10% dari total halaman artikel.
  - Hasil dan pembahasan ditulis satu kesatuan (tidak dipisah) yang memuat data hasil olah bukan data mentah. Pada bagian ini penulis tidak hanya memaparkan hasil, namun juga memberikan keterkaitan hasil dengan

referensi yang telah dirujuk. Komposisi hasil dan pembahasan adalah 50%-60% dari total halaman artikel.

- Simpulan memuat solusi atas permasalahan dan tujuan penelitian pada bagian pendahuluan, dapat berupa ringkasan hasil namun bukan pengulangan dari bagian hasil dan pembahasan. Simpulan cukup ditulis dalam satu paragraf dengan komposisi 5% dari total halaman artikel.
7. Tabel dapat disematkan pada bagian pendahuluan, metode, atau hasil dan pembahasan. Ketentuan tabel adalah diketik menggunakan huruf Times New Roman 12pt, spasi 1, garis tabel hanya untuk bagian garis horizontal pada *header row* dan akhir tabel (tanpa garis vertikal). Penamaan tabel dimulai dari nomor 1, dengan judul ditulis di bagian atas tabel menggunakan huruf kapital untuk setiap kata (kecuali kata depan, hubung, dll).
  8. Gambar dapat disematkan pada bagian pendahuluan, metode, atau hasil dan pembahasan. Ketentuan gambar adalah rata tengah dengan penamaan terpisah dari penamaan tabel, yaitu dimulai dengan nomor 1, dengan judul ditulis di bagian bawah gambar menggunakan huruf Times New Roman kapital untuk setiap kata (kecuali kata depan, hubung, dll), spasi 1.
  9. Sitasi 80% berupa pustaka jurnal penelitian, prosiding, buku, dan laporan penelitian lain seperti skripsi, tesis, maupun disertasi menggunakan *APA style*, ditulis nama belakang dan tahun dalam tanda kurung, tanpa mencantumkan nomor halaman contoh: (Fulan, 2016). Sitasi berupa berita dan dokumen dari *web* diperbolehkan namun tidak lebih dari 20%. Setiap referensi yang disitasi harus dicantumkan di daftar pustaka. Penulisan sitasi dan daftar pustaka lebih disarankan menggunakan Mendeley atau menu *Citation & Bibliography* dalam Ms. Word.
  10. Daftar Pustaka memuat semua referensi yang disitasi dengan format APA diketik menggunakan huruf Times New Roman dengan spasi 1. Judul referensi ditulis menggunakan huruf kapital hanya untuk kata pertama dan/atau singkatan, nama kota, dll.

**UMSurabaya Publishing**  
Universitas Muhammadiyah Surabaya  
Jl. Sutorejo 59 Surabaya, Tlp. 031 381 1966  
<http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/matematika>  
email: [mustpendmat@kip.um-surabaya.ac.id](mailto:mustpendmat@kip.um-surabaya.ac.id)

ISSN 2541-4674 (online)



9 772541 467109

ISSN 2541-6057 (cetak)



9 772541 605105