

**PROSIDING
SEMINAR NASIONAL JURUSAN
MATEMATIKA 2023**

**“Transformasi Matematika dan Teknologi Menuju Generasi Matematika
Unggul untuk Pendidikan Indonesia Maju”**

**Kamis, 9 November 2023
Aula lantai 3 Gedung FMIPA**

Penyelenggara :

**Jurusan Matematika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Medan**

**THE
Character Building
UNIVERSITY**



**PROSIDING SEMINAR NASIONAL
JURUSAN MATEMATIKA 2023**

“Transformasi Matematika dan Teknologi Menuju Generasi Matematika Unggul untuk Pendidikan Indonesia Maju”

Penyelenggara :
Jurusan Matematika FMIPA - UNIMED

PROFIL PENERBIT

Nama Penerbit :
Lembaga Penerbitan dan Publikasi UNIMED PUBLISHER
Universitas Negeri Medan.

Layout :
Team
Desain Cover:
Team

Redaksi :

Lembaga Penerbitan dan Publikasi UNIMED PUBLISHER
Universitas Negeri Medan.
Jalan Willem Iskandar Pasar V – Kotak Pos Nomor 1589 – Medan 20221
Telepon/WA 0822 – 6760 – 0400, Email : publisher@unimed.ac.id
Website : <https://publisher.unimed.ac.id>

*Hak Cipta © 2023. Dilindungi oleh Undang – Undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun
tanpa izin Tim Penulis dan penerbit.*

ISBN : 978-623-5951-32-4
978-623-5951-33-1 (EPUB)

**TIM REDAKSI PROSIDING
SEMINAR NASIONAL JURUSAN MATEMATIKA
FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

**“Transformasi Matematika dan Teknologi Menuju Generasi Matematika Unggul untuk
Pendidikan Indonesia Maju”**

Universitas Negeri Medan, 09 November 2023

- Pengarah** : Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si.
Dr. Jamalum Purba, M.Si.
Dr. Ani Sutiani, M.Si.
Dr. Rahmatsyah, M.Si.
- Penanggungjawab** : Dr. Pardomuan Sitompul, M.Si.
- Reviewer** : Dr. Hamidah Nasution, M.Si
Dr. Izwita Dewi, M.Pd.
Dr. Kms. Muhammad Amin Fauzi, M.Pd.
Dr. Hermawan Syahputra, S.Si., M.Si.
Dr. Arnita, M.Si.
Dr. Mulyono, S.Si., M.Si.
Dr. Elmanani Simamora, M.Si.
Yulita Molliq Rangkuti, S.Si., M.Sc., Ph.D.
Lasker Sinaga, S.Si., M.Si.
Nurhasanah Siregar, S.Pd., M.Pd.
Said Iskandar Al Idrus, S.Si., M.Si.
Sudianto Manullang, S.Si., M.Sc.
Didi Febrian, S.Si., M.Sc.
- Editor** : Dian Septiana, S.Pd., M.Sc.
Dinda Kartika, S.Pd., M.Si.
Nurul Maulida Surbakti, M.Si.
Nadrah Afiati Nasution, M.Pd.
Adidtya Perdana, S.T., M.Kom
- Desain Sampul** : Dedy Kiswanto, S. Kom., M. Kom.

SUSUNAN PANITIA

Ketua:

Susiana, S.Si., M.Si.

Sekretaris:

Suvriadi Panggabean, M.Si.

Sekretariat:

Ade Andriani, S.Pd., M.Pd.

Nurul Ain Farhana, M.Si.

Sisti Nadia Amalia, S.Pd., M.Stat.

Andrea Arifsyah Nasution, S.Pd., M.Sc.

Arnah Ritonga, S.Si., M.Si.

Publikasi:

Insan Taufik, S.Kom., M.Kom

Dinda Kartika, S.Pd., M.Si.

Dian Septiana, S.Pd., M.Sc.

Putri Maulidina Fadilah, M.Si.

Fevi Rahmawati Suwanto, S.Pd., M.Pd.

Putri Harliana, S.T., M.Kom.

Nadrah Afiati Nasution, M.Pd.

Acara:

Hanna Dewi Marina Hutabarat, S.Si., M.Si.

Marlina Setia Sinaga, S.Si., M.Si.

Chairunisah, S.Si., M.Si.

Eri Widyastuti, S.Pd., M. Sc.

Kairuddin, S.Si., M.Pd.

Dr. Nerli Khairani, M.Si.

Dr. Faiz Ahyaningsih, M.Si.

Logistik:

Muhammad Badzlan Darari, S.Pd., M.Pd.

Ichwanul Muslim Karo Karo, M. Kom.

Denny Haris, S.Si., M.Pd.

Faridawaty Marpaung, S.Si., M.Si.

Dra. Katrina Samosir, M.Pd.

Humas & Dokumentasi:

Sri Lestari Manurung, S.Pd., M.Pd.

Tiur Malasari Siregar, S.Pd., M.Si.

Dra. Nurliani Manurung, M.Pd.

Nurul Maulida Surbakti, M.Si.

Adidtya Perdana, S.T., M.Kom.

Dedy Kiswanto, S. Kom., M. Kom.

KATA PENGANTAR KETUA PANITIA

Segala puji dan syukur kepada Allah SWT atas terbitnya Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika (SEMNASATIKA) FMIPA Universitas Negeri Medan. Prosiding ini merupakan kumpulan artikel ilmiah yang telah dipresentasikan pada kegiatan SEMNASATIKA 09 November 2023 di Aula Gedung Prof. Syawal Gultom, Universitas Negeri Medan. Adapun cakupan bidang kajian yang disajikan dalam prosiding ini meliputi Matematika, Statistika, Ilmu Komputer, dan Pendidikan Matematika.

Dengan mengangkat tema seminar, “Transformasi Matematika dan Teknologi Menuju Generasi Matematika Unggul untuk Pendidikan Indonesia Maju”, kami mengharapkan SEMNASATIKA dapat turut serta berkontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan jurusan matematika sebagai wadah bagi para peneliti, praktisi, penggiat pendidikan matematika dan pengguna untuk terjalinnya komunikasi dan diseminasi hasil-hasil penelitian.

Kegiatan SEMNASATIKA dan prosiding ini dapat diselesaikan dengan baik tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh sebab itu kami mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Pimpinan Universitas Negeri Medan
2. Dekan FMIPA dan para Wakil Dekan FMIPA Universitas Negeri Medan
3. Para Narasumber yaitu Bapak Prof. Dr. Janson Naiborhu, M.Si., Bapak Mangara Marianus Simanjorang, M.Pd., Ph.D dan Bapak Ahmad Isnaini, M.Pd.
4. Ketua Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Medan
5. Para Ketua Program Studi di Jurusan Matematika Universitas Negeri Medan
6. Panitia SEMNASATIKA
7. Pemakalah dan Peserta SEMNASATIKA
8. Semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan SEMNASATIKA

Kami menyadari bahwa buku prosiding ini masih jauh dari kata sempurna, karena itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca untuk perbaikan selanjutnya. Akhirnya, kami menghaturkan maaf jikalau ada hal-hal yang kurang berkenan bagi para pembaca serta ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi bagi terbitnya buku prosiding ini. Semoga buku prosiding ini dapat memberikan manfaat sesuai dengan yang diharapkan.

THE
Character Building
UNIVERSITY

Medan, November 2023
Ketua Panitia,



Susiana, S.Si., M.Si.
NIP.197905192005012004

KATA PENGANTAR
DEKAN FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

Puji dan Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan anugerah-Nya sehingga Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika dengan tema “Transformasi Matematika dan Teknologi Menuju Generasi Matematika Unggul untuk Pendidikan Indonesia Maju” yang diselenggarakan oleh Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Medan pada hari Kamis, 09 November 2023 di Medan dapat diselesaikan.

Publikasi prosiding ini bertujuan untuk memperluas wawasan pengetahuan yang berasal dari para akademisi baik dari Universitas Negeri Medan maupun yang berasal dari luar Universitas Negeri Medan. Selain itu, prosiding ini juga sebagai sarana untuk mengkomunikasikan hasil penelitian dengan menyajikan topik-topik terbaru yang meliputi bidang Pendidikan Matematika, Statistika, Ilmu Komputer dan Matematika.

Kami mengucapkan terimakasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam Seminar Nasional Jurusan Matematika, baik sebagai keynote speakers yaitu Prof. Dr. Janson Naiborhu, M.Si., Mangara Marianus Simanjorang, M.Pd., Ph.D dan Ahmad Isnaini, M.Pd., reviewer makalah, peserta dan panitia yang terlibat. Akhir kata, semoga Prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika ini bermanfaat bagi kita semua sehingga dapat memberikan kontribusi maksimal bagi negara dan bangsa.



Medan, November 2023

Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si
NIP. 196607281991032002



KATA PENGANTAR
KETUA JURUSAN MATEMATIKA
FMIPA UNIVERSITAS NEGERI MEDAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, prosiding Seminar Nasional Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Medan ini dapat diselesaikan. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi di era ini sangat berdampak bagi kehidupan manusia. Kajian penelitian terkait perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta terapannya perlu disosialisasikan kepada khalayak. Seminar Nasional Jurusan Matematika merupakan forum diskusi ilmiah yang sangat penting dalam pengembangan dan penyebaran pengetahuan di bidang matematika yang meliputi pendidikan matematika, statistika, ilmu komputer dan matematika (non pendidikan). Melalui buku prosiding ini, kami berupaya untuk menyajikan rangkuman makalah-makalah yang telah dipresentasikan, serta memberikan wadah bagi pembaca untuk menjelajahi gagasan-gagasan cemerlang yang ditawarkan dan penelitian-penelitian terkini yang dihasilkan oleh para akademisi, peneliti, dan praktisi matematika.

Tema seminar kali ini, “Transformasi Matematika dan Teknologi Menuju Generasi Matematika Unggul untuk Pendidikan Indonesia Maju”, mencerminkan komitmen kami untuk terus menghadirkan diskusi yang relevan dan mendalam mengenai isu-isu terkini dalam dunia matematika. Melalui buku ini, kami berharap pembaca dapat mengeksplorasi berbagai sudut pandang, temuan, dan pemikiran-pemikiran baru yang dapat memperkaya wawasan serta menginspirasi penelitian dan pengembangan dan ilmu matematika.

Secara khusus, kami mengucapkan terimakasih kepada para narasumber, yaitu : Prof. Dr. Janson Naiborhu, M.Si., Mangara Marianus Simanjanrang, M.Pd., Ph.D dan Ahmad Isnaini, M.Pd., yang telah membagikan ilmunya dalam kegiatan seminar. Terimakasih yang tulus juga kami sampaikan kepada semua pihak yang telah mendukung kegiatan ini, para pimpinan Universitas Negeri Medan dan para pimpinan FMIPA Universitas Negeri Medan. Apresiasi yang tinggi juga saya ucapkan teruntuk para penulis, reviewer, dan panitia yang telah berperan aktif dalam pembuatan buku prosiding ini. Kontribusi dari setiap individu adalah pondasi kesuksesan acara ini, dan semangat kolaboratif ini sangat berharga bagi perkembangan ilmu matematika.

Akhirnya, kami berharap buku prosiding ini dapat menjadi sumber pengetahuan yang bermanfaat dan memotivasi pembaca untuk terus menggali potensi dalam bidang matematika. Mari kita bersama-sama memperkuat dan memajukan ilmu matematika demi keberlanjutan pembaruan pengetahuan.

Medan, November 2023

Ketua Jurusan Matematika



Dr. Pardomuan Sitompul, M.Si
NIP.196911261997021001

SUSUNAN ACARA

Waktu	Kegiatan	PIC
08.00 - 08.30	Pendaftaran Ulang	Panitia
08.30 - 09.00	Acara Pembukaan 1. Salam Pembuka 2. Menyanyikan Lagu Indonesia Raya 3. Doa 4. Laporan Ketua Pelaksana 5. Sambutan dan Pembukaan acara seminar oleh Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam 6. Foto Bersama	MC: Putri Maulidina Fadilah, S.Si., M.Si Nurul Ain Farhana, M.Si Khairuddin, M.Pd. Susiana, S.Si., M.Si. Prof. Dr. Fauziyah Harahap, M.Si
09.00 - 10.00	Pembicara I Prof. Dr. Janson Naiborhu, M.Si (Guru Besar Matematika ITB)	Moderator: Yulita Molliq Rangkuti, M.Sc., Ph.D
10.00 - 11.00	Pembicara II Mangaratua Marianus Simanjorang, M.Pd. Ph.D (Dosen Jurusan Matematika UNIMED)	Moderator: Andrea Arifsyah Nasution, S.Pd., M.Sc.
11.00 - 11.45	Pembicara III Ahmad Isnaini, M.Pd (Guru berprestasi Nasional)	Moderator: Dinda Kartika, S.Pd., M.Si.
11.45 - 13.00	ISOMA	
13.00 - 14.30	Sesi I : Seminar Paralel	Moderator Pemakalah Pendamping
14.30 - 16.00	Sesi II: Seminar Paralel	Moderator Pemakalah Pendamping
16.00	Penutupan acara oleh Dekan FMIPA	MC

KEYNOTE SPEAKER

KEYNOTE SPEAKER 1

Prof. Dr. Janson Naiborhu, S.Si., M.Si.



Prof. Janson Naiborhu memiliki dua gelar doktor yang ia peroleh dari Keio University (Jepang) dan Institut Teknologi Bandung. Kariernya sebagai dosen dimulai sejak tahun 1991, sejak ia bergabung sebagai Dosen FMIPA ITB, dengan Kelompok Keahlian Matematika Industri dan Keuangan. Ia menjadi Guru Besar sejak 1 Desember 2014 dan Pembina Utama Muda/Gol IV C sejak 1 April 2011.

Prof. Janson aktif dalam melakukan riset dan telah banyak menghasilkan jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional. Namanyapun telah dikenal luas di dunia pendidikan dan industri, khususnya dalam bidang Matematika.

KEYNOTE SPEAKER 2

Mangaratua M Simanjorang, M.Pd., Ph.D



Mangaratua M Simanjorang, M.Pd., Ph.D adalah dosen Pendidikan Matematika di Universitas Negeri Medan. Beliau meraih gelar sarjana di Universitas HKBP Nomensen tahun 2003, dan di tahun 2007 beliau mendapat gelar magister dari Universitas Negeri Surabaya. Beliau melanjutkan program doktor di Murdoch University, Australia dan memperoleh gelar Ph.D tahun 2016. Fokus pada pendidikan matematika, beliau melaksanakan tridarma universitas, beliau mendapatkan penghargaan sebagai dosen muda terbaik tahun 2009.

Dengan menjadi reviewer dan narasumber dibanyak kegiatan seminar, beliau berbagi ilmu dalam bidang pendidikan matematika, pendidikan karakter dan media pembelajaran seperti *augmented reality*.

KEYNOTE SPEAKER 3

Ahmad Isnaini M.Pd.



Ahmad Isnaini, M.Pd adalah seorang pendidik yang memiliki dedikasi tinggi terhadap dunia pendidikan. Ia meraih gelar Sarjana Pendidikan Matematika dari Universitas Negeri Medan pada tahun 2010, kemudian melanjutkan studi pascasarjana dan meraih gelar Magister Pendidikan Matematika pada tahun 2019 dari universitas yang sama. Saat ini, Ahmad sedang mengejar gelar Doktor dalam bidang yang sama di Universitas Negeri Medan.

Ahmad Isnaini juga telah mengukir prestasi gemilang dalam berbagai kompetisi dan olimpiade. Sebagai Finalis Apresiasi GTK 2023 BBGP Sumatera Utara Tingkat Provinsi dan penerima berbagai medali emas, perak, dan perunggu dalam Olimpiade Guru tingkat Nasional dan Provinsi, Ahmad Isnaini memperlihatkan dedikasinya dalam pengembangan kemampuan diri dan juga siswanya. Tidak hanya aktif di dunia akademis, Ahmad Isnaini juga telah berkontribusi dalam literatur pendidikan. Karya-karyanya yang terpublikasi dalam jurnal nasional dan internasional, serta buku-buku seperti "Guru Merdeka" (2020) dan "Inovasi Pembelajaran" (2018), mencerminkan pemikiran dan wawasan yang mendalam dalam bidang Pendidikan.



DAFTAR ISI

	Hal
Halaman Cover	ii
Tim Redaksi	iii
Susunan Kepanitiaan	iv
Kata Pengantar Ketua Panitia	v
Kata Pengantar Dekan FMIPA	vi
Kata Pengantar Ketua Jurusan Matematika	vii
Rundown Acara	viii
Keynote Speaker	ix
Daftar Isi	xi

<u>Bidang Ilmu : Pendidikan Matematika</u>	1
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN VIDEO ANIMASI BERBASIS PENDEKATAN PEMBELAJARAN KONTEKSTUAL UNTUK MENINGKATKAN MINAT BELAJAR SISWA SMP NEGERI PERISAI	
Dara Kartika, Syawal Gultom	2 -11
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATEMATIKA BERNUANSA ETNOMATEMATIKA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA	
Ikke Fatma, Katrina Samosir	12 - 21
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH BERBANTUAN MEDIA GEOGEBRA TERHADAP KEMAMPUAN KONEKSI MATEMATIS SISWA SMP N 35 MEDAN	
Yulan Sari Dalimunthe, Pardomuan Sitompul	22 - 29
PENGARUH PENDEKATAN <i>REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION</i> TERHADAP KEMANDIRIAN BELAJAR MATEMATIKA SISWA KELAS VII DI SMP NEGERI 5 PERCUT SEI TUAN	
Annisa Wahyuni Hasibuan, Mangaratua M. Simanjanrang	30 - 38
ANALISIS KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF SISWA KELAS VII SMP DITINJAU DARI KEPERIBADIAN <i>EKSTROVERT</i> DAN <i>INTROVERT</i> YANG DIBELAJARKAN DENGAN MODEL PEMBELAJARAN BERDASARKAN MASALAH	
Yana Tasya Damanik, Michael C Simanullang	39 - 47
PERBEDAAN KETERAMPILAN BERPIKIR KRITIS MATEMATIS ANTARA SISWA YANG BELAJAR MELALUI MODEL <i>THINKING ALOUD PAIR PROBLEM SOLVING</i> BERBANTUAN SOFTWARE GEOGEBRA DENGAN YANG BELAJAR MELALUI MODEL KONVENSIIONAL DI SMAS SANTA LUSIA SEI ROTAN	
Fransiskus J.P.S., Waminton R.	48 - 56
PENGARUH MODEL <i>GAME BASED LEARNING</i> BERBANTUAN WEB <i>EDUCANDY</i> TERHADAP MOTIVASI BELAJAR MATEMATIKA SISWA PADA MATERI ARITMATIKA SOSIAL DI KELAS VII SMP NEGERI 35 MEDAN	
Agusti Eka Wardani, Pardomuan Sitompul	57 - 65
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH UNTUK MENINGKATKAN PENALARAN MATEMATIS SISWA DI KELAS VIII SMP NEGERI 28 MEDAN	

Frida Yanti Br Lumban Batu, Hamidah Nasution 66 - 75

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE STAD BERBANTUAN CABRI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA SISWA KELAS VII DI SMP NEGERI 29 MEDAN.....

Ewilda Sinaga, Zul Amry 76 - 83

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PENDEKATAN MATEMATIKA REALISTIK UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA KELAS VII SMP NEGERI 35 MEDAN

Dea Aulia Rahma Rangkuti, Nurhasanah Siregar 84 - 92

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN MATEMATIKA *KNISLEY* DENGAN BERBANTUAN APLIKASI GEOGEBRA TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA SMP

Lina Sehat Sitanggang, Nurliani Manurung..... 93 - 103

PENGEMBANGAN E-LKPD BERBASIS *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN *KVISOFT FLIPBOOK MAKER* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF SISWA KELAS XI SMA

Rio Marcellino Sinaga, Marojahan Panjaitan 104 - 114

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN *DISCOVERY LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VII/I SMP NEGERI 2 MEDAN

Fadila, Asmin 115 - 123

ANALISIS KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS BERBASIS PENDEKATAN *REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION* SISWA KELAS XI SMA NEGERI 17 MEDAN

Ricardo Manik, Zul Amry 124 - 133

PENINGKATAN MINAT BELAJAR MATEMATIKA SISWA MENGGUNAKAN MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN MEDIA KOMIK DI SMP NEGERI 7 MEDAN

Sova Yunita Ritonga, Mukhtar 134 - 142

ANALYZING STUDENTS' MATHEMATICAL LITERACY OF SMP SWASTA MUHAMMADIYAH 21 DOLOK BATU NANGGAR USING PISA-BASED QUESTIONS

Dhea Anisah Putri, Mangaratua Marianus Simanjorang 143 - 154

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN AUDIO VISUAL BERBANTUAN APLIKASI CAPCUT UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VII SMP MUHAMMADIYAH 03 MEDAN

Nur Fidyati Ramadhan, Nurhasanah Siregar..... 155 - 163

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN GEOGEBRA BERBASIS MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE STAD DI KELAS X SMAN 4 BINJAI

Angela Farida P. Sitorus, Pargaulan Siagian 164 - 172

PERBEDAAN ANTARA MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE TPS DAN EKSPOSITORI TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA DI KELAS XI SMA NEGERI 1 BATANG KUIS

Yemima Eymizia Silaban, Waminton Rajagukguk 173 - 181

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> BERBANTUAN APLIKASI GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIKA SISWA KELAS VIII SMP	
Areigi Doanta Sembiring, Izwita Dewi.....	182 - 191
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE TWO STAY TWO STRAY TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA PADA SISWA KELAS VIII DI SMP NEGERI 2 PANCUR BATU	
Sri Windi Br Ginting, Wingston L. Sihombing.....	192 - 200
PERBANDINGAN ANTARA MODEL PEMBELAJARAN <i>PROJECT BASED LEARNING</i> DAN MODEL PEMBELAJARAN KONVENSIONAL TERHADAP KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA	
Ezra Pebiola Lumbantobing, Tiur Malasari Siregar.....	201 - 206
THE EFFORTS TO IMPROVE STUDENTS' ABILITY IN UNDERSTANDING MATHEMATICAL CONCEPT WITH MISSOURI MATHEMATIC PROJECT LEARNING MODEL IN GRADE VIII OF SMP NEGERI 1 AIR PUTIH	
Nurul Afifah Syahputri, Hasratuddin	207 - 214
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN MATEMATIKA REALISTIK BERBANTUAN GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL SISWA SMP NEGERI 23 MEDAN	
Dewi Ramadhani, Hasratuddin	215 - 223
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE <i>TEAM ASSISTED INDIVIDUALIZATION</i> UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA KELAS VIII SMP PAB 8 SAMPALI	
Muhammad Zulham Syahputra, Nurhasanah Siregar	224 - 232
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR E-MODUL MENGGUNAKAN APLIKASI <i>KVISOFT FLIPBOOK MAKER</i> BERBASIS MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> DI SMP NEGERI 16 MEDAN	
Vanny Rahmadani, Yasifati Hia	233 - 240
PENGARUH KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS, KEMAMPUAN VISUAL, KEMAMPUAN SPASIAL DAN KEMAMPUAN LITERASI MATEMATIS TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA SISWA	
Vinky Ruth Amelia Br Hasibuan, Edi Syahputra	241 - 249
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE STAD BERBANTUAN <i>SOFTWARE</i> GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VIII	
Nurhalimah Manurung, Mukhtar	250 - 259
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS PBL BERBANTUAN WEBSITE CANVA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA	
Aisah Queenela Br Pelawi, Prihatin Ningsih Sagala.....	260 -269
EFEKTIVITAS MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE <i>TEAMS GAMES TOURNAMENT</i> UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA	
Veronica Gulo, E. Elvis Napitupulu	270 - 279

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING* MENGGUNAKAN CABRI 3D TERHADAP KEMAMPUAN SPASIAL SISWA KELAS VIII

Anggry F Hutasoit, Mangaratua Marianus Simanjorang280 - 286

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN KEAKTIFAN BELAJAR SISWA PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA

Mastiur Santi Sihombing, Syawal Gultom.....287 - 294

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE *PAIR CHECK* TERHADAP KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA KELAS VIII MTs NEGERI 1 SIMALUNGUN

Lifia Humairah, Hamidah Nasution295 - 301

PERBEDAAN KEMAMPUAN KONEKSI MATEMATIS SISWA YANG DIAJAR MELALUI MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH DAN KONVENSIIONAL DI KELAS VIII SMP NEGERI 7 MEDAN

Audita Marselina Manik, Waminton Rajagukguk.....302- 310

THE IMPLEMENTATION OF COOPERATIVE LEARNING MODEL STAD TYPE TO IMPROVE STUDENTS' PROBLEM-SOLVING ABILITY IN CLASS VII SMP NEGERI 37 MEDAN

Evelyn Angelika, Nurhasanah Siregar311 - 318

IMPLEMENTASI *VIDEO EXPLAINER* SEBAGAI STRATEGI DALAM PENINGKATAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA

Nurul Bahri, Suci Frisnoiry319 - 327

UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF SISWA KELAS VIII SMP NEGERI 17 MEDAN MELALUI PENERAPAN PEMBELAJARAN REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION

Feby Greciana Damanik, Bornok Sinaga 328 - 337

UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VIII SMP PERGURUAN KEBANGSAAN MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING* BERBANTUAN AUTOGRAPH

Yuli Masita Sari, Bornok Sinaga 338 - 346

PENGUNAAN MEDIA BELAJAR E-MODUL TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA DI KELAS VIII SMP

Maria Nadia Sirait, Nurhasanah Siregar 347 - 355

PENGEMBANGAN E-MODUL INTERAKTIF MENGGUNAKAN FLIP PDF PROFESSIONAL BERBASIS PENDEKATAN RME UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN VISUAL THINKING SISWA KELAS VIII DI SMP SWASTA PRAYATNA MEDAN

Pelni Rodearni Sipakkar, Kms. Muhammad Amin Fauzi 356 - 363

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN *PROBLEM BASED LEARNING* DENGAN PENDEKATAN *OPEN-ENDED* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA KELAS XI SMA MATEMATIKA

Oswaldo Raphael Sagala, Sri Lestari Manurung	364 - 372
ANALISIS KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA SMA Aprizal, E. Elvis Napitupulu	373 - 382
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN <i>BRAIN BASED LEARNING</i> BERBANTUAN <i>BRAIN GYM</i> TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA KELAS VIII SMP Syahir Sasri Habibi, Izwita Dewi.....	383 - 391
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE STAD BERBANTUAN GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VIII SMP Vida Gresiana Dachi, Mukhtar	392 – 400
IMPLEMENTATION OF RECIPROCAL TEACHING LEARNING MODEL TO IMPROVE STUDENTS’ MATHEMATICAL REPRESENTATION ABILITY IN GRADE VII AT SMP NEGERI 37 MEDAN Royana Chairani, Hasratuddin	401 - 407
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF BERBASIS POWERPOINT DAN ISPRING DI ANDROID UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA Dita Aryani, Katrina Samosir	408 - 417
PERBEDAAN PENINGKATAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA SISWA MENGGUNAKAN MODEL <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> DAN MODEL KOOPERATIF TIPE STAD SMA NEGERI 1 PERBAUNGAN Christian Javieri Andika, Sri Lestari Manurung.....	418 - 425
PENGARUH PENDEKATAN PEMBELAJARAN MATEMATIKA TERHADAP KEMAMPUAN LITERASI NUMERASI MATEMATIS SISWA SMP NEGERI 2 PERCUT SEI TUAN Fauziyyah, Dian Armanto	426 - 435
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> DENGAN PENDEKATAN <i>CREATIVE PROBLEM SOLVING</i> UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA MTsN 1 ACEH TENGGARA Naila Fauziah, Asrin Lubis.....	436 - 445
IMPLEMENTASI MODEL PEMBELAJARAN <i>LEARNING CYCLE 5E</i> UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA SMA Wilson Sihotang, Nurliani Manurung	446 - 453
THE IMPLEMENTATION OF PROBLEM BASED LEARNING MODEL ASSISTED BY GEOGEBRA SOFTWARE TO IMPROVE STUDENTS’ MATHEMATICAL PROBLEM-SOLVING ABILITY IN GRADE X AT SMA NEGERI 8 MEDAN Grace Margareth Stevany Sinurat *, Pardomuan N.J.M Sinambela	454 - 461
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN VIDEO ANIMASI UNTUK MENINGKATKAN MINAT BELAJAR MATEMATIKA SISWA KELAS X..... Marince, Katrina Samosir	462 - 471

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MATEMATIKA INTERAKTIF BERBASIS RME BERBANTUAN <i>SOFTWARE ISPRING</i> DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA Rupina Aritonang, Edi Syahputra.....	472 - 480
ANALYSIS OF STUDENT’S MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY IN THE IMPLEMENTATION OF THE JIGSAW TYPE COOPERATIVE LEARNING MODEL IN SMP NEGERI 35 MEDAN T. Asima Sulys Simanjuntak, Bornok Sinaga.....	481 - 490
PENGARUH PEMBELAJARAN MATEMATIKA MENGGUNAKAN MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA SMK Enikristina Simbolon, Edy Surya	491 - 500
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN <i>MISSOURI MATHEMATICS PROJECT</i> UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS XI DI SMAN 1 KEJURUAN MUDA Hanifah Rusydah, Katrina Samosir.....	501 - 506
INCREASED UNDERSTANDING OF MATHEMATICAL CONCEPTS AND MOTIVATION WITH A PROBLEM POSING APPROACH ON CLASS VIII MTs NEGERI 2 RANTAUPRAPAT Miftahul Jannah, Nurhasanah Siregar	507 - 511
PENGEMBANGAN LKPD MATEMATIKA BERBASIS STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA KELAS VIII SMP Parah Galu Pangestu, Kms. Muhammad Amin Fauzi.....	512 - 519
PENGEMBANGAN MEDIA AUDIO VISUAL BERDASARKAN MODEL PEMBELAJARAN SAVI UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PENALARAN MATEMATIS SISWA SMA NEGERI 1 TAMIANG HULU Nona Farahdiba, Syawal Gultom	520 - 529
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS POWTOON PADA MATERI KEKONGRUENAN DAN KESEBANGUNAN DI KELAS IX SMP IT AD DURRAH Putri Heriyani, Nurhasanah Siregar	530 - 537
PENGARUH PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH DENGAN PENDEKATAN KONTEKSTUAL TERHADAP KEMAMPUAN REPRESENTASI MATEMATIS SISWA Siti Marwa Hernawan, Pardomuan Sitompul.....	538 - 546
IMPLEMENTASI MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH UNTUK MENINGKATKAN KOMUNIKASI MATEMATIKA DILIHAT DARI PARTISIPASI SISWA PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA Widya Ramadhani, Syawal Gultom	547 - 555
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN MATEMATIKA INTERAKTIF APLIKASI ANDROID BERBASIS RME MELALUI PENDEKATAN <i>BLENDED LEARNING</i> Cristin Natalia Napitupulu, Edi Syahputra.....	556 - 563

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN VISUAL SISWA SMP

Oktalena Zai, Edi Syahputra 564 - 569

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN QUIZ MATEMATIKA INTERAKTIF BERBASIS WEB UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA KELAS XI SMA NEGERI 9 MEDAN

Aris Saputra Pardede, Muliawan Firdaus..... 570 - 576

PENERAPAN MODEL CONTEXTUAL TEACHING AND LEARNING BERBANTUAN E-LKPD DALAM MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS SISWA KELAS VIII SMPN 24 MEDAN

Teddy Soemantry Sianturi, Muliawan Firdaus..... 577 - 587

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATEMATIKA MELALUI PEMBELAJARAN MATEMATIKA REALISTIK BERBANTUAN SOFTWARE GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN SPASIAL SISWA SMPN 35 MEDAN

Tri Ambarwati Nurul Putri, Muhammad KMS Amin Fauzi 588 - 594

PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) BERBASIS *PROBLEM SOLVING* UNTUK MENINGKATKAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA SMA KELAS X

Aida Hafni Rambe, Pargaulan Siagian..... 595 - 603

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PMR UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS PADA SISWA KELAS XI SMA NEGERI 14 MEDAN

Sartika Rismaya Manihuruk, Pargaulan Siagian..... 604 - 610

PENGEMBANGAN BUKU DIGITAL BERBASIS PMR UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI NUMERASI DAN SELF-EFFICACY SISWA KELAS VIII SMP

Nina Novsyiah Sihombing, Kms Muhammad Amin Fauzi..... 611 - 620

UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIKA SISWA MELALUI PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING BERBANTUAN VIDEO PEMBELAJARAN DI KELAS VII

Dilla Hafizzah, Mukhtar..... 621 - 629

THE EFFECT OF PROBLEM-BASED LEARNING MODEL ASSISTED BY GEOGEBRA SOFTWARE ON STUDENTS' MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY IN SMP N 1 SELESAI

Dwi Antika Br Nasution, E. Elvis Napitupulu 630 - 637

ANALISIS KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF MATEMATIS SISWA SETELAH DIBELAJARKAN DENGAN MODEL PEMBELAJARAN PROBLEM BASED LEARNING

Adrianus Juan Felix Butar Butar, Syawal Gultom..... 638 - 646

HUBUNGAN KEMANDIRIAN DAN MINAT BELAJAR TERHADAP KEMAMPUAN PENALARAN MATEMATIS SISWA DENGAN MODEL PROBLEM BASED LEARNING DI SMP NEGERI 29 MEDAN

Lulu Madame Silalahi, Dian Armanto 647 - 656

ANALISIS KESALAHAN SISWA DALAM PENYELESAIAN MASALAH MATEMATIS MELALUI MODEL PBL DI SMP

Maxwell Ompusunggu 657 - 663

PENGEMBANGAN LKPD BERBASIS PJBL-STEM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF MATEMATIS PADA SISWA SMA NEGERI 1 DELI TUA

Dinda Riski Aulia, Asrin Lubis 664 - 673

THE APPLICATION OF PROBLEM BASED LEARNING BY USING LIVE WORKSHEET WEBSITE TO IMPROVE PROBLEM SOLVING SKILL IN LEARNING QUADRATIC EQUATION IN CLASS IX STUDENTS OF SMPN 1 GALANG

Erwin Syahputra, Waminton Rajagukguk 674 - 682

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR BERBASIS CASE METHOD BERBANTUAN ANDROID UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMAHAMAN MATEMATIS SISWA KELAS X SMA

Hidayah Tia Azriani Nasution, Tiur Malasari 683 - 692

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN DIGITAL BERBASIS ETNOMATEMATIK BATAK DENGAN MODEL PBL UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN LITERASI MATEMATIS SISWA SMPN 3 KISARAN

Putri Ardhanita Harahap, Muhammad KMS Amin Fauzi 693 - 701

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE *TWO STAY TWO STRAY* TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA DI SMA NEGERI 7 MEDAN

Sarah Maulida Siahaan, Asmin 702 - 710

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN SEARCH, SOLVE, CREATE, AND SHARE UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF MATEMATIS SISWA KELAS X DI SMA NEGERI 1 DELI TUA

Mia Rizki Idaroyanni Siregar, Dian Armanto 711 - 718

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN PBL TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA KELAS X SMA NEGERI 2 PANGURURAN

Arie O. Situngkir 719 - 727

PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN *DISCOVERY LEARNING* BERBANTUAN APLIKASI GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN PENALARAN MATEMATIS SISWA KELAS VIII SMP

Robby Rahmatullah, Izwita Dewi 728 - 737

PENGEMBANGAN BAHAN AJAR MATEMATIKA BERBENTUK VIDEO PEMBELAJARAN ANIMASI BERBASIS *PROBLEM BASED LEARNING* UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIKA SISWA SMA KELAS X

Mayana Angelita Tambunan, Nurliani Manurung 738 - 746

EFEKTIVITAS PEMBELAJARAN DARING MENGGUNAKAN MEDIA ONLINE SELAMA PANDEMI COVID – 19 (STUDY KASUS BELAJAR MATA PELAJARAN MATEMATIKA KELAS VIII SMPN 35 MEDAN)

Ulinsyah, Syawal Gultom 747 - 752

PENGEMBANGAN E-MODUL BERBASIS STEAM UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VII Anita Khofifah Ray, Kms Muhammad Amin Fauzi.....	753 - 759
DIFFERENCES IN STUDENTS' MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY USING RME APPROACH AND PROBLEM POSING APPROACH AT SMP NEGERI 1 BANDAR Pittauli Ambarita, Hasratuddin	760 - 765
ANALISIS KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS DALAM MEMECAHKAN MASALAH DENGAN PENDEKATAN OPEN ENDED DITINJAU DARI KECENDERUNGAN GAYA BELAJAR SISWA SMP NEGERI 16 MEDAN Nadya Isti Amima Siagian, Waminton Rajagukguk.....	766 - 774
PENGARUH PENDEKATAN MATEMATIKA REALISTIK BERBANTUAN <i>WOLFRAM ALPHA</i> TERHADAP KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA KELAS VIII SMP MUHAMMADIYAH 3 MEDAN Majdah Luthfita, Denny Haris	775 - 783
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF <i>TIPE THINK PAIR SHARE</i> TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA SMP Evi Yanti P Siregar, Nurhasanah Siregar.....	784 - 792
THE EFFECT OF THINK PAIR SHARE LEARNING MODEL ASSISTED BY WINGEOM SOFTWARE ON STUDENT'S MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITY IN SMP NEGERI 35 MEDAN Dinda Apriani Hia, Pardomuan N.J.M Sinambela	793 - 801
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN <i>DISCOVERY LEARNING</i> UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIKA Tharisyia Annida Radani, E. Elvis Napitupulu	802 - 810
PENGEMBANGAN BAHAN AJAR DENGAN PENDEKATAN MATEMATIKA REALISTIK BERBASIS ETNOMATEMATIKA PADA SONGKET MELAYU DELI UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR MATEMATIKA SISWA Alneta Angelia Br Brahmana, Fevi Rahmawati Suwanto	811 - 819
UPAYA MENINGKATKAN KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA MELALUI MODEL <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> DI KELAS VIII SMP YPMA MEDAN Irma Dwi Suryani, Mukhtar	820 - 828
UPAYA MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIKA DENGAN MODEL PEMBELAJARAN <i>CONCEPTUAL UNDERSTANDING PROCEDURES</i> BERBANTUAN E-MODUL DI KELAS XI IPA SMAN 11 MEDAN Indah Veronika Susanti Tarigan, Mukhtar.....	829 - 839
PENERAPAN MODEL <i>PEMBELAJARAN SEARCH, SOLVE, CREATE, AND SHARE</i> UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMAHAMAN KONSEP PADA SISWA Mhd. Ricky Murtadha, Sri Wahyuni, Aica Wira Islami	840 - 848
PENGEMBANGAN E-MODUL PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBASIS PENDEKATAN <i>REALISTIC MATHEMATICS EDUCATION</i> DALAM PEMAHAMAN KONSEP MATERI PELUANG Tri Ananda Girsang, Edy Surya	849 - 853

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN <i>MISSOURI MATHEMATICS PROJECT</i> TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIKA PADA SISWA Dhiena Safitri, Fathul Jannah, Nur Imaniyanti	854 - 861
PENINGKATAN AKTIVITAS DAN HASIL BELAJAR MATEMATIKA MATERI KOMBINATORIK MELALUI PEMBELAJARAN KOOPERATIF BERBANTUAN KOMPUTER Fathur Rahmi.....	862 - 873
PENERAPAN MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> BERBANTUAN GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH SISWA KELAS VIII SMP NEGERI 6 MEDAN Bintang Tabita Sianipar, Marojahan Panjaitan	874 - 880
PENGEMBANGAN MEDIA INTERAKTIF PADA PEMBELAJARAN MATEMATIKA BERBANTUAN GEOGEBRA DENGAN PENDEKATAN STEM UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIS SISWA SMP NEGERI 1 BINJAI LANGKAT Nurul Fidiah, Kms. M. Amin Fauzi	881 - 890
PENGARUH PENGGUNAAN MEDIA PEMBELAJARAN <i>ARTICULATE STORYLINE 3</i> TERHADAP KEMAMPUAN REPRESENTASI MATEMATIS SISWA SMP Santi Karla Silalahi, Mangaratua M. Simanjorang	891 - 899
PENGEMBANGAN E-LKPD DENGAN MENGGUNAKAN WIZER.ME BERBASIS <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> UNTUK MENINGKATKAN PEMECAHAN MASALAH SISWA KELAS VIII SMP Sesili Andriana, Marojahan Panjaitan	900 - 909
PENGARUH DISPOSISI MATEMATIS SISWA TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIS SISWA SMA NEGERI 4 KISARAN Zulaifatul Husna Br Siregar, Asmin	910 - 918
PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS <i>VIDEO EXPLAINER</i> PADA POKOK BAHASAN BARISAN DAN DERET UNTUK MENINGKATKAN MINAT BELAJAR SISWA Nova Yulisa Putri, Tiur Malasari Siregar	919 - 927
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE <i>MAKE A MATCH</i> DAN TIPE <i>STAD</i> TERHADAP KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VIII DI MTS YASPI LABUHAN DELI Ismi Salwa Thohirah, Wingston Leonard Sihombing	928 - 936
PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN <i>PROBLEM BASED LEARNING</i> BERBANTUAN KAHOOT TERHADAP <i>COMPUTATIONAL THINKING</i> PADA SISWA KELAS VIII SMP NEGERI 1 BINJAI Naomi Camelia, Erlinawaty Simanjuntak.....	937 - 945
DEVELOPMENT OF INTERACTIVE COMICS BASED ON REALISTIC MATHEMATICS APPROACH TO IMPROVE MATHEMATICAL COMMUNICATION ABILITIES OF STUDENTS OF SMPS MUSDA PERBAUNGAN Fitri Aulia, Asmin.....	946 - 952

Bidang Ilmu: Matematika	953
ANALISIS PENERIMAAN E-LEARNING BERDASARKAN <i>TECHNOLOGY ACCEPTANCE MODEL</i> DENGAN PENDEKATAN <i>PARTIAL LEAST SQUARE - STRUCTURAL EQUATION MODELING</i>	
Rizka Annisa Mingka, Hamidah Nasution	954 - 960
IMPLEMENTASI <i>FUZZY GAME THEORY</i> DALAM MENENTUKAN STRATEGI PEMASARAN OPTIMAL (STUDI KASUS PERSAINGAN <i>E-COMMERCE</i> SHOPEE, TOKOPEDIA DAN LAZADA)	
Fasya Arsita, Hamidah Nasution	961 - 967
ANALISIS BIAYA SATUAN RAWAT INAP MENGGUNAKAN METODE <i>STEP DOWN</i> PADA RSUD DR. DJASAMEN SARAGIH PEMATANG SIANTAR	
Inra Wisada Manurung, Nerli Khairani	968 - 972
PENERAPAN METODE ASSIGNMENT HUNGARIAN DALAM MENENTUKAN PENUGASAN WAKTU KERJA PT. SINAR SOSRO	
Nickie Aulia Nerti Pane, Nerli Khairani	973 - 979
ANALISIS PREDIKSI HARGA EMAS BULANAN DI KOTA MEDAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN ALGORITMA <i>BACKPROPAGATION</i>	
Meisal Habibi Perangin-angin, Chairunisah	980 - 987
ANALISIS FAKTOR YANG MEMPENGARUHI TINGKAT KRIMINALITAS DI SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN METODE REGRESI DATA PANEL	Ika
Amelia, Faridawaty Marpaung.....	988 - 995
PENERAPAN ALGORITMA A* DALAM MENENTUKAN RUTE TERPENDEK PENGAMBILAN SAMPAH DI KOTA MEDAN	
Messyanti Br Simanjuntak, Faridawaty Marpaung.....	996 - 1009
METODE <i>SPATIAL AUTOREGRESSIVE</i> DALAM ANALISIS KASUS DEMAM BERDARAH DENGUE DI SUMATERA UTARA	
Nabila Khairunnisa, Elmanani Simamora	1010 - 1017
PENERAPAN <i>MINIMUM SPANNING TREE</i> PADA JARINGAN PIPA DISTRIBUSI AIR PDAM TIRTA BENGI DI SIMPANG TIGA REDELONG DENGAN MENGGUNAKAN ALGORITMA FLOYD-WARSHALL	
Andra Febiola Nita, Faridawaty Marpaung.....	1018 - 1024
PREDIKSI JUMLAH KEMISKINAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN <i>BACKPROPAGATION</i>	
Ceria Clara Simbolon, Chairunisah.....	1025 - 1031
IMPLEMENTASI METODE <i>ANT COLONY OPTIMIZATION</i> PADA PENCARIAN RUMAH SAKIT TERDEKAT BERBASIS ANDROID (STUDI KASUS: RUMAH SAKIT DI KOTA MEDAN)	
Sri Utami Dewi, Dinda Kartika	1032 - 1037
IMPLEMENTASI <i>FUZZY TIME SERIES MARKOV CHAIN</i> PADA PERAMALAN NILAI TUKAR RUPIAH TERHADAP DOLAR US	
Mita Cahyati, Chairunisah.....	1038 - 1043

PERBANDINGAN METODE <i>DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING BROWN</i> DENGAN <i>TRIPLE EXPONENTIAL SMOOTHING BROWN</i> PADA PERAMALAN JUMLAH PENDUDUK DI KABUPATEN DELI SERDANG	
Agnes Anastasia, Chairunisah	1044 - 1049
ANALISIS KESTABILAN DARI MODEL MATEMATIKA UNTUK PENYEBARAN PENYAKIT CORONAVIRUS (COVID-19)	
Wulan Larassaty, Yulita Molliq Rangkuti	1050 - 1054
IDENTIFIKASI AUTOKORELASI SPASIAL MENGGUNAKAN <i>GEARY'S RATIO</i> PADA JUMLAH PENGANGGURAN DI SUMATERA UTARA	
Hanna Gabriel Srirani Manurung, Hamidah Nasution	1055 - 1059
PEMBANGKITAN ORNAMEN (GORGA) BATAK SIMALUNGUN MENGGUNAKAN <i>GRAPHICAL USER INTERFACE</i> MATLAB DENGAN MEMANFAATKAN GRUP <i>FRIEZE</i> DAN GRUP KRISTALOGRAFI	
Marlina Sinaga, Dinda Kartika	1060 - 1067
PENERAPAN ALGORITMA KOLONI LEBAH PADA PENJADWALAN PERAWAT DI RUMAH SAKIT UMUM PUSAT H. ADAM MALIK	
Novita Karnya Situmorang, Faiz Ahyaningsih	1068 - 1072
OPTIMALISASI WAKTU NYALA LAMPU HIJAU MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC PADA PERSIMPANGAN JALAN SISINGAMANGARAJA-JALAN TURI KOTA MEDAN	
Jimmi Parlindungan Manalu	1073 - 1082
ANALISIS SISTEM ANTRIAN PADA TELLER BANK MANDIRI KCP MEDAN LETDA SUJONO DENGAN MENGGUNAKAN MODEL ANTRIAN <i>MULTI CHANEL SINGLE PHASE</i>	
Lowis Fernando Sitorus, Abil Mansyur	1083 - 1088
IMPLEMENTASI <i>GAME THEORY</i> DAN <i>MARKOV CHAIN</i> DALAM MENENTUKAN STRATEGI PEMASARAN SERTA PERPINDAHAN PELANGGAN APLIKASI <i>STREAMING</i> MUSIK	
Intan Siagian, Marlina Setia Sinaga	1089 - 1095
OPTIMALISASI HASIL PANEN PADI BERDASARKAN KOMBINASI PUPUK MENGGUNAKAN METODE <i>FUZZY GOAL PROGRAMMING</i> (STUDI KASUS DINAS PERTANIAN KABUPATEN TAPANULI UTARA)	
Ima Uli Sri Natasya Sitompul, Hamidah Nasution	1096 - 1106
PERBANDINGAN METODE NAIVE DAN METODE <i>A-SUTTE INDICATOR</i> DALAM MERAMALKAN JUMLAH PRODUKSI PADA CPO (STUDI KASUS: PT. BINA PITRI JAYA)	
Endang, Didi Febrian	1107 - 1116
PERBANDINGAN MODEL GREY MARKOV (1,1) DAN MODEL SARIMA DALAM PERAMALAN PENJUALAN ROTI (STUDI KASUS : UD SELINA BAKERY)	
Ezra Yolanda Siregar, Hanna Dewi M. Hutabarat	1117 - 1124
BILANGAN DOMINASI SIMPUL DAN BILANGAN DOMINASI SISI PADA GRAF POT BUNGA ($C_m S_n$)	
Desi Fitrahana Rambe, Mulyono	1125 - 1133

KAJIAN METODE ZILLMER DALAM MENGHITUNG NILAI CADANGAN PREMI PADA ASURANSI JIWA SEUMUR HIDUP	
Ade Sonia Putri, Sudianto Manullang.....	1134 - 1137
OPTIMALISASI PENJADWALAN SHIFT KERJA PERAWAT DAN BIDAN DI RUMAH SAKIT UMUM DAERAH TAPANULI TENGAH MENGGUNAKAN ALGORITMA GENETIKA	
Wardatul Ilma Pasaribu, Faridawaty Marpaung.....	1138 - 1143
TRANSPOSE MODUL PROJEKTIF RELATIF TERHADAP MODUL BAGIAN TAKPROJEKTIF	
Yudi Mahatma, Ibnu Hadi, Sudarwanto	1144 - 1146
PENERAPAN GRAF KOMPATIBEL PADA PENENTUAN WAKTU TUNGGU LAMPU LALU LINTAS DI BEBERAPA PERSIMPANGAN KOTA MEDAN	
Aisyah Nuri Sabrina, Mulyono	1147 - 1152
PENERAPAN ALGORITMA BELLMAN-FORD UNTUK MENENTUKAN LINTASAN TERPENDEK DALAM PENDISTRIBUSIAN BARANG PADA PT. GLOBAL JET CARGO (J&T CARGO)	
Enzel Sri Ulina Br. Ketaren, Faridawaty Marpaung	1153 - 1163
PERAMALAN <i>CRUDE PALM OIL</i> MENGGUNAKAN METODE <i>SEASONAL AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE</i> PADA PT. GRAHADURA LEIDONG PRIMA	
Putri Novianti, Tri Andri Hutapea	1164 - 1168
SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN DALAM PEMILIHAN <i>OUTLET BUBBLE DRINK</i> TERBAIK DI KOTA MEDAN DENGAN METODE <i>SIMPLE ADDITIVE WEIGTING</i>	
Tenri Musdalifah, Arnah Ritonga.....	1169 - 1174
<i>MULTI ATTRIBUTE DECISION MAKING</i> DALAM MENENTUKAN APLIKASI BELANJA ONLINE TERBAIK DENGAN METODE <i>ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS</i> (STUDI KASUS: MAHASISWA MATEMATIKA UNIMED 2019-2022)	
Crish Evangelyn Siboro, Lasker Pangarapan Sinaga	1175 - 1184
MODEL REGRESI <i>ROBUST</i> TINGKAT PENGANGGURAN DI INDONESIA DENGAN MEMBANDINGKAN PEMBOBOT <i>TUKEY BISQUARE</i> DAN <i>WELSCH</i>	
Thasya Febrianti Sitinjak, Hanna Dewi M. Hutabarat	1185 - 1192
OPTIMASI PORTOFOLIO SAHAM PADA SUBSEKTOR PERBANKAN MENGGUNAKAN <i>CAPITAL ASSET PRICING MODEL</i>	
Audrey Amelia Pardede, Hamidah Nasution	1193 - 1198
<u>Bidang Ilmu : Ilmu Komputer</u>	1199
IMPLEMENTASI ALGORITMA <i>K-NEAREST NEIGHBOR</i> UNTUK KLASIFIKASI PENERIMA BEASISWA PROGRAM INDONESIA PINTAR (STUDI KASUS : SMAN 1 PEMATANGSIANTAR)	
Edward Anggiat Maju Simanjuntak, Susiana.....	1200 - 1211
IMPLEMENTASI ALGORITMA <i>NAÏVE BAYES CLASSIFIER</i> PADA KLASIFIKASI PENDUDUK MISKIN (STUDI KASUS: DESA TEMBUNG)	
Gabriel Christian, Susiana.....	1212 - 1223

DETEKSI EMOSI MANUSIA BERDASARKAN REKAMAN SUARA MENGGUNAKAN PYTHON DENGAN METODE MFCC DAN DTW-KNN

Siti Khuzaimah, Hermawan Syahputra 1224 - 1229

PENERAPAN METODE WASPAS DALAM PENERIMA BANTUAN LANGSUNG TUNAI-DANA DESA (BLT-DANA DESA) (STUDI KASUS: DESA HUTA LIMBONG KECAMATAN PADANGSIDIMPUAN TENGGARA)

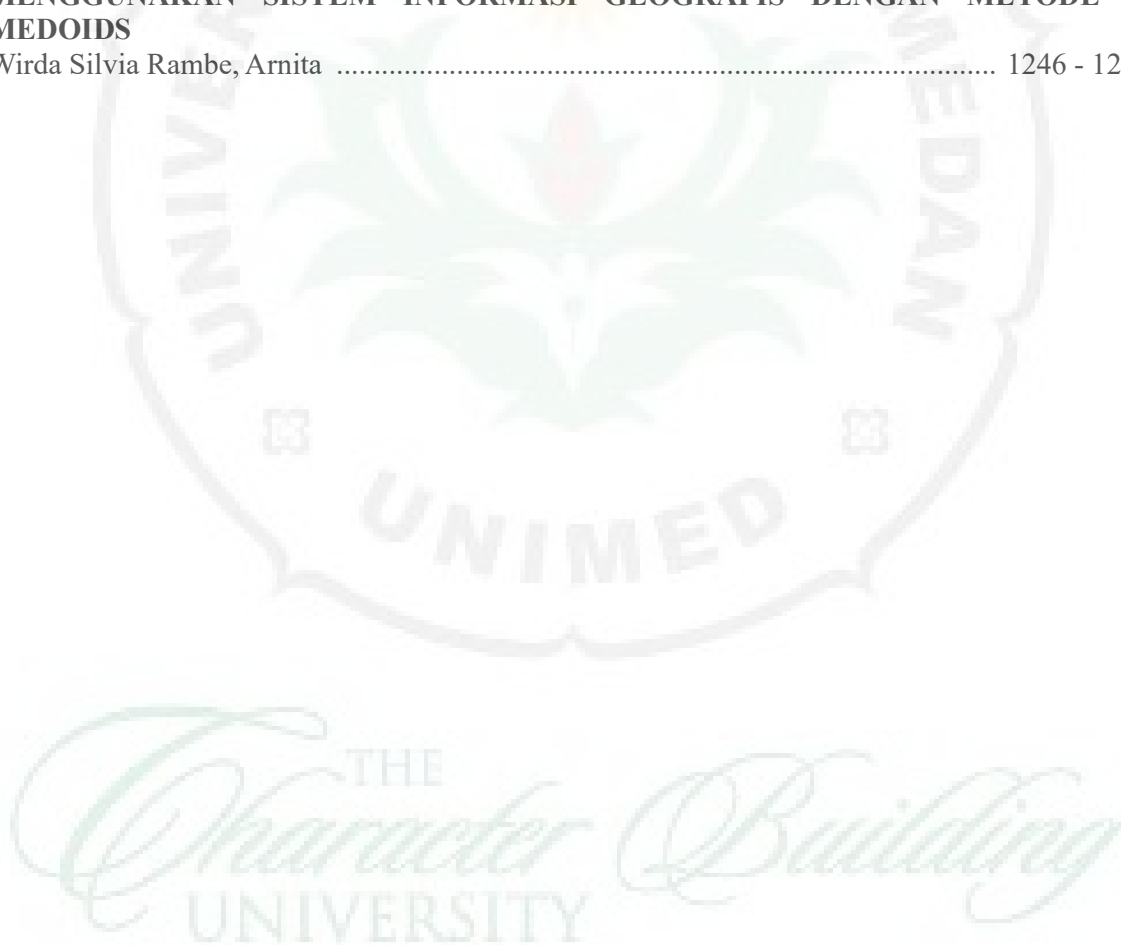
Yolanda Feby, Arnita 1230 - 1237

PERAMALAN PERSENTASE PENDUDUK MISKIN PROVINSI SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN METODE *LONG SHORT TERM MEMORY*

Nazifatul Fadhilah, Arnita 1238 - 1245

PEMETAAN TINGKAT PENGANGGURAN DI PROVINSI SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS DENGAN METODE K-MEDOIDS

Wirda Silvia Rambe, Arnita 1246 - 1256



OPTIMALISASI HASIL PANEN PADI BERDASARKAN KOMBINASI PUPUK MENGGUNAKAN METODE *FUZZY GOAL PROGRAMMING* (STUDI KASUS DINAS PERTANIAN KABUPATEN TAPANULI UTARA)

Ima Uli Sri Natasya Sitompul¹, Hamidah Nasution^{2*}

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

* Penulis Korespondensi : hamidah_mat67@yahoo.com

Abstrak

Sektor pertanian, terutama di Kecamatan Tapanuli Utara, Kabupaten Tapanuli Utara, sangat penting bagi ekonomi rumah tangga. Padi adalah tanaman utama, dengan keberhasilan panen tergantung pada penggunaan pupuk yang optimal untuk nutrisi tanaman. Namun, petani di Kecamatan Pahae Jae, Kabupaten Tapanuli Utara menghadapi keterbatasan biaya dalam pembelian pupuk. Sehingga, penelitian ini bertujuan untuk menentukan hasil panen padi optimal dengan meminimalkan biaya pembelian pupuk menggunakan metode Fuzzy Goal Programming. Adapun variabel keputusan yang ditentukan ialah empat jenis kombinasi pupuk antara Urea, SP 36, dan KCl dalam satuan kg/ha. Nutrisi tanaman, seperti Nitrogen (N), Phosphorus (P), dan Kalium (K), menjadi kendala dan persyaratan yang harus dipenuhi untuk mencapai hasil panen yang diinginkan dengan biaya pembelian pupuk seminimal mungkin. Dalam model Fuzzy Goal Programming, toleransi diterapkan pada masing-masing target dan syarat unsur hara. Berdasarkan model yang diperoleh maka didapatkan hasil panen padi optimal di Kecamatan Pahae Jae sebesar 5695 kg/ha dengan biaya pembelian pupuk yang berhasil diminimalkan menjadi Rp934.169. Kombinasi pupuk optimal yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 261 kg/ha Urea, 60 kg/ha SP36, dan 52 kg/ha KCl, dengan fungsi keanggotaan Fuzzy dari setiap fungsi tujuan bernilai 1 yang artinya setiap tujuan memperoleh tingkat kepuasan yang tinggi.

Kata kunci: Fuzzy, Goal Programming, Kombinasi Pupuk, Unsur Hara

Abstract

The agricultural sector, particularly in the Pahae Jae District of Tapanuli Utara Regency, is crucial for household economies. Rice is the primary crop, and successful harvests depend on optimal fertilizer use for plant nutrition. However, farmers in Pahae Jae face cost constraints in purchasing fertilizers. Therefore, this research aims to determine the optimal rice yield while minimizing fertilizer purchase costs using Fuzzy Goal Programming. The decision variables include four combinations of fertilizers: Urea, SP 36, and KCl, in kg/ha. Nutrients like Nitrogen (N), Phosphorus (P), and Potassium (K) pose constraints and requirements to achieve the desired yield with minimal fertilizer costs. In the Fuzzy Goal Programming model, tolerances are applied to each target and nutrient requirement. Based on the obtained model, the optimal rice yield in Pahae Jae District is 5695 kg/ha with minimized fertilizer purchase costs of Rp934,169. The optimal fertilizer combination is 261 kg/ha of Urea, 60 kg/ha of SP36, and 52 kg/ha of KCl, with each objective function's Fuzzy membership function valued at 1, indicating high satisfaction for each goal.

Kata kunci: Fuzzy, Goal Programming, Fertilizer Combination, Nutrients

1. PENDAHULUAN

Indonesia berkembang dengan ekonomi yang ditopang oleh berbagai sektor seperti industri, ekonomi, dan pertanian. Sektor pertanian, tempat sebagian besar orang Indonesia mencari nafkah, memainkan peran penting dalam meningkatkan kesejahteraan. Pertanian tetap menjadi sektor yang sangat penting bagi ekonomi rumah tangga masyarakat di Tapanuli Utara, dengan tanaman padi menjadi yang paling umum dibudidayakan. Tanaman padi membutuhkan unsur hara sebagai sumber energi untuk mencapai hasil panen yang optimal. Unsur hara utama yang sangat penting bagi tanaman padi adalah Nitrogen (N), Fosforus (P), dan Kalium (K). Sayangnya, seringkali tempat penanaman padi tidak memiliki ketersediaan yang cukup dari unsur hara ini, sehingga pemberian pupuk menjadi insentif penting untuk mengatasi kekurangan tersebut.

Pupuk N dalam bentuk urea, pupuk P dalam bentuk SP36 dan TSP, serta pupuk K dalam bentuk KM Cl adalah sumber pupuk yang biasa digunakan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara N, P, dan K pada tanaman padi. Dengan menggunakan pupuk ini, diharapkan tanaman padi dapat memperoleh asupan nutrisi yang cukup untuk pertumbuhan dan produksi yang optimal. Pemberian pupuk haruslah diberikan secara tepat sesuai dengan kebutuhan unsur hara bagi tanaman sehingga biaya produksi dapat optimal serta lingkungan tetap terjaga (Jamil *et al.*, 2014). Pupuk padi harus diberikan dengan kombinasi yang tepat dari nitrogen (N), phosporus (P), dan kalium (K), jika tidak, tanaman akan menghasilkan panen yang buruk juga.

Karena pentingnya pupuk NPK untuk produktivitas tanaman padi sawah, perlakuan pupuk NPK terhadap tanaman harus dilakukan dengan benar. Salah satu cara pemerintah memberi tahu petani bagaimana menggunakan pupuk adalah dengan melakukan Perangkat Uji Tanah Sawah (PUTS), di mana hasilnya memberikan rekomendasi tentang jumlah pupuk N, P, dan K yang tepat untuk lokasi tanam. (Jamil *et al.*, 2014). Namun, pilihan petani tentang lahan mereka dapat memengaruhi fakta lapangan pemberian pupuk NPK, sehingga variasi dalam pemberian pupuk NPK dapat sangat besar. Meskipun demikian, para petani tentunya ingin mendapatkan hasil panen padi yang terbaik, dan untuk mencapai tujuan ini, mereka juga harus membuat perencanaan pola tanam yang ideal.

Dalam penerapannya, metode pemrograman dapat menyelesaikan masalah optimasi. Salah satu metode operasi riset yang mengalokasikan sumber daya yang langka untuk mencapai fungsi tujuan adalah pemrograman linier, yang hanya mampu menyelesaikan satu fungsi. Namun, karena sistem pertanian membutuhkan lebih dari satu tujuan untuk menyelesaikan masalah tertentu, metode pemrograman tujuan dapat memodelkan masalah optimasi untuk lebih dari satu tujuan sekaligus. (Mohhamadian & Heydari, 2019).

Optimasi pada bidang pertanian maupun perkebunan dengan banyak tujuan telah diterapkan oleh beberapa penelitian sebelumnya. *Goal Programming* menjadi metode yang populer digunakan seperti yang dilakukan oleh (Ezan *et al.*, 2020) mengenai optimasi kombinasi pupuk pada perkebunan nenas, studi ini menemukan bahwa total biaya pupuk yang diperlukan untuk satu hektar perkebunan nenas dapat diminimalkan secara signifikan dimana total biaya yang digunakan berkurang. Karena sistem pertanian tanaman padi itu kompleks, banyak tujuan yang saling bertentangan serta banyak faktor yang mempengaruhi sehingga tujuan dan kendala sering tidak diketahui dengan pasti. Beberapa hal yang menyebabkan faktor tersebut tidak tepat adalah fungsi utilitas yang ditetapkan secara kabur, seperti ungkapan “kira-kira sama dengan” atau “kira-kira lebih dari”, alasan lainnya adalah ketidakpastian alam atau lingkungan yang mempengaruhi seperti perairan, cuaca, hama, ketidakpastian harga dan hasil panen. Sehingga dalam penelitian ini, pendekatan *Fuzzy* dalam *Goal Programming* digunakan. Logika *Fuzzy* memiliki kemampuan untuk menangani data yang tidak tepat dengan toleransi yang lebih baik. Keberadaan unsur *Fuzzy* memungkinkan optimalisasi fungsi tujuan, meskipun terdapat ketidakpastian dalam menyatakan objektivitas dari sasaran yang ingin dicapai. (Khotimah, 2021).

Sebelumnya (Ashar *et al.*, 2021) telah melakukan penelitian yang menggunakan model *Fuzzy Goal Programming* untuk memecahkan masalah perencanaan produksi Kaos Kaki di Kabupaten Majalengka. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa *Fuzzy Goal Programming* lebih efektif dalam mengoptimalkan produksi jika dibandingkan dengan *Goal Programming*. Hal ini dikarenakan *Fuzzy Goal Programming* mampu mengakomodasi toleransi terhadap fungsi tujuan. Selain itu (Prasetio, 2020) juga melakukan penelitian dalam pengendalian persediaan bahan bakululit dengan pendekatan *Fuzzy Goal Programming* di PT Adi Satria Abadi Yogyakarta. Dalam penelitian ini, pendekatan *Fuzzy Goal Programming* digunakan untuk mencapai nilai optimal dari semua fungsi tujuan yang diinginkan. Dengan menggunakan pendekatan *Fuzzy Goal Programming*, kedua penelitian tersebut berhasil mengatasi masalah optimasi yang dihadapi dalam konteks produksi dan pengendalian persediaan.

Penerapan metode *Fuzzy Goal Programming* terkait pertanian dilakukan oleh (Mohhamadian & Heydari, 2019) untuk menentukan model tanaman budidaya yang optimal dengan menggunakan *Fuzzy Goal Programming*. Hasil penelitian ini menunjukkan aplikasi *Fuzzy* mampu mempertimbangkan serangkaian tujuan bersama maupun tujuan yang bertentangan di dalamnya dengan memprioritaskan tujuan. Pendekatan *Fuzzy* memberikan kemampuan pada model bahwa informasi (tidak akurat) dapat dieksplotasi dengan sebaik-baiknya. Penerapan

metode *Fuzzy Goal Programming* pada pertanian dilakukan juga oleh (Malik *et al.*, 2023) dimana penelitian ini menerapkan model *Fuzzy Goal Programming* untuk mengoptimalkan perencanaan hasil tanam apel.

Berdasarkan penyelesaian masalah optimasi yang dilakukan para peneliti sebelumnya terlihat bahwa model optimasi dengan *Fuzzy Goal Programming* mampu menyelesaikan masalah ketidakpastian pada nilai fungsi tujuan. Pada penelitian kali ini akan dilakukan optimasi hasil panen padi berdasarkan kombinasi pupuk dimana terdapat ketidakjelasan anggaran yang tersedia untuk pupuk dan hasil panen padi sehingga masalah optimasi akan diselesaikan dengan metode *Fuzzy Goal Programming*. Fokus penelitian ini adalah menyajikan model *Fuzzy Goal Programming* untuk mengoptimalkan hasil panen padi di Kabupaten Tapanuli Utara dengan menentukan kombinasi pupuk yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

Untuk memperoleh optimasi hasil panen padi diperoleh melalui optimasi yang merupakan proses pencarian satu atau lebih penyelesaian dari beberapa fungsi yang diberikan pada suatu permasalahan. Dalam hal ini optimasi ditujukan untuk mencari nilai terbaik (maksimum atau minimum) yang digambarkan dalam model matematis dengan fungsi tujuan yang tunduk terhadap kendala-kendala yang dinyatakan dalam fungsi kendala. Dengan optimasi maka si pembuat keputusan dapat menghemat energi, biaya, waktu, dan sebagainya. Dengan bahasa sederhana optimasi merupakan suatu proses untuk memperoleh hasil sebagus mungkin. Metode yang umum digunakan untuk merepresentasikan masalah optimasi adalah melalui pendekatan Pemrograman Linier (*Linear Programming*).

Pemrograman linier merupakan salah satu metode riset operasi, secara khusus pemrograman linier digunakan dalam menyelesaikan masalah optimasi (memaksimalkan atau meminimumkan). *Linear Programming* adalah suatu bentuk model matematis yang digunakan untuk menggambarkan masalah tertentu. Melalui pemrograman linier, rencana kegiatan-kegiatan dapat dibuat untuk mencapai hasil optimal dengan cara terbaik diantara berbagai kemungkinan alternatif yang ada guna mencapai tujuan yang ditetapkan (Hiller *et al.*, 1994).

Dalam pembuatan model *Linear Programming*, diperlukan masukan berupa variabel keputusan, fungsi tujuan, fungsi kendala, serta batasan-batasan pada variabel. Variabel keputusan adalah unsur dalam masalah yang menentukan nilai yang ingin dicapai dalam tujuan permasalahan tersebut.

Batasan variabel menyatakan batasan lingkup variabel dimana jumlah sumber daya tidak kurang dari no. Secara umum model dasar *Linear Programming* adalah sebagai berikut:

Fungsi tujuan (*objective function*):

Maks/Min

$$Z = (c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 + \dots + c_nx_n) \quad (1)$$

Fungsi kendala (*constraint function*):

$$c_{m1}x_1 + c_{m2}x_2 + c_{m3}x_3 + \dots + c_{mn}x_n \leq, = \text{ atau } \geq b_m$$

Dimana :

x_n : adalah variabel keputusan ke - n.

Z : adalah nilai fungsi tujuan

c_n : adalah koefisien peubah dalam pengambilan keputusan untuk fungsi tujuan

a_n : adalah koefisien peubah dalam pengambilan keputusan untuk fungsi kendala

b_m : batasan sumber daya ke - m.

Goal Programming merupakan perluasan dari *Linear Programming* yang menangani masalah dengan memiliki banyak tujuan. Tujuan-tujuan tersebut diwakili dalam model matematis dan berusaha untuk dicapai. Dalam *Goal Programming*, tidak semua tujuan dapat tercapai secara bersamaan karena mungkin terjadi penyimpangan (deviasi).

Goal Programming terdiri dari variabel deviasional dan variabel keputusan dinyatakan dalam bentuk non negatif dengan $x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$.

Dalam (Lai & Hwang, 1994) bentuk dasar dari model *Goal Programming* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Meminimumkan

$$Z = \sum_{i=1}^m (d_i^+ + d_i^-) \quad (2)$$

Dengan kendala:

$$Ax_j \geq b \text{ atau } Ax_j \leq b \text{ atau } Ax_j = b \quad (3)$$

Kendala non negatif:

$$x_j, d_i^+, d_i^- \geq 0 \quad (4)$$

Untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$

Keterangan:

Z : total deviasi yang diminimalkan

x_j : variabel keputusan ke - j

A : koefisien model kendala

b : nilai sisi kanan (*right hand side*)

d_m^+ : jumlah unit deviasi yang melebihi *goal* (*overachievement goal*) terhadap tujuan b_m

d_m^- : jumlah unit deviasi yang kurang dari *goal* (*underachievement goal*) terhadap tujuan b_m

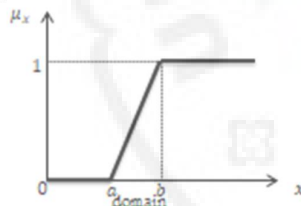
m : banyaknya fungsi tujuan

Dalam himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan sering diungkapkan sebagai $\mu_A[x]$ dan memiliki dua opsi, yaitu satu (1), yang menunjukkan bahwa suatu elemen termasuk dalam himpunan tersebut, dan nol (0), yang menandakan bahwa elemen tersebut tidak termasuk dalam himpunan. Dalam kerangka logika, ini sering disebut sebagai "benar" atau "salah" (1 atau 0) (Setiawan *et al.*, 2018). Himpunan *Fuzzy* merupakan perkembangan dari himpunan tegas, di mana nilai keanggotaan *Fuzzy* berkisar antara 0 hingga 1. Berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki nilai keanggotaan biner, yaitu bernilai 1 jika anggota dan 0 jika bukan anggota, dalam himpunan *Fuzzy*, nilai keanggotaan dapat

mencerminkan tingkat keanggotaan parsial atau sebagian.

Dalam konteks sistem *Fuzzy*, ada empat konsep utama yang perlu dipahami, yakni variabel *Fuzzy*, himpunan *Fuzzy*, semesta pembicaraan, dan domain (Kusumadewi & Purnomo, 2004). Variabel *Fuzzy* merujuk pada variabel yang digunakan dalam sistem *Fuzzy*. Himpunan *Fuzzy* menggambarkan sifat atau karakteristik yang terkait dengan variabel *Fuzzy* tersebut. Semesta pembicaraan adalah rentang nilai bilangan riil yang bergerak secara monotonik dari kiri ke kanan dan dapat digunakan dalam variabel *Fuzzy*. Domain himpunan *Fuzzy* adalah seluruh nilai yang dapat digunakan dalam semesta pembicaraan dan dapat diaplikasikan dalam himpunan *Fuzzy* tersebut..

- a) Representasi linier fungsi keanggotaan *Fuzzy*
 Penyajian linier adalah bentuk yang paling sederhana untuk menggambarkan himpunan *Fuzzy*, di mana derajat keanggotaan input direpresentasikan dalam bentuk garis lurus. Terdapat dua konsep yang terkait dengan himpunan *Fuzzy* linier. Pertama, himpunan *Fuzzy* dimulai dengan derajat keanggotaan nol pada titik awal domain dan meningkat secara berurutan menuju ke derajat keanggotaan yang lebih tinggi pada titik akhir domain.

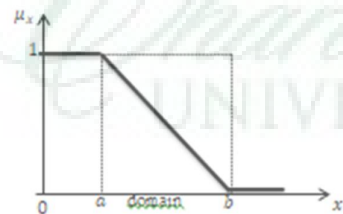


Gambar 105 Kurva linear naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (5)$$

Selanjutnya, dalam buku karya Sakawa (1993), ada juga konsep representasi linier turun, di mana garis lurus dimulai dari derajat keanggotaan tertinggi di sisi kiri dan menurun menuju nilai derajat keanggotaan yang lebih rendah.

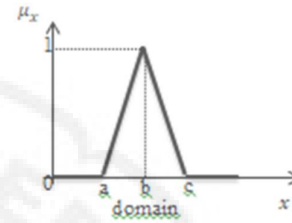


Gambar 106 Kurva linear turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_x = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{(b-x)}{(b-a)}; & a < x < b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (6)$$

- b) Representasi kurva segitiga fungsi keanggotaan *Fuzzy*
 Kurva segitiga merupakan gabungan antara dua garis linier.



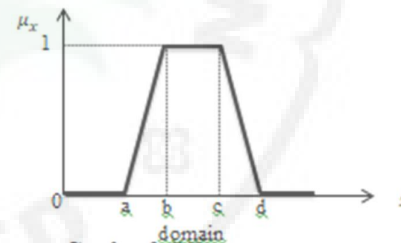
Gambar 107 Kurva linear segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x < b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b < x < c \\ 1; & x = b \end{cases} \quad (7)$$

- c) Representasi kurva trapezium fungsi keanggotaan *Fuzzy*

Dalam (Ceruto *et al.*, 2014) kurva trapesium merupakan kurva yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada beberapa titik.



Gambar 108 Kurva linear trapesium

Fungsi keanggotaan:

$$\mu_x = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a < x < b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & c < x < d \end{cases} \quad (8)$$

Dalam upaya meningkatkan hasil panen padi, empat variabel keputusan harus ditetapkan. Variabel keputusan ini adalah bobot pupuk yang digunakan per hektar untuk empat variasi kombinasi antara urea, SP-36, dan KCl, yang dilambangkan dengan (x_1, x_2, x_3, x_4) .. Langkah berikutnya adalah merumuskan model *Fuzzy Goal Programming* yang mencakup fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Fuzzy Goal Programming

Fuzzy Goal Programming (FGP) adalah penerapan himpunan *Fuzzy* pada *Goal Programming*, dimana aspirasi dari pengambilan keputusan terhadap tujuan dapat diwakili secara alami, seperti “lebih besar dari” atau “lebih kecil dari” atau “sama dengan”. Maksud dari *Fuzzy Goal Programming* (FGP) adalah mencapai nilai optimal dari fungsi tujuan, sekaligus

mempertimbangkan pembatasan-pembatasan yang diungkapkan dalam bentuk himpunan *Fuzzy*. (Günes & Umarosman, 2005).

Dalam model keputusan yang menggunakan himpunan *Fuzzy*, tujuan *Fuzzy* ditentukan oleh fungsi keanggotaan yang mencerminkan tingkat toleransi dan aspirasi dari pembatasan yang diinginkan oleh pengambil keputusan. Hal ini bertujuan untuk mendekati solusi optimal atau yang terbaik yaitu solusi dengan nilai keanggotaan *Fuzzy* tertinggi. Menurut (Hu *et al.*, 2007) model umum *Fuzzy Goal Programming* adalah sebagai berikut:

$$f_i(x) \gtrsim g_i \quad i = 1,2,3 \dots I_1 \quad (9)$$

atau

$$f_i(x) \lesssim g_i \quad i = 1,2,3 \dots I_1 \quad (10)$$

Dengan kendala

$$Ax \leq b$$

(11)

$$Ax \geq b$$

(12)

$$x \geq 0$$

(13)

Keterangan:

$f_i(x)$: fungsi tujuan ke $-i$

x : variabel keputusan

g_i : level aspirasi tujuan ke $-i$

A : koefisien modelkendala

b : nilai RHS (*Right Hand Side*)

i -th : tujuan kendala ke $-i$

Tanda \gtrsim , \lesssim , dan \cong berturut-turut merupakan bentuk *Fuzzy* yang merupakan representasi pertidaksamaan dan persamaan seperti pada *Linear Programming* yaitu \geq , \leq dan $=$. Memiliki makna “pada dasarnya lebih dari atau sama dengan”, “kurang dari atau sama dengan” dan “sama dengan”(Günes & Umarosman, 2005). Dengan batas toleransi atas t_i^+ adalah batas toleransi minimal untuk mencapai aspirasi kepuasan g_i dan t_i^+ menjadi toleransi maksimal untuk pencapaian kepuasan g_i .

Adapun fungsi keanggotaan *Fuzzy* ditulis oleh (Sharma & Jana, 2009; Lotfi *et al.*, 2014) dalam bentuk sebagai berikut :

a) Untuk $f_i(x) \gtrsim g_i$ (kasus maksimasi)

$$\mu_i(f_i(x)) = \begin{cases} 1, & f_i(x) \geq g_i \\ \frac{f_i(x) - (g_i - t_i^+)}{t_i^+}, & g_i - t_i^+ \leq f_i(x) < g_i \\ 0, & f_i(x) < g_i - t_i^+ \end{cases} \quad (14)$$

b) Untuk $f_i(x) \lesssim g_i$ (kasus minimasi)

$$\mu_i(f_i(x)) = \begin{cases} 1, & f_i(x) \leq g_i \\ \frac{(g_i + t_i^+) - f_i(x)}{t_i^+}, & g_i \leq f_i(x) < g_i + t_i^+ \\ 0, & f_i(x) > g_i + t_i^+ \end{cases} \quad (15)$$

Dalam mencapai tujuan, λ digunakan sebagai representasi keseluruhan tingkat kepuasan terhadap goal, sementara tingkat pencapaian atau kepuasan terhadap setiap goal dapat diwakili oleh variable λ_1 , λ_2 , dan seterusnya. Terdapat beberapa kasus dari jenis tujuan *Fuzzy*. Menggunakan pendekatan (Hannan, 1981), dalam pencapaian λ yang didefinisikan sebagai

variabel tingkat pencapaian/kepuasan. Variabel λ berguna sebagai yang mewakili tingkat pencapaian goal. Jika terdapat dua goal maka λ_1 dan λ_2 . Pada penelitian ini, formulasi model *Fuzzy Goal Programming* yang digunakan merupakan formulasi dengan pendekatan (Hannan, 1981) untuk memaksimalkan dua pencapaian, sebagai berikut;

Untuk memaksimalkan nilai keanggotaan digunakan satu variabel untuk tingkat pencapaian/kepuasan, seperti berikut:

Maximize $w_1 \lambda_1$

dengan kendala

$$\frac{f_i(x)}{t_i} - d_i^+ + d_i^- \cong \frac{b_i}{t_i} \quad (16)$$

$$\frac{(B_i + \sigma_i) - (Ax)_i}{\sigma_i} \geq \lambda \quad (17)$$

$$\frac{(Ax)_i + (B_i - \sigma_i)}{\sigma_i} \geq \lambda$$

(18)

$$X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q \geq \frac{Y_p}{t_i} \quad (19)$$

$$\lambda + d_i^+ + d_i^- \leq 1 \quad (20)$$

$$0 \leq \lambda \leq 1 \quad (21)$$

$$d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad (22)$$

Dan untuk memaksimalkan dua variabel digunakan:

Maximize $w_1 \lambda_1 + w_2 \lambda_2$

$$\frac{f_i(x)}{t_i} - d_i^+ + d_i^- \cong \frac{b_i}{t_i}$$

$$\frac{(B_i + \sigma_i) - (Ax)_i}{\sigma_i} \geq \lambda_2$$

$$\frac{(Ax)_i + (B_i - \sigma_i)}{\sigma_i} \geq \lambda_2$$

$$X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q \geq \frac{Y_p}{t_i}$$

$$\lambda_1 - d_i^+ + d_i^- \leq 1$$

$$\lambda_2 - d_i^+ + d_i^- \leq 1$$

$$0 \leq \lambda_1 \leq 1$$

$$0 \leq \lambda_2 \leq 1$$

$$x_n, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

$$0 \leq \lambda_2 \leq 1$$

$$x_n, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

Dimana,

A : koefisien dari kendala

B_i : nilai RHS (*Right Hand Side*) model

σ_i : toleransi untuk RHS kendala

t_i : toleransi

d_i^+ : variabel deviasi positif

d_i^- : variabel deviasi negatif

Perumusan Model *Fuzzy Goal Programming*

Adapun tahap dalam merumuskan pemodelan *fuzzy goal programming*

a) Penetapan variabel keputusan

Pada penelitian terdapat 4 variabel keputusan yang ditetapkan adalah empat jenis kombinasi pupuk yang mewakili setiap musim tanam (x_1, x_2, x_3, x_4). Setiap variabel keputusan menyatakan berat pupuk kombinasi (kg). Dalam setiap kombinasi pupuk, akan

diketahui berat masing-masing pupuk berdasarkan perbandingan berat yang terkandung dalam pupuk kombinasi yang telah diperoleh. Berikut adalah variabel yang telah ditentukan:

- x_1 : berat (kg) pupuk kombinasi 1
- x_2 : berat (kg) pupuk kombinasi 2
- x_3 : berat (kg) pupuk kombinasi 3
- x_4 : berat (kg) pupuk kombinasi 4

b) Penetapan fungsi tujuan

Bentuk fungsi tujuan yang dianalisa adalah maksimasi hasil panen padi dan minimasi biaya pembelian pupuk.

c) Penetapan fungsi kendala

Bentuk fungsi kendala berhubungan dengan penggunaan pupuk dan penggunaan pupuk dalam setiap masa tanam.

d) Membentuk model *Fuzzy Goal Programming*

Pada tahap ini dibentuk model *Fuzzy Goal Programming* berdasarkan fungsi tujuan yang tunduk pada setiap fungsi kendala yang ditentukan.

Dalam penyelesaian model *Fuzzy Goal Programming*, dicari solusi yang optimal dengan memanfaatkan perangkat lunak LINGO 20. Setelah mendapatkan hasil dari model *Fuzzy Goal Programming*, analisis dilakukan kembali untuk mencari kombinasi pupuk yang paling optimal.

Untuk merumuskan model *Fuzzy Goal Programming* terhadap kombinasi pupuk diperlukan indeks, variable dan parameter yang digunakan untuk membuat formulasi masalah. Adapun indeks, variabel, dan parameter digunakan untuk menyusun fungsi tujuan dan fungsi kendala.

Adapun indeks, variable, dan parameter dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- n : indeks pupuk $n \in \{1,2, \dots N\}$
- q : indeks unsur hara $q \in \{1,2, \dots Q\}$
- x_n : berat pupuk kombinasi n (kg)
- C_n : harga pupuk x_n per kg
- A_n^q : berat unsur hara q dalam pupuk x_n (kg)
- R_n^q : rata-rata berat unsur hara q dalam pupuk x_n
- L^q : batas minimal unsur hara q
- U^q : batas maksimal unsur hara q
- T : perkiraan total pengeluaran untuk pupuk
- Y : hasil panen padi per unit dalam n kali masa tanam
- Y_p : hasil panen padi per unit dalam satu kali masa tanam

Variabel keputusan yang digunakan dalam model ini merupakan empat kombinasi pupuk yang diperoleh dari PPL Kecamatan Pahae Jae, adalah:

- x_1 : 300 kg/ha Urea + 50 kg/ha SP 36 + 50 kg/ha KCl
- x_2 : 225 kg/ha Urea + 75 kg/ha SP 36 + 75 kg/ha KCl
- x_3 : 250 kg/ha Urea + 75 kg/ha SP 36 + 50 kg/ha KCl
- x_4 : 250 kg/ha Urea + 100 kg/ha SP 36 + 75 kg/ha KCl

Model Fungsi Tujuan

Dalam penjelasan sebelumnya, terdapat empat variabel keputusan yang mewakili kombinasi pupuk (kg/ha). Terdapat dua tujuan utama dalam hal ini, yakni meningkatkan hasil panen padi dan mengurangi biaya pembelian pupuk.

A. Memaksimalkan hasil panen padi

Fungsi tujuan pertama yaitu memaksimalkan hasil panen padi pada empat musim panen yang melebihi 23.565 kg/ha yang merupakan total hasil produksi panen padi. Petani menggunakan satu kombinasi pupuk untuk setiap musim tanam untuk mencapai hasil maksimal dengan toleransi hasil panen padi sebesar 200 kg/ha. Toleransi merupakan batas apabila hasil panen tidak mencapai target yang diinginkan sesuai dengan fungsi tujuan. Dalam Tabel 4.1 ditentukan total kandungan hara pada setiap kombinasi. Dimana Urea mengandung 46% Nitrogen per 100 kg, SP36 mengandung 36% Phosfor 100 kg, dan KCl mengandung 60% Kalium per 100 kg (Mansyur, *et al.*, 2021).

Tabel 1. Total Kandungan Hara Tiap Kombinasi Pupuk

No	Kombinasi Pupuk (kg/ha)	Total kandungan hara (kg)			Rata-rata Kandungan Hara (kg)	Hasil Produksi (kg/ha)
		N	P	K		
1	300 Urea + 50 SP 36 + 50 KCl	138	18	30	62	5.655
2	225 Urea + 75 SP 36 + 75 KCl	103,5	27	45	58,5	5.600
3	250 Urea + 75 SP 36 + 50 KCl	115	27	30	57,3	5.580
4	250 Urea + 100 SP 36 + 75 KCl	115	36	45	65,3	5.560

Sehingga untuk fungsi tujuan linier $f_1(x)$ dinyatakan sebagai berikut;

$$f\left(\sum_{n=1}^N R_n^1 X_n, \sum_{n=1}^N R_n^2 X_n, \dots, \sum_{n=1}^N R_n^q X_n\right) - d_1^+ + d_1^- \geq Y$$

Diperoleh :

$$62x_1 + 58,5x_2 + 57,3x_3 + 60,3x_4 - d_1^+ + d_1^- \geq 22395$$

Dengan toleransi menjadi :

$$\frac{f_1(x)}{t_1^1} - d_1^+ + d_1^- \geq \frac{b_1}{t_1^1}$$

$$\Leftrightarrow \frac{62x_1 + 58,5x_2 + 57,3x_3 + 60,3x_4}{200} - d_1^+ + d_1^- \geq \frac{22395}{200}$$

$$\Leftrightarrow 0,31x_1 + 0,29x_2 + 0,28x_3 + 0,30x_4 - d_1^+ + d_1^- \geq 111,98$$

B. Meminimalkan biaya pembelian pupuk

Adapun fungsi tujuan yang kedua adalah meminimalkan biaya pembelian pupuk dimana biaya anggaran yang direncanakan petani adalah Rp1.100.000- dengan toleransi sebesar Rp75.000,00-.

Tabel 2. Harga Pupuk

No	Pupuk	Harga (Rp/kg)
1	Urea	2.250
2	SP 36	2.400
3	KCl	3.900

Untuk menentukan fungsi tujuan ditunjukkan oleh harga masing-masing setiap kombinasi yang ditunjukkan oleh tabel berikut:

Tabel 3. Harga Pupuk Kombinasi

No	Kombinasi pupuk (kg/ha)	Harga (Rp)	Harga (Rp/kg)
1	300 Urea + 50 SP 36 + 50 KCl	990.000	2.475
2	225 Urea + 75 SP 36 + 75 KCl	978.750	2.610
3	250 Urea + 75 SP 36 + 50 KCl	937.500	2.500
4	250 Urea + 100 SP 36 + 75 KCl	1.095.000	2.576

Diperoleh persamaan linier fungsi tujuan kedua $f_2(x)$ sebagai berikut:

$$\sum_{n=1}^N C_n X_n - d_k^+ + d_k^- \approx T$$

Sehingga diperoleh rumusan model sebagai berikut,

$$2475x_1 + 2610x_2 + 2500x_3 + 2493x_4 - d_2^+ + d_2^- \approx T$$

Dengan toleransi menjadi

$$\frac{f_2(x)}{t_2^l} - d_2^+ + d_2^- \approx \frac{b_2}{t_2^l}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2475x_1 + 2610x_2 + 2500x_3 + 2576x_4}{75000} - d_2^+ + d_2^- \approx \frac{110000}{75000}$$

$$\Leftrightarrow 0,033x_1 + 0,034x_2 + 0,033x_3 + 0,034x_4 - d_2^+ + d_2^- \approx 14,67$$

Model Fungsi Kendala

A. Kendala batas unsur hara

Kebutuhan unsur hara menjadi hal yang esensial dan harus dipenuhi untuk produktivitas yang optimal. Namun, tanah memiliki syarat batas minimal dan maksimal dalam penerimaan unsur hara untuk diolah, sebab adanya pemupukan yang tidak berimbang akan mempengaruhi kondisi tanah dan hasil panen. Syarat batas unsur hara yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 4. Syarat Batas Penggunaan Unsur Hara

Unsur Hara	Batas bawah (kg/ha)	Batas atas (kg/ha)
N	70	140
P	18	36
K	30	60

a) Kendala batas bawah

Batas bawah merupakan jumlah paling sedikit pemberian unsur hara yang seharusnya dilakukan demi mencapai hasil panen padi yang optimal. Adapun toleransi yang diberikan ialah 0,5 kg/ha yang bersumber dari wawancara dengan Penyuluh Pertanian Lapangan Kecamatan Pahae Jae. Sehingga diperoleh fungsi linier kendala adalah sebagai berikut;

$$\sum_{n=1}^N A_n^q X_n \geq L^q$$

Dimana:

A_n^q : berat unsur hara q dalam pupuk x_n (kg).

L^q : batas minimal unsur hara q.

Sehingga

$$N : 138x_1 + 103,5x_2 + 115x_3 + 115x_4 \geq L^q$$

$$P : 18x_1 + 27x_2 + 27x_3 + 36x_4 \geq L^q$$

$$K : 30x_1 + 45x_2 + 30x_3 + 45x_4 \geq L^q$$

Dengan toleransi maka persamaan menjadi,

$$\frac{\sum_{n=1}^N A_n^q X_n - (L^q - \sigma_k)}{\sigma_k} \geq \gamma_2$$

Maka diperoleh fungsi kendala batas bawah menjadi,

Maka diperoleh fungsi kendala batas bawah menjadi,

Hara Nitrogen (N)

$$138x_1 + 103,5x_2 + 115x_3 + 115x_4 - (70 - 0,5)$$

$$0,5$$

$$\geq \gamma_2$$

$$\Leftrightarrow 276x_1 + 207x_2 + 230x_3 + 230x_4 - 139 \geq \gamma_2$$

Hara Phosphorus (P)

$$\frac{18x_1 + 27x_2 + 27x_3 + 36x_4 - (18 - 0,5)}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$\Leftrightarrow 36x_1 + 54x_2 + 54x_3 + 72x_4 - 35 \geq \gamma_2$$

Hara Kalium (K)

$$\frac{30x_1 + 45x_2 + 30x_3 + 45x_4 - (30 - 0,5)}{0,5} \geq \gamma_2$$

$$\Leftrightarrow 60x_1 + 90x_2 + 60x_3 + 90x_4 - 59 \geq \gamma_2$$

b) Kendala batas atas

Batas atas atau kendala maksimal adalah jumlah maksimum unsur hara yang seharusnya diberikan untuk menghindari kelebihan unsur hara. Toleransi yang diberikan dalam batas atas adalah sebesar 0,5 kg.

$$\sum_{n=1}^N A_n^q X_n \leq U^q$$

Diperoleh,

$$N : 138x_1 + 103,5x_2 + 115x_3 + 115x_4 \leq U^q$$

$$P : 18x_1 + 27x_2 + 27x_3 + 36x_4 \leq U^q$$

$$K : 30x_1 + 45x_2 + 30x_3 + 45x_4 \leq U^q$$

Dengan memasukkan toleransi, diperoleh persamaan,

$$\frac{(B_k + \sigma_k) - (A \cdot x)_k}{\sigma_k} \leq \gamma_2$$

$$\frac{(U^q + \sigma_k) - \sum_{n=1}^N a_n^q x_n}{\sigma_k} \leq \gamma_2$$

Hara Nitrogen (N)

$$\frac{(140 + 0,5) - 138x_1 + 103,5x_2 + 115x_3 + 115x_4}{0,5} \leq \gamma_2$$

$$\Leftrightarrow 281 - 276x_1 + 207x_2 + 230x_3 + 230x_4 \leq \gamma_2$$

Hara Fosfor (P)

$$\frac{(36 + 0,5) - 18x_1 + 27x_2 + 27x_3 + 36x_4}{0,5} \leq \gamma_2$$

$$\Leftrightarrow 73 - 36x_1 + 54x_2 + 54x_3 + 72x_4 \leq \gamma_2$$

Hara Kalium (K)

$$\frac{(60 + 0,5) - 30x_1 + 45x_2 + 30x_3 + 45x_4}{0,5} \leq \gamma_2$$

$$\Leftrightarrow 121 - 60x_1 + 90x_2 + 60x_3 + 90x_4 \leq \gamma_2$$

B. Penggunaan unsur hara

Model fungsi kendala dinyatakan sebagai berikut:

$$X_n \sum_{q=1}^Q A_n^q \geq \frac{Y_p}{t_1^q}$$

Dimana: Y_p : hasil panen padi per unit dalam satu kali masa tanam

Dengan $n = 1, 2, 3, \dots, N$

$$\frac{186x_1}{200} \geq \frac{7000}{200}$$

$$\frac{175,5x_2}{172x_3} \geq \frac{7000}{200}$$

$$\frac{181x_4}{200} \geq \frac{7000}{200}$$

$$0,93 x_1 \geq 35$$

$$0,87 x_2 \geq 35$$

$$0,86 x_3 \geq 35$$

$$0,98 x_4 \geq 35$$

C. Kondisi non negatif

Kondisi non negatif merupakan syarat-syarat lain yang ditulis:

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$\gamma_2 + d_1^- - d_1^+ \leq 1$$

$$\gamma_2 + d_2^- - d_2^+ \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_1 \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_2 \leq 1$$

$$d_1^-, d_2^-, d_1^+, d_2^+ \geq 0$$

Formulasi Model Fuzzy Goal Programming

Pendekatan solusi *Fuzzy Goal Programming* diformulasikan dengan pendekatan Hannan dengan toleransi. Toleransi ditetapkan agar hasil memiliki batas jika target kurang atau lebih dari capaian yang diharapkan. Solusi *Fuzzy* dilakukan dengan adanya nilai keanggotan *Fuzzy*, dimana apabila nilai $\mu(x)$ mendekati 1, maka hasil semakin mendekati nilai pencapaian target.

Untuk memaksimalkan $\mu(x)$ diperlukan variabel *auxiliary* λ dengan penerapan bobot pada

masing-masing tujuan, dimana bobot yang diterapkan tidak melebihi 1. Dikarenakan terdapat dua fungsi tujuan maka masing-masing tujuan memperoleh bobot senilai 0,5. Maka formulasi *Fuzzy Goal Programming* pada penelitian ini adalah;

Formulasi model *Fuzzy Goal Programming* pada penelitian ini adalah:

$$\text{Maks } 0,5\lambda_1 + 0,5\lambda_2$$

dengan kendala

$$0,31x_1 + 0,29x_2 + 0,28x_3 + 0,30x_4 - d_1^+ + d_1^- \geq 111,98$$

$$0,033x_1 + 0,034x_2 + 0,033x_3 + 0,034x_4 - d_2^+ + d_2^- \leq 14,67$$

$$276x_1 + 207x_2 + 230x_3 + 230x_4 - 139 \geq \gamma_2$$

$$36x_1 + 54x_2 + 54x_3 + 72x_4 - 35 \geq \gamma_2$$

$$60x_1 + 90x_2 + 60x_3 + 90x_4 - 59 \geq \gamma_2$$

$$281 - 276x_1 + 207x_2 + 230x_3 + 230x_4 \leq \gamma_2$$

$$73 - 36x_1 + 54x_2 + 54x_3 + 72x_4 \leq \gamma_2$$

$$121 - 60x_1 + 90x_2 + 60x_3 + 90x_4 \leq \gamma_2$$

$$0,93 x_1 \geq 35$$

$$0,87 x_2 \geq 35$$

$$0,86 x_3 \geq 35$$

$$0,98 x_4 \geq 35$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$\gamma_2 + d_1^- - d_1^+ \leq 1$$

$$\gamma_2 + d_2^- - d_2^+ \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_1 \leq 1$$

$$0 \leq \gamma_2 \leq 1$$

$$d_1^-, d_2^-, d_1^+, d_2^+ \geq 0$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Model Fuzzy Goal Programming

Model yang telah diperoleh kemudian diolah ke menggunakan *software* LINGO 20 maka diperoleh hasil:

$$x_1 = 228,7641 \approx 229$$

$$x_2 = 62,85934 \approx 63$$

$$x_3 = 40,69767 \approx 41$$

$$x_4 = 38,88889 \approx 39$$

$$\gamma_1 = 1$$

$$\gamma_2 = 1$$

$$\theta_1^- = 0$$

$$\theta_2^- = 0$$

$$\theta_1^+ = 0$$

$$\theta_2^+ = 0$$

Nilai x_n merupakan hasil optimal untuk memenuhi target pencapaian hasil panen padi dengan biaya pembelian pupuk seminimal mungkin. Adapun rincian sebagai berikut;

- Target hasil panen padi yang diharapkan petani atau pembuat keputusan adalah melebihi 20.955 kg/ha dengan toleransi 200 kg/ha, yang artinya diharapkan hasil panen padi sedikitnya ialah 20.755 kg/ha. Berdasarkan model yang diperoleh,

maka nilai x_n disubstitusi ke persamaan fungsi tujuan $f_1(x)$, maka hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_1(x) &= 62x_1 + 58,5x_2 + 57,3x_3 + 60,3x_4 \\ &= 62(229) + 58,5(63) + 57,3(41) \\ &\quad + 65,3(39) \\ &= 22.779,5 \text{ kg/ha} \end{aligned}$$

Berdasarkan fungsi tujuan diperoleh hasil maksimal panen untuk empat kali musim tanam ialah 22.779,5 kg/ha setara dengan 5.695 kg/ha untuk sekali musim tanam. Ini menunjukkan bahwa fungsi tujuan pertama yaitu memaksimalkan hasil panen padi tercapai dengan selisih 384,5 kg/ha.

- b) Biaya pembelian pupuk yang diharapkan petani berdasarkan persediaan anggaran adalah Rp1.100.000 dengan toleransi Rp75.000- yang artinya jumlah persediaan anggaran petani berada di antara Rp1.000.000-Rp1.175.000. Solusi *Fuzzy Goal Programming* terhadap anggaran biaya dengan substitusi nilai x_n ialah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_2(x) &= 2475x_1 + 2610x_2 + 2500x_3 \\ &\quad + 2576x_4 \\ &= 2475(229) + 2610(63) + \\ &\quad 2500(41) + \\ &\quad + 2576(39) \\ &= \text{Rp } 934.169 \end{aligned}$$

Diperoleh minimal pembelian untuk pupuk ialah Rp934.169 maka dengan ini fungsi tujuan $f_2(x)$ dapat dicapai dengan model *Fuzzy Goal Programming*.

Fungsi Keanggotaan Fuzzy

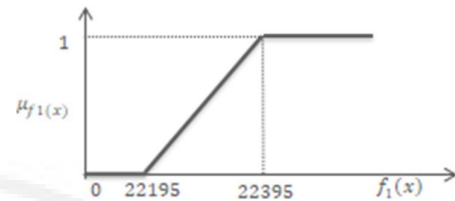
Berdasarkan hasil optimal yang diperoleh maka fungsi keanggotaan untuk kedua fungsi tujuan model *Fuzzy Goal Programming* dapat dinyatakan sebagai berikut:

- a) Analisis hasil fungsi tujuan pertama

Berdasarkan model yang diperoleh, maka nilai x_n disubstitusi ke persamaan fungsi tujuan $f_1(x)$, diperoleh hasil maksimal panen untuk empat kali musim tanam ialah 22.779,5 kg/ha setara dengan 5.695 kg/ha untuk sekali musim tanam. Dengan toleransi, maka fungsi keanggotaannya dapat ditunjukkan sebagai berikut;

$$\mu_1(f_1(x)) = \begin{cases} 1, & f_1(x) \geq 22395 \\ \frac{f_1(x) - 22195}{200}, & 22195 \leq f_1(x) < 22395 \\ 0, & f_1(x) < 22195 \end{cases}$$

Berdasarkan hasil optimal panen padi yaitu 22779,5 kg/ha maka nilai keanggotaan $\mu_1(f_1(x)) = 1$. Berikut adalah grafik fungsi nilai keanggotaan *Fuzzy Goal Programming* pada fungsi tujuan pertama:



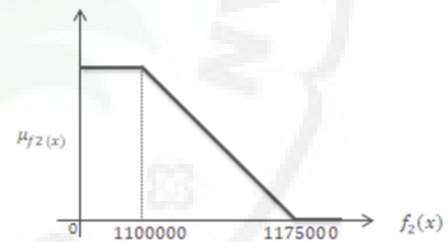
Gambar 109 Grafik fungsi keanggotaan $f_1(x)$

- b) Analisis hasil fungsi tujuan kedua

Fungsi tujuan kedua ialah meminimalkan biaya pembelian pupuk dimana anggaran yang disediakan petani ialah Rp1.100.000 dengan toleransi Rp75.000, yang artinya persediaan petani berada dikisaran Rp1.100.000-Rp1.175.000. Fungsi keanggotaan Fuzzy dapat dilihat sebagai berikut:

$$\mu_2(f_2(x)) = \begin{cases} 1, & f_2(x) \leq 1100000 \\ \frac{1175000 - f_2(x)}{75000}, & 1450000 \leq f_2(x) < 1175000 \\ 0, & f_2(x) > 1175000 \end{cases}$$

Berdasarkan perolehan nilai optimal, biaya pembelian pupuk dapat diminimalkan hingga Rp934.169. Maka nilai keanggotaan *Fuzzy Goal Programming* pada fungsi tujuan kedua ialah 1 ($\mu_2(f_2(x)) = 1$). Representasi fungsi keanggotaan nilai fuzzy pada tujuan kedua ialah sebagai berikut:



Gambar 110 Grafik fungsi keanggotaan $f_2(x)$

- c) Analisis Hasil Kombinasi Pupuk

Kombinasi optimal pupuk yang diperoleh ialah sebagai berikut;

- x_1 : berat (kg) pupuk kombinasi 1 = 229
- x_2 : berat (kg) pupuk kombinasi 2 = 63
- x_3 : berat (kg) pupuk kombinasi 3 = 41
- x_4 : berat (kg) pupuk kombinasi 4 = 39

Berdasarkan variabel keputusan yang diperoleh dalam penelitian ini akan digunakan untuk menentukan campuran pupuk yang paling efektif. Ini akan dicapai dengan menghitung persentase masing-masing jenis pupuk dalam empat kombinasi pupuk terhadap jumlah total pupuk dalam satu kombinasi.

- Urea
 - = $\frac{\text{Urea (Kg) Kombinasi ke-1}}{\text{Kombinasi Total ke -1 (Kg)}} \cdot x_3$
 - + $\frac{\text{Urea (Kg) Kombinasi ke-2}}{\text{Kombinasi Total ke -2 (Kg)}} \cdot x_4$ +
 - + $\frac{\text{Urea (Kg) Kombinasi ke-3}}{\text{Kombinasi Total ke -3 (Kg)}} \cdot x_3$
 - + $\frac{\text{Urea (Kg) Kombinasi ke-4}}{\text{Kombinasi Total ke -4 (Kg)}} \cdot x_4$
 - = $\frac{300}{400} \cdot 229 + \frac{225}{375} \cdot 63 + \frac{250}{375} \cdot 41 + \frac{250}{400} \cdot 39$
 - = 261 kg/ha

- SP 36

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{SP36 (Kg) Kombinasi ke-1}}{\text{Kombinasi Total ke -1 (Kg)}} \cdot x_3 \\
 &+ \frac{\text{SP36 (Kg) Kombinasi ke-2}}{\text{Kombinasi Total ke -2 (Kg)}} \cdot x_4 + \\
 &\frac{\text{SP36 (Kg) Kombinasi ke-3}}{\text{Kombinasi Total ke -3 (Kg)}} \cdot x_3 \\
 &+ \frac{\text{SP36 (Kg) Kombinasi ke-4}}{\text{Kombinasi Total ke -4 (Kg)}} \cdot x_4 \\
 &= \frac{50}{400} \cdot 229 + \frac{75}{375} \cdot 63 + \frac{75}{375} \cdot 41 + \frac{100}{400} \cdot 39 \\
 &= 60 \text{ kg/ha}
 \end{aligned}$$
- KCl

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{KCl (Kg) Kombinasi ke-1}}{\text{Kombinasi Total ke -1 (Kg)}} \cdot x_1 \\
 &+ \frac{\text{KCl (Kg) Kombinasi ke-2}}{\text{Kombinasi Total ke -2 (Kg)}} \cdot x_2 \\
 &+ \frac{\text{KCl (Kg) Kombinasi ke-3}}{\text{Kombinasi Total ke -3 (Kg)}} \cdot x_3 \\
 &+ \frac{\text{KCl (Kg) Kombinasi ke-4}}{\text{Kombinasi Total ke -4 (Kg)}} \cdot x_4 \\
 &= \frac{50}{400} \cdot 229 + \frac{75}{375} \cdot 63 + \frac{50}{375} \cdot 41 + \frac{50}{400} \cdot 39 \\
 &= 52 \text{ kg/ha}
 \end{aligned}$$

Maka, berdasarkan perhitungan diperoleh kombinasi pupuk yang sesuai dengan fungsi tujuan dan fungsi kendala ialah 261 kg/ha Urea; 59 kg/ha SP 36; 52 kg/ha KCl.

Pembahasan

Dalam penelitian ini fungsi tujuan yang ditentukan ialah mengoptimalkan hasil panen padi dengan biaya pembelian pupuk yang seminimal mungkin. Berdasarkan data dari Dinas Pertanian Kabupaten Tapanuli Utara dan keterangan Penyuluh Petanian Lapangan Kecamatan Pahae Jae telah diketahui bahwa hasil panen padi di Kecamatan Pahae Jae adalah seperti yang terlampir di Tabel 1. Oleh karena itu, fungsi tujuan pertama adalah memastikan hasil panen melebihi dari hasil panen sebelumnya.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di Kecamatan Pahae Jae diketahui bahwa pemberian pupuk untuk memenuhi unsur hara pada tanaman padi selalu berbeda-beda, tergantung kepada preferensi petani. Banyak faktor yang mempengaruhi pemberian pupuk namun yang paling utama adalah adanya keterbatasan anggaran pada petani, kerap kali unsur hara tidak terpenuhi dikarenakan anggaran petani yang terbatas sehingga hal ini berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan tanaman. Seperti dijelaskan oleh pihak Penyuluh Pertanian Lapangan, bahwa pemberian unsur hara Nitrogen harus selalu lebih banyak dibandingkan dengan unsur hara lainnya, namun apabila unsur lainnya tidak terpenuhi seperti Phosporus dan Kalium maka tanaman akan mengalami hambatan dalam proses pertumbuhan. Telah ditetapkan batas-batas atau syarat-syarat tertentu pada penggunaan unsur hara berdasarkan uji tanah yang menjadi fungsi kendala.

Anggaran yang disediakan petani diestimasikan ada sebesar Rp1.100.000,- untuk pembelian pupuk dengan toleransi Rp75.000,- diharapkan dengan biaya seminimal mungkin diperoleh hasil panen yang optimal. Model *Fuzzy Goal Programming* yang telah ditentukan mencakup semua batas-batas dan syarat-syarat yang sesuai dengan informasi kebutuhan penggunaan unsur hara pada tanah. Model yang dibentuk mencoba melakukan pemodelan secara matematis untuk menentukan kombinasi pupuk optimal dengan biaya seminimal mungkin. Berdasarkan model dan hasil analisis diketahui bahwa ternyata hasil panen padi optimal dapat dicapai dengan biaya pembelian untuk kombinasi pupuk seminimal mungkin.

Hasil fungsi tujuan pertama diperoleh hasil panen padi 5695 kg/ha untuk setiap musim tanam. Hasil panen padi yang diperoleh memiliki jumlah yang lebih besar dibanding hasil panen pada kombinasi pupuk yang berada pada variabel keputusan. Hasil produksi panen padi sebelumnya berada di bawah 5655 kg/ha, sementara hasil yang diperoleh pada penelian ini sebesar 5695 kg/ha sehingga untuk empat kali musim tanam diperoleh menjadi 22.780 kg/ha sementara hasil panen padi sebelumnya ialah 22.395 kg/ha. Bersamaan dengan hasil panen padi optimal diperoleh pula biaya untuk pembelian pupuk yang diminimalkan menjadi Rp934.169 dimana sebelumnya anggaran yang disediakan petani untuk pembelian pupuk ialah Rp1.100.000,-. Konversi nilai *Fuzzy* dari kedua fungsi tujuan memiliki nilai keanggotaan 1 yang artinya kedua fungsi tujuan tercapai dengan tingkat kepuasan yang tinggi Urea dengan rumus kiamia $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ memiliki kandungan 46% Nitrogen sehingga total Nitrogen pada 261 kg Urea ialah 120,06 kg, SP 36 dengan rumus kimia P_2O_5 mengandung 36% Phosfor sehingga dalam 59kg SP36 terdapat 21,6kg total Phoporus, sementara dalam KCl 60% Kalium sehingga dalam 52 kg KCl 31,2 kg terdapat total Kalium. Berdasarkan batas-batas unsur hara diketahui bahwa batas bawah dan batas atas unsur hara pada tanah untuk tanaman padi sawah di Kecamatan Pahae Jae adalah N (70-140), P (18-36), dan K (30-60). Sehingga, dapat disimpulkan kombinasi pupuk yang diperoleh telah sesuai dengan syarat-syarat penggunaan unsur hara pada tanah.

4. KESIMPULAN

Setelah melalui analisis dan diskusi berdasarkan hasil penelitian, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Menggunakan metode *Fuzzy Goal Programming*, hasil panen padi optimal di Kecamatan Pahae Jae, Kabupaten Tapanuli Utara berhasil dicapai sebesar 5695 kg/ha dimana hasil produksi panen padi sebelumnya berada di bawah 5655 kg/ha. Selain itu, biaya pembelian pupuk berhasil diminimalkan hingga Rp 934.169 dari anggaran semula sebesar

- Rp1.100.000 yang telah disiapkan oleh para petani.
- Menurut model *Fuzzy Goal Programming*, kombinasi pupuk optimal di Kecamatan Pahae Jae, Kabupaten Tapanuli Utara adalah sebagai berikut: 261 kg/ha Urea, 60 kg/ha SP36, dan 52 kg/ha KCl. Dalam kombinasi ini, kadar nutrisi yang terkandung dalam pupuk telah sesuai dengan batas dosis penggunaan yang dibutuhkan untuk unsur hara N, P, dan K dalam tanah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada seluruh sivitas akademika Universitas Negeri Medan yang telah memfasilitasi seluruh rangkaian penelitian ini hingga terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashar, N. T., Novianingsih, K., & H, A. S. (2021). Penyelesaian Masalah Perencanaan Produksi dengan Pendekatan Fuzzy Goal Programming (Studi Kasus: Perusahaan Kaus Kaki di Kabupaten Majalengka). *Eureka Matika*, 9 No 1, 47–60.
- Ceruto, T., Lapeira, O., Tonch, A., Plant, C., Espin, R., & Rosete, A. (2014). Mining Medical Data To Obtain Fuzzy Predicates, doi : 10.1007/978-3-319-10265-8_10
- Ezan, F. M., Shafi, N. H., Juani, N., & Latif, B. (2020). Optimizing Fertilizer Compounds For Pineapple Production Using The Goal Programming Approach. *GADING Journal of Science and Technology*, 3(2), 203-20
- Günes, M., & Umarosman, N. (2005). Fuzzy Goal Programming Approach On Computation Of The Fuzzy Arithmetic Mean. *Mathematical and Computational Applications*, 10(2), 211–220. <https://doi.org/10.3390/mca10020211>
- Hannan, E. L. (1981). On Fuzzy Goal Programming. *Decisions Science*, 12(3), 522–531
- Hiller, F. S., Gunawan, E., Lieberman, G. J., Mulia, A. W., & Wahyarasmana, D. (1994). *Introduction to Operation Research* (Cetakan Pertama). Erlangga.
- Hu, C. F., Teng, C. J., & Li, S. Y. (2007). A Fuzzy Goal Programming Approach to Multiobjective Optimization Problem with Priorities. *European Journal of Operational Research*, 176(3), 1319–1333
- Jamil, A., Abdulrachman, S., & Syam, M. (2014). Dinamika Anjuran Dosis Pemupukan N, P, dan K pada Padi Sawah. *IPTEK Tanaman Pangan*, 9, 63–77.
- Khotimah, N. (2021). Pengoptimalan Risiko dan Profit dalam perencanaan Investasi Bank dengan Metode Goal Programming dan Fuzzy Goal Programming. *Skripsi*.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan* (Edisi Pertama). Graha Ilmu.
- Lotfi, A., Dorra, A., Kaddour, B., & Abdessamad, K. (2014). Fuzzy Goal Programming To Optimization The Multi-Objective Problem. *Science Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 2(1), 14-19
- Malik, Z. A., Kumar, R., Pathank, G., Roy, H., & Malik, M. A. (2023). Application of Fuzzy Goal Programming Approach in the Real-Life Problem of Agriculture Sector. *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, 20(1), 1-12. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.1516.2023>
- Mohhamadian, F., & Heydari, M. (2019). Application of Fuzzy Goal Programming
- Prasetio, G. J. (2020). Model Pengendalian Persediaan Bahan Bakukulit Multiobjective dengan Pendekatan Fuzzy Goal Programming (Studi Kasus di PT Adi Satria Abadi Yogyakarta). *Skripsi*.
- Sakawa, M. (1993). *Fuzzy Sets And Interactive Multiobjective Optimization*. Plenum Press
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). *Logika Fuzzy dengan MATLAB (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukomoto)*. Jayapangus Press.
- Sharma, D. K., & Jana, R. K. (2009). Fuzzy Goal Based Genetic Algorithm Approach to Nutrient Management for Rice Crop Planning. *International Journal Production Ecomics*, 121, 224–232