



KONTRIBUSI FMIPA UNSOED DALAM PENGUATAN ILMU-ILMU DASAR DAN REKAYASA KETEKNIKAN

Disusun dalam Rangka Peringatan Dies Natalis ke-7
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jenderal Soedirman
24 Oktober 2021

Agung Prabowo, Diah Paramita Amitarwati,
Budi Pratikno, Agus Sugandha, Niken Larasati,
Ma'rifatul Nur Yuniati, Sebah, Kartika Sari,
Yazid Zainur Isnén, Agung Bambang Setio Utomo,
Ampala Khoryanton, dan Parmin Lumban Toruan

Agung Prabowo, dkk.

KONTRIBUSI FMIPA UNSOED DALAM PENGUATAN ILMU-ILMU DASAR DAN REKAYASA KETEKNIKAN



UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Gd. UNSOED Press
Jalan Prof. Dr. H.R. Boenyamin 708 Purwokerto
Kode Pos 53122 Kotak Pos 115
Telepon (0281) 626070
Email: unsoedpresspwt@gmail.com



Kontribusi FMIPA UNSOED dalam Penguatan Ilmu-Ilmu Dasar dan Rekayasa Keteknikan

**Disusun dalam Rangka Peringatan Dies Natalis ke-7
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Jenderal Soedirman
24 Oktober 2021**

Agung Prabowo, Diah Paramita Amitarwati,
Budi Pratikno, Agus Sugandha, Niken Larasati,
Ma'rifatul Nur Yuniati, Sehad,
Kartika Sari, Yazid Zainur Isnen,
Agung Bambang Setio Utomo,
Ampala Khoryanton, dan
Parmin Lumban Toruan



Penerbit
Universitas Jenderal Soedirman
2021

**KONTRIBUSI FMIPA UNSOED
DALAM PENGUATAN ILMU-ILMU DASAR
DAN REKAYASA KETEKNIKAN**

© 2021 Universitas Jenderal Soedirman

Cetakan Kesatu, Desember 2021

Hak Cipta dilindungi Undang-undang
All Right Reserved

Penyusun:

Agung Prabowo, Diah Paramita Amitarwati, Budi Pratikno,
Agus Sugandha, Niken Larasati, Ma'rifatul Nur Yuniati, Sehad,
Kartika Sari, Yazid Zainur Isnen, Agung Bambang Setio Utomo,
Ampala Khoryanton, dan Parmin Lumban Toruan

Penelaah Isi:

Drs. Sunardi, M.Si. (Dekan FMIPA UNSOED)

Penyelaras Bahasa:

Aldi Aditya, S.Hum., M.Hum.

Diterbitkan oleh:

UNIVERSITAS JENDERAL SOEDIRMAN
Gd. BPU Percetakan dan Penerbitan (UNSOED Press)
Telp. (0281) 626070
Email: unsoedpresspwt@gmail.com



Anggota

Afiliasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia

Nomor : 003.027.1.03.2018

x + 78 hal., 15 x 23 cm

ISBN: 978-623-6783-91-7

*Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari penerbit,
sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak,
photoprint, microfilm dan sebagainya.*

PENGANTAR DEKAN FMIPA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang dengan kehendak-Nya, dapat diselesaikanlah buku dies natalis ini. Untuk kelima kalinya, peringatan Dies Natalis ke-7 FMIPA UNSOED ditandai dengan penerbitan sebuah buku. Buku yang mengusung judul “*Kontribusi FMIPA UNSOED dalam Penguatan Ilmu-Ilmu Dasar dan Rekayasa Keteknikan*” ini merupakan karya para dosen pada dua dari tiga jurusan yang ada di FMIPA UNSOED, yaitu Matematika dan Fisika. Penulis-penulis dari luar FMIPA UNSOED juga turut berkontribusi dalam penulisan buku ini.

Buku ini terdiri atas lima buah tulisan yang disusun oleh tiga orang dosen Matematika dan dua dosen Fisika, serta kolega-koleganya dari instansi lain. Buku ini disusun sebagai kado persembahan untuk Dies Natalis ke-7 FMIPA UNSOED pada 24 Oktober 2021.

Sebagai karya ilmiah akademik, pengerjaan buku ini tentu saja telah memberikan pengalaman berharga bagi para penulisnya. Pengalaman ini tentu akan menjadi bekal yang akan mendorong untuk terus berkarya di tahun-tahun mendatang, *long life producing*.

Perlu kami sampaikan bahwa artikel yang dimuat dalam buku ini tidak mensyaratkan orisinalitas dan kebaruan. Kami menyadari bahwa artikel yang benar-benar mengandung unsur orisinalitas ide, gagasan, dan temuan akan dipublikasi oleh penulisnya pada jurnal bergengsi terindeks Scopus. Namun demikian, buku ini tetap tidak kehilangan sisi keilmiahannya. Selain karena buku ini telah melalui penelaahan isi dan bahasa oleh dua orang *reviewer*, buku ini dapat dikategorikan sebagai buku ilmiah populer.

Meskipun hanya berupa buku populer, metodologi penelitian tetap mengacu pada metode ilmiah, dan penulisannya tetap mempertahankan tata cara dan aturan penyusunan artikel ilmiah secara ketat. Beberapa jenis artikel yang dapat dimuat dalam buku ilmiah populer ini adalah artikel hasil penelitian yang mengawetkan orisinalitas, artikel hasil pengabdian dengan mengusung keaslian dan kebaruan ide dan gagasan, artikel yang merupakan kombinasi dari artikel-artikel yang telah dipublikasikan pada jurnal ilmiah bereputasi internasional atau nasional, artikel sebagai kombinasi dari hasil-hasil tugas akhir mahasiswa yang satu tema (kajian), artikel sebagai kombinasi dari hasil-hasil laporan kerja praktik mahasiswa yang satu tema (kajian), dan jenis lainnya.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Rektor Universitas Jenderal Soedirman Bapak Prof. Dr. Suwanto, M.S., Dekan FMIPA UNSOED Bapak Drs. Sunardi, M.Si., dan Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Alumni FMIPA UNSOED Bapak Roy Andreas,

Ph.D. yang telah memberi dukungan sehingga buku ini dapat diterbitkan sebagai penanda peringatan Dies Natalis ke-7 FMIPA UNSOED. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh penulis atas kontribusinya dalam menghasilkan rangkaian tulisan sehingga mewujud dalam satu buku.

Kami menyadari bahwa buku ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kami mengharapkan masukan dari para pembaca untuk perbaikan dan penyusunan buku sejenis pada tahun-tahun mendatang.

Purwokerto, 24 Oktober 2021
Dekan FMIPA UNSOED

Drs. Sunardi, M.Si.
NIP. 19590715 199002 1 001

DAFTAR ISI

Pengantar Dekan FMIPA	iii
Daftar Isi	v
Daftar Tabel	vi
Daftar Gambar	viii
Investigasi Pengaruh Pandemi Covid-19 terhadap Kinerja Perbankan Syariah Menggunakan Ukuran Peramalan MAPE	
<i>Agung Prabowo, S.Si., M.Si. dan Diah Paramita Amitarwati, S.T.P., M.E.....</i>	1
Sample Size sebagai Indikator Validitas Kesimpulan Populasi	
<i>Drs. Budi Pratikno, M.Stat.Sci., Ph.D.</i>	26
Review Solusi Persamaan Diophantine Non-Linier	
<i>Agus Sugandha, M.Si., Niken Larasati, S.Si., M.Si. dan Ma'rifatul Nur Yuniati</i>	39
Aplikasi Metode Magnetik untuk Mengidentifikasi Struktur Bawah Permukaan Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas	
<i>Sehah, S.Si., M.Si.....</i>	47
Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Ijuk (Arenga Pinnata)	
<i>Dr. Kartika Sari, S.Si., M.Si., Yazid Zainur Isnen, Prof. Dr. Agung Bambang Setio Utomo, S.U., Dr. Ampala Khoryanton, S.T., M.T. dan Parmin Lumban Toruan, S.Si., M.T.</i>	62
Biografi Singkat Penulis	72

DAFTAR TABEL

Investigasi Pengaruh Pandemi Covid-19 terhadap Kinerja Perbankan Syariah Menggunakan Ukuran Peramalan MAPE

Tabel 1	Kriteria MAPE Menurut Chang, Wang, dan Liu (2007) dan Putro dkk. (2018)	5
Tabel 2	Hasil Perhitungan MAPE untuk BUKU I, II, dan III Berdasarkan Variabel DPK	8
Tabel 3	Hasil Perhitungan MAPE untuk BUKU I, II, dan III Berdasarkan Variabel FDR	9
Tabel 4	Hasil Perhitungan MAPE untuk BUKU I, II, dan III Berdasarkan Variabel NPF.....	9
Tabel 5	Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU I dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (11)	14
Tabel 6	Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU I dengan Data Saat Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (12) ...	15
Tabel 7	Perhitungan MAPE untuk BUKU I dengan Data Prediksi Kinerja Bank untuk Sebeleum dan Saat Pandemi Covid-19	15
Tabel 8	Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU II dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (13)	18
Tabel 9	Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU II dengan Data Saat Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (14) ...	19
Tabel 10	Perhitungan MAPE untuk BUKU II dengan Data Prediksi Kinerja Bank untuk Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19	19
Tabel 11	Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU III dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (15)	22
Tabel 12	Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU III dengan Data Saat Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (16) ...	23

Tabel 13	Perhitungan MAPE untuk BUKU III dengan Data Prediksi Kinerja Bank untuk Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19	23
Sample Size sebagai Indikator Validitas Kesimpulan Populasi		
Tabel 1	<i>Sample Size n</i> Menurut Krecie–Morgan dengan CI 95%.....	29
Aplikasi Metode Magnetik untuk Mengidentifikasi Struktur Bawah Permukaan Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas		
Tabel 1	Peralatan dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian Ini	51
Tabel 2	Parameter Medan Magnetik Bumi Daerah Penelitian dan Parameter Model	57
Tabel 3	Interpretasi Hasil Pemodelan Data-Data Anomali Magnetik pada Lintasan AB Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik dalam Satuan cgs	58

DAFTAR GAMBAR

Investigasi Pengaruh Pandemi Covid-19 terhadap Kinerja Perbankan Syariah Menggunakan Ukuran Peramalan MAPE

Gambar 1	Bagan untuk Menghasilkan Enam Buah Persamaan Regresi Linier Berganda, Masing-Masing Melibatkan Tiga Variabel DPK, FDR dan NPF secara Bersama-Sama	11
Gambar 2	<i>Output</i> SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU I dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19.....	12
Gambar 3	Nilai <i>R-square</i> untuk Model Regresi BUKU I dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19	13
Gambar 4	<i>Output</i> SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU I dengan Data Saat Pandemi Covid-19	13
Gambar 5	Nilai <i>R-square</i> untuk Model Regresi BUKU I dengan Data Saat Pandemi Covid-19	14
Gambar 6	<i>Output</i> SPSS untu Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU II dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19	16
Gambar 7	Nilai <i>R-square</i> untuk Model Regresi BUKU II dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19	16
Gambar 8	<i>Output</i> SPSS untu Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU II dengan Data Saat Pandemi Covid-19	17
Gambar 9	Nilai <i>R-square</i> untuk Model Regresi BUKU II dengan Data Saat Pandemi Covid-19	18
Gambar 10	<i>Output</i> SPSS untu Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU III dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19	20
Gambar 11	Nilai <i>R-square</i> untuk Model Regresi BUKU III dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19	21
Gambar 12	<i>Output</i> SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU III dengan Data Saat Pandemi Covid-19	21
Gambar 13	Nilai <i>R-square</i> untuk Model Regresi BUKU III dengan Data Saat Pandemi Covid-19	22

Sample Size sebagai Indikator Validitas Kesimpulan Populasi

Gambar 1	Nomogram Harry King dari Populasi Berukuran Maksimum 2000	30
----------	---	----

Review Solusi Persamaan Diophantine Non-Linier

Gambar 1	Penarikan 1000 Jurnal dengan Menggunakan <i>Publish</i> dan <i>Ferish</i>	41
Gambar 2	Keterkaitan Penelitian Persamaan Diophantine Non-Linier	42
Gambar 3	Keterbaruan Penelitian Persamaan Diophantine Non-Linier	42

Aplikasi Metode Magnetik untuk Mengidentifikasi Struktur Bawah Permukaan Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas

Gambar 1	Anomali Magnetik dari Batuan atau Benda Anomali Bawah Permukaan Bumi	49
Gambar 2	Peta Sebaran Titik-Titik Ukur Survei Magnetik di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas.....	52
Gambar 3	Peta Medan Magnetik Total di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas.....	53
Gambar 4	Peta Anomali Medan Magnetik Total di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas	53
Gambar 5	Peta Anomali Magnetik Total yang Telah Direduksi pada Bidang Datar pada Ketinggian Rata-Rata Topografi (70,07 m di Atas Referensi Sferoida)	54
Gambar 6	Pola Anomali Magnetik Regional Hasil Pengangkatan ke Atas pada Ketinggian 1.250 m di Atas Referensi Sferoida	55
Gambar 7	Peta Anomali Magnetik Lokal di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas.....	56
Gambar 8	Peta Anomali Magnetik Lokal di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas	56

Gambar 9	Hasil Pemodelan Menggunakan Perangkat Lunak Mag2DC for Window pada Lintasan AB	57
----------	--	----

Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serat Ijuk (*Arenga Pinnata*)

Gambar 1	Diagram Alir Pembuatan Komposit	64
Gambar 2	Kuat Tarik komposit Berpenguat Serat Ijuk	66
Gambar 3	Perbandingan Regangan dan Tegangan Tarik Komposit	67
Gambar 4	Kekuatan Tekan Komposit Berpenguat Serat Ijuk	68
Gambar 5	Defleksi Komposit Berpenguat Serat Ijuk ...	69

INVESTIGASI PENGARUH PANDEMI COVID-19 TERHADAP KINERJA PERBANKAN SYARIAH MENGUNAKAN UKURAN PERAMALAN MAPE

Agung Prabowo¹⁾ dan Diah Paramita Amitarwati²⁾

¹⁾Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jenderal Soedirman

²⁾Pascasarjana Ekonomi Syariah, Universitas Islam Negeri Prof. K.H. Saifuddin
Zuhri

E-mail: agung.prabowo@unsoed.ac.id

Abstrak. Wabah *Corona Virus Disease-19* (Covid-19) di akhir tahun 2019 menyebabkan dampak yang luar biasa pada semua sektor kehidupan, termasuk perbankan syariah. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh pandemi Covid-19 terhadap kinerja perbankan syariah yang meliputi Bank Umum Syariah (BUS) dan Unit Usaha Syariah (UUS). Kinerja tersebut dilihat dari kepemilikan modal inti bank sebelum dan saat pandemi Covid-19. Berdasarkan kepemilikan modal intinya, terdapat tiga klasifikasi Bank Umum Kegiatan Usaha (BUKU) untuk perbankan syariah, yaitu BUKU I, BUKU II, dan BUKU III. Faktor-faktor (variabel bebas) yang memengaruhi Kinerja Perbankan Syariah berdasarkan kegiatan usaha bank dan diduga berpengaruh pada kinerja perbankan syariah untuk ketiga jenis BUKU adalah Dana Pihak Ketiga (DPK), *Financing to Deposit Ratio* (FDR), dan *Non Performing Financing* (NPF). Dengan asumsi bahwa, untuk setiap jenis BUKU, data sebelum dan sesudah pandemi Covid-19 berasal dari populasi berbeda, dapat ditelisik lebih lanjut BUKU yang paling terdampak akibat pandemi Covid-19. Alat yang digunakan adalah *mean absolute percentage error* (MAPE). Penggunaan MAPE mengasumsikan bahwa apabila nilai MAPE di atas 10%, terjadi dampak akibat pandemi Covid-19. Lalu, nilai MAPE tertinggi menunjukkan BUKU yang paling terdampak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan variabel DPK dan FDR, BUKU III menjadi yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19. Sementara itu, berdasarkan variabel NPF, BUKU I menjadi yang paling terdampak. Lalu, berdasarkan keseluruhan variabel secara bersama-sama, BUKU III merupakan BUKU yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19.

Kata kunci: pandemi, kinerja perbankan syariah, MAPE, Dana Pihak Ketiga, *Financing to Deposit Ratio*, *Non Performing Financing*

1. Pendahuluan

Wabah *Corona Virus Disease-19* (Covid-19) yang datang di akhir tahun 2019 menyebabkan dampak yang luar biasa pada semua sektor kehidupan, mulai dari bidang kesehatan, ekonomi, pendidikan, sosial, agama, pariwisata, termasuk perbankan syariah. Untuk melihat pengaruh pandemi Covid-19 terhadap kinerja perbankan syariah, penelitian ini dilakukan. Dalam penelitian ini, kinerja perbankan syariah, baik Bank Umum Syariah (BUS) maupun Unit Usaha Syariah (UUS), dilihat dari kepemilikan modal inti bank sebelum dan saat pandemi Covid-19. Klasifikasi perbankan syariah berdasarkan permodalan dilakukan berdasarkan kriteria yang berlaku pada perbankan konvensional atau perbankan umum, yang kemudian menghasilkan golongan yang disebut Bank Umum Kegiatan Usaha (BUKU). Jadi, meskipun pada awalnya dibuat untuk bank umum, klasifikasi ini diberlakukan juga untuk bank-bank syariah.

Kinerja perbankan syariah diselidik melalui tiga variabel dari tiap-tiap BUKU yang berkaitan erat dengan modal inti yang dimiliki oleh bank tersebut. Dari data yang diterbitkan oleh Otorisasi Jasa Keuangan (OJK) mengenai kegiatan usaha berdasarkan modal inti bank, untuk perbankan syariah terdapat 3 klasifikasi, yaitu BUKU I dengan modal inti kurang dari Rp1 triliun, BUKU II dengan modal inti lebih dari Rp1 triliun sampai dengan Rp5 triliun, dan BUKU III dengan modal inti lebih dari Rp5 triliun sampai dengan Rp30 triliun. Pada perbankan konvensional terdapat BUKU IV dengan modal inti lebih dari Rp30 triliun.

Dalam penelitian ini akan diuji faktor-faktor yang memengaruhi Kinerja Perbankan Syariah (variabel Y) berdasarkan kegiatan usaha bank yang nilainya tercermin dalam besarnya kepemilikan modal inti bank. Faktor-faktor atau variabel bebas yang akan diteliti dan diduga berpengaruh pada kinerja perbankan syariah untuk ketiga jenis BUKU adalah X_1 : Dana Pihak Ketiga (DPK), X_2 : *Financing to Deposit Ratio* (FDR), dan X_3 : *Non Performing Financing* (NPF)

Penelitian ini didesain untuk mengetahui perbedaan kinerja keuangan perbankan syariah antara sebelum dan saat pandemi Covid-19. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kelompok BUKU yang paling terdampak oleh Covid-19. Dengan demikian, rentang waktu penelitian yang diambil adalah (1) sebelum pandemi Covid-19 dengan mengambil sampel data OJK selama tahun 2019 dan (2) saat pandemi Covid-19 dengan mengambil sampel data OJK selama tahun 2020.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan studi kasus dengan menggunakan data sekunder yang diperoleh dari Otorisasi Jasa Keuangan (OJK) untuk tiga buah variabel Dana Pihak Ketiga (DPK), *Financing to Deposit Ratio*

(FDR), dan *Non Performing Financing* (NPF). Untuk mengetahui BUKU yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19 berdasarkan tiap variabel bebas tersebut, digunakan kriteria *mean absolute percentage error* (MAPE) dalam membandingkan data sebelum dan saat pandemi Covid-19. Nilai MAPE terbesar menunjukkan BUKU yang paling terdampak untuk variabel yang digunakan.

Alat ukur MAPE digunakan untuk melihat ketepatan model peramalan yang diperoleh. Untuk itu, data asli (data mentah) dan data hasil peramalan perlu dibandingkan. Apabila nilai MAPE cukup kecil, dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh dapat menjadi model untuk data hasil pengamatan. Pada penelitian ini, data kinerja perbankan sebelum terjadi pandemi Covid-19 dijadikan sebagai data asli, sedangkan untuk data peramalannya, digunakan data kinerja perbankan syariah saat terjadi pandemi Covid-19.

Pengujian dengan MAPE untuk melihat BUKU yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19 mensyaratkan bahwa data asli dan data peramalannya berasal dari populasi yang berbeda. Dengan demikian, dalam penelitian ini digunakan asumsi bahwa data untuk variabel DPK, FDR dan NPF untuk tiap-tiap kriteria BUKU berasal dari populasi yang berbeda. Asumsi ini digunakan tanpa melalui pengujian statistika dengan uji-t sampel berpasangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peramalan dan Metode Peramalan

Peramalan—misalnya peramalan dengan analisis deret waktu—selalu menyisakan derajat ketidakpastian yang diindikasikan dengan adanya penyimpangan antara data aktual dan data hasil peramalan. Ketidakpastian tersebut ditandai dengan adanya unsur kesalahan/galat (*error*). Selain unsur kesalahan, sumber penyimpangan pada peramalan adalah ketidakmampuan suatu model peramalan dalam mengenali unsur lain pada deret data.

Penyimpangan hasil peramalan juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor lain, misalnya keberadaan data pencilan (*outliers*), ketiadaan metode peramalan yang mampu menghasilkan peramalan yang akurat, dan metode peramalan yang digunakan tidak dapat memprediksi dengan tepat pada saat data mengandung komponen tren, musiman, atau siklus (Bowerman dan O'Connell, 1987). Faktor terakhir dikatakan sebagai ketidakmampuan suatu model peramalan dalam mengenali unsur lain pada deret data.

Mengukur penyimpangan akibat galat dapat dilakukan dengan beberapa alat seperti *mean squared error* (MSE), *mean absolute percentage error* (MAPE), dan Statistik Durbin-Watson. Jika X_j adalah

data aktual untuk periode ke- i dan F_i merupakan ramalan (atau nilai kecocokan/*fitted value*) untuk periode ke- i , maka kesalahan didefinisikan sebagai

$$\varepsilon_i = X_i - F_i ; i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Jika terdapat nilai pengamatan dan ramalan untuk n periode waktu, maka ukuran statistik standar berikut ini digunakan untuk mengukur penyimpangan Persamaan (1) antara data aktual dengan ramalannya (Makridakis dkk., 1999).

Nilai tengah atau rata-rata galat (*mean error*)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2)$$

Rata-rata galat absolut (*mean absolute error*)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\varepsilon_i| \quad (3)$$

Jumlah kuadrat galat (*sum of squared error*)

$$SSE = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad (4)$$

Rata-rata galat kuadrat (*mean squared error*)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \quad (5)$$

Deviasi standar galat (*standard deviation of error*)

$$SDE = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2} \quad (6)$$

3.2 Metode Peramalan MAPE, MAD, MSD, Statistik Durbin-Watson, dan Analisis Penggunaannya

Ukuran-ukuran ketepatan lain yang sering digunakan untuk mengetahui ketepatan suatu metode peramalan dalam memodelkan data deret waktu adalah nilai *mean absolute percentage error* (MAPE), *mean squared deviation* (MSD), dan *mean absolute deviation* (MAD). MAPE merupakan ukuran ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil peramalan, dengan persamaan:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{X_i - F_i}{X_i} \right| \times 100\% \quad (7)$$

MAPE digunakan antara lain dalam peramalan dengan metode *single exponential smoothing* (Septiyana dan Bahtiar, 2020) dan *Brown exponential smoothing* (Gustriansyah, 2017). MAPE digunakan pada evaluasi hasil peramalan untuk memastikan nilai akurasi antara nilai aktual dengan nilai peramalan hasil pengukuran. Kriteria nilai MAPE menurut Chang, Wang, dan Liu (2007) dan Putro dkk. (2018), tersedia pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria MAPE Menurut Chang, Wang, dan Liu (2007) dan Putro dkk. (2018)

Nilai MAPE (%)	Kriteria
00,00 – 10,00	Sangat baik
10,01 – 20,00	Baik
20,00 – 50,00	Cukup
50,00 – 100,00	Buruk

MAPE dapat digunakan untuk memperoleh kesimpulan bahwa hasil ramalan mempunyai ketepatan atau kecocokan yang tinggi dengan data yang dikumpulkan (data asli). Makin kecil nilai MAPE yang diperoleh, makin bagus kecocokan data ramalan dengan data asli.

MAD menyatakan penyimpangan ramalan dalam unit yang sama pada data dengan merata-rata nilai absolut penyimpangan seluruh hasil peramalan. Nilai absolut berguna untuk menghindari nilai penyimpangan positif dan penyimpangan negatif yang saling meniadakan. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |X_i - F_i| \quad (8)$$

Cara lain untuk menghindari penyimpangan nilai positif dan penyimpangan negatif yang saling meniadakan adalah dengan mengkuadratkan nilai kesalahan tersebut. MSD merupakan ukuran penyimpangan ramalan dengan merata-rata kuadrat penyimpangan semua ramalan. Persamaannya adalah sebagai berikut.

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - F_i)^2 \quad (9)$$

Penggunaan MSD sebagai ukuran ketepatan mempunyai dua kelemahan. Pertama, MSD menunjukkan pencocokkan (*fitting*) suatu model terhadap data historis. Kelemahan pencocokan suatu model dengan data historis adalah tidak selalu mengimplikasikan peramalan yang baik. Suatu model yang terlalu cocok (*over fitting*) dengan deret data yang

sama artinya dengan memasukkan unsur acak sebagai bagian dari proses bangkitan, adalah sama buruknya dengan tidak berhasil mengenali pola tak acak pada data. Kekurangan kedua berkaitan dengan kenyataan bahwa metode yang berbeda akan menggunakan prosedur yang berbeda pula dalam fase-fase pencocokan datanya.

Dalam fase peramalan, penggunaan MSD dan MAD sebagai suatu ukuran ketepatan juga berpotensi menimbulkan masalah. Ukuran ini tidak memudahkan dalam memberikan interpretasi atas perbandingan deret berskala berbeda untuk selang waktu yang berlainan karena MSD dan MAD merupakan ukuran absolut yang sangat bergantung pada skala dari data deret waktu. Selain itu, interpretasi nilai MSD tidak bersifat intuitif karena ukuran ini menyangkut penguadratan sederetan nilai. Atas dasar tersebut, dalam kaitannya dengan keterbatasan MSD dan MAD sebagai alat ukur ketepatan peramalan, digunakan ukuran alternatif sebagai salah satu indikasi ketepatan dalam peramalan, yaitu MAPE.

Sungkawa dan Megasari (2011) menggunakan tiga metode pengukuran untuk mendeteksi ketepatan hasil peramalan, yaitu *mean square error* (MSE) pada Persamaan (5), *mean absolut percentage error* (MAPE) pada Persamaan (7), dan Statistik Durbin-Watson (DW). Metode-metode tersebut bekerja dengan menggunakan data aktual dan data hasil peramalan. Data hasil peramalan, misalnya, diperoleh dengan metode *moving average*, *exponential smoothing*, dan metode Winters.

Selisih data hasil peramalan dengan data aktual adalah galat. Kajian kesalahan (galat) dapat dilakukan dengan mencermati penyimpangan data aktual dengan hasil ramalan yang dikenal dengan nilai galat, dengan perlunya diperiksa jika ia bersifat acak atau tidak. Untuk itu, dapat digunakan Statistik Durbin-Watson (10) dengan rumus:

$$DW = \frac{\sum_{t=1}^n (\varepsilon_t - \varepsilon_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n \varepsilon_t^2} \quad (10)$$

Hasil Statistik DW untuk tiga metode peramalan (*moving average*, *exponential smoothing*, dan Winters) disediakan pada Tabel 2. Sebagai pembanding untuk mengkaji Statistik DW digunakan ketentuan sebagai berikut. Misalkan untuk $n = 49$, $k = 1$ dan taraf nyata 5%, diperoleh nilai $d_L = 1,498$ dan $d_U = 1,58$, serta $4 - d_U = 2,42$. Untuk ketiga metode peramalan yang digunakan nilai $DW < d_U < 4 - d_U$ dapat disimpulkan bahwa nilai galat tidak bersifat acak untuk ketiga metode.

3.3 Asumsi Kelompok-Kelompok Data Berasal dari Populasi Berbeda

Perbankan syariah diklasifikasi menjadi tiga kelompok berdasarkan nilai/besaran modal yang dikelola. Pengelompokan ini dikenal dengan istilah BUKU sehingga terdapat BUKU I, BUKU II, dan BUKU III. Klasifikasi yang sama juga dilakukan dalam pengelompokan perbankan konvensional. Perbedaannya, belum ada perbankan syariah yang masuk kategori BUKU IV.

Dalam penelitian ini akan digunakan dua kelompok data asli. Data pertama adalah data sebelum pandemi Covid-19 dan data kedua saat pandemi Covid-19. Data saat pandemi akan diposisikan sebagai data hasil ramalan. Penyimpangan antara data saat pandemi dan data sebelum pandemi diasumsikan karena terjadinya pandemi yang di luar kontrol manusia sehingga penyimpangannya dapat dikatakan acak atau random tanpa ada kontrol atau campur tangan manusia.

Secara statistik, pandemi Covid-19 tidak berpengaruh apabila data sebelum dan pada saat pandemi berasal dari populasi yang sama. Jika asumsi ini dipenuhi, data sebelum dan pada saat pandemi merupakan data yang homogen.

Untuk mengetahui kelompok BUKU yang paling terdampak dengan adanya Covid-19, kedua kelompok data harus dibuktikan berasal dari populasi yang berbeda. Uji yang dilakukan adalah uji beda rata-rata dengan uji- t sampel berpasangan. Uji hipotesis ini bertujuan menguji hipotesis nol bahwa kelompok data sebelum dan pada saat pandemi Covid-19 berasal dari distribusi yang sama. Jika hipotesis nol ditolak, kelanjutannya adalah menentukan kelompok BUKU yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19. Dalam penelitian ini hanya diasumsikan bahwa hasil uji- t menolak hipotesis nol.

Dalam model regresi atau analisis deret waktu, *mean absolute percentage error* (MAPE) merupakan alat ukur yang digunakan untuk melihat sejauh mana model yang diperoleh dapat menjadi model yang baik untuk data sampel yang dikumpulkan. Misalkan X_i adalah data aktual (data sampel) yang diperoleh pada periode waktu ke- i . Misalkan F_i adalah data prediksi pada periode waktu ke- i yang diperoleh dari model yang dihasilkan. Selanjutnya, misalkan n adalah banyaknya sampel yang digunakan. Nilai MAPE dihitung dengan persamaan (8).

Berkaitan dengan penelitian ini, apabila nilai MAPE lebih besar daripada 10%, diambil kesimpulan bahwa terdapat dampak akibat pandemi Covid-19. Selanjutnya, nilai MAPE terbesar menunjukkan bagian yang paling terdampak.

3.4 Cara Pertama: Menggunakan Data Asli

Dengan menggunakan data yang ada, data sebelum pandemi dimisalkan X_i dan data pada saat pandemi dimisalkan sebagai F_i . Hitung MAPE untuk masing-masing BUKU dengan Persamaan (8). Nilai MAPE terbesar menunjukkan kelompok BUKU yang paling terdampak. Cara ini tidak memerlukan uji hipotesis.

Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4 menyajikan perhitungan MAPE untuk ketiga jenis BUKU. Pada tiap-tiap tabel, dibandingkan antara data sebelum dan saat pandemi Covid-19. Untuk data sebelum pandemi digunakan data dari bulan Januari sampai Desember 2019. Untuk data saat pandemi Covid-19 digunakan data dari bulan Januari sampai Desember 2020.

Dari hasil pada Tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4, BUKU yang paling terdampak pandemi Covid-19 berturut-turut berdasarkan variabel DPK, NPF, dan FDR adalah BUKU III, BUKU I dan BUKU III. Untuk variabel NPF, nilai-nilai MAPE kurang dari 0,10 sehingga dapat diajukan hipotesis bahwa pandemi Covid-19 tidak berpengaruh signifikan terhadap kinerja perbankan syariah apabila ditinjau dari variabel NPF.

Tabel 2. Hasil Perhitungan MAPE untuk BUKU I, II, dan III Berdasarkan Variabel DPK

Bulan	Kinerja Perbankan Syariah Berdasarkan Variabel DPK					
	BUKU I		BUKU II		BUKU III	
	Sebelum 2019	Saat 2020	Sebelum 2019	Sesudah 2020	Sebelum 2019	Sesudah 2020
Januari	11.409	12.661	159.162	174.974	86.480	98.851
Februari	11.367	12.634	162.008	176.114	86.610	102.321
Maret	11.517	11.369	164.037	176.078	87.155	101.916
April	11.220	11.113	162.361	177.516	86.858	100.417
Mei	11.364	10.652	159.413	175.305	85.914	99.794
Juni	11.541	9.923	167.672	172.207	87.355	111.244
Juli	11.156	9.834	167.655	127.286	86.905	152.527
Agustus	11.884	9.962	164.128	134.279	87.584	151.695
September	11.906	10.126	164.942	140.966	90.494	161.010
Oktober	12.369	9.888	171.807	143.297	92.290	161.557
November	12.893	10.030	168.150	92.846	93.045	213.583
Desember	12.405	3.697	176.763	99.469	99.810	219.687
MAPE	Nilai MAPE BUKU I = 6,764274%		Nilai MAPE BUKU II = 4,471834%		Nilai MAPE BUKU III = 11,20085%	

Tabel 3. Hasil Perhitungan MAPE untuk BUKU I, II, dan III
Berdasarkan Variabel FDR

Bulan	Kinerja Perbankan Syariah Berdasarkan Variabel FDR					
	BUKU I		BUKU II		BUKU III	
	Sebelum 2019	Sesudah 2020	Sebelum 2019	Sesudah 2020	Sebelum 2019	Sesudah 2020
Januari	88,10	89,23	77,77	78,72	76,85	75,02
Februari	88,62	88,61	77,48	78,77	76,14	72,56
Maret	88,67	99,13	77,28	80,55	79,09	73,89
April	91,51	101,20	78,67	79,49	79,72	74,77
Mei	89,11	105,28	81,43	81,83	82,15	75,54
Juni	87,78	114,09	78,36	79,86	81,33	75,52
Juli	91,07	114,42	78,18	84,69	81,78	75,83
Agustus	88,63	113,17	79,70	80,29	81,96	76,71
September	90,03	111,12	81,19	77,33	81,12	74,68
Oktober	89,52	113,72	78,42	76,26	78,99	75,51
November	88,31	112,24	80,30	74,13	78,48	77,49
Desember	91,95	142,29	78,41	76,13	75,28	75,35
MAPE	Nilai MAPE Buku I = 4,669148%		Nilai MAPE Buku II = 0,344112%		Nilai MAPE Buku III = 0,206187%	

Tabel 4. Hasil Perhitungan MAPE untuk BUKU I, II, dan III
Berdasarkan Variabel NPF

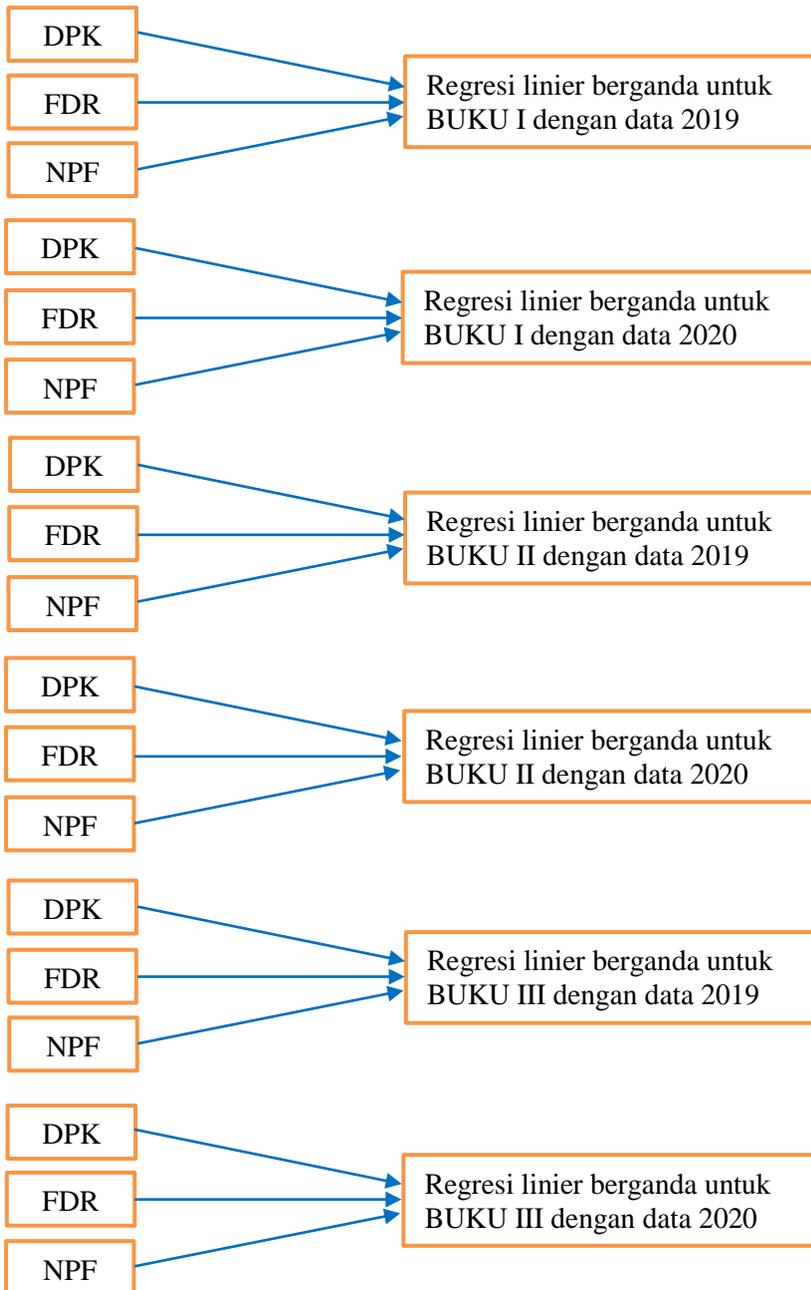
Bulan	Kinerja Perbankan Syariah Berdasarkan Variabel NPF					
	BUKU I		BUKU II		BUKU III	
	Sebelum 2019	Sesudah 2020	Sebelum 2019	Sesudah 2020	Sebelum 2019	Sesudah 2020
Januari	5,03	4,86	3,32	3,87	3,29	2,48
Februari	4,98	9,85	3,40	3,74	3,27	2,49
Maret	4,90	5,04	3,53	3,79	3,70	2,50
April	4,88	5,16	3,79	3,75	3,00	2,52
Mei	5,22	5,26	3,65	3,64	2,95	2,52
Juni	4,96	5,31	3,48	3,69	2,90	2,50
Juli	5,24	5,31	3,48	3,61	2,86	2,85
Agustus	5,11	5,22	3,66	3,64	2,79	2,79
September	4,87	5,25	3,55	3,58	2,67	2,82
Oktober	4,80	5,20	3,86	3,42	2,61	2,79
November	4,89	6,63	3,82	3,48	2,59	2,88
Desember	4,56	6,88	3,53	3,51	2,45	2,83
MAPE	Nilai MAPE Buku I = 3,232621%		Nilai MAPE Buku II = 7,08266%		Nilai MAPE Buku III = 14,48428%	

3.5 Cara Kedua: Regresi Linier Berganda

Dari tiap-tiap kelompok BUKU dibuat model regresi dengan tiga variabel, tetapi dilakukan pemisahan data antara sebelum dan sesudah pandemi sehingga untuk setiap kelompok BUKU diperoleh dua persamaan regresi. Dengan cara ini diperoleh dua buah persamaan regresi untuk setiap kelompok BUKU.

- persamaan regresi sebelum pandemi Covid-19 untuk BUKU I.
- persamaan regresi pada saat pandemi Covid-19 untuk BUKU I.
- persamaan regresi sebelum pandemi Covid-19 untuk BUKU II.
- persamaan regresi pada saat pandemi Covid-19 untuk BUKU II.
- persamaan regresi sebelum pandemi Covid-19 untuk BUKU III.
- persamaan regresi pada saat pandemi Covid-19 untuk BUKU III.

Persamaan regresi yang dibuat memuat tiga buah variabel bebas yaitu DPK, FDR, dan NPF. Gambar 1 menyajikan bagan yang menjelaskan cara memperoleh enam buah persamaan regresi linier berganda. Berbeda dengan cara sebelumnya yang menghasilkan kesimpulan BUKU paling terdampak berdasarkan masing-masing variabel bebas yang digunakan, dengan cara ini kesimpulan yang diperoleh berlaku untuk ketiga variabel bebas yang digunakan pada pemodelan regresi.



Gambar 1. Bagan menghasilkan enam buah persamaan regresi linier berganda, masing-masing melibatkan tiga variabel DPK, FDR, dan NPF secara bersama-sama

3.5.1 Persamaan Regresi Berganda untuk BUKU I (Sebelum Pandemi Covid-19)

Pengolahan data dilakukan dengan bantuan SPSS. Gambar 2 adalah *output* SPSS untuk koefisien-koefisien regresi linier berganda untuk BUKU I dengan data sebelum pandemi Covid-19 (data tahun 2019). Dari *output* SPSS pada Gambar 2 diperoleh persamaan regresi linier berganda:

$$Y = -10.027,119 + 0,885 X_1 + 115,443 X_2 - 38,204 X_3 \quad (11)$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-10027.119	272.690		-36.771	.000
DPK BUKU I 2019	.885	.006	.948	150.007	.000
FDR BUKU I 2019	115.443	1.966	.315	58.730	.000
NPF BUKU I 2019	-38.204	18.449	-.014	-2.071	.072

a. Dependent Variable: KIENRJA KEUANGAN 2019

Gambar 2. *Output* SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU I dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19

Ketiga variabel bebas X (DPK, FDR dan NPF) berpengaruh terhadap variabel Y secara simultan sebesar 100% (lihat Gambar 3). Artinya, hampir semua variabel yang memengaruhi Y sudah dimasukkan dalam persamaan regresi yang diperoleh. Persamaan regresi yang diperoleh tergolong valid karena $R\text{-squared} > 90\%$.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	1.000 ^a	1.000	1.000	8.136	2.355

a. Predictors: (Constant), NPF BUKU I 2019, FDR BUKU I 2019, DPK BUKU I 2019

b. Dependent Variable: KIENRJA KEUANGAN 2019

Gambar 3. Nilai *R-square* untuk Model Regresi BUKU I dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19

3.5.2 Persamaan Regresi Berganda untuk BUKU I (Saat Pandemi Covid-19)

Gambar 4 adalah *output* SPSS untuk koefisien-koefisien regresi linier berganda untuk BUKU I dengan data saat pandemi Covid-19 (data tahun 2020) untuk BUKU I. Dari *output* SPSS pada Gambar 4 diperoleh persamaan regresi linier berganda:

$$Y = -30.504,161 + 1,900 X_1 + 204,061 X_2 - 37,601 X_3 \quad (12)$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-30504.161	2572.266		-11.859	.000
DPK BUKU I 2020	1.900	.089	2.499	21.277	.000
FDR BUKU I 2020	204.061	14.465	1.665	14.107	.000
NPF BUKU I 2020	-37.601	37.596	-.031	-1.000	.347

a. Dependent Variable: KIENRJA KEUANGAN 2020

Gambar 4. *Output* SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU I dengan Data Saat Pandemi Covid-19

Ketiga variabel bebas X (DPK, FDR dan NPF) berpengaruh terhadap variabel Y secara simultan sebesar 99,2% (Gambar 5). Artinya, hampir semua variabel yang memengaruhi Y sudah dimasukkan dalam persamaan regresi yang diperoleh. Persamaan tersebut tergolong *valid* karena $R\text{-squared} > 90\%$.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.997 ^a	.994	.992	156.177	1.137

a. Predictors: (Constant), NPF BUKU I 2020, DPK BUKU I 2020, FDR BUKU I 2020

b. Dependent Variable: KIENRJA KEUANGAN 2020

Gambar 5. Nilai $R\text{-square}$ untuk Model Regresi BUKU I dengan Data Saat Pandemi Covid-19

Dengan menggunakan Persamaan (11) dan (12) diperoleh prediksi nilai variabel terikat Y berturut-turut untuk data sebelum dan pada saat pandemi Covid-19. Hasilnya disediakan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU I dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (11)

DPK X_1	FDR X_2	NPF X_3	Kinerja Perbankan Y
11.409	88,10	5,03	10047,33
11.367	88,62	4,98	10072,09
11.517	88,67	4,90	10213,67
11.220	91,51	4,88	10279,42
11.364	89,11	5,22	10116,83
11.541	87,78	4,96	10129,88
11.156	91,07	5,24	10158,24
11.884	88,63	5,11	10525,83
11.906	90,03	4,87	10716,07
12.369	89,52	4,80	11069,63
12.893	88,31	4,89	11390,26
12.405	91,95	4,56	11391,16

Tabel 6. Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU I dengan Data Saat Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (12)

DPK	FDR	NPF	Kinerja Perbankan
X_1	X_2	X_3	Y
12.661	89,23	4,86	11577,36
12.634	88,61	9,85	11211,91
11.369	99,13	5,04	11136,00
11.113	101,20	5,16	11067,49
10.652	105,28	5,26	11020,40
9.923	114,09	5,31	11431,20
9.834	114,42	5,31	11329,44
9.962	113,17	5,22	11320,95
10.126	111,12	5,25	11213,09
9.888	113,72	5,20	11293,33
10.030	112,24	6,63	11207,35
3.697	142,29	6,88	5297,284

Data-data prediksi kinerja perbankan pada Tabel 5 dan Tabel 6 digunakan untuk menghitung MAPE untuk BUKU I. Perhitungan MAPE dengan Persamaan (7), dan hasilnya diberikan di Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan MAPE untuk BUKU I dengan Data Prediksi Kinerja Bank untuk Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19

Waktu t	Prediksi Kinerja Perbankan 2019 $A(t)$	Prediksi Kinerja Perbankan 2020 $F(t)$	$\frac{ A(t) - F(t) }{A(t)}$
Januari	10.047,33	11.577,36	0,152283
Februari	10.072,09	11.211,91	0,113166
Maret	10.213,67	11.136,00	0,090303
April	10.279,42	11.067,49	0,076665
Mei	10.116,83	11.020,40	0,089313
Juni	10.129,88	11.431,20	0,128463
Juli	10.158,24	11.329,44	0,115296
Agustus	10.525,83	11.320,95	0,075540
September	10.716,07	11.213,09	0,046381
Oktober	11.069,63	11.293,33	0,020209
November	11.390,26	11.207,35	0,016058
Desember	11.391,16	5.297,28	0,534965
		Total	1,458642
		MAPE BUKU I	12,15535%

3.5.3 Persamaan Regresi Berganda untuk BUKU II (Sebelum Pandemi Covid-19)

Gambar 6 adalah *output* SPSS untuk koefisien-koefisien regresi linier berganda untuk BUKU II dengan data sebelum pandemi Covid-19 (data tahun 2019). Dari *output* SPSS pada Gambar 6 diperoleh persamaan regresi linier berganda:

$$Y = -132.708,060 + 0,793 X_1 + 1659,153 X_2 + 409,628 X_3 \quad (13)$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-132708.060	5934.758		-22.361	.000
DPK BUKU II 2019	.793	.018	.913	45.264	.000
FDR BUKU II 2019	1659.153	67.982	.523	24.406	.000
NPF BUKU II 2019	409.628	576.759	.016	.710	.498

a. Dependent Variable: KIENRJA KEUANGAN 2019

Gambar 6. *Output* SPSS untu Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU II dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.999 ^a	.997	.996	274.138	2.338

a. Predictors: (Constant), NPF BUKU II 2019, DPK BUKU II 2019, FDR BUKU II 2019

b. Dependent Variable: KIENRJA KEUANGAN 2019

Gambar 7. Nilai *R-square* untuk Model Regresi BUKU II dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19

Ketiga variabel bebas *X* (DPK, FDR dan NPF) berpengaruh terhadap variabel *Y* secara simultan sebesar 99,6% (lihat Gambar 6). Artinya, hampir semua variabel yang memengaruhi *Y* sudah dimasukkan

dalam persamaan regresi yang diperoleh. Persamaan regresi yang diperoleh tergolong *valid* karena *R-squared* > 90%.

3.5.4 Persamaan Regresi Berganda untuk BUKU II (Saat Pandemi Covid-19)

Gambar 8 adalah *output* SPSS untuk koefisien-koefisien regresi linier berganda untuk BUKU II dengan data saat pandemi Covid-19 (data tahun 2020) untuk BUKU II. Dari *output* SPSS pada Gambar 8 diperoleh persamaan regresi linier berganda:

$$Y = -101.137,377 + 0,783 X_1 + 1263,616 X_2 + 815,327 X_3 \quad (14)$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-101137.377	9473.837		-10.675	.000
DPK BUKU II 2020	.783	.011	.927	69.934	.000
FDR BUKU II 2020	1263.616	89.122	.136	14.179	.000
NPF BUKU II 2020	815.327	2621.094	.004	.311	.764

a. Dependent Variable: KINERJA KEUANGAN 2020

Gambar 8. *Output* SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU II dengan Data Saat Pandemi Covid-19

Ketiga variabel bebas *X* (DPK, FDR dan NPF) berpengaruh terhadap variabel *Y* secara simultan sebesar 99,9% (Gambar 9). Artinya, hampir semua variabel yang memengaruhi *Y* sudah dimasukkan dalam persamaan regresi yang diperoleh. Persamaan tersebut tergolong *valid* karena *R-squared* > 90%.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	1.000 ^a	.999	.999	728.024	1.726

a. Predictors: (Constant), NPF BUKU II 2020, FDR BUKU II 2020, DPK BUKU II 2020

b. Dependent Variable: KINERJA KEUANGAN 2020

Gambar 9. Nilai *R-square* untuk Model Regresi BUKU II dengan Data Saat Pandemi Covid-19

Dengan menggunakan Persamaan (13) dan (14) diperoleh prediksi nilai variabel terikat *Y* berturut-turut untuk data sebelum dan pada saat pandem Covid-19. Hasilnya disediakan pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8. Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU II dengan data Sebelum Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (13)

DPK X_1	FDR X_2	NPF X_3	Kinerja Perbankan Y
159.162	77,77	3,32	123.899,7
162.008	77,48	3,40	125.708,2
164.037	77,28	3,53	127.038,6
162.361	78,67	3,79	128.122,3
159.413	81,43	3,65	130.306,4
167.672	78,36	3,48	131.692,6
167.655	78,18	3,48	131.380,4
164.128	79,70	3,66	131.179,2
164.942	81,19	3,55	134.251,8
171.807	78,42	3,86	135.226,8
168.150	80,30	3,82	135.429,7
176.763	78,41	3,53	139.005,2

Tabel 9. Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU II dengan Data Saat Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (14)

DPK	FDR	NPF	Kinerja Perbankan
X_1	X_2	X_3	Y
174.974	78,72	3,87	13.8494,40
176.114	78,77	3,74	13.9344,20
176.078	80,55	3,79	14.1606,10
177.516	79,49	3,75	14.1360,00
175.305	81,83	3,64	14.2495,90
172.207	79,86	3,69	13.7621,60
127.286	84,69	3,61	10.8486,50
134.279	80,29	3,64	10.8426,60
140.966	77,33	3,58	10.9873,30
143.297	76,26	3,42	11.0215,90
92.846	74,13	3,48	6.8070,23
99.469	76,13	3,51	7.5807,73

Data-data prediksi kinerja perbankan pada Tabel 8 dan Tabel 9 digunakan untuk menghitung MAPE untuk BUKU II. Perhitungan MAPE dengan Persamaan (7), dan hasilnya tersedia di Tabel 10.

Tabel 10. Perhitungan MAPE untuk BUKU II dengan Data Prediksi Kinerja Bank untuk Sebelum dan Saat pandemi Covid-19

Waktu t	Prediksi Kinerja Perbankan 2019 $A(t)$	Prediksi Kinerja Perbankan 2020 $F(t)$	$\left \frac{A(t) - F(t)}{A(t)} \right $
Januari	123.899,7	138.494,40	0,117795
Februari	125.708,2	139.344,20	0,108474
Maret	127.038,6	141.606,10	0,114669
April	128.122,3	141.360,00	0,103321
Mei	130.306,4	142.495,90	0,093545
Juni	131.692,6	137.621,60	0,045022
Juli	131.380,4	108.486,50	0,174257
Agustus	131.179,2	108.426,60	0,173447
September	134.251,8	109.873,30	0,181588
Oktober	135.226,8	110.215,90	0,184955
November	135.429,7	68.070,23	0,497376
Desember	139.005,2	75.807,73	0,454641
		Total	2,249088
		MAPE BUKU II	18,7424%

3.5.5 Persamaan Regresi Berganda untuk BUKU III (Sebelum Pandemi Covid-19)

Gambar 10 adalah *output* SPSS untuk koefisien-koefisien regresi linier berganda untuk BUKU III dengan data sebelum pandemi Covid-19 (data tahun 2019). Dari *output* SPSS pada Gambar 10 diperoleh persamaan regresi linier berganda:

$$Y = -65.993,625 + 0,759 X_1 + 873,723 X_2 - 838,509 X_3 \quad (15)$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-65933.625	2889.217		-22.821	.000
DPK BUKU III 2019	.759	.014	1.125	53.192	.000
FDR BUKU III 2019	873.723	18.017	.750	48.495	.000
NPF BUKU III 2019	-58.509	143.225	-.008	-.409	.694

a. Dependent Variable: KINERJA KEUANGAN 2019

Gambar 10. *Output* SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU III dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19

Ketiga variabel bebas X (DPK, FDR dan NPF) berpengaruh terhadap variabel Y secara simultan sebesar 99,9% (Gambar 11). Artinya, hampir semua variabel yang memengaruhi Y sudah dimasukkan dalam persamaan regresi yang diperoleh. Persamaan tersebut tergolong *valid* karena $R\text{-squared} > 90\%$.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	1.000 ^a	.999	.999	90.317	1.321

a. Predictors: (Constant), NPF BUKU III 2019, FDR BUKU III 2019, DPK BUKU III 2019

b. Dependent Variable: KINERJA KEUANGAN 2019

Gambar 11. Nilai *R-square* untuk Model Regresi BUKU III dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19

3.5.6 Persamaan Regresi Berganda untuk BUKU II (Saat Pandemi Covid-19)

Gambar 12 adalah *output* SPSS untuk koefisien-koefisien regresi linier berganda untuk BUKU III dengan data saat pandemi Covid-19 (data tahun 2020) untuk BUKU III. Dari *output* SPSS pada Gambar 12 diperoleh persamaan regresi linier berganda:

$$Y = -100.050,728 + 0,764 X_1 + 1387,482 X_2 - 2073,835 X_3 \quad (16)$$

Coefficients^a

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-100050.728	12522.259		-7.990	.000
DPK BUKU III 2020	.764	.009	.979	83.110	.000
FDR BUKU III 2020	1387.482	175.198	.051	7.920	.000
NPF BUKU III 2019	-2073.835	2447.203	-.010	-.847	.421

a. Dependent Variable: KINERJA KEUANGAN 2019

Gambar 12. *Output* SPSS untuk Koefisien Regresi Linier Berganda untuk BUKU III dengan Data Saat Pandemi Covid-19

Ketiga variabel bebas X (DPK, FDR dan NPF) berpengaruh terhadap variabel Y secara simultan sebesar 100% (Gambar 13). Artinya, hampir semua variabel yang memengaruhi Y sudah dimasukkan dalam

persamaan regresi. Persamaan tersebut tergolong *valid* karena *R-squared* > 90%.

Model Summary^b

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	1.000 ^a	1.000	1.000	577.119	2.349

a. Predictors: (Constant), NPF BUKU III 2019, FDR BUKU III 2020, DPK BUKU III 2020

b. Dependent Variable: KINERJA KEUANGAN 2019

Gambar 13. Nilai *R-square* untuk Model Regresi BUKU III dengan Data Saat Pandemi Covid-19

Dengan Persamaan (15) dan (16) diperoleh prediksi nilai variabel terikat *Y* berturut-turut untuk data sebelum dan pada saat pandemi Covid-19. Hasilnya pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11. Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU III dengan Data Sebelum Pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (15)

DPK X_1	FDR X_2	NPF X_3	Kinerja Perbankan Y
86.480	76,85	3,29	64.031,61
86.610	76,14	3,27	63.526,71
87.155	79,09	3,70	66.157,29
86.858	79,72	3,00	67.069,27
85.914	82,15	2,95	68.517,84
87.355	81,33	2,90	68.937,04
86.905	81,78	2,86	69.022,20
87.584	81,96	2,79	69.753,53
90.494	81,12	2,67	71.328,91
92.290	78,99	2,61	70.881,36
93.045	78,48	2,59	71.025,57
99.810	75,28	2,45	73.481,69

Tabel 12. Prediksi Kinerja Keuangan Perbankan Syariah untuk BUKU III dengan Data Saat pandemi Covid-19, Dihitung dengan Persamaan (16)

DPK	FDR	NPF	Kinerja Perbankan
X_1	X_2	X_3	Y
98.851	75,02	2,48	74.413,17
102.321	72,56	2,49	73.630,44
101.916	73,89	2,50	75.145,56
100.417	74,77	2,52	75.179,79
99.794	75,54	2,52	75.772,13
111.244	75,52	2,50	84.533,66
152.527	75,83	2,85	115.778,10
151.695	76,71	2,79	116.487,90
161.010	74,68	2,82	120.725,80
161.557	75,51	2,79	122.357,50
213.583	77,49	2,88	164.665,80
219.687	75,35	2,83	166.463,90

Data-data prediksi kinerja perbankan pada Tabel 11 dan Tabel 12 digunakan untuk menghitung MAPE untuk BUKU III. Perhitungan MAPE dengan Persamaan (7), dan hasilnya ada pada Tabel 13.

Tabel 13. Perhitungan MAPE untuk BUKU III dengan Data Prediksi Kinerja Bank untuk Sebelum dan Saat Pandemi Covid-19

Waktu t	Prediksi Kinerja Perbankan 2019 $A(t)$	Prediksi Kinerja Perbankan 2020 $F(t)$	$\frac{A(t) - F(t)}{A(t)}$
Januari	64.031,61	74.413,17	0,162132
Februari	63.526,71	73.630,44	0,159047
Maret	66.157,29	75.145,56	0,135862
April	67.069,27	75.179,79	0,120928
Mei	68.517,84	75.772,13	0,105874
Juni	68.937,04	84.533,66	0,226245
Juli	69.022,20	115.778,10	0,677404
Agustus	69.753,53	116.487,90	0,669992
September	71.328,91	120.725,80	0,692523
Oktober	70.881,36	122.357,50	0,726230
November	71.025,57	164.665,80	1,318402
Desember	73.481,69	166.463,90	1,265379
		Total	6,260018
		MAPE BUKU III	52,16682%

Sebagai kesimpulan, nilai MAPE berturut-turut untuk BUKU I, II dan III adalah 12,16%, 18,74%, dan 52,17%. Ketiga hasil perhitungan tersebut di atas nilai MAPE 10%. Dengan demikian, ketiga BUKU mengalami dampak akibat pandemi Covid-19 dan BUKU III merupakan BUKU yang paling terdampak.

4. Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan asumsi bahwa untuk setiap jenis BUKU, data sebelum dan sesudah pandemi Covid-19 berasal dari populasi berbeda, maka dapat ditelusik lebih lanjut BUKU yang paling terdampak pandemi Covid-19. Alat yang digunakan adalah MAPE. Penggunaan MAPE mengasumsikan bahwa, apabila nilai MAPE di atas 10%, terjadi dampak pandemi Covid-19, dan nilai MAPE tertinggi menunjukkan BUKU yang paling terdampak.

Penelitian ini meninjau dua cara. Pertama, melihat BUKU yang paling terdampak berdasarkan masing-masing variabel bebasnya. Kedua, melihat BUKU yang paling terdampak berdasarkan keseluruhan variabel bebas secara bersama-sama. Berdasarkan variabel DPK dan FDR, BUKU III menjadi yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19. Sementara itu, berdasarkan variabel NPF, BUKU I menjadi yang paling terdampak. Selanjutnya, berdasarkan keseluruhan variabel secara bersama-sama, BUKU III merupakan BUKU yang paling terdampak oleh pandemi Covid-19.

Daftar Pustaka

- Assauri, S. (1984). *Teknik dan Metode Peramalan Penerapannya Dalam Ekonomi dan Dunia Usaha*. Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Bowerman, B. L. and O'Connell, R.T. (1987). *Time Series Forecasting*. Boston: Duxbury Press.
- Chang, P., Wang, Y., dan Liu, C. (2007). The Development of a Weighted Evolving Fuzzy Neural Network for PCB Sales Forecasting. *Expert System with Application*, **32**(1): 86-96.
- Gustriansyah, R. (2017). Analisis Metode Single Exponential Smoothing dengan Brown Exponential Smoothing pada Kasus Memprediksi Kuantiti Penjualan Produk Farmasi di Apotik. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia 2017, STMIK AMIKOM Yogyakarta*, Februari 2017: 3.5-7 – 3.5-12.
- Makridakis, S., Wheelright, S.C., and McGee, V. E. (1999). *Metode dan Aplikasi Peramalan*, (U.S. Andriyanto dan A. Basith, terj.). Jakarta: Erlangga.
- Putro, B., Furqon, M.T., dan Wijoyo, S.H. (2018). Prediksi Jumlah Kebutuhan Pemakaian Air Menggunakan Metode Exponential

Smoothing (Studi Kasus: PDAM Kota Malang). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, **2**(11): 4679-4686.

Septiyana, D. dan Bahtiar, A. (2020). Usulan Perbaikan Peramalan Produksi Ban PT. XYZ Melalui Pendekatan Metode Exponential Smoothing. *Jurnal Industrial Manufacturing*, **5**(1): 13-17.

Sungkawa, I. dan Megasari, R.T. (2011). Penerapan Ukuran Ketepatan Nilai Ramalan Data Deret Waktu dalam Seleksi Model Peramalan Volume Penjualan PT Satria Mandiri Citra Mulia. *Comtech*, **2**(2): 636-645.

SAMPLE SIZE SEBAGAI INDIKATOR VALIDITAS KESIMPULAN POPULASI

Budi Pratikno

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jenderal Soedirman

Email: budi.pratikno@unsoed.ac.id

Abstrak. Secara umum, kesimpulan populasi selalu berdasarkan pengambilan data sampel (n) yang valid. Di luar hal tersebut, terkadang jumlah populasi (N) tidak diketahui sehingga perlu dilakukan estimasi N . Salah satu metode sederhana untuk memperkirakan ukuran populasi N adalah metode pengambilan sampel langsung. Jika t mewakili jumlah sampel yang ditandai pada sampel awal, dan p menunjukkan proporsi sampel yang ditandai dalam populasi, maka ukuran populasi dapat diestimasi sebagai $N = \frac{t}{p}$. Keduanya mempunyai akurasi yang baik untuk

digunakan dalam kesimpulan populasi berdasarkan sampel. Pada konteks penentuan jumlah sampel (n) sebagai indikator validitas kesimpulan populasi, maka penyimpulan populasi berdasarkan validitas sampel memerlukan tahapan-tahapan sebagai berikut: (1) pemahaman *level of confidence interval* (CI) untuk kebenarannya pada $1 - \alpha$, (2) *sampling design* dan *design questionnaires*, dan (3) beberapa teknik penentuan jumlah sampel n melalui kajian *simple random sampling* (SRS), *stratified random sampling*, *systematic random sampling*, *cluster random sampling*, dan lain-lain, dengan formula penentuan jumlah sampel (n) bergantung pada jenis estimasinya, yaitu estimasi *mean*, *total* dan *ratio*. Namun, secara umum jumlah sampel (n) tersebut bergantung pada *level of error* (α) dan standar deviasi (σ) yang melekat pada *error of bound*. Selanjutnya akurasi ini sangat dipengaruhi oleh validitas sampel dan teknik pengambilan sampel yang benar dan sah, di antaranya adalah (1) Krecie Morgan (*fixed level of signicance 5%*) , (2) monogram Harry King dengan beberapa tipe pilihan *error term*, (3) *basic concept n* dengan menggunakan titik kritis distribusi normal, (4) rumus Slovin yang mengharuskan N dan *error* diketahui, dan (5) Rumus Bernoulli untuk kasus tipe sukses dan gagal (sembuh dan sakit), dan lain-lain.

Kata Kunci: jumlah sampel, validitas sampel, teknik-teknik sampling

1. Pendahuluan

Secara umum, kesimpulan populasi selalu berdasarkan pengambilan data sampel (n) yang akurat dan presisi (Soejoeti, 2010). Di luar hal tersebut, terkadang jumlah populasi (N) tidak diketahui sehingga perlu dilakukan estimasi N . Salah satu metode sederhana untuk memperkirakan ukuran populasi N adalah metode pengambilan sampel langsung. Jika t mewakili jumlah sampel yang ditandai pada sampel awal, dan p menunjukkan proporsi sampel yang ditandai dalam populasi, maka ukuran populasi dapat diestimasi sebagai $N = \frac{t}{p}$. Dari konsep tersebut,

langkah efektif untuk menyimpulkan populasi berdasarkan sampel dan jika populasi sudah diketahui adalah melakukan teknik pengambilan sampel yang baik dan valid (dari populasi), yaitu dengan memperhatikan jumlah sampelnya (n), karakteristik populasinya, cakupan populasinya (N).

Jika populasi homogen, sampel bisa diambil dari populasi mana pun, tetapi, jika populasi bersifat heterogen, sampel harus mewakili setiap bagian yang heterogen dari populasi tersebut. Dengan mengacu Prasetyo, dkk (2011), dapat dikatakan bahwa teknik *sampling* dibedakan dalam dua kategori, yaitu teknik pengambilan sampel probabilitas (*probability sampling*) dan sampel nonprobabilitas (*non probability sampling*). Pada teknik *sampling* probabilitas berlaku bahwa setiap unit sampel mempunyai peluang sama dan akan menjadi kajian yang valid.

Dalam statistika, komponen yang diamati dan dihitung nilainya pada populasi disebut parameter, misal *mean* (μ), standar deviasi (σ), dan variansi (σ^2), sedangkan komponen yang dihitung dalam sampel untuk mengestimasi populasi disebut statistik, yaitu *mean* (\bar{x}), standar deviasi (s), dan variansi (s^2). Mengacu pada konsep *unbiased estimate*, kesimpulan sampel akan memberikan estimasi yang mendekati hasil dalam populasi dengan *margin error* ditentukan oleh peneliti, dan *level of significance* (α) pada *error* yang digunakan dalam kesimpulan populasi tersebut adalah (α), yaitu $\alpha = 0.01, 0.05$ dan 0.10 .

Di samping mempunyai *level of significance* (α), maka teknik menyimpulkan populasi berdasarkan sampel juga mempunyai *level of confidence interval* (CI) untuk kebenarannya dengan nilainya adalah $1 - \alpha$. Hal lain yang juga penting dalam konteks ini adalah *sampling design* dan *design questionnaires*, dan beberapa teknik penentuan jumlah sample n melalui kajian *simple random sampling* (SRS), *stratified random sampling*, *systematic random sampling*, *cluster random sampling*, dan lain-lain. Pada teknik *sampling* tersebut, formula penentuan jumlah sampel (n) bergantung pada jenis estimasinya, yaitu

estimasi *mean*, *total*, dan *ratio*. Namun, secara umum jumlah sampel (n) tersebut bergantung pada *level of error* (α) dan standar deviasi (σ) yang melekat pada *error of bound*. Mengacu pada Bhattacharya and Johnson (1977) dan Walpole and Myers (1997), formula *sample size* (n) yang umumnya digunakan dalam konteks *sampling* probabilitas (*randomness*) adalah

$$n \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{d} \right)^2$$

dengan d adalah nilai presisi yang ditentukan oleh peneliti, $Z_{\alpha/2}$ adalah nilai kritis distribusi normal dalam tabel normal standar, σ^2 adalah *unknown variance*.

Dalam konteks penentuan ukuran sampel (n), menggunakan persentase berdasarkan populasi belum bisa dijadikan acuan dan hal tersebut baru dimungkinkan jika sudah dilakukan survei berkali-kali yang sejenis dan kemudian dijadikan konvensi. Oleh karena itu, sebaiknya peneliti menghindari konsep tersebut dan lebih baik menggunakan konsep yang paling dasar dalam statistika, yaitu menggunakan formula tersebut atau menggunakan konsep tentang *large sample* (sampel besar), $n \geq 30$, dan *small sample* (sampel kecil), $n < 30$. Selanjutnya, konsep n pada aplikasi riil di lapangan sering menggunakan konsep *large* dan *small sample* sedemikian hingga sering dijumpai bahwa **n ideal** adalah (1) antara 30 – 500 (*large sample*) untuk *research*, (2) bila sampelnya dalam bentuk kategori maka sampel dalam kategori adalah 30 (*large sample*), (3) jika kasusnya *multivariate* analisis maka n ideal adalah 10 kali jumlah variabel (*large sample*, misal terdapat lima variabel maka $n = 10 \times 5 = 50$), dan terakhir (4) dalam eksperimen sederhana maka n ideal adalah 10 – 20 (*small sample*). Salah seorang peneliti, Krecie-Morgan (1970), telah membakukan nilai (n) untuk $\alpha = 0.05$ dengan CI , $1 - \alpha$, adalah 95% dari populasi yang diketahui adalah ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Sample Size n* Menurut Krecie–Morgan dengan CI 95%

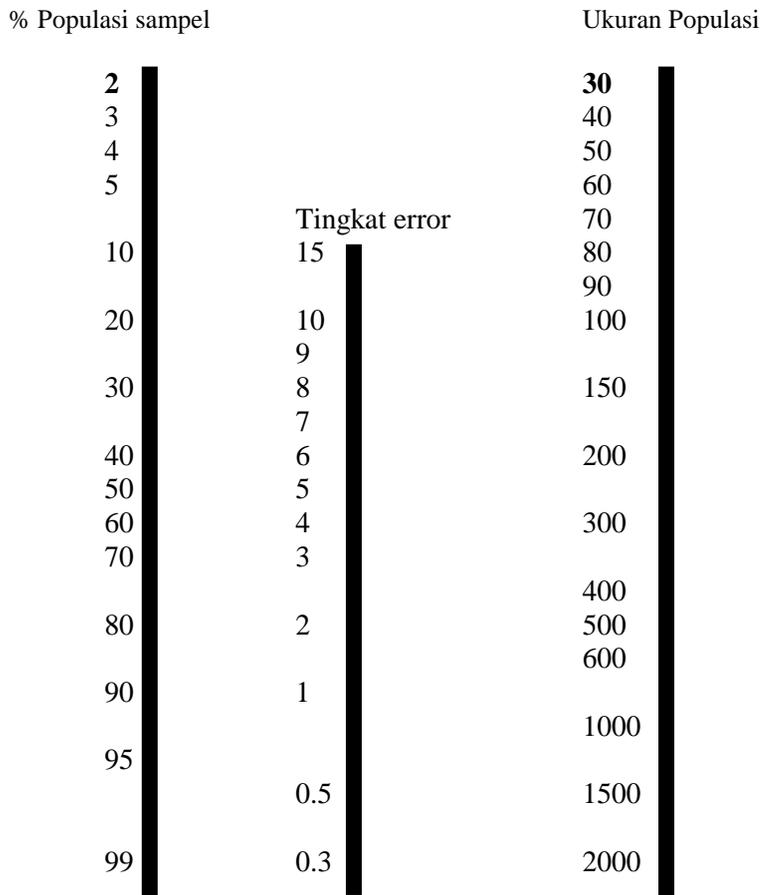
| <i>N</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 10 | 10 | 85 | 70 | 210 | 136 | 400 | 196 |
| 15 | 14 | 90 | 73 | 220 | 140 | 500 | 217 |
| 20 | 19 | 95 | 76 | 230 | 144 | 600 | 234 |
| 25 | 24 | 100 | 80 | 240 | 148 | 700 | 248 |
| 30 | 28 | 110 | 86 | 250 | 152 | 800 | 260 |
| 35 | 32 | 120 | 92 | 260 | 155 | 900 | 269 |
| 40 | 36 | 130 | 97 | 270 | 159 | 1000 | 278 |
| 45 | 40 | 140 | 103 | 280 | 162 | 2000 | 322 |
| 50 | 44 | 150 | 108 | 290 | 165 | 3000 | 341 |
| 55 | 48 | 160 | 113 | 300 | 169 | 4000 | 351 |
| 60 | 52 | 170 | 118 | 320 | 175 | 5000 | 357 |
| 70 | 59 | 180 | 123 | 340 | 181 | 10000 | 370 |
| 75 | 63 | 190 | 127 | 360 | 186 | 50000 | 381 |
| 80 | 66 | 200 | 132 | 380 | 191 | 100000 | 384 |

Peneliti lain yang juga pernah melakukan pembakuan hitungan n adalah Harry King melalui nomogram dari populasi berukuran maksimum 2000. Pada konteks ini King menampilkan persentase *error* yang bisa dipilih 3% sampai dengan 15%. Sketsa nomogram Harry King (Sugiyono, 2012) dipaparkan pada Gambar 1.

Jika diketahui jumlah populasi adalah 1000, letakkan titik awal pada garis jumlah populasi (kolom 3), yaitu garis lajur yang paling kanan sebagai titik awal untuk ditarik garis yang memotong garis kedua (yang berada di tengah). Jika tingkat kesalahannya telah ditentukan, misal 1 persen (1%), maka langkah kedua adalah meletakkan titik kedua pada angka 1 persen pada garis lajur kedua (kolom 2). Selanjutnya, tarik garis melalui dua titik tersebut sampai dengan memotong garis ketiga persentase proporsi sampel (garis paling kiri) atau kolom pertama. Titik potong tersebut adalah nilai persentase jumlah sampel n yang harus diambil dari populasinya.

Rujukan utama paper ini adalah Scheaffer, et al. (2012), sedangkan detail materi teknik sampling lainnya dapat ditemukan dalam Kish (1965), Cochran (1977,1991), BPS (2003), Yamane (1967), Bhattacharya and Johnson (1977), Walpole and Myers (1997), Sugiono (2012), dan Montgomery (1996). Pada tulisan ini, pendahuluan diberikan pada Bagian 1. *Unbiased* dan estimasi dipaparkan pada bagian 3.1. Bagian 3.2 menyajikan formula ukuran sampel, dan bagian 3.3 menyajikan *simple random sampling*. Selanjutnya, prosedur penarikan sampel diulas pada bagian 3.4 dan bagian 3.5 membahas ukuran sampel secara *simple random sampling*. Bagian terakhir, yaitu bagian 4, adalah kesimpulan.

Penentuan n berdasarkan Nomogram Harry King dari Populasi berukuran maksimum 2000



Gambar 1. Nomogram Harry King dari Populasi Berukuran Maksimum 2000

2. Metodologi Penelitian

Teknik menyimpulkan populasi berdasarkan validitas sampel memerlukan tahapan-tahapan, yaitu (1) pemahaman *level of confidence interval* (CI) untuk kebenarannya pada $1-\alpha$, (2) *sampling design* dan *design questionnaires*, dan (3) beberapa teknik penentuan jumlah sampel n melalui kajian *simple random sampling* (SRS), *stratified random sampling*, *systematic random sampling*, *cluster random sampling*, dan lain-lain, dengan formula penentuan jumlah sampel (n) bergantung pada jenis estimasinya, yaitu estimasi *mean*, *total* dan *ratio*. Namun, secara

umum jumlah sampel (n) tersebut bergantung pada *level of error* (α) dan standar deviasi (σ) yang melekat pada *error of bound*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 *Unbiased dan Estimasi*

Dalam konsep teknik *sampling* kesimpulan populasi harus *close* atau mendekati hasil estimasi sample selama pengambilan jumlah sampel n benar dan valid. *Statistics* pada estimasi sampel yang sering digunakan untuk estimasi populasi adalah *mean, standard deviation, variance, proportional, dan total*. Selanjutnya, pemahaman *close* dalam estimasi ini adalah harus bersifat *unbiased estimate*, yaitu “A statistics $\hat{\theta}$ is said to be unbiased estimator of parameter θ , if $E(\hat{\theta}) = \theta$ ”. Dari konsep tersebut, jika ukuran populasi disebut parameter (θ) diestimasi dengan *statistics* ukuran sampel ($\hat{\theta}$) maka terdapat tiga kondisi yang mungkin, yaitu (1) taksiran θ oleh $\hat{\theta}$ terlalu tinggi dan atau (2) taksiran θ oleh $\hat{\theta}$ terlalu rendah, dan (3) taksiran dengan $\theta = \hat{\theta}$ (*unbiased/ ideally*). Lebih jauh tentang hal tersebut, seharusnya sifat estimator tersebut juga harus mempunyai variansi minimum, yaitu ”jika $\hat{\theta}_1$ estimator” dan variasi $\hat{\theta}_1$ yang paling minimum sehingga $\hat{\theta}_1$ bervariasi minimum”, dan mempunyai variansi yang konsisten, yaitu untuk n menuju tak hingga (atau *large*) maka θ *close to* $\hat{\theta}$.

Selanjutnya, dari definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa sifat estimasi *sampling* untuk *mean, total, standar deviasi dan atau proporsi (ratio)* harus *unbiased estimate*, sebagai berikut.

$$(a) E(\bar{y}) = \mu,$$

$$(b) E(\hat{\tau}) = \tau,$$

$$(c) E(s) = \sigma$$

dengan *mean* $\left(\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} \right)$, s dan σ adalah standar deviasi sampel dan

populasi, total adalah $\tau = N\bar{y}$, dengan $s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$,

$$\text{Var}(\bar{y}) = E(\bar{y} - \mu)^2 = \left(\frac{s^2}{n} \right) \left(\frac{N-n}{N} \right) = \left(\frac{s^2}{n} \right) (1-f)$$

dan $\text{Var}(\hat{\tau}) = N^2 \text{Var}(\bar{y})$.

Pada estimasi populasi terdapat tiga hal penting estimasi populasi tersebut yang lazim, yaitu (1) estimasi *mean* popuasi $\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i$ oleh $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ *mean* sampel, (2) estimasi *total* popuasi $\tau = \sum_{i=1}^N y_i$ dari $\hat{\tau} = \sum_{i=1}^n y_i$ *total* sampel, dan (3) estimasi proporsi (*ratio*) popuasi $R = \frac{\tau_y}{\tau_x}$ dengan $\hat{R} = \frac{\bar{y}}{\bar{x}}$ proporsi (*ratio*) sampel.

3.2 Formula Ukuran Sampel

Formula penentuan jumlah sampel bergantung pada banyak hal dan kepentingannya sehingga tipe-tipe penentuan jumlah sampel dengan *fixed level of signicance* dan tipe kepentingan estimasinya dipaparkan disini, yaitu

$$(1) n \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{d} \right)^2 \quad (1)$$

Formula tersebut adalah merupakan *basic concept* penentuan jumlah sampel, dengan d adalah nilai presisi yang ditentukan oleh peneliti, $Z_{\alpha/2}$ adalah nilai kritis distribusi normal dalam tabel normal standar, σ^2 adalah *unknown variance*. Sebagai contoh, akan ditentukan jumlah sampel yang diperlukan ketika ingin mengestimasi μ *zinc concentration* yang tidak lebih dari 0.05 dan memenuhi 95% *confidence interval* (CI), dengan standar deviasinya diketahui 0.3. Jika ditanyakan berapa jumlah (*sample size*) n , maka $n \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma}{d} \right)^2 = \left(\frac{(1,96)(0,3)}{0,05} \right)^2 = 138,3 \square 139$ (dibulatkan ke atas).

$$(2) n \geq \frac{N}{1 + Ne} \quad (\text{Rumus Slovin}) \quad (2)$$

dengan N jumlah populasi, n ukuran sampel dan e , *error term* dari ketelitian yang dipilih. Contoh kasus ini adalah penentuan jumlah sampel pengguna herbal di populasi Banyumas. Untuk itu diperlukan *error term* yang tidak lebih dari 0.05 dalam mengestimasi μ dan juga informasi jumlah populasi N pengguna Herbal di Banyumas (misal 100.000) sehingga

$$n \geq \frac{100.000}{1+100.000(0.05)} = 19,9 \approx 20.$$

$$(3) n \geq \frac{(Z_{\alpha/2})^2 pq}{e^2} \quad (\text{Rumus Bernoulli}) \quad (3)$$

dengan p proporsi sukses, q proporsi gagal, e nilai presisi yang ditentukan oleh peneliti, $Z_{\alpha/2}$ adalah nilai kritis distribusi normal dalam tabel normal standar. Selanjutnya, ukuran sampel yang diperlukan saat estimasi *mean* pada *simple random sampling* (SRS) adalah

$$(4) n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2}, \quad D = \frac{B^2}{4}, \quad (4)$$

dengan B (*a bound on the error of estimation*) for *mean* diberikan sebagai

$$B = 2\sqrt{\text{Var}(\bar{y})} = 2\sqrt{\frac{s^2(N-n)}{nN}},$$

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}, \quad \bar{y} = \mu = \frac{\sum y_i}{n}.$$

Selanjutnya adalah contoh perhitungan n dengan formula di atas, yaitu jika $N = 1000$, $B = 3$, *no prior data* tersedia untuk estimasi *population of variance*, yang *variance* dalam interval range 100 (diketahui), dengan *CI* untuk *mean* adalah $\mu \pm 2\sigma$. Bisa ditentukan n untuk mengestimasi μ dengan $B = 3$. Dalam kasus ini, maka $\sigma \approx \text{range}/4 = 100/4 = 25$, $N=1000$. Karena itu, formula *sample size* (n) yang digunakan adalah

$$n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2} = 217.56 \approx 218, \quad \text{dimana } D = \frac{3^2}{4}. \quad \text{Contoh}$$

berikutnya penggunaan *error bound*, yaitu bila seorang investigator tertarik untuk mengestimasi total, dengan diketahui $N=1000$. Investigator ingin menentukan banyaknya anak burung yang harus disampling (*sampled*) untuk mengestimasi total berat badannya dengan 95% *CI* pada *error of estimation* adalah 1000 gm. Banyak studi yang mirip dikerjakan pada kasus ini (*nutrition chick*), dan data yang lampau menunjukkan bahwa varians populasinya adalah 36 gm. Jawaban

pertanyaan ini adalah bahwa diketahui $N = 1000$ dan $s^2 = 36$, dengan mengasumsikan sampel besar dan batasan *error bound of estimation* untuk 95% CI, maka $1.96 \sqrt{\text{Var}(N\bar{y})} < 1000 \text{ gm} \approx 2 \sqrt{\text{Var}(N\bar{y})} < 1000$, sehingga nilai $n = 122 \text{ chick}$.

Sedangkan formula ukuran sampel untuk mengestimasi τ (*total of population*) dengan *bound on the error of estimation B* (Scheaffer, dkk, 2012) adalah

$$(5) n = \frac{N\sigma^2}{(N-1)D + \sigma^2}, \quad D = \frac{B^2}{4N^2}, \quad (5)$$

dengan B (*a bound on the error of estimation*) for total adalah

$$B = 2\sqrt{\text{Var}(\tau)} = 2\sqrt{\text{Var}(N\bar{y})} = 2\sqrt{N^2 \frac{s^2(N-n)}{nN}}.$$

Selanjutnya formula ukuran sample n yang diperlukan untuk mengestimasi p (*proportion of population*) dengan *bound on the error of estimation B* (Scheaffer, dkk, 2012) adalah

$$(6) n = \frac{Npq}{(N-1)D + pq}, \quad D = \frac{B^2}{4N^2}, \quad (6)$$

dengan p proporsi sukses dan $q=1-p$ adalah proporsi gagal.

3.3 Simple Random Sampling

Simple random sampling (SRS) atau penarikan sampel acak sederhana selalu berkaitan dengan konsep peluang dan *randomize*. Artinya setiap unit sampel akan selalu diperlakukan secara random dan mempunyai peluang yang sama untuk terambil menjadi unit sampel (Kish, 1965; Cochran, 1977,1991; BPS, 2003; Yamane, 1967). Jadi SRS adalah penarikan sampel (elemen-elemen sampel) dalam populasi yang telah didefinisikan, dan merupakan prosedur penarikan sampel yang paling sederhana, dan menjadi dasar model lainnya. Model lainnya adalah merupakan modifikasi atau pengembangan dari SRS. Modifikasi tersebut dengan mempertimbangkan persyaratan dan tujuan tertentu. Syarat utama pada SRS adalah homogenitas dalam populasi. Dalam hal ini, *mean* sampel dalam SRS adalah ukuran statistik yang relatif valid dan dapat dipercaya maka estimasi *mean*, total, ratio dan proporsi populasi akan menjadi hal penting dalam kasus SRS, dengan syarat (1) tersedianya

elemen populasi yang lengkap, (2) homogenitas populasi, dan (3) geografis populasi tidak terpencar-pencar dalam ruang yang luas.

Pertanyaan umum yang sering muncul pada permasalahan pengambilan sampel adalah berapa jumlah sampel (n). Berapa persentase jumlah sampel tersebut dari (terhadap) populasinya? Metode ini tidak dikenal dalam statistik, dan statistik menyarankan hal yang lebih baik dan mudah adalah menggunakan ukuran sampel besar dan sampel kecil, yaitu $n \geq 30$ (sampel besar) atau $n < 30$ (sampel kecil). Pada ukuran sampel $n \geq 30$, asumsi normal selalu menyertai hal tersebut, sedangkan untuk $n < 30$ (sampel kecil), asumsi *normality* belum tentu dipenuhi.

Dari hal tersebut, penentuan jumlah sampel yang deterministik dan valid sangat diperlukan sehingga penentuan ukuran sampel n secara statistika akan menjadi penting dan urgen. Dalam ilmu statistik, ukuran sampel n harus terkait dengan standar deviasinya (σ). Misalnya, lebar interval precisi yang dikehendaki $2d$ dengan tingkat keyakinan 95%,

maka ukuran n haruslah bilangan bulat terkecil yang $\geq \left(\frac{1.96 \sigma}{d} \right)^2$.

Mengapa harus lebih besar dan atau sama dengan nilai $\left(\frac{1.96 \sigma}{d} \right)^2$? .

Formula terakhir ini sering digunakan untuk menentukan n (ukuran sampel) atau kadang-kadang digunakan untuk menentukan r (ulangan pengamatan) dengan nilai *error* tidak melebihi nilai tertentu d .

3.4 Prosedur Penarikan Sampel

SRS adalah sebuah metode pemilihan sebuah unit sampel dari populasi sedemikian hingga setiap unit sampel mempunyai kesempatan yang sama untuk diambil sebagai sampel. Dalam SRS, sampel dapat dipilih dalam dua kemungkinan, yaitu (1) tanpa pengembalian (*without replacement*) dan (2) dengan pengembalian (*with replacement*). Misalnya dalam populasi berukuran N dan ukuran sampel n , maka dengan penarikan sampel *without replacement* akan terbentuk set sampel berbeda masing-masing berukuran n dari kombinasi N dan n , dinotasikan

$$C_{N,n} = \frac{N!}{n!(N-n)!}, \text{ dengan } n! = 1.2 \cdots n.$$

Berikut adalah teknik pengambilan sampel yang lazim dan banyak digunakan, yaitu (1) menggunakan teknik peluang (undian) (2) menggunakan angka random dari komputer dan atau tabel angka random. Cara yang kedua tersebut relatif lebih efisien dibandingkan cara yang pertama untuk kasus dengan populasi besar. Mengacu Prasetyo dkk. (2011), proses pengambilan unit sampel dengan tabel angka random

untuk 30 sampel dari populasi 500 dapat digambarkan dalam beberapa tahapan, yaitu (1) siapkan tabel angka random yang biasanya sudah tersusun angka-angka random (lima digit, misal 23434) dalam skema baris dan kolom (angka tersebut [23434] terletak pada baris 01 dan kolom 05-09), dengan jumlah baris adalah 50, yaitu 00—49 dan jumlah kolom 10, yaitu 00—04 sampai dengan 45—49, (2) karena populasi 500 terdiri dari tiga digit angka, kita menggunakan tiga digit angka dari dalam tabel angka random yang nilainya kurang dari 500, (3) misalnya *start* awal di gunakan tabel 1, baris 1 dan kolom 1, dengan proses berjalan ke kanan (harus konsisten) sehingga didapat angka acak 31820, 00476, 27676, 37377, 07573, 65309, 00588, 88299, 72747, dan 65197. Selanjutnya, kita gunakan tiga angka pertama, yaitu 318, 004, 276, 373, 075, 653, 005, 882, 727, dan 651, sehingga sampel yang dipilih adalah yang berada dalam bingkai sampel dan bernilai kurang dari 500, yaitu 318, 004, 373, 075, dan 005. Proses ini berjalan terus secara konsisten sampai didapatkan nomor-nomor unit sampel yang nilainya kurang dari 500 dan berjumlah 30.

3.5 Ukuran Sampel n Secara SRS

Mengacu Scheaffer et al., (2012), besarnya nilai n (*sample size*/ukuran sampel) tergantung pada tujuan estimasi yang ditargetkan sehingga formula untuk menentukan n relatif sedikit ada perbedaan pada ketiga jenis estimasi sebagaimana tersebut, yaitu estimasi μ , τ , dan R (**Lihat Rumus 4, 5, dan 6 pada Bagian 3**). Konsep yang terkait di luar ukuran sampel adalah pengertian tentang nilai keyakinan atau *interval confidence (CI)* pada estimasi mean, total, dan proporsi yang juga berbeda. Mengacu Montgomery (1996), nilai *interval confidence* yang paling umum untuk estimasi *mean* populasi dan merupakan *basic concept* adalah sebagai berikut:

(1) $(1 - \alpha) \%$ *CI for mean of population* (σ is known) adalah

$$\bar{x} \pm Z_{\alpha/2} \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \text{ dan}$$

(2) $(1 - \alpha) \%$ *CI for mean* (σ is unknown) : $\bar{x} \pm t_{\alpha/2; n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$.

Berikut adalah contoh-contoh perhitungan penentuan jumlah sampel dan *confidence interval (CI)* lainnya. **Pada contoh pertama** ini dipaparkan perhitungan *CI for mean* dan total, sebagai berikut. Diketahui $N = 1000$, $n = 200$, $s^2 = 445.21$, $\bar{y} = 94.21$. Akan ditentukan *confidence interval (CI)* untuk rata-rata populasi. Jadi, *CI for mean* untuk 95% adalah $\bar{y} \pm 2\sqrt{Va(\bar{y})} = 94.22 \pm 2.67$. Selanjutnya,

untuk CI total, dengan diketahui data *time spent each week by scientists on tasks* dalam SRS adalah $n=50$, $\bar{y} = 10.31$, $N = 750$ (employs), $s^2 = 2.25$. Akan ditentukan estimasi total dan CI untuk populasi total. Jadi, estimasi total $N \bar{y} = 750 (10.31) = 7732.5$ hours, dan CI 95% untuk total adalah $N\bar{y} \pm 2\sqrt{\text{Var}(N\bar{y})} = 7732.5 \pm 307.4$.

Contoh berikutnya adalah terkait masalah proporsi, yaitu kasus proporsi, pada data yang diketahui sebagai data 500 keluarga (sampel mula-mula) yang memiliki TV, $x = 340$ *subscribed to program HBO*. Jika kita menginginkan estimasi p dalam 0.02, maka tentukan nilai n sebenarnya! Pada kasus ini adalah kasus proporsi, sehingga $\hat{p} = 340/500 = 0.68$, $Z_{\alpha/2} = Z_{0.025} = 1.96$ dan $d = 0.02$, maka $n \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{d}\right)^2 (\hat{p}\hat{q}) = \left(\frac{1.96}{0.02}\right)^2 ((0.68)(0.32)) = 2090$. Jadi, dapat disimpulkan sampel tersebut tidak cukup sehingga **diperlukan tambahan sampel**.

4 Kesimpulan

Akurasi kesimpulan populasi sangat dipengaruhi oleh akurasi penentuan jumlah sampel. Teknik pengambilan sampel yang benar dan sah menjadi indikator yang baik terhadap hasil kesimpulannya dan karena itulah kajian ini menunjukkan bahwa ada beberapa tipe penentuan sampel dengan *fixed level of signicance* dan kepentingan estimasinya, yaitu (1) Krecie Morgan (*fixed level of signicance* 5%), (2) monogram Harry King dengan beberapa tipe pilihan *error term*, (3) *basic concept n* dengan menggunakan titik kritis distribsi normal, dan rumus Slovin yang mengharuskan N dan *error* diketahui, (5) Rumus Bernoulli untuk kasus tipe sukses dan gagal (sembuh dan sakit), dan lain-lain.

Daftar Pustaka

- Bhattacharyya, G.K and Johnson, R.A. (1977). *Statistical Concepts and Methods*. USA: John and Wiley Son.
- BPS. (2003). *Dasar-Dasar Metode Penarikan Sampel*. Jakarta: BPS Jakarta.
- Cochran, W. (1991). *Teknik Penarikan Sampel Teori dan Aplikasi*. Edisi Ketiga (Buku Terjemahan). Jakarta: Universitas Indonesia.
- Cochran, W. (1977). *Sampling Technique*. USA: Willey.
- Kish, N. (1965). *Survey Sampling*. USA: Wiley.
- Montgomery, D.C. (1996). *Regression Analysis*. USA: John and Wiley Son .
- Prasetyo, B., Arifin, M.H., dan Febriana, E.Z. (2011). *Pengantar Statistika Sosial*. Jakarta: Universitas Terbuka.

- Scheaffer, R.L., Mendenhal, W., Ott, R.L. and Gerow, K. (2012). *Elementary Survey Sampling*. USA: Duxbury Press.
- Soejoeti, Z. (2010). *Metode Statistik I*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R dan D*. Bandung: Alfabeta.
- Walpole, R.E. dan Myers, R.H. (1997). *Probability and Statistics for Engineers and Scientist*. USA: Mc. Milan.
- Yamane, T. (1967). *Elementary Sampling Theory*. USA: Prentice-Hall.

REVIEW SOLUSI PERSAMAAN DIOPHANTINE NON-LINIER

Agus Sugandha, Niken Larasati, Ma'rifatul Nur Yuniati
Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jenderal Soedirman

E-mail: agussugandha74@gmail.com

Abstrak. Persamaan Diophantine non-linear memiliki beberapa bentuk persamaan diantaranya yaitu persamaan Diophantine non-linear eksponensial dan persamaan Diophantine non-linear polinomial. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji beberapa persamaan Diophantine non-linear eksponensial dengan bentuk $A^x + B^y = C^z$ dan persamaan Diophantine non-linear polinomial dengan bentuk $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan persamaan Diophantine non-linear adalah sifat-sifat kongruensi, fraksi kontinu, konjektur catalan, dan persamaan Pell. Artikel membahas metode yang dapat digunakan untuk mendapatkan solusi persamaan Diophantine non-linear eksponensial yang berbentuk $2^x + 2^y = Z^2$, $3^x + 13^y = Z^2$ dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif dan persamaan Diophantine non-linear polinomial $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan $1 \leq a \leq 10$, $1 \leq l \leq 33$. Hasil yang diperoleh adalah penyelesaian dari persamaan Diophantine eksponensial non-linear dari $A^x + B^y = C^z$ dengan x, y, z adalah bilangan bulat non-negatif yang dapat diselesaikan dengan berbagai metode solusi seperti induksi matematika, teori kekongruenan, dan konjektur Catalan, sedangkan penyelesaian persamaan Diophantine polinomial non-linear dari $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan x, y, k, l bilangan bulat positif, menggunakan metode fraksi kontinu dan persamaan Pell.

Kata kunci: fraksi kontinu, Konjektur Catalan, persamaan Diophantine polinomial non-linear, persamaan Pell, teori kekongruenan.

1. Pendahuluan

Teori bilangan adalah bagian dari matematika yang mengkaji bilangan bulat dan sifat-sifatnya. Dalam teori bilangan dikenal persamaan Diophantine yang merupakan persamaan polinomial dengan satu atau lebih variabel dan mempunyai solusi berupa bilangan bulat. Menurut Burton (2007), persamaan Diophantine diambil dari nama matematikawan Diophantus yang tinggal di Alexandria sekitar tahun 250 Masehi. Persamaan tersebut baru dikenalkan sekitar tahun 270 Masehi

oleh Uskup Laodikia dalam buku tentang perhitungan Mesir untuk menghormati temannya Diophantus.

Persamaan Diophantine linear memiliki bentuk umum $a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_n - 1x_n - 1 + a_nx_n = b$, berlaku untuk setiap $n \in \mathbb{N}$ dan $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n, b \in \mathbb{Z}$ dengan $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ merupakan koefisien bilangan bulat dan $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ merupakan variabel dan b adalah konstanta. Persamaan Diophantine non-linear terdiri dari persamaan Diophantine non-linear eksponensial dan persamaan Diophantine non-linear polinomial.

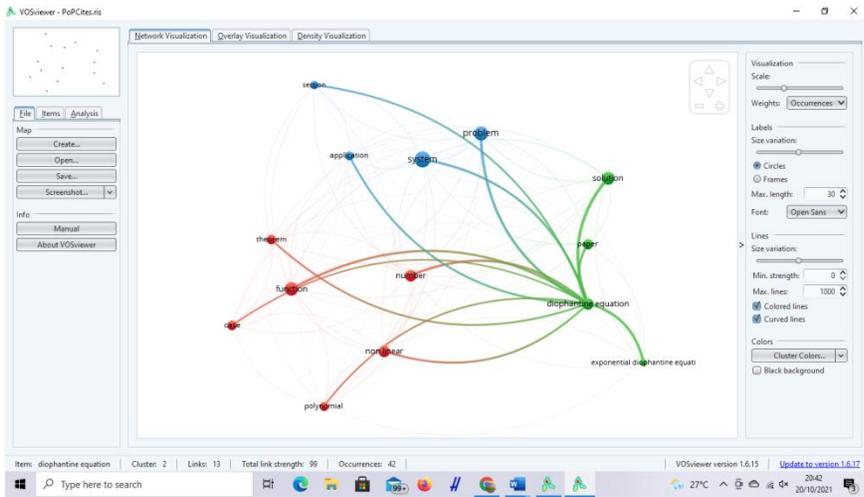
Penelitian tentang persamaan Diophantine eksponensial yang berbentuk $2^x + 2^y = Z^2$ dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif telah dilakukan oleh Sugandha et al. (2017). Jika $x = y$, maka solusinya adalah $(x, y, z) = (2k - 1, 2k - 1, 2^k)$. Jika $x < y$, maka solusinya adalah $(x, y, z) = (2k + 2, 2k + 5, 3 \cdot 2^{k+1})$, sedangkan jika $x > y$, maka solusinya adalah $(x, y, z) = (2k + 3, 2k, 3 \cdot 2^k)$ dengan k bilangan bulat positif. Selanjutnya, penelitian persamaan Diophantine non-linear eksponensial juga dilakukan oleh Astana et al. (2017) dengan menggunakan konjektur Catalan dan rumus aljabar dalam penelitiannya membuktikan bahwa persamaan Diophantine non-linear eksponensial yang berbentuk $3^x + 13^y = Z^2$ dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif memiliki tepat empat solusi adalah $(1, 0, 2)$, $(1, 1, 4)$, $(3, 2, 14)$, dan $(5, 1, 16)$. Sugandha et al. (2018) meneliti bahwa persamaan Diophantine non-linear $11^x + 13^y = z^2$ tidak memiliki solusi dengan menggunakan sifat kekongruenan. Rahmawati et al. (2019) meneliti solusi dari persamaan Diophantine non-linear $(7^k - 1)^x + (7^k)^y = z^2$ dengan k adalah bilangan bulat genap positif dan solusinya adalah $(x, y, z) = \left(1, 0, 7^{\frac{k}{2}}\right)$.

Penyelesaian persamaan Diophantine non-linear polinomial juga dilakukan oleh (Yuan dan Hu 2013) yang membuktikan bahwa terdapat bilangan bulat k sedemikian sehingga persamaan Diophantine non-linear $x^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan $1 \leq l \leq 33$ memiliki solusi bilangan bulat positif (x, y) . Urrutia et al. (2015) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa penyelesaian persamaan Diophantine non-linear $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan menggunakan fraksi kontinu dan persamaan Pell, untuk bilangan bulat positif $1 \leq a \leq 10$ memiliki banyak solusi bilangan bulat positif (x, y) . Pada artikel ini akan dikaji metode yang dapat digunakan untuk menentukan solusi persamaan Diophantine eksponensial $2^x + 2^y = Z^2$, $3^x + 13^y = Z^2$ dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif dan persamaan Diophantine non-linear polinomial $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan $1 \leq a \leq 10$, $1 \leq l \leq 33$.

Analisis *bibliometric* menggunakan aplikasi *publish and ferish* dan *vos viewer*, dari 1000 jurnal yang ditarik terindeks *google scholar* dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1 dengan menggunakan aplikasi *publish* dan *ferish* diperoleh 1000 jurnal terindeks Google Scholar. Kemudian dari 1000 jurnal tersebut disimpan dan di jalankan dengan menggunakan aplikasi Vos Viewer. Hasilnya adalah Gambar 2 dan Gambar 3 Terkait penelitian tentang persamaan Diophantine non-linear, terdapat beberapa topik, yaitu solusi persamaan Diophantine non-linear eksponensial dan polinomial beserta penerapannya (Gambar 2). Kemudian berdasarkan periode penelitian mengenai solusi persamaan Diophantine non-linear polinomial banyak ditulis mulai tahun 2018. Hal ini dapat dilihat berdasarkan warna hijau kekuningan, sedangkan penelitian mengenai solusi persamaan Diophantine eksponensial banyak ditulis mulai pertengahan tahun 2018 sampai 2019. Hal ini dapat dilihat pada warna cenderung kekuningan. Sementara itu, penelitian mengenai persamaan Diophantine non-linear, baik eksponensial maupun polinomial, cenderung belum banyak dilakukan, hal ini dapat dilihat pada Gambar 3 ditandai dengan warna biru pucat.

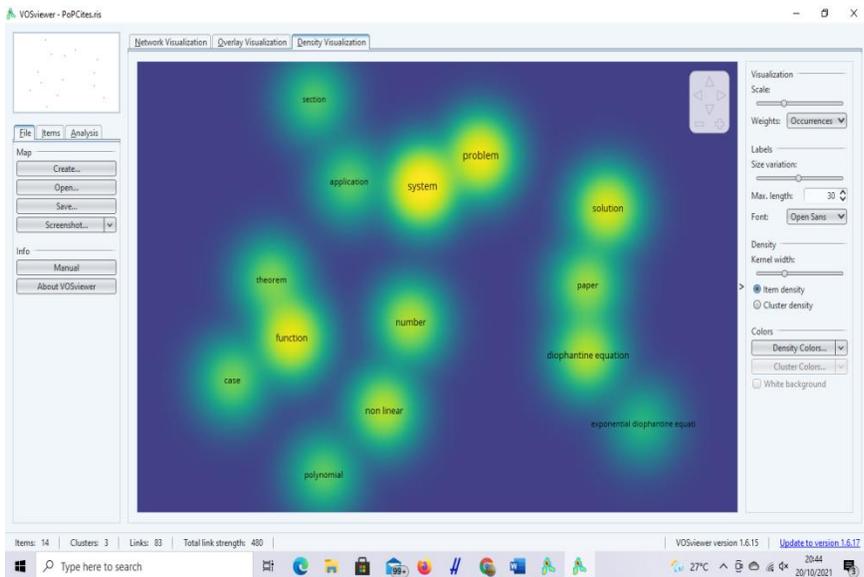
Year	Cites	Per year	Rank	Authors	Title
2012	2,89	83	1	F Sottorandes, PE Vincent	On the development and implementation of high-order flux reconstruction schemes for computational fluid dynamics
2012	6,00	98	2	M Franić, M Chen, P Kröger	In memory of Oded Maler: automatic reachability analysis of hybrid-state automata
2012	3,00	165	3	DWC Marcondes, GF Comas-Forgas, ...	Extensive numerical study and circuitry implementation of the Watt governor model
2012	4,60	187	4	M Hochman	Dimension theory of self-similar sets and measures
2012	4,00	237	5	W S J Li	Response solutions and quasi-periodic degenerate bifurcations for quasi-periodically forced systems
2012	3,80	252	6	H Hübner, A Cusi	Risk theory with affine dividend payment strategies
2012	6,00	317	7	D Najman, F Pak	Short Freyberger arithmetic is hard
2011	3,67	3	1	S Kumar, S Gupta, H Kishan	On the Non-Linear Diophantine Equation $61x + 2z + 67y = x^2 + 67z + 73y^2 + 2$
2011	5,50	170	2	M Bert	KAM theory for parabolic differential equations
2011	2,20	275	3	S Kocic	Genetic rigidity for circle diffeomorphisms with breaks
2011	5,50	280	4	G Marcelli, D Monaco, M Moscolari, G Pan...	The Hénon model and its localization dichotomy
2011	2,20	299	5	G Bartschi, D Kuper	A strong version of implicit function theorem
2010	5,00	134	1	W De Roeck, V Verret	Very slow heating for weakly driven many-body systems
2010	10,00	203	2	MB Coblenz, V Anstun, AC Hansen	Can stable and accurate neural networks be computed?—On the barriers of deep learning and Smale's 18th problem
2010	2,50	388	3	LA Betts	The moduli moduli geometry of local heights on abelian varieties
2010	3,33	306	4	D Knop, T Masaoka, T Toular	Parameterized complexity of fair-vertex evaluation problems

Gambar 1. Penarikan 1000 Jurnal dengan Menggunakan *Publish* dan *Ferish*



Gambar 2. Keterkaitan Penelitian Persamaan Diophantine Non-Linier

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat keterkaitan penelitian persamaan Diophantine non-linear, yaitu mengenai persamaan Diophantine ekponensial dan polinomial, serta solusi persamaan Diophantine non-linear dan sistem persamaan Diophantine non-linear.



Gambar 3. Kebaruan Penelitian Persamaan Diophantine Non-Linier

Berdasarkan Gambar 3 terkait penelitian mengenai solusi persamaan Diophantine non-linear bisa dikatakan sudah banyak, tampak dari jumlah titik berwarna kuning. Sementara itu, penelitian mengenai persamaan Diophantine non-linear baik eksponensial maupun polinomial bisa dikatakan belum banyak. Hal ini dapat dilihat dengan titik berwarna biru kehijauan yang cenderung pucat. Oleh karena itu, dari Gambar 3 masih terbuka sangat lebar mengenai topik penelitian persamaan Diophantine non-linear baik eksponensial maupun polinomial

2. Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah *literature review*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Persamaan Diophantine Non-linear $2^x + 2^y = Z^2$

Dalam penelitiannya, Sugandha et al. (2017) menggunakan induksi matematika persamaan Diophantine non-linear eksponensial $2^x + 2^y = Z^2$, dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif memiliki solusi dalam bentuk sebagai berikut.

1. Kasus $x = y$, bentuk solusinya adalah $(x, y, z) = (2k - 1, 2k - 1, 2^k)$ dengan k bilangan bulat positif.
2. Kasus $x < y$, bentuk solusinya adalah $(x, y, z) = (2k + 2, 2k + 5, 3 \cdot 2^{k+1})$ dengan k bilangan bulat positif.
3. Kasus $x > y$, bentuk solusinya adalah $(x, y, z) = (2k + 3, 2k, 3 \cdot 2^k)$ dengan k bilangan bulat positif.

3.2 On The Diophantine Equation $3^x + 13^y = Z^2$

Astana (2017) membuktikan bahwa persamaan Diophantine $3^x + 13^y = Z^2$ memiliki tepat empat solusi bilangan bulat non-negatif untuk x, y , dan z . Dengan menggunakan proposisi konjektur Catalan (3,2,2,3) terdapat solusi yang unik (a, b, x, y) untuk persamaan Diophantine $A^x + B^y = 1$ dengan a, b, x, y adalah bilangan bulat sehingga $\min\{a, b, x, y\} > 1$ (Mihaylescu 2004). Selanjutnya, dengan mengambil *lemma* yang menyatakan bahwa (1,2) adalah solusi unik (x, z) untuk persamaan Diophantine $3^x + 1 = Z^2$ dengan x dan z adalah bilangan bulat non-negatif (Rabago 2013), maka dalam penelitiannya diperoleh hasil utama bahwa persamaan Diophantine non-linear eksponensial $3^x + 13^y = Z^2$ memiliki tepat empat solusi bilangan bulat non-negatif (1,0,2), (1,1,4), (3,2,14), (5,1,16) masing-masing untuk x, y dan z .

3.3 On The Diophantine Equation $x^2 - kxy + y^2 + lx = 0$

Yuan and Hu (2013) menunjukkan bahwa untuk setiap bilangan bulat l dengan $1 \leq l \leq 33$, akan dibuktikan bahwa ada banyak bilangan bulat positif k sehingga persamaan Diophantine $x^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ memiliki solusi bilangan bulat positif (x, y) tak terhingga. Dengan menggunakan teorema Fraksi kontinu, persamaan tersebut dibagi menjadi dua kasus, yaitu kasus 1 untuk $2|k$ dengan $k = 2k_1$ dengan $(k_1 \geq 2, k_1 \in \mathbb{Z}^+)$ dan kasus 2 untuk $2 \nmid k, 2|e$ dengan $e = 2e_1$, dengan k bernilai ganjil dan $k \geq 5$. Kemudian, bentuk persamaan ke teorema Hua Loo Keng (1982) yang menyatakan bahwa misalkan d, P_n, Q_n merupakan bilangan bulat positif, maka persamaan $x^2 - dy^2 = (-1)^n Q_n$ memiliki solusi bilangan bulat (x, y) , tetapi, jika $l \neq (-1)^n Q_n$ dan $|l| < \sqrt{d}$, maka persamaan Diophantine $x^2 - dy^2 = l$ tidak memiliki solusi bilangan bulat positif (x, y) . Dalam penelitiannya, diperoleh hasil untuk menentukan nilai $k_1 = k/2$ dengan persamaan $x^2 - (k_1^2 - 1)y^2 = -l, \gcd(x, y) = 1$ mempunyai solusi bilangan bulat (x, y) dengan $1 < k_1 \leq l \leq 33, y \leq \sqrt{33/2(x_0 - 1)} < 5$; dan untuk menentukan nilai k menggunakan persamaan $x^2 - (k^2 - 4)y^2 = -4l, \gcd(x, y) | 2$ mempunyai solusi bilangan bulat (x, y) , dengan $1 < k \leq 4l \leq 132, y \leq \sqrt{132/(x_0 - 2)} < 7, x_0 \geq 5$.

3.4 On The Diophantine Equation $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$

Urrutia (2015) menunjukkan bahwa dalam penyelesaian persamaan Diophantine non-linear $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ untuk bilangan bulat positif $2 \leq a \leq 10$ dan $1 \leq n \leq 5$ terdapat banyak pasangan bilangan bulat positif l dan k sehingga persamaan Diophantine tersebut memiliki banyak solusi bilangan bulat positif (x, y) . Dengan menggunakan teorema Fraksi kontinu, persamaan tersebut dibagi menjadi dua kasus untuk kasus 1 genap $a \geq 2$ dan kasus 2 ganjil $a \geq 3$. Kemudian, memisalkan persamaan $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan $u = x$ dan $v = y$ sehingga membentuk persamaan $au^2 - kuv + v^2 + lu = 0$, selanjutnya bentuk persamaan tersebut kedalam teorema Hua Loo Keng (1982) menyatakan bahwa misal d, P_n, Q_n merupakan bilangan bulat positif, maka persamaan $x^2 - dy^2 = (-1)^n Q_n$ memiliki solusi bilangan bulat (x, y) , tetapi, jika $l \neq (-1)^n Q_n$ dan $|l| < \sqrt{d}$, maka persamaan Diophantine $x^2 - dy^2 = l$ tidak memiliki solusi bilangan bulat positif (x, y) . Jadi, peneliti menunjukkan pasangan

bilangan bulat positif l dan k serta solusi-solusi bilangan bulat positif (x, y) .

4. Kesimpulan

Berdasarkan *review* penelitian di atas diperoleh bahwa untuk menyelesaikan suatu persamaan Diophantine non-linear dapat digunakan berbagai metode seperti menggunakan sifat-sifat kongruensi, fraksi kontinu, keterbagian, induksi matematika, konjektur Catalan, dan keprimaan.

Dalam penelitian persamaan Diophantine non-linear eksponensial $2^x + 2^y = Z^2$ dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif, peneliti menggunakan metode induksi matematika untuk menentukan bentuk solusinya. Selanjutnya, penelitian persamaan Diophantine non-linear eksponensial $3^x + 13^y = Z^2$ dengan x, y dan z bilangan bulat non-negatif, peneliti menggunakan proposisi konjektur Catalan untuk membuktikan bahwa persamaan tersebut memiliki tepat empat solusi untuk masing-masing x, y , dan z . Penelitian persamaan Diophantine non-linear polinomial $x^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan $1 \leq l \leq 33, l$ bilangan bulat positif, dalam penyelesaiannya peneliti banyak menggunakan teorema Fraksi kontinu, kekongruenan, dan teorema persamaan Pell. Kemudian, penelitian persamaan Diophantine non-linear polinomial $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan $2 \leq a \leq 10$ dan $1 \leq n \leq 5$ dengan n bilangan bulat positif, dalam penelitian tersebut peneliti juga banyak menggunakan teorema Fraksi kontinu, kekongruenan, dan teorema persamaan Pell.

Berdasarkan hasil di atas dapat diambil kesimpulan bahwa penyelesaian persamaan Diophantine non-linear eksponensial yang berbentuk $A^x + B^y = C^z$ dengan x, y, z merupakan bilangan bulat non-negatif dapat diselesaikan dengan berbagai metode penyelesaian seperti metode induksi matematika dan konjektur Catalan, sedangkan penyelesaian persamaan Diophantine non-linear polinomial dengan bentuk $x^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ dengan x, y, k, l bilangan bulat positif, metodenya cenderung sama, yaitu dengan menggunakan teorema fraksi kontinu dan persamaan Pell.

Daftar Pustaka

- Marlewski, A. and Zarzycki P. (2002) Infinitely Many Positive Solutions of the Diophantine $x^2 - kxy + y^2 + x = 0$. *International Journal Computers and Mathematics with Applications*.
- Burton, D.M. (2007). *Elementary Number Theory*. Sixth Edition. New York: Mc Graw-Hill Companies.

- Keng, H.L. (1982). *Introduction Number Theory*. Berlin: Springer-Verlag.
- Urrutia, J.D., and Aranas, J.M.E. (2015). On The Diophantine Equation $ax^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ *Journal of Physics: Conference Series*.
- Rabago, J.F.T. (2013). On Two Diophantine Equations $3^x + 19^y = z^2$ and $3^x + 91^y = z^2$. *Int. J. Math. Sci. Comp.*, **3**: 28-29.
- Rabago, J.F.T. (2013). A Note on Two Diophantine Equation $17^x + 19^y = z^2$ and $71^x + 73^y = z^2$ *Mathematical Journal of Interdisciplinary Sciences*, **2**: 19-24.
- Rabago, J.F.T. (2013). More on the Diophantine Equations of Type $p^x + q^y = z^2$. *Int. J. Math. Sci. Comp.*, **3**: 15-16.
- Feng, L., Yuan, P. and Hu, Y. (2013). On the Diophantine Equation $x^2 - kxy + y^2 + lx = 0$ *Integers*, 13.
- Mihailescu, P. (2004). Primary Cyclotomic Units and a Proof of Catalan's Conjecture. *J. Reine. Angew. Math.*, **573**: 167-195
- Shivangi, A. and Madan, M.S. (2017). On the Diophantine Equation $3^x + 13^y = Z^2$. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, **114**(2): 301-304.
- Sugandha A, Surbakti A.T., dan Prabowo, A. (2017). Persamaan Diophantine Non-Linear $2^x + 2^y = Z^2$. *Prosiding Seminar Nasional FMIPA-UT Universitas Terbuka*: 236-239
- Sugandha, A., Tripena, A., Prabowo, A., and Sukono. (2018). Nonlinear Diophantine Equation $11^x + 13^y = z^2$. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 332, 012004, 1-4.
- Sugandha, A., Tripena, A., and Pfabowo, A. (2019). Non-linear Diophantine Equation $13^x + 31^y = z^2$. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1179, 012002, 1-4.
- Sugandha, A., Tripena, A., and Prabowo, A. (2019). Solution to Non-Linear Diophantine Equation $p^x + (p + 5)^y = z^2$ with p is Mersenne Prime. *International Journal of Recent Technology and Engineering*: 237-238
- Sroysang, B. (2012). On the Diophantine Equation $3^x + 5^y = z^2$. *Int. J. Pure Appl. Math.*, **81**: 605-608
- Sroysang, B. (2012). More on the Diophantine Equation $2^x + 3^y = z^2$. *Int. J. Pure Appl. Math.*, **84**: 133-137
- Sroysang, B. (2013). On the Diophantine Equation. $3^x + 17^y = z^2$. *Int. J. Pure Appl. Math.*, **89**: 111-114
- Sroysang, B. (2014). More on the Diophantine Equation $3^x + 85^y = z^2$. *Int. J. Pure Appl. Math.*, **91**: 131-134

APLIKASI METODE MAGNETIK UNTUK MENGIDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN SUNGAI LOGAWA, DESA KEDIRI, KECAMATAN KARANGLEWAS, KABUPATEN BANYUMAS

Sehah

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Jenderal Soedirman

E-mail: sehah@unsoed.ac.id

ABSTRAK. Penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi struktur lapisan batuan bawah permukaan Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas berdasarkan data anomali magnetik. Kegiatan survei magnetik dimulai dengan pengukuran intensitas medan magnetik total di 173 titik lokasi yang tersebar pada posisi $109,19697^{\circ} - 109,20758^{\circ}$ BT dan $7,44883^{\circ} - 7,45411^{\circ}$ LS. Data kuat medan magnetik total yang diperoleh memiliki rata-rata 44.835,99 nT. Setelah dilakukan koreksi dan reduksi, diperoleh data anomali magnetik lokal berkisar -1025.668 – 300.049 nT yang terletak pada ketinggian rata-rata topografi daerah penelitian; 70,07 m. Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan perangkat lunak Mag2DC for Window terhadap data anomali magnetik lokal, diperoleh empat benda anomali, yang ditafsirkan sebagai batupasir berbutir halus hingga kasar ($\chi = 0,0015$ cgs), batupasir kompak berbutir kasar yang bercampur dengan breksi andesit-basaltik ($\chi = 0,0035$ cgs), batuan beku andesit-basaltik ($\chi = 0,0085$ cgs), serta batuan dasar andesit-basaltik kompak yang belum terurai ($\chi = 0,0145$ cgs). Keberadaan mineral emas secara acak diperkirakan terdapat dalam batupasir dan batupasir kompak sebagai hasil pengendapan aliran sedimen di sepanjang aliran sungai dari kawasan hulu.

Kata Kunci: metode magnetik, anomali magnetik, batuan bawah permukaan, suseptibilitas magnetik.

1. Pendahuluan

Teknologi eksplorasi sumberdaya alam terus dikembangkan seiring dengan meningkatnya kebutuhan hidup manusia. Survei geofisika merupakan salah satu metode yang cukup baik dalam mengeksplorasi sumberdaya alam bawah permukaan. Salah satu metode survei geofisika yang dapat dimanfaatkan untuk mengeksplorasi logam atau mineral logam adalah Survei Magnetik (Lukhvich dkk. 2003; Zainudin dkk.,

2008). Prinsip kerja survei magnetik adalah dengan memanfaatkan variasi nilai suseptibilitas magnetik batuan yang terukur di permukaan bumi untuk menafsirkan struktur geologi bawah permukaan yang menjadi target penelitian. Beberapa struktur geologi yang berhasil diinterpretasi antara lain adalah sesar (*fault*), lipatan (*fold*), intrusi batuan beku, reservoir panas bumi, akuifer air tanah, endapan logam maupun mineral logam.

Salah satu lokasi di wilayah Kabupaten Banyumas yang cukup menarik untuk diteliti adalah Sungai Logawa. Pada pertengahan tahun 2011, pernah terjadi isu lokal yang cukup menggemparkan, yaitu ditemukannya butiran-butiran emas dalam batuan sungai (Republika Online, 2011). Akibat isu ini, sebagian masyarakat yang tinggal di sekitar Sungai Logawa berbondong-bondong mencari butiran emas tersebut, khususnya masyarakat Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas. Namun, Dinas Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Banyumas memastikan tidak terdapat kandungan emas dalam batuan di Sungai Logawa yang melalui Desa Kediri. Menurut Dinas ESDM, butiran berwarna kekuningan tersebut adalah mineral pirit (FeS_2) atau kolkopirit (CuFeS_2), karena pada saat digoreskan ternyata jejak goresannya tidak berwarna kuning, tetapi hitam.

Secara geologis keberadaan mineral pirit yang merupakan senyawa sulfida mineral pada umumnya digunakan sebagai petunjuk awal jejak mineralisasi emas di lokasi tersebut. Contohnya, beberapa zona di Kecamatan Gumelar, Kabupaten Banyumas, yang selama ini diketahui memiliki kandungan emas, ternyata memiliki tekstur tanah batupasir lempungan yang di dalamnya mengandung mineral pirit. Jejak mineral emas di Sungai Logawa kemungkinan berasal dari wilayah hulu, tepatnya di Curug Gong sebab lokasi tersebut merupakan bidang patahan (*fault*) yang di dalamnya diperkirakan terjadi proses mineralisasi emas yang hasilnya kemudian terbawa aliran sedimen Sungai Logawa selama ratusan atau ribuan tahun (Detik.com). Kegiatan penelitian diharapkan dapat membantu Pemerintah Daerah Kabupaten Banyumas sebagai langkah awal memetakan potensi cadangan bijih emas sehingga dapat diambil kebijakan strategis pengelolaan sumberdaya mineral yang menguntungkan semua pihak, khususnya masyarakat Kabupaten Banyumas.

Setiap benda magnetik yang terpendam di bawah permukaan (batuan atau mineral) yang menjadi target penelitian dapat dipandang sebagai anomali magnetik. Suatu volume benda yang terdiri atas berbagai bahan magnetik dapat dianggap sebagai dipol magnetik (Gambar 1). Magnetisasi yang terjadi pada benda atau batuan tersebut tergantung dari rekam jejaknya selama berada di dalam medan magnetik utama bumi atau dengan kata lain tergantung dari besar induksi magnetik yang diterimanya

dari medan magnetik utama bumi (Telford, 1990). Berdasarkan **Gambar 1**, besarnya potensial magnetik di seluruh volume batuan dapat dirumuskan dalam Persamaan (1) (Telford, 1990).

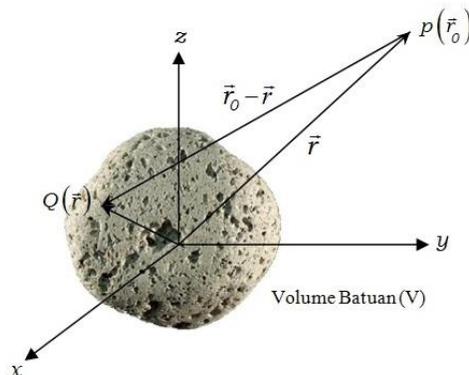
$$V(\vec{r}_0) = -C_m M \frac{\partial}{\partial \alpha} \int \left[\frac{dV}{|\vec{r}_0 - \vec{r}|} \right] \quad (1)$$

dengan M merupakan momen dipol magnetik per satuan volume dan C_m adalah suatu tetapan. Adapun besar induksi magnetik total dari batuan tersebut dapat dirumuskan seperti Persamaan (2) (Telford, 1990).

$$\vec{B}(\vec{r}_0) = C_m \nabla \int_V \vec{M}(\vec{r}) \cdot \nabla \left[\frac{1}{|\vec{r}_0 - \vec{r}|} \right] dV \quad (2)$$

Medan induksi magnetik seperti persamaan (2) ini disebut sebagai anomali magnetik yang berada bersama-sama dengan medan magnetik utama bumi B_0 berada di suatu titik lokasi pengukuran. Dengan demikian, medan magnetik total sebenarnya yang terukur pada peralatan di suatu titik lokasi di permukaan bumi adalah gabungan antara medan magnetik utama bumi (B_0) dan anomali medan magnetik (B_{r0}) dengan asumsi bahwa medan magnet luar diabaikan. Formulasinya dapat dinyatakan dengan Persamaan (3) (Telford, 1990).

$$\vec{B}_T = \vec{B}_0 + \vec{B}(\vec{r}_0) \quad (3)$$



Gambar 1. Anomali Magnetik dari Batuan atau Benda Anomali Bawah Permukaan Bumi (Telford, 1990)

Namun, faktanya untuk mendapatkan nilai anomali magnetik total, dilakukan koreksi terhadap data medan magnetik total hasil pengukuran di setiap titik lokasi yang mencakup koreksi harian (B_{Harian}) dan koreksi medan magnetik utama bumi (B_0). Apabila anomali magnetik total dapat disimbolkan ΔB , dapat dituliskan Persamaan (4) (Sehah dan Raharjo, 2013).

$$\Delta B = B_T - B_{\text{Harian}} - B_0 \quad (4)$$

Data anomali magnetik total pada persamaan (4) masih terdistribusi di topografi sehingga merupakan fungsi bujur (λ), lintang (ϑ), dan ketinggian topografi (h). Selanjutnya, data anomali ditransformasikan ke bidang datar (h_0) menggunakan pendekatan deret Taylor (Blakely, 1995) seperti Persamaan (5).

$$\Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)^{[i+1]} = \Delta B(\lambda, \vartheta, h) - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(h-h_0)^n}{n!} \frac{\partial^n}{\partial z^n} \Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)^{[i]} \quad (5)$$

Persamaan (5) ditulis dalam bentuk iterasi, dengan $\Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)$ merupakan data anomali magnetik yang terdistribusi di bidang datar dapat diestimasi melalui pendekatan, yaitu nilai $\Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)$ yang diperoleh dari iterasi ke- i digunakan untuk mendapatkan $\Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)$ pada iterasi ke $(i+1)$. Proses iterasi dilakukan secukupnya, sehingga nilai $\Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)$ yang diperoleh mencapai konvergen.

Data anomali magnetik yang telah terdistribusi di bidang datar masih belum bersih dari efek anomali magnetik regional. Oleh karena itu data anomali magnetik regional harus direduksi karena target penelitian ini adalah struktur geologi yang bersifat lokal. Data anomali magnetik regional diperoleh melalui pengangkatan ke atas (*upward continuation*) terhadap data anomali magnetik yang telah terdistribusi di bidang datar hingga ketinggian tertentu ($h_0 + \Delta h$), sehingga perubahan datanya menunjukkan tren yang halus. Rumus pengangkatan data anomali ke atas diturunkan dari identitas kedua Green (Blakely, 1995), sebagaimana Persamaan (6).

$$\Delta B(\lambda', \vartheta', h_0 + \Delta h) = \frac{\Delta h}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta B(\lambda, \vartheta, h_0)}{\sqrt{((\lambda' - \lambda)^2 + (\vartheta' - \vartheta)^2 + \Delta h^2)^{3/2}}} d\lambda d\vartheta \quad (6)$$

Di sini, $\Delta B(\lambda', \vartheta', h_0 + \Delta h)$ merupakan data anomali magnetik regional yang kemudian dikoreksi terhadap data anomali magnetik yang telah terdistribusi di bidang datar sehingga diperoleh data anomali magnetik lokal dengan Persamaan (7) (Sehah dan Raharjo, 2013).

$$\Delta B_{Lokal} = \Delta B(\lambda, \vartheta, h_0) - \Delta B(\lambda', \vartheta', h_0 + \Delta h) \quad (7)$$

2. Metodologi Penelitian

Lokasi akuisisi data adalah Daerah Aliran Sungai (DAS) Logawa yang melalui Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas. Pengolahan dan interpretasi data dilakukan di Laboratorium Elektronika, Instrumentasi, dan Geofisika, Fakultas Sains dan Teknik, UNSOED Purwokerto. Penelitian ini telah dilaksanakan selama empat bulan yaitu bulan Maret 2013—Juni 2013. Peralatan dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Peralatan dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian Ini

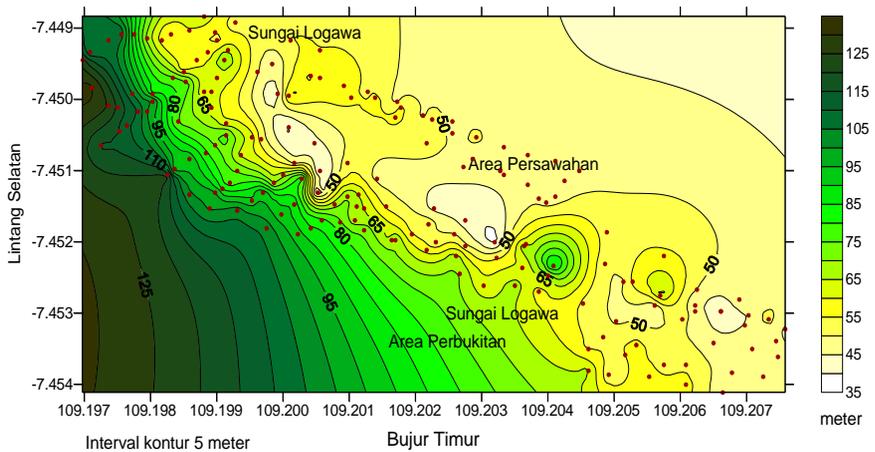
No.	Nama Peralatan	Jumlah
1	Proton Precession Magnetometers GSM-19T produk GEM System	1 set
2	<i>Global Positioning System</i> (GPS) merk Garmin	1 buah
3	Peta Geologi Lembar Banyumas	1 eksemplar
4	Peta Topografi Daerah Penelitian	1 eksemplar
5	Kompas Geologi	1 buah
6	Perangkat lunak <i>Surfer</i> versi 10	1 paket
7	Program <i>Watfor 77</i>	1 paket
8	Perangkat lunak <i>Mag2DC for Windows</i>	1 paket

Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian meliputi pengukuran data di lapangan, pengolahan data, pemodelan, dan interpretasi sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2. Data yang terukur di lapangan adalah intensitas magnetik total, posisi geografis (lintang, bujur, dan ketinggian) titik ukur, waktu, dan kondisi lingkungan. Selanjutnya, dilakukan koreksi terhadap data intensitas magnetik total yang meliputi koreksi harian dan koreksi medan magnetik utama bumi atau koreksi IGRF sehingga diperoleh data anomali magnetik total. Data anomali magnetik total yang masih terdistribusi di atas permukaan topografi tersebut selanjutnya ditransformasi ke bidang datar dan dikoreksi dari efek anomali magnetik regional sehingga diperoleh data anomali magnetik lokal. Berdasarkan data anomali magnetik lokal ini, selanjutnya dilakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak *Mag2DC for Windows* untuk mengidentifikasi struktur geologi dan

menginterpretasi jenis-jenis lapisan batuan bawah permukaan Sungai Logawa.

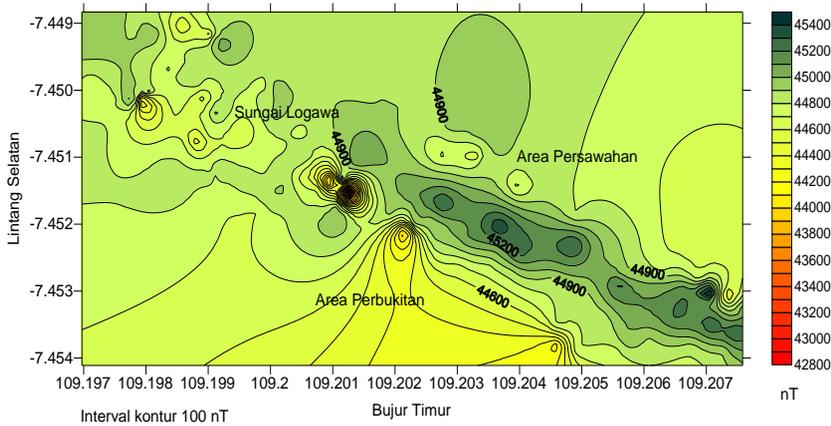
3. Hasil Dan Pembahasan

Posisi geografis daerah penelitian diukur menggunakan peralatan Global Positioning System (GPS). Jumlah data posisi yang berhasil diukur adalah 173 buah yang membentang dari posisi geografis $109,19697 - 109,20758^\circ$ BT dan $7,44883 - 7,45411^\circ$ LS. Peta sebaran titik-titik ukur survei magnetik di atas Sungai Logawa hasil pengonturan menggunakan perangkat lunak Surfer 10 dapat dilihat pada **Gambar 2**.



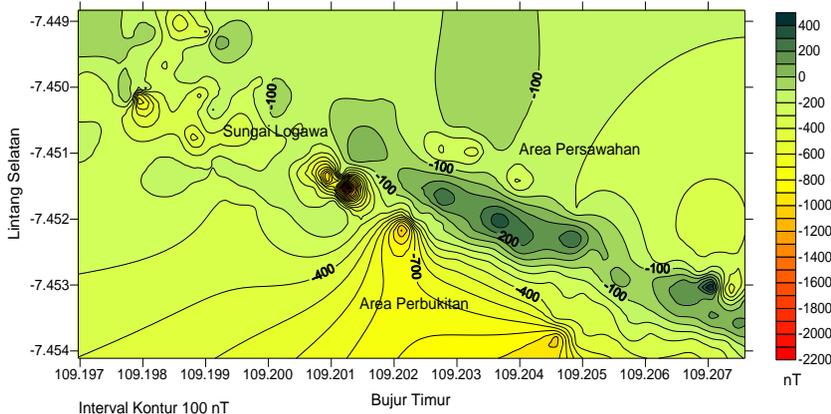
Gambar 2. Peta Sebaran Titik-Titik Ukur Survei Magnetik di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas

Pengukuran posisi geografis dilakukan bersamaan dengan pengukuran medan magnetik total. Data intensitas medan magnetik total diukur menggunakan Proton Precession Magnetometer (PPM) tipe GSM-19 T yang memiliki sensitivitas 0,05 nT. Hasil pengukuran yang diperoleh berupa data-data intensitas magnetik total pada setiap posisi titik ukur. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh nilai medan magnetik total berkisar antara 42433,12—45692,64 nT dengan rata-rata 44.835,99 nT. Peta medan magnetik total di atas Sungai Logawa hasil pengonturan menggunakan Surfer 10 dapat dilihat pada **Gambar 3**.



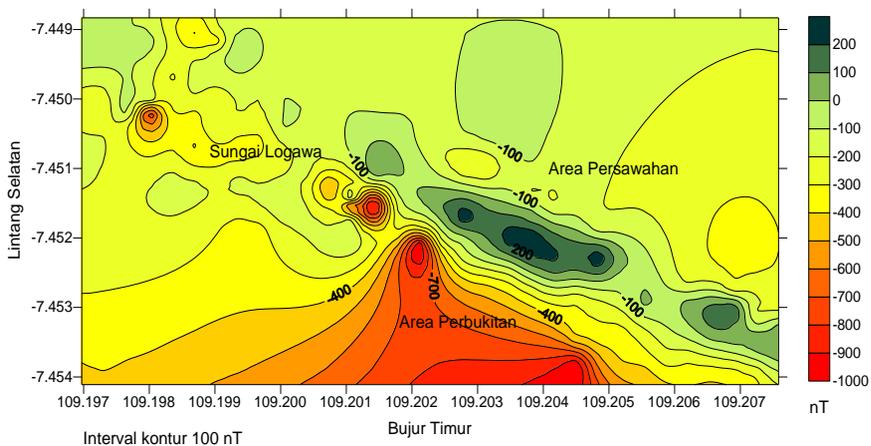
Gambar 3. Peta Medan Magnetik Total di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas

Data medan magnetik total yang diperoleh kemudian dikoreksi dengan meliputi koreksi harian yang bertujuan untuk menghilangkan efek medan magnetik harian. Koreksi IGRF dilakukan untuk menghilangkan pengaruh medan magnetik utama bumi. Karena keterbatasan peralatan PPM, koreksi harian untuk masing-masing data dihitung secara looping, sedangkan koreksi IGRF dihitung menggunakan mesin online medan magnetik utama bumi dari British Geological Survey (BGS, 2012). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai IGRF di daerah penelitian, yaitu 45007 nT. Data anomali anomali magnetik total yang telah terkoreksi selanjutnya dikonturkan menggunakan perangkat lunak Surfer 10, dengan hasil seperti ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Peta Anomali Medan Magnetik Total di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas

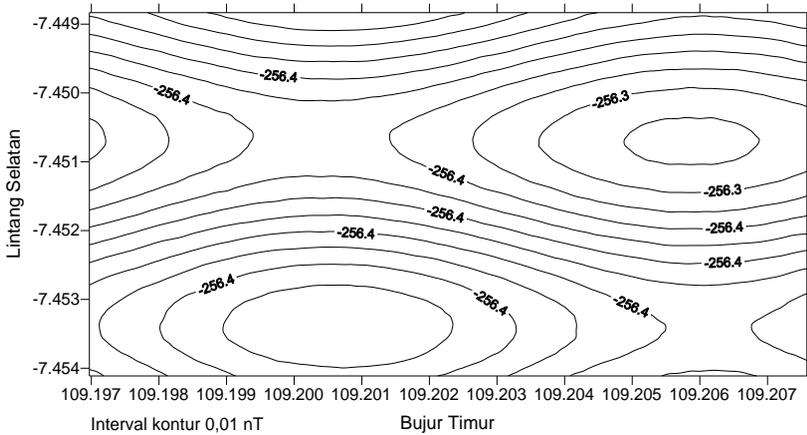
Data anomali magnetik total yang diperoleh masih terdistribusi pada permukaan topografi daerah penelitian. Secara matematis, data anomali ini tidak dapat diproses pada tahap berikutnya jika tidak terdistribusi di bidang datar. Metode yang digunakan untuk mentransformasi data dari bidang tidak datar ke bidang datar adalah melalui pendekatan deret Taylor (Blakely, 1995), dengan mengambil suku hingga orde tiga dan diiterasi tiga kali. Secara teknis formulasi pendekatan deret Taylor ini dijalankan menggunakan program Watfor 77. Data yang diperoleh adalah data anomali magnetik total yang telah terdistribusi di bidang datar. Selanjutnya, data anomali magnetik tersebut dikonturkan menggunakan Surfer 10 sehingga diperoleh peta anomali seperti **Gambar 5**. Berdasarkan peta anomali tersebut diketahui bahwa data-data anomali medan magnetik hasil reduksi ke bidang datar telah cukup konvergen daripada ketika masih di topografi.



Gambar 5. Peta Anomali Magnetik Total yang Telah Direduksi pada Bidang Datar pada Ketinggian Rata-Rata Topografi (70,07 m di Atas Referensi Sferoida)

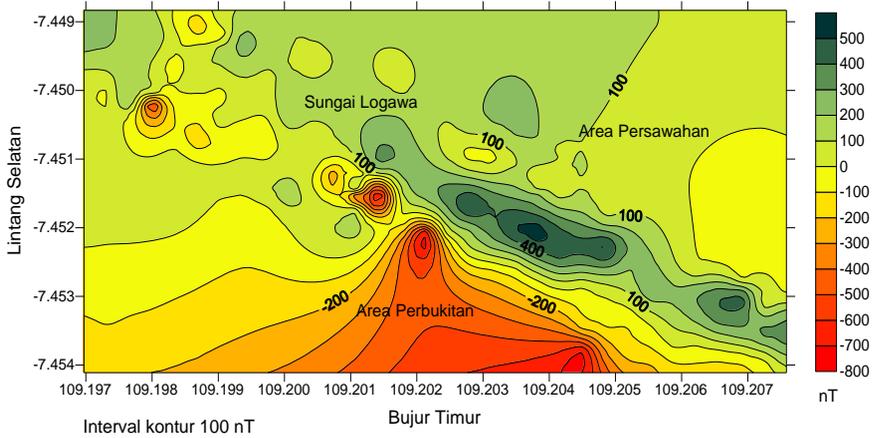
Data anomali magnetik total yang telah terdistribusi pada bidang datar sebagaimana di atas masih belum bersih dari efek magnetik regional. Oleh karena itu, efek magnetik regional harus direduksi karena target penelitian ini adalah struktur geologi batuan bawah permukaan yang bersifat lokal. Anomali magnetik regional dapat diperoleh melalui proses pengangkatan ke atas (*upward continuation*) terhadap data anomali magnetik total yang telah terdistribusi pada bidang datar hingga ketinggian tertentu. Pengangkatan ke atas dilakukan hingga variasi datanya menunjukkan tren yang tetap (Santosa dkk., 2012). Berdasarkan hasil pengangkatan ke atas, pola anomali magnetik regional daerah

penelitian ditetapkan pada ketinggian 1.250 m di atas referensi sferoida (**Gambar 6**). Pada ketinggian tersebut, peta kontur anomali magnetik sudah menunjukkan tren regional.



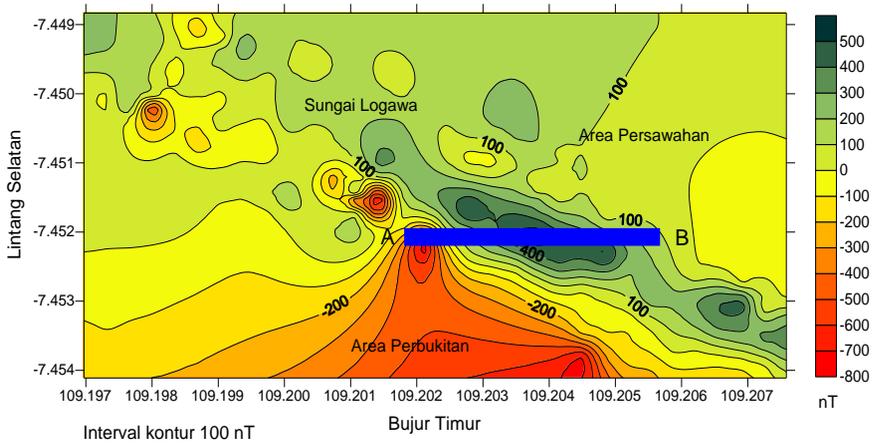
Gambar 6. Pola Anomali Magnetik Regional Hasil Pengangkatan ke Atas pada Ketinggian 1.250 m di Atas Referensi Sferoida

Mengingat target penelitian adalah sumber anomali dekat permukaan, data anomali regional harus dikoreksikan terhadap data anomali magnetik total yang telah terdistribusi di bidang datar. Data hasil koreksi efek regional disebut sebagai data anomali magnetik lokal dengan peta kontur ditunjukkan pada **Gambar 7**. Interpretasi dilakukan melalui pemodelan menggunakan perangkat lunak Mag2DC for Windows. Langkah awal pemodelan adalah membuat lintasan (*line section*) dari zona anomali positif menuju zona anomali negatif atau sebaliknya (pasangan dipol) yang diduga sebagai sumber anomali magnetik bawah permukaan. Lintasan diletakkan di atas zona yang diperkirakan sebagai sumber anomali magnetik paling kuat di atas Sungai Logawa seperti terlihat pada **Gambar 8**.



Gambar 7. Peta Anomali Magnetik Lokal di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas

Pemodelan dilakukan terhadap data anomali magnetik lokal yang telah diekstrak dari lintasan tersebut menggunakan Surfer 10. Dalam melakukan pemodelan diperlukan beberapa parameter medan magnet bumi seperti nilai IGRF, sudut deklinasi, dan sudut inklinasi, serta beberapa parameter pemodelan lain seperti terlihat pada **Tabel 2**.

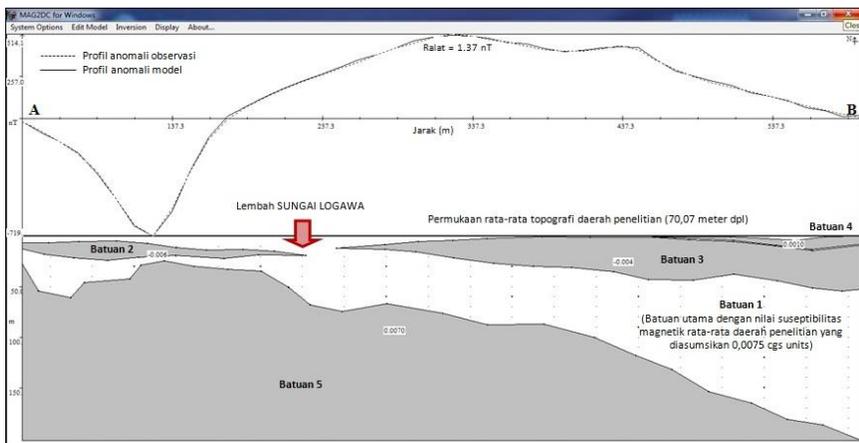


Gambar 8. Peta Anomali Magnetik Lokal di Atas Sungai Logawa, Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas

Tabel 2. Parameter Medan Magnetik Bumi Daerah Penelitian dan Parameter Model

No.	Parameter	Nilai
1	Medan magnetik utama bumi (IGRF)	45007 nT
2	Sudut deklinasi	1,004°
3	Sudut inklinasi	-32,721°
4	<i>Profile bearing</i>	0,0°
5	Ketinggian referensi	0 meter
6	Panjang <i>strike</i>	100 meter

Panjang lintasan pemodelan (AB) adalah 559,3 meter dengan data yang dimodelkan sejumlah 46 buah dan antartitik berjarak 12,43 meter. Pemodelan menggunakan perangkat lunak Mag2DC for Windows dilakukan dengan mencocokkan kurva anomali model terhadap kurva anomali observasi. Setelah tercapai kecocokan antara dua kurva tersebut, diperoleh empat benda anomali yang dapat diasumsikan sebagai batuan bawah permukaan Sungai Logawa seperti terlihat pada **Gambar 9**. Sementara itu, hasil interpretasi jenis-jenis batumannya dapat dilihat pada **Tabel 3**. Interpretasi tersebut didasarkan atas Peta Geologi Lembar Purwokerto-Tegal (Djuri, 1996) dengan mengambil asumsi bahwa batuan yang dominan di daerah penelitian adalah bongkahan batuan beku yang tersusun atas andesit dan basaltik hasil erupsi Gunungapi Slamet tua.



Gambar 9. Hasil Pemodelan Menggunakan Perangkat Lunak Mag2DC for Window pada Lintasan AB

Tabel 3. Interpretasi Hasil Pemodelan Data-Data Anomali Magnetik pada Lintasan AB Berdasarkan Nilai Suseptibilitas Magnetik dalam Satuan cgs

Benda Anomali	Kontras Suseptibilitas (cgs)	Estimasi Suseptibilitas (cgs)	Kedalaman Model (m)	Interpretasi dan Perkiraan Jenis Batuan
Batuan 1	0,000	0,0075	0,00— 202,39	Bongkahan batuan beku tersusun atas andesit-basaltik hasil erupsi Gunungapi Slamet tua (Djuri <i>dkk.</i> , 1996). Batuan ini sebagai batuan lingkungan.
Batuan 2	-0,006	0,0015	4,88— 23,98	Batupasir berbutir halus hingga kasar sebagai hasil pelapukan batuan utama dan sedimentasi dari kawasan hulu.
Batuan 3	-0,004	0,0035	0,90— 54.33	Batupasir kompak berbutir kasar hasil pelapukan dan sedimentasi yang bercampur dengan breksi andesit-basaltik yang butirannya berukuran relatif lebih kecil dari batuan utama.
Batuan 4	0,001	0,0085	0,00— 13,13	Bongkahan batuan beku andesit-basaltik yang relatif sedikit lebih kompak.
Batuan 5	0,007	0,0145	24,48— 202,39	Batuan dasar terdiri atas batuan beku andesit-basaltik yang amat kompak dan belum terurai. Di dalam batuan ini diperkirakan terdapat mineral magnetit yang relatif cukup banyak mengingat nilai suseptibilitas magnetiknya relatif besar.

Berdasarkan **Tabel 3** tersebut tidak diperoleh informasi secara spesifik mineral yang terkandung di dalam batuan sehingga keberadaan mineral emas (isu yang diangkat masyarakat di sekitar Sungai Logawa) dalam batuan tersebut tidak dapat diestimasi. Hal ini dapat dipahami karena pendekatan survei magnetik hanya terbatas untuk mengestimasi jenis batuan bawah permukaan. Berdasarkan informasi Dinas ESDM Kabupaten Banyumas, tidak terdapat kandungan emas dalam sampel batuan. Mineral yang ditemukan adalah pirit (Fe_2S) karena pada saat digoreskan bekasnya tidak berwarna kuning, tetapi hitam (Djuri, 1996). Namun, menurut sebagian ahli geologi, keberadaan mineral pirit merupakan indikasi awal jejak mineralisasi emas karena emas dapat berasosiasi di dalam pirit (Antara, 2011). Sulitnya mendeteksi keberadaan emas di dalam sampel batuan diduga akibat mineral emas dalam bentuk titik telah tertransfer secara terpecah ke berbagai lokasi di sepanjang aliran sungai sehingga diperlukan banyak sampel untuk pengujian kandungan emasnya.

Berdasarkan hasil pemodelan (**Gambar 9**), keberadaan mineral emas diperkirakan terdapat di dalam batuan 2 dan batuan 3. Alasannya, sebagian besar batupasir dan batupasir kompak diperkirakan merupakan hasil sedimentasi dari kawasan hulu. Di kawasan hulu terdapat zona rekahan dan patahan (*fault*), tepatnya di Curug Gong, lereng Gunungapi Slamet bagian selatan. Pada zona patahan ini diperkirakan terjadi mineralisasi emas akibat naiknya larutan hidrotermal ke permukaan. Selanjutnya, hasil mineralisasi emas ini terbawa mengikuti aliran sedimentasi Sungai Logawa selama ratusan tahun, bahkan ribuan tahun, sehingga mineral ini memasuki dan tersebar di Daerah Aliran Sungai (DAS) Logawa Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas. Mengingat Daerah Aliran Sungai (DAS) Logawa relatif panjang, penyebaran spot-spot mineral emas diperkirakan hanya menghasilkan konsentrasi yang sangat kecil pada berbagai batuan jenis sedimen dan kemungkinan penyebarannya tidak merata.

4. Kesimpulan

Pengukuran intensitas medan magnetik total telah dilakukan di 173 titik yang tersebar di atas Sungai Logawa Desa Kediri, Kecamatan Karanglewas, Kabupaten Banyumas, pada posisi $109,19697^\circ$ — $109,20758^\circ$ BT dan $7,44883^\circ$ — $7,45411^\circ$ LS dengan ketinggian rata-rata 70,07 meter di atas referensi sferoida. Nilai intensitas medan magnetik total rata-rata yang diperoleh adalah sebesar 44.835,99 nT. Setelah dilakukan beberapa koreksi dan reduksi, diperoleh data anomali magnetik lokal yang nilainya berkisar -1.025,668—300,049 nT.

Berdasarkan hasil pemodelan terhadap data profil anomali magnetik lokal pada lintasan AB menggunakan perangkat lunak Mag2DC

for Windows, diperoleh empat buah benda anomali bawah permukaan yang diinterpretasi sebagai batupasir berbutir halus dan kasar ($\chi = 0,0015$ cgs units), batupasir kompak berbutir kasar dengan campuran breksi andesit-basaltik ($\chi = 0,0035$ cgs units), batuan beku andesit-basaltik ($\chi = 0,0085$ cgs units), dan kompleks batuan dasar batuan beku andesit-basaltik yang sangat kompak dan belum terurai yang diduga mengandung mineral magnetit yang relatif tinggi ($\chi = 0,0145$). Keberadaan mineral emas diperkirakan terdapat dalam batupasir dan batupasir kompak yang diperkirakan merupakan hasil endapan sedimen Sungai Logawa dari kawasan hulu.

Ucapan Terimakasih

Terima kasih disampaikan kepada Rektor UNSOED dan Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) UNSOED atas diterimanya proyek penelitian ini dan disediakannya anggaran untuk itu. Terima kasih juga disampaikan kepada Ketua Program Studi Fisika UNSOED atas peralatan PPM disediakan, serta kepada Ketua Program Studi Teknik Geologi UNSOED atas peralatan GPS yang disediakan. Selain itu, terima kasih juga disampaikan kepada seluruh tim penelitian yang terdiri atas dosen, teknisi, dan mahasiswa yang telah bahu-membahu melakukan akuisisi data magnetik di lapangan.

Daftar Pustaka

- Lukhovich, A.A., Shukevich, A.K., Morozov, I.M., Kremen'kova, N.V., Sharando, V.I., and Bulatov O.V. (2003). Magnetic Method of Testing the Distribution of Properties over the Depth. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, **39** (9): 665—669.
- Zainudin, A., Tamba, R.J., dan Sule, M.R. (2008). Eksplorasi Bijih Besi (Iron Ore) dengan Metoda Magnetik. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. Universitas Lampung. 17-18 November 2008.
- Republika Online, Edisi Jum'at 24 Juni 2011. *Bukan Emas Tapi Logam Pyrite yang Ditemukan Warga di Banyumas*. Berita Regional. Website: <https://republika.co.id/berita/lna411/bukan-emas-tapi-logam-pyrite-yang-ditemukan-warga-di-banyumas>. Diakses: 12 Maret 2012.
- Detik.com, Edisi Sabtu 25 Jun 2011. *Batu Pyrite Jejak Awal Mineralisasi Emas di Sungai Logawa*. Berita. Website: <https://news.detik.com/berita/d-1668674/batu-pyrite-jejak-awal-mineralisasi-emas-di-sungai-logawa>. Diakses: 13 Maret 2012.
- Telford, W.M., Gedaart, L.P., Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge. New York.

- Sehah dan S.A. Raharjo. (2013). Pendugaan Model Anomali Magnetik Bawah Permukaan Desa Darmakradenan, Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas. *Berkala Fisika*, 16 (3): 85—93.
- Blakely, R.J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press. New York, USA.
- British Geological Survey (BGS) (2012). *International Geomagnetic Reference Field (IGRF), 13th Generation Calculator*. http://geomag.bgs.ac.uk/data_service/models_compass/igrf_calc.htm. Diakses: 13 April 2013.
- Santosa, B.J., Mashuri, Sutrisno, W.T., Wafi, A., Salim, R., Armi, R. (2012). Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya (JPFA)*, 2 (1): 7—14.
- Djuri, M., Samodra, H., Amin, T.C., dan Gafoer, S. (1996). *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi (P3G). Bandung.
- Antara, Edisi 24 Juni 2011. *Dinas: Tak Ada Kandungan Emas di Logawa*. Berita. Kantor Berita ANTARA.
- Arief R., dan Rohmana (2012). *Penelitian Potensi Bahan Galian untuk Pertambangan Skala Kecil Daerah Kotabunan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur, Provinsi Sulawesi Utara*. Artikel Ilmiah. Badan Geologi. Pusat Sumberdaya Geologi (PSG), Bandung.

SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT IJUK (*Arenga Pinnata*)

Kartika Sari¹⁾, Yazid Zainur Isnen¹⁾, Agung Bambang Setio Utomo²⁾, Ampala Khoryanton³⁾, dan Parmin Lumban Toruan⁴⁾

¹⁾Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman

²⁾Departemen Fisika FMIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

³⁾Departemen Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang

⁴⁾Jurusan Fisika FST Universitas PGRI Palembang

Email: kartika.sari@unsoed.ac.id

Abstrak. Komposit merupakan gabungan dua atau lebih bahan yang masih membawa sifat bahan penyusunnya dan terdiri atas penguat (*reinforment*) dan matriks. Perkembangan teknologi komposit dapat ditunjang dengan pengembangan bahan penyusun komposit dan bahan penguat seperti serat yang paling banyak digunakan untuk memberikan sifat baru pada komposit yang akan dibuat. Salah satu serat yang dapat dikembangkan adalah serat alam atau *natural fibers*. Serat alam yang biasa digunakan untuk membentuk komposit adalah serat ijuk karena bahan tersebut masih melimpah dan mudah didapatkan. Serat ijuk yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan menentukan fraksi volume serat optimum yang dapat meningkatkan sifat mekanik komposit. Parameter pengujian yang digunakan adalah uji tarik dan uji tekan pada komposit 2 mm dengan fraksi volume serat 0 % dan 2,5 %. Hasil yang didapatkan pada uji tarik adalah nilai tegangan dan regangan. Besar tegangan pada pengujian tarik komposit 2 mm dengan fraksi volume serat 0 % dan 2,5 % masing-masing adalah 2,64 MPa dan 6,29 MPa. Sementara itu, besar nilai regangan masing-masing adalah 1,06 % dan 4,59%. Hasil yang didapatkan pada uji tekan adalah nilai tegangan dan nilai defleksi. Besar nilai tegangan pada pengujian tekan komposit 2 mm dengan fraksi volume serat 0 % dan 2,5 % masing-masing adalah 6,35 MPa dan 10,85 MPa. Nilai defleksi yang didapatkan masing-masing sebesar 1,45 mm dan 7,35 mm. Kesimpulan dari penelitian ini adalah fraksi volume serat optimum 2,5% memiliki nilai paling optimum dan dapat meningkatkan sifat mekanik komposit yang dihasilkan.

Kata kunci: komposit, sifat mekanis, tegangan, regangan, defleksi.

1. Pendahuluan

Komposit adalah gabungan dari dua atau lebih bahan yang masih mempunyai sifat dari penyusunnya^[1]. Unsur pembentukan komposit terdiri atas penguat (*reinforcement*) dan matriks. Kedua material tersebut memiliki karakteristik yang berbeda. Penggabungan kedua material tersebut diharapkan akan saling melengkapi sifat-sifat yang ada pada material penyusun sehingga dihasilkan suatu material yang lebih baik. Kelebihan dari komposit adalah sifatnya yang ringan, kaku dan tahan lama^[2]. Penggunaan serat sebagai penguat dapat menghasilkan komposit dengan kekuatan dan kekakuan suatu bahan yang maksimum. Matriks berfungsi sebagai penahan serat agar semua serat menyatu, mendistribusikan beban, dan menjadi pembungkus (Gibson, 2016; Qomar dan Muksin, 2017). Serat berfungsi sebagai penyangga kekuatan pada struktur komposit. Beban awal yang diterima oleh matriks diteruskan ke serat. Oleh sebab itu, serat harus memiliki kekuatan tarik dan elastisitas lebih tinggi dibandingkan dengan matriks (Iswan dkk., 2018).

Penggunaan serat sebagai bahan penguat komposit makin meluas, terutama yang sedang banyak dikembangkan adalah serat alam (*natural fibers*). Kelebihan dari serat alam adalah murah, ringan, memiliki sifat termal yang baik, ketangguhan relatif tinggi, tidak iritatif, memiliki sifat mekanis spesifik yang relatif tinggi, dan bersifat biodegradasi (Sudarisman, 2020). Serat alam seperti serat ijuk (*Arenga pinnata Merr*) adalah salah satu serat yang potensial untuk dikembangkan sebagai penguat komposit (Sudarisman, 2020). Serat ijuk memiliki sifat mekanik yang tinggi serta ketersediaan yang melimpah membuat serat ini potensial untuk dikembangkan sebagai penguat komposit (Sudarisman, 2020). Produksi ijuk secara nasional mencapai 14.000 ton per bulan atau 165.000 ton per tahun (Surono dan Sukoco, 2016). Serat ijuk memiliki rentang diameter mulai 99 μm hingga 400 μm dan seringkali berada pada diameter 250-400 μm serta memiliki kelebihan yaitu tahan lama, memperlambat pelapukan, tahan terhadap asam dan garam air laut dan dapat mencegah serangan rayap (Liu dkk., 2017; Surono dan Sukoco, 2016). Sifat mekanik yang tinggi dan kelebihan yang dimiliki oleh serat ijuk menjadikannya potensial sebagai penguat komposit.

Penelitian yang sudah dilakukan oleh Sudarisman (2020) tentang karakterisasi tekan dan dampak komposit polimer berpenguat serat ijuk dengan perendaman pada NaOH 5% sebagai perlakuan pada serat didapatkan hasil kuat tekan komposit dengan resin poliester sebesar 25,17 MPa dan resin epoksi sebesar 16,43 MPa. Sementara itu, nilai regangan didapatkan sebesar 55,8 persen dan 34,0 persen untuk resin poliester dan resin epoksi (Sudarisman, 2020). Penelitian selanjutnya dilakukan oleh Ilham dkk., (2019) tentang sifat kuat tarik material komposit hibrid berpenguat serat ijuk dan sabut kelapa dengan orientasi serat acak. Hasil

pengujian didapatkan nilai kekuatan tarik pada komposit hibrid dengan fraksi volume serat (30% serat ijuk : 0% serat sabut kelapa) sebesar 21,06 MPa, fraksi volume (10% serat ijuk : 20% serat sabut kelapa) sebesar 18,10 MPa, fraksi volume (15% serat ijuk : 15% serat sabut kelapa) sebesar 23,48 MPa, fraksi volume (20% serat ijuk : 10% serat sabut kelapa) sebesar 21,64 MPa dan fraksi volume (0% serat ijuk : 30% serat sabut kelapa) sebesar 17,19 MPa. Nilai maksimum dimiliki komposit dengan fraksi volume serat 15%:15% dengan nilai 23,48 MPa (Ilham dkk., 2019).

Fabrikasi dan karakterisasi komposit berbasis serat ijuk yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan mencari nilai maksimum sifat mekanik dari komposit dengan variasi fraksi volume serat sebesar 0%, 2,5%, dan 5% dengan ketebalan 2 mm. Pengujian mekanik yang dilakukan adalah uji tarik dan uji tekan sehingga diperoleh nilai variasi fraksi volume optimum.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Bahan dan alat yang digunakan

Bahan yang digunakan adalah serbuk ijuk, epoksi resin, dan *hardener*. Alat yang digunakan adalah cetakan komposit, pengaduk larutan (spatula), timbangan, plastik, dan wadah larutan.

2.2 Desain Penelitian

Desain penelitian yang dilakukan seperti **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Komposit

Desain fabrikasi dan karakterisasi komposit dengan variasi fraksi volume berbahan serat ijuk dilakukan dengan memotong ijuk dan dicampur dengan epoksi resin, kemudian dikeringkan sehingga diperoleh komposit berserat yang siap diuji tarik dan tekan.

2.3 Prosedur penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Tahapan Pembuatan Komposit

Komposit yang akan dibuat adalah jenis *continuous fiber composites* dengan susunan serat yang panjang dan lurus. Proses pembuatan komposit diawali dengan pemilihan dan pemotongan serat, resin epoksi, dan katalis sebagai bahan penyusun matriks yang kemudian dicampurkan dan diaduk hingga *homogen*. Selanjutnya, matriks dituangkan ke cetakan, mencapai setengah volume. Kemudian, serat disusun di atas matriks dan sisa matriks kemudian dituangkan hingga menutupi seluruh serat. Variasi fraksi volume serat yang digunakan adalah 0%, 2,5%, dan 5% dengan ketebalan 2 mm.

b. Tahapan Pengujian

Komposit yang telah dibuat kemudian diuji karakteristik sifat mekaniknya, pengujian yang dilakukan adalah uji tarik dan uji tekan dengan standar bentuk spesimen ASTM D 638-02 untuk uji tarik dan ASTM D 790-02 untuk uji tekan (ASTM International, 2002). Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada menggunakan alat uji UTM tipe TN20MD dengan standar pengujian tarik ASTM D 638-01 dan standar pengujian tekan ASTM D 790-07 (ASTM International, 2002; ASTM International, 2007).

c. Tahapan Analisis

Hasil pengujian sifat mekanik komposit diperoleh data kuat tarik dan kuat tekan komposit. Pada tahap ini tiap-tiap data dibandingkan dari setiap variasi fraksi serat dan dapat dilihat variasi fraksi volume serat yang menghasilkan sifat mekanik paling optimum.

3. Hasil dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan dalam penelitian komposit berpenguat serat ijuk adalah kuat tarik dan kuat tekan.

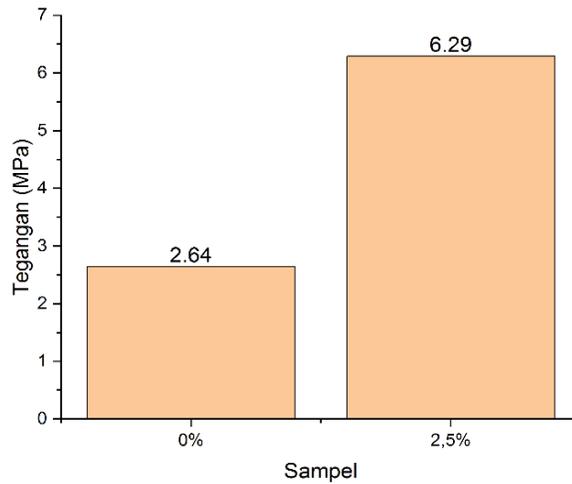
3.1 Analisis Kuat Tarik Komposit

Dari pengujian tarik didapatkan data gaya maksimum (P), luas penampang, defleksi dan pertambahan panjang (ΔL). Kemudian, data tersebut diolah untuk mendapatkan nilai tegangan (σ) dan regangan (ε) komposit berpenguat serat ijuk menggunakan persamaan (1) dan (2).

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (1)$$

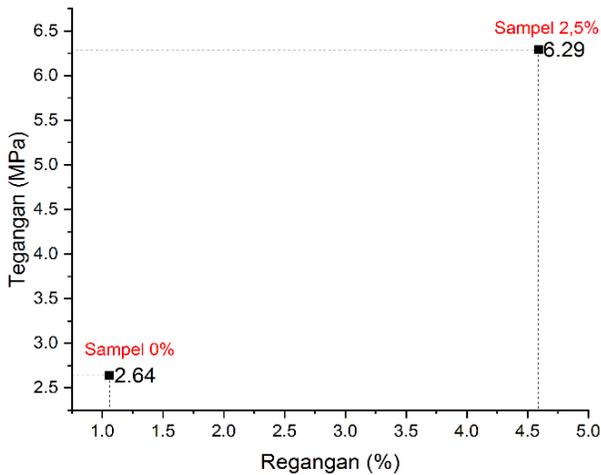
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

Dengan, P adalah gaya maksimum (KN), A adalah luas komposit (mm^2), ΔL pertambahan panjang (mm). Perbandingan fraksi volume serat dan tegangan tarik seperti **Gambar 2**.



Gambar 2. Kuat Tarik komposit Berpenguat Serat Ijuk

Nilai kuat tarik tertinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 2,5% sebesar 6,29 MPa. Sementara itu, nilai terendah dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume 0% atau tanpa serat sebesar 2,64 MPa. Perbandingan nilai regangan dan tegangan seperti **Gambar 3**.



Gambar 3. Perbandingan Regangan dan Tegangan Tarik Komposit

Nilai regangan yang dimiliki oleh komposit linear dengan nilai tegangan. Regangan tertinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 2,5% sebesar 4,59% dan nilai terendah dimiliki komposit dengan fraksi volume serat 0% sebesar 1,06%. **Gambar 2.** dan **Gambar 3.** dapat disimpulkan bahwa serat ijuk sebagai penguat dapat menambah nilai kuat tarik dan juga regangan yang dimiliki komposit. Nilai tegangan komposit meningkat ketika komposit diperkuat dengan serat, terlihat komposit yang tidak diperkuat serat memiliki nilai kuat tarik paling rendah dibandingkan dengan komposit berpenguat serat. Namun, penambahan serat yang banyak dapat memengaruhi ikatan antara matriks dan serat atau *interface* dari komposit.

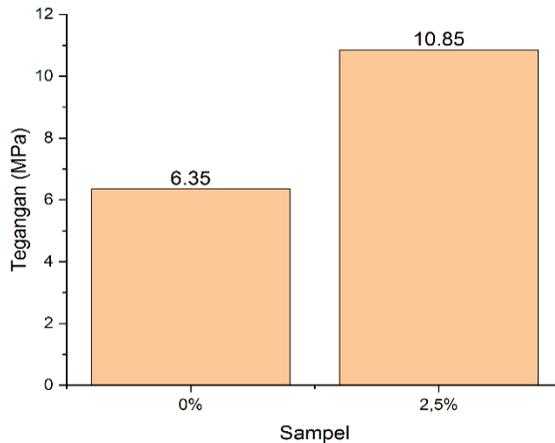
Komposit dengan *interface* rendah akan menurunkan kekuatan dari komposit. Makin kuat *interface* komposit, maka nilai kekuatan tarik makin meningkat (Ilham dkk., 2019). Nilai regangan dan tegangan memiliki hubungan yang linear. Makin tinggi tegangan yang dimiliki, makin besar regangan komposit. Regangan adalah perubahan relatif dalam ukuran dan bentuk suatu komposit (Gibson, 2016). Lalu, makin terdistribusi tegangan pada komposit, makin besar nilai regangan (Muhajir dkk., 2016)

3.2 Analisis Kuat Tekan Komposit

Hasil pengujian tekan didapatkan gaya maksimum (P) dan defleksi kemudian diolah untuk mendapatkan nilai tegangan (σ) menggunakan persamaan (3).

$$\sigma = \frac{3Pl}{2ba^2} \quad (3)$$

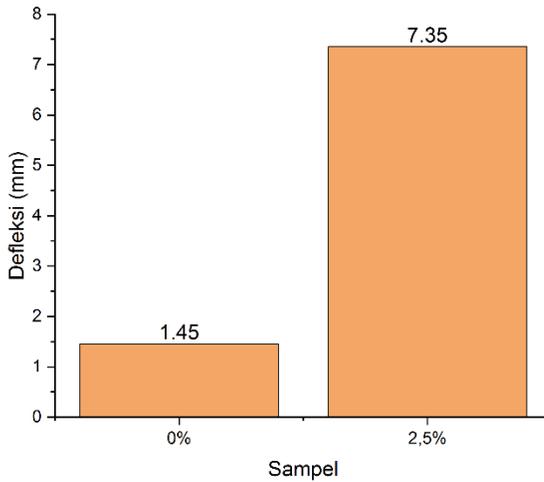
Dengan P adalah gaya maksimum (KN), l adalah panjang span (mm), b adalah lebar komposit (mm), dan a adalah tebal komposit (mm). Perbandingan fraksi volume serat dengan tegangan tekan komposit pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Kekuatan Tekan Komposit Berpenguat Serat Ijuk

Nilai kuat tarik tertinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume serat 2,5% sebesar 10,85 MPa. Sedangkan nilai terendah dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume 0% atau tanpa serat sebesar 6,35 MPa. Hasil ini linear dengan hasil pada uji tarik dimana komposit dengan fraksi volume 2,5% memiliki nilai tertinggi. Hasil pengujian defleksi komposit seperti **Gambar 5**. Nilai defleksi tertinggi dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume 2,5% sebesar 7,35 mm. Sedangkan nilai terendah dimiliki oleh komposit dengan fraksi volume 0% atau tanpa penguat serat sebesar 1,45 mm.

Hasil tegangan tekan dan defleksi komposit pada Gambar 4 dan Gambar 5 dapat disimpulkan bahwa penguat pada komposit sangat berpengaruh pada nilai tegangan tekan dan defleksi. Serat dapat mendistribusikan tegangan sebelum tegangan diterima oleh matriks^[3]. Pendistribusian serat yang merata dapat meningkatkan kekuatan tekan komposit karena tegangan akan terdistribusi ke seluruh serat (Muhajir dkk., 2016). Selain itu, banyaknya *void* atau gelembung udara pada komposit juga dapat menurunkan nilai kuat tekan karena rongga udara dapat mengakibatkan gaya putus mengarah pada daerah yang berongga dan gaya tidak terdistribusi dengan sempurna (Ilham dkk., 2019).



Gambar 5. Defleksi Komposit Berpenguat Serat Ijuk

Defleksi atau lendutan adalah melengkungnya suatu batang yang diakibatkan oleh gaya yang diterima oleh batang tersebut. Defleksi berguna untuk mengetahui kelenturan suatu komposit Wibowo dkk., (2016). Defleksi linear dengan jumlah fraksi volume serat, makin banyak serat ditambahkan pada komposit, makin besar defleksinya. Serat berguna untuk menyebarkan gaya sehingga bisa meminimalkan gaya yang diterima oleh komposit.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini berujung pada kesimpulan bahwa penambahan serat ijuk padat dapat menambahkan nilai-nilai pada sifat mekanik komposit. Faktor yang memengaruhi nilai tersebut adalah daya ikat antara matriks dan serat, distribusi serat, dan *void* atau gelembung udara pada komposit. Komposit berpenguat serat ijuk dengan fraksi volume 2,5% memiliki nilai optimal dibandingkan dengan variasi komposit lainnya.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi—BRIN 2021. Penelitian ini didukung oleh dana hibah “Riset Peningkatan Kompetensi” Universitas Jenderal Soedirman.

Daftar Pustaka

- Gibson, R.F. (2016). *Principles Composite Material Mechanics* (4th ed.). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Qamar, L., dan Muksin. (2017). Karakterisasi Kekuatan Mekanik Komposit Berpenguat Serat Ijuk Model Acak Bermatriks Epoksi. *Jurnal Teknik Mesin Unidayan*, **1**(1): 2549-1059.
- Iswan, C., Maryanti, B., dan Arifin, K. (2018). Analisis Perbandingan Kekuatan Variasi Fraksi Volume Komposit Serat Ijuk Terhadap Sifat Mekanis Komposit dengan Matriks Resin Epoksi. *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan*. Balikpapan: Politeknik Negeri Balikpapan.
- Sudarisman. (2020). Fabrikasi dan Karakterisasi Tekan dan Impak Komposit Serat Ijuk/Polimer. *The 11th University Research Colloquium 2020*. Yogyakarta: Universitas 'Aisyiyah.
- Surono, U.B., dan Sukoco. (2016). Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk dengan Bahan Matrik Polimer. *Seminar Nasional IX Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Liu, X., Wu, Z., Zhang, J., and Ge, S. (2017). Tensile and Bending Properties and Correlation of Windmill Palm Fiber - Peer Reviewed Article. *BioResources*, **12**(2): 432-4351.
- Surono, U. B., dan Sukoco. (2016). Analisis Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serat Ijuk dengan Bahan Matrik Polimer. *Seminar Nasional IX Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Ilham, Bakri, dan Magga, R. (2019). Sifat Kuat Tarik Material Komposit Hibrid Berpenguat Serat Ijuk dan Sabut Kelapa dengan Orientasi Serat Acak. *Jurnal Mekanikal*, **10**(2): 980-991.
- ASTM International. (2002). *ASTM D638-02: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, West Conshohocken, PA, www.astm.org DOI: 10.1520/D0638-02.
- ASTM International. (2002). *ASTM D790-02: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, West Conshohocken, PA, www.astm.org DOI: 10.1520/D0790-02.
- ASTM International. (2002). *ASTM D638-01: Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*, West Conshohocken, PA, www.astm.org DOI: 10.1520/D0638-01.
- ASTM International. (2007). *ASTM D790-07: Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*, West Conshohocken, PA, www.astm.org DOI: 10.1520/D0790-07.

- Muhajir, M., Mizar, M.A., dan Sudjimat, D.A. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Bahan Komposi Matriks Resin Berpenguat Serat Alam dengan Berbagai Vairian Tata Letak. *Jurnal Teknik Mesin* 24(2): 1-8.
- Wibowo, C.A.D., Dewi, S.M., dan Wijaya, M.N. (2016). Kekuatan Lentur Balok Komposit Beton dan Bata Ringan Tulang Bambu dengan Variasi Mutu Beton. *Skripsi*, Universitas Brawijaya, Malang.

BIOGRAFI SINGKAT PENULIS



Agung Prabowo, S.Si., M.Si.

Agung Prabowo berkarier sebagai dosen-peneliti pada Jurusan Matematika FMIPA Unsoed Purwokerto. Ia lahir di Gombang, Kebumen pada 23 Februari 1971. Diangkat sebagai CPNS Unsoed pada tahun 2005 dengan bergabung di Fakultas Pertanian. Diangkat sebagai PNS pada tahun 2006 juga pada Fakultas Pertanian hingga akhirnya hijrah dan bergabung dengan FMIPA seiring dengan berdirinya FMIPA pada tahun 2014. Menyelesaikan pendidikan sebagai Sarjana pada Jurusan Matematika, FMIPA ITB tahun 1998 dan Magister pada Program Studi Sains Aktuaria, FMIPA ITB tahun 2001. Pernah menempuh pendidikan doktoral di Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Indonesia (UPI) Bandung pada Jurusan Pendidikan Matematika. Saat ini tercatat sebagai mahasiswa doktoral di Universitas Sultan Zainal Abidin, Malaysia. Hingga saat ini telah menerbitkan 19 buah buku, satu di antaranya adalah *The Paku Buwono Code*. Salah satu prestasi puncaknya adalah meraih Unsoed Award 2016 dalam Bidang Pengembangan Pembelajaran pada Dies Natalis Unsoed ke-53. Prestasi lainnya adalah menjadi salah satu peraih Hibah Buku Teks DIKTI pada tahun 2013, peraih Hibah Buku Ajar DIKTI pada tahun 2015, dan pembimbing PIMNAS (Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional tahun 2016 di IPB). Penulis berhasil memublikasikan 36 buah artikel pada jurnal dan prosiding terindeks scopus. Beberapa karyanya yang dianggapnya cukup monumental didaftarkan hak ciptanya hingga terkumpul sebanyak lima buah hak cipta. Pernah dihadirkan sebagai narasumber pada acara Diskusi Bulanan Moedomo *Learning Initiative* (MLI), *Jaya Suprana Show*, dan Simposium Perkembangan Matematika di Indonesia. Dapat dihubungi melalui email: *agung_nghp@yahoo.com* atau *agung.prabowo@unsoed.ac.id*.



Diah Paramita Amitarwati, S.T.P., M.E.

Diah Paramita Amitarwati, lahir di Banyumas pada tanggal 31 Maret 1985. Tahun ini baru saja menyelesaikan program Magister Ekonomi Syariah di Universitas Islam Negeri Prof. K.H. Saifuddin Zuhri, Purwokerto, dengan predikat Lulusan Terbaik untuk Program Studi Magister Ekonomi Syariah. Pendidikan jenjang sarjana diselesaikan di Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto tahun 2007. Bidang riset yang ditekuninya adalah Analisis Perbankan Syariah dan Perbankan Mikro. Selama ini, ia telah mempublikasikan beberapa artikel pada jurnal dan prosiding seminar. Sebelumnya, pernah bekerja di bidang Perbankan dari tahun 2007—2019. Untuk info lebih lanjut dapat menghubungi di diah.amitarwati@gmail.com atau IG: [diah.amitarwati](#).



Drs. Budi Pratikno, M.Stat,Sci., Ph.D.

Budi Pratikno, saat ini berprofesi sebagai dosen peneliti bidang statistika, penulis beberapa *international journals* berkaitan dengan *testing intercept with non-sample prior information* (NSPI) yang banyak terbit dalam jurnal internasional seperti *Statistical Papers*, *Far East Journal of Mathematics Science* (FJMS), *Statistical Papers on Springer*, *JSTA*, *ISSOS*, *IJET*, *IOP series*, *IEOM conference series* dan lain-lain. Buku sudah terbit adalah *Metode Penelitian Matematika Bidang Statistika*, *Statistika Elementer*, *Regresi Linier*, *Metode Sampling*, *Probabilitas dan Statistika*, Teknik Penulisan Artikel Laporan Penelitian Dengan Latex Dan Analisis Data, dan beberapa Buku Dies MIPA, yaitu (1) *Peran Matematika dan Sain*, (2) *Kontribusi MIPA UNSOED dalam Matematika, Sain dan Kearifan Lokal*, (3) *Peran Matematika dan Sain Dalam Mendukung Gaya Pedesaan (rural lifestyle) yang Berkualitas*, buku monograf berjudul *power of the tests with NSPI* dan lain-lain. Pengalaman penulis dalam kegiatan terkait di bidang akademik lainnya adalah editor jurnal matematika UNSOED, editor *buku Analisis Data dengan SPSS*, dan *reviewer* beberapa konferensi nasional dan internasional. Di luar itu, penulis aktif di UNSOED dan pernah menjadi

sekretaris DUE Project UNSOED, Staf Ahli LPPM UNSOED, Ketua Proyek A1 Jurusan Matematika, Ketua Program Studi Matematika UNSOED, Ketua SPMB UNSOED, Wakil Dekan FMIPA UNSOED, dan saat ini menjadi anggota senat Universitas UNSOED. Aktivitas di luar UNSOED adalah sebagai dosen luar biasa (LB) dan Senat IT Telkom Purwokerto, serta sebaga Dosen Pembimbing S2 Universitas Terbuka (UT) Purwokerto. Lahir di Cilacap, pada 24 April 1964, penulis menyelesaikan pendidikan S1 (Drs) pada Jurusan Matematika UGM, 1989, kemudian melanjutkan *S2 in Statistical Science* (M.Stat.Sci) di La Trobe University, Melbourne, Australia, 2000, dan *S3 in Statistical Science* (Ph.D) di University of Southern Queensland (USQ), Toowoomba, Brisbane, Australia, 2013. Dapat dihubungi melalui email: *budi.pratikno@unsoed.ac.id*.



Agus Sugandha, M.Si.

Agus Sugandha berkarir sebagai dosen-peneliti pada Jurusan Matematika FMIPA Unsoed Purwokerto.. Berkarir sebagai dosen sejak 2006. Menyelesaikan pendidikan S1 di Jurusan Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta dan S2 di Jurusan Matematika, Universitas Gadjah Mada. Bidang keahliannya adalah Teori Bilangan dan Teori Ergodik. Aktif dalam penelitian, pengabdian, seminar dan publikasi. Catatan publikasi artikel terindeks Scopus sebanyak tujuh dengan lima di antaranya dalam Teori Bilangan khususnya Persamaan Diophantin Non-Linier. Dapat dihubungi melalui *agussugandha1974@gmail.com* atau *agus.sugandha@unsoed.ac.id*.



Niken Larasati, S.Si., M.Si.

Niken Larasati berkarir sebagai dosen pada Jurusan Matematika FMIPA Unsoed Purwokerto. Bidang penelitian yang ditekuni adalah Matematika Terapan dengan kepakaran pada Sistem Dinamik. Dapat dihubungi melalui *niken.larasati@unsoed.ac.id*.



Ma'rifatul Nur Yuniati

Ma'rifatul Nur Yuniati adalah mahasiswa di Matematika FMIPA Unsoed Purwokerto. Saat ini sedang menekuni riset di bidang Teori Bilangan, dengan spesialisasi Persamaan Diophantine Non-Linier. Dapat dihubungi melalui marifatul.nuryuniati@mhs.unsoed.ac.id.



Sehad, S.Si., M.Si.

Sehad, lahir 06 Agustus 1971 di Kabupaten Rembang Jawa Tengah. Penulis pernah menempuh pendidikan di MI Annashriyyah, lulus tahun 1984; SMP Negeri 1 Lasem, lulus tahun 1987; dan SMA Negeri Lasem, lulus tahun 1990. Selepas SMA, penulis melanjutkan studi pada Program Studi S1 Fisika di Universitas Diponegoro Semarang, dan lulus tahun 1997. Selanjutnya penulis melanjutkan studi di Program Magister S2 Fisika dengan bidang kajian Fisika Bumi di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta, dan lulus tahun 2001. Saat ini penulis berprofesi sebagai pengajar pada Program Studi Fisika Fakultas MIPA Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto dengan beberapa matakuliah antara lain: Listrik Magnet, Gravitasi dan Geomagnet, Seismologi, Eksplorasi Geotermal, Workshop Geofisika, Kapita Selektta Geofisika, dan sebagainya. Selain mengajar, penulis juga aktif melakukan penelitian di bidang Fisika Bumi, antara lain:

- Tahun 2016 Interpretasi Model Struktur Batuan Bawah Permukaan di Kawasan Pantai Widarapayung Kabupaten Cilacap Berdasarkan Data Anomali Magnetik
- Tahun 2017 Eksplorasi Geofisika Metode Magnetik dan Geolistrik untuk Menginvestigasi Potensi Bijih Besi dan Dampak Eksploitasinya di Kawasan Pesisir Kabupaten Cilacap (Studi Kasus: Kawasan Pesisir Kecamatan Binangun dan Kecamatan Nusawungu, Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah)
- Tahun 2018 Penggambaran *Pseudosection* Sistem Hidrogeologi Pantai Berdasarkan Survei Geolistrik Resistivitas 2D Konfigurasi Wenner

Tahun 2019 Pemetaan Sebaran dan Potensi Batuan Andesit Berdasarkan Data Anomali Magnetik Lokal di Desa Candiwulan dan Karangcegak Kecamatan Kutasari Kabupaten Purbalingga Jawa Tengah

Tahun 2020 Investigasi Potensi Akuifer Air Tanah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Serayu Kabupaten Banyumas Berdasarkan Data Resistivitas Batuan Bawah Permukaan

Informasi lebih lanjut dapat dihubungi melalui email: sehah@unsoed.ac.id.



Dr. Kartika Sari, S.Si., M.Si.

Kartika Sari, lahir di Jebus, Bangka Barat, 15 Juni 1971. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Fisika FMIPA UNSRI tahun 1995, S2 Magister Sains Fisika FMIPA UGM tahun 2001, dan Program Doktor Fisika Departemen Fisika FMIPA UGM tahun 2020. Saat ini berprofesi sebagai dosen peneliti di bidang material baterai sekunder. Diangkat sebagai CPNS UNS tahun 1997 di Jurusan Fisika FMIPA UNS. Diangkat sebagai PNS tahun 1998 di jurusan Fisika FMIPA UNS dan tahun 2008 hingga sekarang bergabung di jurusan Fisika FMIPA Unsoed. Penulis aktif sebagai pengurus di organisasi PSI DIY-Jawa Tengah. Aktif sebagai reviewer di Seminar Internasional Komunitas Baterai. Artikel hasil penelitian telah di publikasi di jurnal *Material Science Forum* dan *International Journal of Nanoelectronics and Materials*. Dapat dihubungi melalui email: tikasari1571@gmail.com atau kartika.sari@unsoed.ac.id.



Yazid Zainur Isnen

Yazid Zainur Isnen. Lahir di Cirebon, Jawa Barat, 28 Februari 2000. Penulis menyelesaikan pendidikan SMA pada jurusan MIPA SMA Negeri 3 Cirebon tahun 2018 dan sedang menempuh pendidikan S1 di jurusan Fisika FMIPA Universitas Jenderal Soedirman. Penulis aktif dalam kegiatan organisasi intra dan ekstra kampus seperti Himpunan

Mahasiswa, Badan Eksekutif Mahasiswa, dan *Society of Renewable Energy*. Pernah menjadi ketua umum Himpunan Mahasiswa Fisika tahun 2020 dan *awardee* Djarum Beasiswa Plus angkatan 36 tahun 2020/2021. Saat ini aktif dalam penelitian katoda baterai sekunder sebagai topic penelitian Tugas Akhir. Dapat dihubungi melalui email: yazidzainur28@gmail.com atau yazid.isneni@mhs.unsoed.ac.id.



Prof. Dr. Agung Bambang Setio Utomo, S.U.

Agung Bambang Setio Utomo, lahir di Ungaran Semarang, 2 Mei 1958. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Fisika FMIPA UGM tahun 1982, S2 Pascasarjana Fisika UGM tahun 1987, dan Program Doktor S3 University Of Wales Swansea UK tahun 1994. Saat ini berprofesi sebagai dosen peneliti di bidang *Laser Spectroscopy* dan *Termoacoustic*. Diangkat sebagai CPNS UGM tahun 1983 di Departemen Fisika FMIPA dan diangkat sebagai PNS tahun 1984 - sekarang di Departemen Fisika FMIPA UGM. Diangkat menjadi Guru Besar bidang Fisika tahun 2013. Artikel hasil penelitian telah di publikasi di jurnal nasional dan internasional. Dapat dihubungi melalui email: agungbambang@ugm.ac.id.



Dr. Ampala Khoryanton, S.T., M.T.

Ampala Khoryanton, lahir di Tegal, Jawa Tengah, 28 Desember 1966. Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik ITS tahun 1994, S2 Magister Teknik Mesin Fakultas Teknik Mesin ITB tahun 2000, dan Program Doktor S3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tahun 2019. Saat ini berprofesi sebagai dosen peneliti di bidang Teknik Produksi dan Perawatan Mesin-Mesin Industri. Diangkat sebagai CPNS Politeknik Negeri Semarang tahun 1990 di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang dan diangkat sebagai PNS tahun 1991 - sekarang di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang. Penulis aktif sebagai pengurus di Jurnal

Rekayasa Mesin Politeknik Negeri Semarang. Aktif sebagai *reviewer* di beberapa jurnal Seminar Nasional dan Internasional. Artikel hasil penelitian telah di publikasi di *Journal of Southwest Jiaotong*, *Quality—Access to Success*, dan *Journal of Engineering and Applied Sciences*. Dapat dihubungi melalui email: ampala.khoryanton@polines.ac.id.



Parmin Lumban Toruan, S.Si.,M.T.

Parmin Lumban Toruan, S.Si.,M.T. Lahir di Tipang, 5 Desember 1970, Penulis menyelesaikan pendidikan S1 pada jurusan Fisika FMIPA UNSRI 1996, S2 Magister Teknik Unsri tahun 2011. Saat ini berprofesi sebagai dosen peneliti di bidang Fisika Energi. Diangkat sebagai CPNS tahun 2005 dosen PNSD L2DIKTI Wilayah 2. Diangkat sebagai PNS tahun 2006 dan ditempatkan sebagai dosen Program Studi Fisika Universitas PGRI Palembang. Aktif sebagai anggota Organisasi PSI Sumatera Selatan. Dapat di hubungi melalui email: parmin.lt70@gmail.com.