

## Struktur Berpikir Siswa Terhadap Kesalahan Membaca Berdasarkan Teori Newman dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Melalui Defragmentasi

Heri Sopian Hadi<sup>1</sup>, Elly Susanti<sup>2</sup>, Turmudi<sup>3</sup>

<sup>1, 2, 3</sup>Master of Mathematics Education Departement, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, Jl. Gajayana No.50, Malang  
herysopyan07@gmail.com

### Abstract

The structure of thinking is an internal representation of students' mental activities that describe the flow of solving mathematical problems. Thinking structure is one of the factors that influence students' mathematical problem-solving errors. Therefore, mistakes made by students in solving mathematical problems require the right solution, one of which is defragmentation. The purpose of this study was to defragment students' thinking structures against reading errors based on Newman's theory of solving mathematical problems. The approach used in this research is qualitative with descriptive research design. Subject selection was carried out by a purposive sampling technique with criteria, namely students who had reading errors. The research data consisted of answers, recordings of semi-structured interviews, and students' think aloud results. The analysis technique is reducing data, presenting data, and drawing conclusions. The results showed that defragmentation can help students rearrange the structure of their thinking. This is evidenced by the complete structure of students' thinking from the stages of interpreting and understanding, applying, analyzing, and evaluating.

**Keywords:** Defragmentation, Thinking Structure, Problem-Solving

### Abstrak

Struktur berpikir merupakan representasi internal dari aktifitas mental siswa yang menggambarkan alur penyelesaian masalah matematika. Struktur berpikir ialah salah satu faktor yang mempengaruhi kesalahan penyelesaian masalah matematika siswa. Oleh karena itu, kesalahan yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika, membutuhkan solusi yang tepat, salah satunya dengan melakukan defragmentasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan defragmentasi struktur berpikir siswa sekolah menengah pertama terhadap kesalahan membaca berdasarkan teori Newman dalam menyelesaikan masalah matematika. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif. Pemilihan subjek dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dengan kriteria, yaitu siswa yang memiliki kesalahan membaca (*reading error*). Data penelitian terdiri atas jawaban, rekaman hasil wawancara semi terstruktur dan hasil *think aloud* siswa. Adapun teknik analisis yaitu mereduksi data, menyajikan data, dan menarik kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa defragmentasi dapat membantu siswa untuk menata ulang struktur berpikir yang dimiliki. Hal ini dibuktikan dengan lengkapnya struktur berpikir siswa dari tahap menafsirkan/memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi.

**Kata kunci:** Defragmentasi, Struktur Berpikir, Penyelesaian Masalah

Copyright (c) 2022 Heri Sopian Hadi, Elly Susanti, Turmudi

✉ Corresponding author: Heri Sopian Hadi

Email Address: herysopyan07@gmail.com (Jl. Gajayana No.50, Malang)

Received 13 September 2022, Accepted 05 November 2022, Published 08 November 2022

DoI: <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i3.1813>

## PENDAHULUAN

Penyelesaian masalah matematika dinyatakan sebagai aktivitas kognitif yang kompleks yang melibatkan banyak proses (Sukmaangara & Prabawati, 2019). Selain untuk menyelesaikan permasalahan, siswa harus mengintegrasikan mekanisme kognitif, metakognitif, dan pengaturan diri dari berbagai strategi (Rusmono, 2018). Kemampuan penyelesaian masalah matematika sangat penting

dalam proses pembelajaran (Supiarmo et al., 2021). Hal ini disebabkan penyelesaian masalah matematika melibatkan proses berpikir yang sering dianggap sebagai proses kognitif tingkat tinggi yang memerlukan modulasi dan kontrol lebih dari keterampilan-ketempilan dasar (Amam., 2017).

Dalam penyelesaian masalah matematika, siswa diharapkan mampu menentukan strategi yang akan digunakan dan menyiapkan strategi alternatif jika dalam proses menyelesaikan masalah mengalami kesulitan (Sukiyanto, 2020). Kesulitan penyelesaian masalah matematika dialami siswa yang mengakibatkan siswa melakukan kesalahan atau kegagalan dalam menyelesaikan masalah matematika (Wibawa dkk., 2018). Berdasarkan observasi awal yang telah dilakukan, siswa yang mengalami kesalahan dalam proses berpikirnya tidak dapat menyelesaikan masalah matematika yang diberikan. Hal tersebut, mengakibatkan dampak kepada siswa ketika menyelesaikan masalah matematika berikutnya (Nazihah, 2018).

Mengenai kesalahan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika, Newman mengelompokkan menjadi beberapa kategori kesalahan diantaranya: kesalahan membaca, kesalahan memahami, kesalahan transformasi, kesalahan menganalisis, dan kesalahan menulis jawaban akhir (Oktaviana, 2018). Newman (1997), *Newman's Error Analysis* (NEA) dikembangkan untuk membantu guru ketika berhadapan dengan siswa yang mengalami kesulitan dalam penyelesaian masalah matematika. NEA dalam program *Counting On 2007* dan *2008* terutama untuk membantu guru ketika berhadapan dengan siswa yang mengalami kesulitan dengan masalah kata matematika (Garderen et al., 2013).

Salah satu faktor yang mempengaruhi kesalahan penyelesaian masalah matematika yang dilakukan oleh siswa adalah struktur berpikir yang dimiliki (Sukmaangara & Prabawati, 2019). Struktur berpikir merupakan representasi internal dari aktifitas mental siswa yang menggambarkan alur penyelesaian masalah matematika (Wibawa, 2017). Oleh karena itu, kesalahan yang dilakukan siswa dalam menyelesaikan masalah matematika, membutuhkan solusi yang tepat, salah satunya dengan melakukan defragmentasi struktur berpikir siswa (Subanji & Supratman, 2015).

Defragmentasi struktur berpikir didefinisikan sebagai proses menstrukturisasi berpikir siswa menjadi struktur berpikir yang lengkap sehingga mencapai pemahaman yang mendalam terhadap tahapan penyelesaian masalah matematika yang diberikan (Supiarmo, 2021; Wibawa et al., 2018). Intervensi yang dilakukan dalam defragmentasi merupakan suatu bantuan dari orang lain untuk mengatur kembali struktur berpikir ketika mengalami kesalahan dalam menyelesaikan masalah (Wulandari & Gusteti, 2021). Beberapa cara yang dapat dilakukan dalam intervensi defragmentasi yaitu melalui proses *disequilibrasi*, *conflic cognitive*, dan *scaffolding* (Haryanti, 2018).

Defragmentasi struktur berpikir yang dilakukan dalam penelitian ini adalah suatu proses untuk membantu siswa menata kembali struktur berpikir yang dimiliki siswa terhadap kesalahan penyelesaian masalah matematika ditinjau dari teori Newman. Defragmentasi struktur berpikir dapat dilakukan melalui dua tahap, yaitu mengidentifikasi struktur berpikir siswa terhadap kesalahan menyelesaikan

masalah matematika, kemudian menata ulang struktur berpikir tersebut agar sesuai dengan struktur masalah yang diberikan atau konsep yang sebenarnya (Muhtadin, 2020; Nazihah, 2018).

Beberapa penelitian terdahulu terkait defragmentasi proses berpikir telah dilakukan, antara lain penelitian Wibawa dkk (2013) mengenai defragmenting berpikir pseudo siswa. Kemudian penelitian Nazihah (2018) yang melakukan defragmenting struktur berpikir mahasiswa dalam mengidentifikasi homomorfisma ring. Penelitian Bahrudin dkk (2019) yang membahas defragmenting struktur berpikir siswa smp dalam menyelesaikan masalah bangun datar.

Melalui uraian di atas, melakukan penelitian mengenai defragmentasi struktur berpikir siswa terhadap kesalahan menyelesaikan masalah matematika ditinjau dari teori Newman penting untuk dilakukan. Hal ini juga didukung dengan belum adanya penelitian terkait konteks permasalahan tersebut. Oleh sebab itu, peneliti akan melakukan penelitian yang berjudul “Struktur Berpikir Siswa Sekolah Menengah Pertama Terhadap Kesalahan Membaca Berdasarkan Teori Newman dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Melalui Refleksi”.

## METODE

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kualitatif dengan jenis penelitian deskriptif. Penelitian ini dilakukan pada siswa kelas VIII di MTs Wali Songo Bululawang, MTs Al-Hidayah Batu, dan MTs AN-Nashriyah Montong Goak yang berjumlah 112 siswa. Pemilihan subjek dilakukan dengan teknik *purposive sampling* dengan kriteria, yaitu siswa yang memiliki kesalahan dalam menyelesaikan masalah matematika. Calon subjek diberikan lembar tes awal. Melalui hasil tes tersebut, peneliti mengelompokkan siswa berdasarkan kategori kesalahan yang diadopsi dari Aisyah (2019), yaitu sebanyak 29 siswa memiliki kesalahan membaca, 47 siswa memiliki kesalahan memahami, 32 siswa memiliki kesalahan transformasi.

Adapun subjek yang diambil dalam penelitian ini adalah 2 siswa yang memiliki kesalahan membaca (*reading error*). Hal ini karena ketika siswa mengalami kesalahan membaca, maka siswa tersebut tidak dapat melanjutkan penyelesaian masalah ke tahap selanjutnya, sehingga membutuhkan *treatment* yang sesuai kebutuhan berpikir siswa. Dalam penelitian ini *treatment* yang digunakan adalah defragmentasi. Subjek tersebut diberikan instrumen tes berupa soal cerita sebanyak 1 soal yang dikerjakan secara *think aloud* dengan bantuan alat perekam suara. Sebelum lembar tes soal digunakan, terlebih dahulu dilakukan validasi kepada ahli materi matematika yaitu Afifurahman, S.si., M.Pd., Ph.D dan ahli pembelajaran matematika yakni Dr. Marhayati, M.Pmat dan Dr. Al Kusaeri, M.Pd. kemudian dilanjutkan dengan uji keterbacaan sehingga layak dijadikan sebagai instrumen penelitian.

Data penelitian terdiri atas jawaban siswa terhadap tes soal cerita, rekaman hasil wawancara semi terstruktur dan hasil *think aloud* siswa. Melalui tiga data tersebut, kategori kesalahan penyelesaian masalah matematika akan dilihat berdasarkan teori Newman (1997) dan indikator

tahapan berpikir siswa terhadap penyelesaian masalah matematika yang dikemukakan oleh Taksonomi Bloom (1956) pada analisis data yang dilakukan pada tabel 1.

Tabel 1. Indikator dan Deskripsi Kategori Kesalahan Penyelesaian Masalah Matematika Siswa

Kategori Kesalahan	Indikator Tahap Berpikir	Deskripsi
Kesalahan membaca	Mengingat	Siswa dapat mengidentifikasi gambar.
		Siswa dapat menjelaskan informasi penting dalam masalah.
		Siswa dapat memahami bentuk satuan masalah.
		Siswa dapat menentukan simbol atau notasi.
		Siswa dapat menyesuaikan bentuk ekspresi matematika
Kesalahan memahami	Menafsirkan atau Memahami	Siswa dapat menafsirkan gambar, seketsa, tabel atau grafik pendukung.
		Siswa dapat mengklasifikasi informasi yang diberikan (memilih informasi yang diperlukan dan mengeliminasi informasi berlebih).
		Siswa dapat memahami apa yang ditanyakan dalam soal menggunakan kalimatnya sendiri.
		Siswa dapat menghubungkan masalah dengan materi yang dipahami.
Kesalahan mentransformasi	Menerapkan	Siswa dapat menentukan masalah dalam bentuk matematika.
		Siswa dapat menghubungkan masalah ke model matematika.
		Siswa dapat memahami keterkaitan pola dalam masalah
		Siswa dapat melakukan generalisasi rumus.
		Siswa dapat menerapkan beberapa model matematika.
Kesalahan menganalisis	Menganalisis	Siswa dapat menganalisis pola bilangan.
		Siswa dapat menganalisis operasi aljabar.
		Siswa dapat memecahkan satuan.
		Siswa dapat memecahkan skala.
		Siswa dapat memilih strategi pemecahan.
		Siswa dapat melakukan manipulasi
Kesalahan menulis jawaban	Mengevaluasi	Siswa dapat membuktikan jawaban secara matematis (bentuk lain yang ekuivalen dan solusi)
		Siswa dapat menyimpulkan satuan dengan benar.
	Menciptakan	Siswa mampu membuat hipotesis dan teori sendiri berdasarkan ilmu yang sudah didapatkan.

Sumber: (Bloom, 1956; Newman, 1997)

Hasil analisis terhadap data penelitian digunakan untuk mengetahui struktur berpikir siswa. Hal ini diketahui melalui indikator tahapan berpikir yang belum terpenuhi disebabkan kesalahan membaca subjek. Sehingga menjadi pedoman peneliti untuk melakukan defragmentasi struktur berpikir agar

siswa dapat melengkapi struktur berpikir dalam menyelesaikan masalah matematika. Kemudian data yang diperoleh dianalisis melalui teknik, yaitu mereduksi data, menyajikan data, dan menarik kesimpulan.

## HASIL DAN DISKUSI

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan defragmentasi struktur berpikir siswa terhadap kesalahan menyelesaikan masalah matematika ditinjau dari teori Newman. Adapun subjek dalam penelitian ini terdiri dari 2 subjek terhadap kesalahan membaca, yang dikodekan sebagai S1 dan S2.

### *Data Struktur Berpikir S1 dalam Menyelesaikan Masalah Matematika*

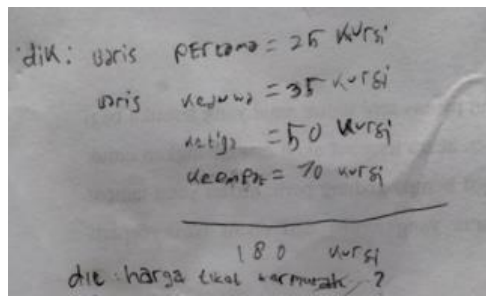
#### **Data Struktur Berpikir S1 Terhadap Kesalahan Membaca Berdasarkan Teori Newman dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Sebelum Defragmentasi**

S1 merupakan subjek yang memiliki kesalahan membaca sesuai dengan kategori kesalahan membaca oleh Newman (1997). Hal ini karena S1 gagal dalam mengenali gambar dan menetapkan informasi penting dari suatu permasalahan yang diberikan. Berikut disajikan jawaban, hasil rekaman *think aloud*, dan hasil wawancara semi terstruktur terkait struktur berpikir S1 terhadap penyelesaian masalah matematika.

Berdasarkan data *think aloud* dan hasil wawancara, S1 menguraikan jumlah kursi pada baris pertama sampai baris keempat yang terdiri dari 25 kursi, 35 kursi, 50 kursi, dan 70 kursi, tetapi sedikit kebingungan ketika menyampaikan informasi pada gambar yang dipaparkan karena tidak sesuai dengan jumlah kursi yang diketahui. Selain itu, S1 juga menguraikan selisih harga tiket sebesar Rp. 10.000,00 pada dua barisan kursi yang berdekatan dengan panitia ingin memperoleh dana sebesar Rp. 22.500.000,00 dengan syarat semua kursi dalam gedung terisi penuh. Kemudian S1 juga menguraikan terkait informasi yang ditanyakan yaitu, menentukan harga tiket termurah. Penguraian informasi dalam masalah tersebut membuktikan bahwa S1 belum mampu memenuhi tahapan mengingat secara sempurna terhadap penyelesaian masalah yang diberikan.

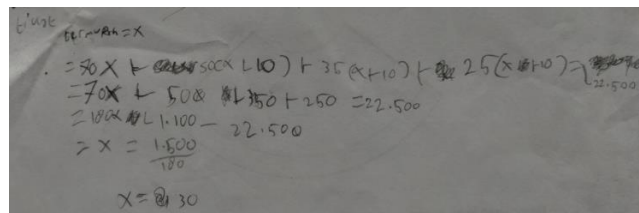
Selanjutnya, pada tahap menafsirkan masalah S1 tidak menentukan jumlah kursi pada baris kelima dan keenam, tetapi S1 langsung menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung dengan menjumlahkan kursi pada baris pertama sampai keempat. Hal ini menjelaskan bahwa S1 tidak mampu menghubungkan masalah dengan materi matematika yang telah diperoleh sebelumnya, sehingga S1 dapat dikatakan tidak memenuhi tahap menafsirkan masalah yang diberikan berdasarkan indikator tahapan berpikir pada tabel 1. Dengan demikian tentunya S1 juga tidak memenuhi indikator tahapan menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi.

S1 mengalami kesulitan dalam memahami informasi tidak menentukan barisan kursi kelima dan keenam terlebih dahulu, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada postingan jawaban S1 berikut.



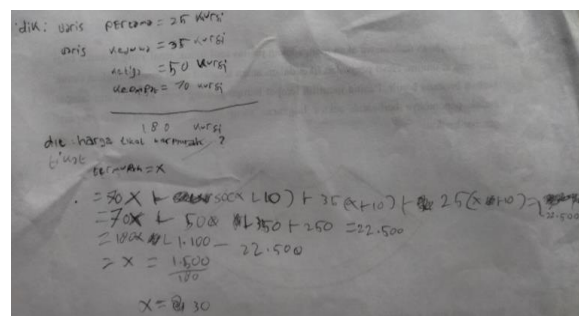
Gambar 1. Potongan Jawaban S1 Menentukan Barisan Kursi dalam Gedung

Berdasarkan gambar 1, diketahui bahwa S1 melakukan kesalahan dalam menentukan jumlah kursi keseluruhan. Jumlah kursi keseluruhan diperoleh dengan menjumlahkan barisan kursi pertama sampai keempat yaitu 25 kursi, 35 kursi, 50 kursi, dan 70 kursi sehingga diperoleh jumlah keseluruhan kursi dalam gedung yaitu 180 kursi. Hal ini mengakibatkan kesalahan S1 pada tahapan selanjutnya dalam menerapkan rencana penyelesaian. Selanjutnya pada tahap menerapkan rencana, setelah menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung S1 membuat permisalan untuk (x) adalah harga tiket termurah yang ditanyakan dalam masalah. Hal ini dibuktikan dari jawaban yang lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Potongan Jawaban S1 Menganalisis Jumlah Kursi Dengan Selisih Harga Tiket

Berdasarkan gambar 2, diketahui bahwa S1 mampu membuat permisalan dengan (x) sebagai harga tiket termurah, tetapi S1 melakukan kesalahan dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan yaitu  $70x + 50(x + 10) + 35(x + 10) + 25(x + 10) = 22.500$ . Adapun melalui hasil *think aloud* diketahui bahwa S1 melakukan kesalahan dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris yang berdekatan, dengan menetapkan selisih harga tiket sebesar Rp.10.000 untuk setiap barisan kursi. Oleh karena itu, S1 belum memenuhi tahap menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi dalam menyelesaikan masalah, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada potongan jawaban pada gambar 3.



Gambar 3. Potongan Jawaban S1 Menentukan Harga Tiket Termurah

Berdasarkan gambar 3, diketahui bahwa harga tiket termurah yang ditemukan S1 adalah  $x = 8,30$ . harga tiket termurah tersebut diketahui dari hasil analisis yang dilakukan dari  $180x + 1.100 - 22.500$ ,  $x = 1500/180 = 8,30$ .

### Data Struktur Berpikir S1 Terhadap Kesalahan Membaca Berdasarkan Teori Newman dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Saat Defragmentasi

Berdasarkan jawaban, hasil *think aloud* dan wawancara sebelum defragmentasi diketahui bahwa S1 dapat menguraikan informasi yang diketahui menjadi beberapa bagian tetapi sedikit kebingungan ketika menguraikan gambar yang dipaparkan karena tidak sesuai dengan informasi yang diketahui dalam masalah, sehingga pada tahap mengingat S1 belum memenuhi secara sempurna. sedangkan pada tahap berikutnya S1 juga mengalami kesalahan dalam menghubungkan masalah dengan materi yang diperoleh sebelumnya, sehingga S1 tidak memenuhi tahap menafsirkan/memahami. Maka peneliti memberikan defragmentasi untuk menata ulang dan melengkapi tahapan berpikir S1 terhadap penyelesaian masalah matematika.

Peneliti mengawali dengan memberikan defragmentasi melalui *disequilibrasi* dan *conflik cognitive* untuk mengarahkan S1 mengungkapkan pemahaman terhadap masalah yang diberikan, sehingga dapat melengkapi dan memperbaiki kesalahan dalam menentukan jumlah kursi keseluruhan dengan terlebih dahulu menentukan jumlah kursi pada baris kelima dan keenam. Defragmentasi yang diberikan peneliti bertujuan untuk menelusuri pemahaman S1 terhadap materi pola bilangan dalam menentukan jumlah kursi pada barisan kelima dan keenam terlebih dahulu, selanjutnya menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung. Setelah peneliti memberikan defragmentasi melalui proses *disequilibrasi* dan *conflik cognitive*, S1 dapat memahami informasi terkait gambar yang dipaparkan dan dapat mengungkapkan pemahaman terkait materi pola bilangan. Kemudian peneliti meminta S1 untuk menyelesaikan masalah dengan menentukan jumlah kursi dibarisan kelima dan keenam terlebih dahulu dengan pengetahuan S1 terkait materi pola bilangan yang dipahami.

Setelah 5 menit, S1 menunjukkan hasil perbaikan yang dilakukan terkait jumlah kursi pada barisan kelima dan keenam, untuk menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung. Kemudian S1 membuat permisalan untuk menentukan harga tiket termurah dari masalah. Hal ini dibuktikan oleh potongan jawaban di bawah ini.

Handwritten mathematical work showing an arithmetic sequence of seats per row and a total of 400 seats.

Baris	Jumlah Kursi
Baris pertama	25
Kedua	35
Kelima	50
Keempat	70
Kelima	95
Keenam	125
<b>Jumlah</b>	<b>400</b>

dit: harga tiket termurah?

Gambar 4. Potongan Jawaban S1 Menentukan Barisan Kursi Setelah Diberikan Defragmentasi

Berdasarkan gambar 4, menunjukkan bahwa S1 dapat menghubungkan masalah dengan pemahaman materi yang sebelumnya telah dipelajari. S1 menyadari untuk menentukan harga tiket termurah, maka terlebih dahulu harus ditentukan jumlah kursi pada barisan kelima dan keenam yang sesuai dengan gambar. Hal ini ditegaskan oleh hasil wawancara bahwa S1 memisalkan ( $x$ ) adalah harga tiket termurah, selain itu S1 juga menyadari bahwa untuk menentukan harga tiket termurah terlebih dahulu menentukan jumlah kursi keseluruhan dari baris pertama sampai baris keenam dalam gedung. Maka berdasarkan indikator tahapan berpikir penyelesaian masalah pada tabel 1, S1 dapat memenuhi tahap mengingat dan tahap menafsirkan/ memahami masalah.

Adapun terkait kesalahan yang dilakukan S1 pada tahap menerapkan rencana dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan, peneliti memberikan defragmentasi struktur berpikir melalui proses *disequilibrasi*, *conflict cognitive* dan *scaffolding*. Peneliti meminta S1 untuk memperbaiki kesalahan dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan dan menganalisis harga tiket termurah dengan melakukan operasi perkalian dan penjumlahan pada setiap barisan kursi yang dikalikan dengan ( $x$ ) dan selisih harga tiket pada dua baris kursi. Adapun hasil perbaikan yang dilakukan, S1 dapat memenuhi tahap menerapkan rencana. Hal ini dapat dilihat pada potongan jawaban S1 berikut.

misal  $x$  harga tiket termurah  
10.000 selisih harga tiket  
 $= 125x + 95x(x + 10.000) + 2x(x + 20.000) + 50x(x + 30.000)$   
 ~~$+ 35x(x + 40.000) + 25(x + 50.000)$~~   $= 22.500.000$   
 $= 400x + 6.500.000$   ~~$= 22.500.000$~~   
 $= 400x = 22.500.000 - 6.500.000$   
 $400x = 16.000.000$   
 ~~$x = 16.000.000$~~   
 $400$   
 $x = 40000$

Gambar 5. Potongan Jawaban S1 Menentukan Harga Tiket Termurah Setelah Diberikan Defragmentasi

Berdasarkan gambar 5, dapat diketahui bahwa S1 dapat memenuhi tahap menerapkan dan menganalisis dalam menyelesaikan masalah. kemudian peneliti memberikan defragmentasi melalui *scaffolding* untuk mengarahkan S1 melakukan tahap mengevaluasi dengan membuat kesimpulan atau jawaban akhir penyelesaian. Maka berdasarkan indikator tahapan berpikir pada tabel 1, dapat diketahui bahwa S1 memenuhi tahap mengevaluasi setelah diberikan defragmentasi oleh peneliti. Temuan ini juga didukung oleh potongan jawaban S1 berikut.

∴ Jadi Harga tiket termurah agar panitia memperoleh dana sebesar Rp 22.500.000 adalah Rp 40000

Gambar 6. Potongan Jawaban S1 Membuat Kesimpulan Setelah Diberikan Defragmentasi



Berdasarkan gambar 6, dapat diketahui bahwa S1 dapat memenuhi tahap mengevaluasi dalam menyelesaikan masalah. Oleh karena itu, S1 dapat menata ulang struktur berpikir yang dimiliki dari tahap mengingat sampai tahap mengevaluasi dengan lengkap setelah diberikan defragmentasi.

#### **Data Struktur Berpikir S2 dalam Menyelesaikan Masalah Matematika**

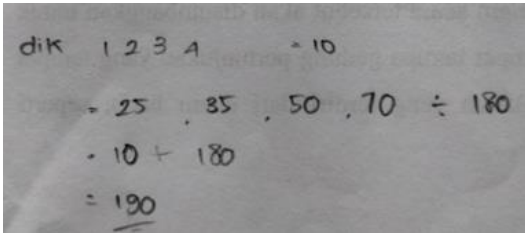
#### **Data Struktur Berpikir S2 Terhadap Kesalahan Membaca Berdasarkan Teori Newman dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Sebelum Defragmentasi**

S2 merupakan subjek yang memiliki kesalahan membaca sesuai dengan kategori Newman (1997). Hal ini karena S2 gagal dalam mengenali gambar atau menetapkan informasi penting dari suatu permasalahan yang diberikan. Berikut disajikan jawaban, hasil rekaman *think aloud* dan hasil wawancara semi terstruktur terkait struktur berpikir S2 terhadap penyelesaian masalah matematika.

Berdasarkan data *think aloud* S2 menguraikan jumlah kursi pada baris pertama sampai baris keempat yang terdiri dari 25 kursi, 35 kursi, 50 kursi, dan 70 kursi, tetapi S2 sedikit kebingungan ketika menguraikan informasi pada gambar yang dipaparkan, karena barisan kursi yang dipaparkan dalam gambar tidak sesuai dengan informasi yang diketahui terkait jumlah kursi dalam gedung. Selain itu, S2 juga menguraikan selisih harga tiket sebesar Rp. 10.000,00 pada dua baris kursi yang berdekatan. Kemudian S2 juga menyampaikan terkait informasi yang ditanyakan yaitu diminta untuk menentukan harga tiket termurah. Penguraian informasi di atas membuktikan bahwa S2 masih belum mampu memenuhi tahapan mengingat secara sempurna terhadap penyelesaian masalah yang diberikan.

Selanjutnya, pada tahap menafsirkan/ memahami S2 tidak menentukan jumlah kursi kelima dan keenam, tetapi S2 langsung menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung dengan menjumlahkan kursi pada baris pertama sampai baris keempat. Hal ini menjelaskan bahwa S2 tidak mampu menghubungkan masalah dengan pemahaman materi matematika yang diperoleh sebelumnya, sehingga S2 dapat dikatakan belum memenuhi tahapan menafsirkan masalah yang diberikan. Berdasarkan indikator tahapan berpikir pada tabel 1. Dengan demikian tentunya S2 juga tidak memenuhi indikator tahap menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi dalam struktur berpikir.

S2 mengalami kesulitan dalam menguraikan gambar, hal ini terjadi karena jumlah kursi yang diketahui dalam gedung tidak sesuai dengan jumlah barisan kursi yang dipaparkan dalam gambar dan S2 juga tidak menentukan barisan kursi kelima dan keenam terlebih dahulu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada potongan jawaban S2 berikut.


$$\begin{array}{r} \text{dik } 1 \ 2 \ 3 \ 4 \quad - 10 \\ - 25 \ , \ 35 \ , \ 50 \ , \ 70 \ \div \ 180 \\ - 10 \ + \ 180 \\ = 190 \end{array}$$

Gambar 7. Potongan Jawaban S2 Menentukan Barisan Kursi dalam Gedung

Berdasarkan gambar 7, diketahui bahwa S2 melakukan kesalahan dalam menentukan jumlah kursi keseluruhan. Jumlah barisan kursi keseluruhan diperoleh dengan menjumlahkan baris kursi pertama, kedua, ketiga, dan keempat yaitu 25, 35, 50, dan 70 kursi, sehingga diperoleh jumlah keseluruhan kursi adalah 180 kursi, kemudian dijumlahkan kembali dengan banyak barisan kursi dalam gedung yaitu baris kursi  $1 + 2 + 3 + 4 = 10$ , sehingga diperoleh  $180 + 10 = 190$  kursi. Hal ini mengakibatkan kesalahan S2 pada tahapan selanjutnya yaitu tahap menerapkan rencana dalam menyelesaikan masalah matematika.

Selanjutnya pada tahap menerapkan rencana, setelah menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung, S2 membuat permisalan untuk  $(x)$  sebagai harga tiket termurah yang ditanyakan dalam masalah. Hal ini dibuktikan oleh potongan jawaban S2 berikut.

misalnya  
misalkan  $x$  harga tas murah  
 $= 70(x + 10) + 50(x + 10) + 35(x + 10) + 25(x + 10)$   
 $= 700x + 500x + 350x + 250x$   
 $= 1200x + 600x$   
 $= 18000$

Gambar 8. Potongan Jawaban S2 Menganalisis Jumlah Kursi Dengan Selisih Harga Tiket

Berdasarkan gambar 8, diketahui bahwa S2 mampu membuat permisalan dengan  $(x)$  sebagai harga tiket termurah, tetapi S2 melakukan kesalahan dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris yang berdekatan yaitu  $70(x + 10) + 50(x + 10) + 35(x + 10) + 25(x + 10)$ . Adapun terkait selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan, S2 menyatakan seperti gambar berikut:

dik 1 2 3 4 - 10  
- 25 35 50 70 ÷ 180  
- 10 = 180  
= 190  
misalnya  
misalkan  $x$  harga tas murah  
 $= 70(x + 10) + 50(x + 10) + 35(x + 10) + 25(x + 10)$   
 $= 700x + 500x + 350x + 250x$   
 $= 1200x + 600x$   
 $= 18000$

Gambar 9. Potongan Jawaban S2 Menentukan Harga Tiket Termurah

Berdasarkan gambar 9, diketahui bahwa harga tiket termurah yang ditemukan S2 adalah 18000. Harga tiket termurah tersebut diketahui dari hasil analisis yang dilakukan yaitu  $700x + 500x + 350x + 250x = 1200x + 600x = 18000$ .

### Data Struktur Berpikir S2 Terhadap Kesalahan Membaca Berdasarkan Teori Newman dalam Menyelesaikan Masalah Matematika Saat Defragmentasi

Berdasarkan jawaban, hasil *think aloud*, dan wawancara sebelum defragmentasi, diketahui bahwa S2 dapat menguraikan informasi yang diketahui menjadi beberapa bagian tetapi sedikit kebingungan ketika menguraikan gambar. Berikutnya S2 mengalami kesalahan dalam menghubungkan

masalah dengan materi yang diperoleh sebelumnya, sehingga S2 belum memenuhi tahap menafsirkan dalam menyelesaikan masalah. Maka peneliti memberikan defragmentasi untuk menata ulang dan melengkapi tahapan berpikir S2.

Peneliti mengawali dengan memberikan defragmentasi melalui *disequilibrasi* dan *conflict cognitive* untuk mengarahkan S2 mengungkapkan pemahaman terhadap masalah yang diberikan. Sehingga dapat melengkapi dan memperbaiki kesalahan dalam menentukan jumlah kursi keseluruhan dengan terlebih dahulu menentukan jumlah kursi pada baris kelima dan keenam. Defragmentasi yang diberikan peneliti bertujuan untuk menelusuri pemahaman S2 terhadap materi pola bilangan dalam menentukan jumlah kursi pada barisan kelima dan keenam terlebih dahulu, selanjutnya menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung.

Setelah peneliti memberikan defragmentasi melalui proses *disequilibrasi* dan *conflict cognitive* S2 dapat mengungkapkan pemahaman terkait materi pola bilangan. Kemudian peneliti meminta S2 untuk menyelesaikan masalah dengan menentukan jumlah kursi di barisan kelima dan keenam. Setelah beberapa menit, S2 menunjukkan hasil perbaikan yang dilakukan terkait jumlah kursi pada barisan kelima dan keenam, untuk menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung. Kemudian S2 membuat permisalan untuk menentukan harga tiket termurah dari masalah. Hal ini dibuktikan oleh potongan jawaban dibawah ini.

Handwritten mathematical work showing a sequence of numbers: 25, 35, 50, 70, 95, 125. Below the sequence, it says "Baris = I, II, III, IV, V, VI". A question is written: "Hit - Harga tiket paling murah? (Baris ke VI)". Underneath, it says "Penyelesaian:". The calculation is: "Banyak kursi pada gedung = 25 + 35 + 50 + 70 + 95 + 125 = 400 kursi". At the bottom, it says "Misal harga tiket di baris ke VI adalah x".

Gambar 9. Potongan Jawaban S2 Menentukan Jumlah Kursi Setelah Diberikan Defragmentasi

Berdasarkan gambar 9, menunjukkan bahwa S2 dapat menghubungkan masalah dengan pemahaman materi yang sebelumnya telah dipelajari setelah diberikan defragmentasi. S2 menyadari untuk menentukan harga tiket termurah, maka terlebih dahulu harus ditentukan jumlah kursi pada barisan kelima dan keenam yang sesuai dengan gambar. Hal ini ditegaskan oleh hasil wawancara bahwa S2 memisalkan ( $x$ ) adalah harga tiket termurah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada hasil wawancara berikut.

P : Apakah informasi yang diketahui pada masalah tersebut?

S2: Dari informasi yang ada, diketahui jumlah kursi pada baris pertama 25 kursi, baris kedua 35 kursi, baris ketiga 50 kursi, dan baris keempat 70 kursi tetapi pada gambar yang dipaparkan ada enam barisan kursi kak, sehingga saya sedikit kebingungan untuk memahami

informasi pada gambar. Kemudian untuk selisih harga tiket adalah 10 yang saya jumlahkan dengan jumlah ursi keseluruhan dalam gedung.

P : Lalu, apakah informasi yang ditanyakan pada masalah tersebut?

S2: Disini kita diminta untuk menentukan harga tiket termurah kak.

Maka berdasarkan hasil wawancara di atas, dapat diketahui bahwa S2 dapat memenuhi tahap menafsirkan masalah. Adapun terkait kesalahan yang dilakukan S2 pada tahap menerapkan rencana dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan, peneliti memberikan defragmentasi struktur berpikir melalui proses *disequilibrasi*, *conflict cognitive* dan *scaffolding*. Peneliti meminta S2 untuk memperbaiki kesalahan dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan dan menganalisis harga tiket termurah dengan melakukan operasi perkalian, operasi penjumlahan pada setiap barisan kursi yang dikalikan dengan (x) dan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan. Adapun hasil perbaikan yang dilakukan, S2 dapat memenuhi tahap menerapkan rencana dan menganalisis masalah setelah diberikan defragmentasi. Hal ini dapat dilihat pada potongan jawaban S2 berikut.

Maka :

$$(125x) + (95 \times (x + 10000)) + (70 \times (x + 20000)) + (250 \times (x + 30000)) + (35 \times (x + 40000)) + (25 \times (x + 50000)) = 22.500.000$$

$$(\therefore) 125x + 95x + 950.000 + 70x + 1.400.000 + 250x + 7.500.000 + 35x + 1.400.000 + 25x + 1.250.000 = 22.500.000$$

$$(1) 400x + 16.000.000 = 22.500.000$$

$$(2) 400x = 22.500.000 - 16.000.000$$

$$(3) 400x = 6.500.000$$

$$(4) x = \frac{16.000.000}{400}$$

$$(5) x = 40.000$$

Gambar 10. Potongan Jawaban S2 Menentukan Harga Tiket Termurah Setelah Diberikan Defragmentasi

Berdasarkan gambar 10, dapat diketahui bahwa S2 mampu memenuhi tahap menerapkan dan menganalisis dalam menyelesaikan masalah. Kemudian peneliti kembali memberikan defragmentasi melalui *scaffolding* untuk mengarahkan S2 melakukan tahap evaluasi dengan membuat kesimpulan yang dapat dilihat pada potongan jawaban S2 berikut.

$\Rightarrow x = 40.000$

Jadi harga tiket paling murah adalah 40.000

Gambar 11. Potongan Jawaban S2 Membuat Kesimpulan Setelah Diberikan Defragmentasi

Berdasarkan gambar 11, dapat diketahui bahwa S2 dapat memenuhi tahap mengevaluasi dalam menyelesaikan masalah. Oleh karena itu, S2 dapat menata ulang struktur berpikir yang dimiliki dari tahap mengingat sampai tahap mengevaluasi dengan lengkap setelah diberikan defragmentasi.

### Diskusi

Berdasarkan hasil penelitian terkait defragmentasi struktur berpikir siswa terhadap kesalahan membaca yang diwakili oleh S1 dan S2, maka dapat diketahui bahwa tahap mengingat (*remembering*), siswa mampu mengidentifikasi atau menguraikan informasi yang diketahui terkait jumlah kursi pada baris pertama sampai keempat. Namun mengalami kesulitan ketika mengidentifikasi atau menguraikan gambar yang dipaparkan, karena tidak sesuai dengan jumlah kursi yang diketahui dari informasi dalam masalah. Selanjutnya untuk selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan dapat disampaikan dengan jelas meski awalnya tidak secara lengkap.

Defragmentasi struktur berpikir yang diberikan pada tahap mengingat diawali melalui proses *disequilibrasi* yang berupa arahan seperti “Cobak adik perhatikan kembali jumlah kursi pada baris pertama sampai baris keempat, apakah setiap barisan kursi dari baris pertama sampai baris keempat memiliki pola tertentu?”. Akibat dari arahan yang diberikan siswa mampu mengungkapkan pemahaman terkait pola barisan, sehingga dapat dengan mudah mengenali maksud gambar yang terdapat pada masalah. Hal ini sesuai dengan pendapat Subanji & Supratman (2015) bahwa *disequilibrasi* terjadi karena ketidakseimbangan antara asimilasi dan akomodasi, sehingga membuat siswa melakukan refleksi atas jawabannya.

Pada tahap menafsirkan/ memahami, siswa melakukan kesalahan dalam menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung yaitu dengan menjumlahkan barisan kursi pertama sampai keempat  $25 + 35 + 50 + 70 = 180$  kursi, hal ini disebabkan karena sebelum menentukan jumlah kursi keseluruhan siswa tidak menentukan jumlah kursi pada baris kelima dan keenam terlebih dahulu. Sehingga untuk mengatasi kesalahan yang dilakukan siswa tersebut, peneliti memberikan defragmentasi melalui proses *conflict cognitive* yang berupa pemberian contoh “Misalkan ada tiga barisan kelereng yang terdiri dari 1, 4, 10 dengan selisih kelereng pada barisan pertama dengan kedua adalah 3, sedangkan selisih kelereng pada barisan kedua dengan ketiga adalah 6 begitupun sampai seterusnya, tentukan barisan kelereng keempat dan kelima?”.

Melalui ilustrasi ini, terjadi konflik dalam pikiran siswa bahwa perbedaan jumlah kelereng pada setiap baris terus bertambah 3 dari jumlah kelereng pada baris sebelumnya. Sehingga siswa menyadari untuk dapat menentukan jumlah kursi pada baris kelima dan keenam harus ditentukan selisih kursi pada setiap barisan pertama sampai keempat, kemudian dilanjutkan dengan menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung. Selanjutnya pemberian defragmentasi dilakukan melalui proses *scaffolding* yang berupa pertanyaan-pertanyaan bimbingan yang disertai dengan petunjuk atau dorongan terhadap siswa untuk menentukan jumlah kursi keseluruhan dalam gedung. Hal ini sesuai dengan Supiarmo et al., (2021) bahwa pemberian *Scaffolding* yang melibatkan siswa pada kegiatan intraktif berdiskusi tentang ide dalam menyelesaikan masalah matematika.

Selanjutnya, tahap menerapkan rencana dan menganalisis dalam menyelesaikan masalah, siswa mampu membuat permisalan dengan (x) adalah harga tiket termurah yang ditanyakan. Namun siswa mengalami kesalahan dalam menetapkan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan.

Hal ini juga berdampak terhadap kesalahan menganalisis yang dilakukan siswa ketika melakukan operasi perkalian pada setiap barisan kursi dengan  $(x)$  yang telah dimisalkan, dan kemudian dijumlahkan dengan selisih harga tiket yaitu  $70x + 50(x + 10) + 35(x + 10) + 20(x + 10) = 22.500$  dan untuk hasilnya diperoleh  $700x + 500x + 350x + 250x$  yang hasilnya  $1200x + 600x$ . Adapun kesalahan yang dilakukan siswa tersebut dapat diatasi dengan memberikan defragmentasi. Defragmentasi pertama diberikan melalui proses *disequilibrasi* dan *conflict cognitive* berupa pertanyaan “bagaimana cara adik menentukan harga tiket termurah yang ditanyakan dalam masalah?” dan dilanjutkan dengan pertanyaan “Yakin terkait selisih harga tiket yang adik tetapkan untuk dua baris kursi yang berdekatan benar?” yang diberikan sambil menunjuk jawaban siswa sehingga berpikir ulang tentang kebenaran jawaban, dan membaca ulang soal yang dipaparkan. Pemberian defragmentasi yang kedua melalui proses *scaffolding*, berupa bantuan atau arahan untuk membantu siswa memperbaiki kesalahan dalam menganalisis setiap barisan kursi dengan selisih harga tiket pada dua barisan kursi yang berdekatan.

Berdasarkan defragmentasi yang diberikan dapat menstimulasi siswa memperbaiki kesalahan yang dilakukan dalam menetapkan selisih harga tiket, dan melakukan operasi perkalian serta penjumlahan pada setiap barisan kursi dengan selisih harga tiket pada dua baris kursi yang berdekatan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Wibawa et al. (2018) bahwa pemberian defragmentasi melalui *disequilibrasi*, *conflict cognitive*, dan *scaffolding* dapat memperbaiki kesalahan berpikir siswa dalam memecahkan masalah limit fungsi.

Adapun pada tahap mengevaluasi, siswa tidak membuat kesimpulan atau jawaban akhir penyelesaian. Sehingga peneliti memberikan defragmentasi melalui proses *scaffolding* yang berupa arahan untuk membantu siswa membuat kesimpulan. Melalui defragmentasi tersebut dapat menstimulasi siswa membuat kesimpulan dari hasil penyelesaian yang dilakukan terkait harga tiket termurah yang ditanyakan. Hal ini membuktikan bahwa siswa yang memiliki kesalahan membaca dalam menyelesaikan masalah matematika mampu melengkapi dan menata ulang struktur berpikir dengan memperbaiki kesalahan dan melengkapi tahapan berpikir dari tahap mengingat sampai tahap mengevaluasi dalam menyelesaikan masalah setelah pemberian defragmentasi dari peneliti. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Supiarmo (2021) dan Bahrudin et al. (2019) yang mendeskripsikan bahwa defragmentasi dapat memperbaiki kesalahan struktur berpikir dalam memecahkan masalah matematika.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa pada tahap mengingat (*remembering*) siswa mampu menguraikan informasi yang diketahui, namun siswa mengalami kesulitan dalam mengenali gambar pada masalah, sehingga struktur berpikir yang dimiliki siswa terhadap kesalahan membaca belum mampu memenuhi tahap mengingat secara sempurna. Begitu juga pada tahap menafsirkan/memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi, sehingga siswa membutuhkan defragmentasi memperbaiki kesalahan tersebut. Sehingga melalui defragmentasi, dapat

membantu siswa untuk menata ulang struktur berpikir yang dimiliki. Hal ini dibuktikan dengan lengkapnya struktur berpikir siswa dari tahap menafsirkan/memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi.

## REFERENSI

- Amam, A. (2017). *Penilaian Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Siswa SMP Asep Amam*. 2(1), 39–46.
- Bahrudin, M. A., Indrawatiningsih, N., & Nazihah, Z. (2019). Defragmenting Struktur Berpikir Siswa SMP Dalam Menyelesaikan Masalah Bangun Datar. *IndoMath: Indonesia Mathematics Education*, 2(2), 127. <https://doi.org/10.30738/indomath.v2i2.4701>
- Bloom, B. dan K. (1956). *Taksonomi Tujuan Pendidikan*. 53–126.
- Haryanti, S. (2018). *Pemecahan Masalah Matematika Melalui Metode Defragmenting*. 3, 199–204.
- Muhtadin, A. (2020). Defragmenting Struktur Berpikir Melalui Refleksi untuk Memperbaiki Kesalahan Siswa Menyelesaikan Soal Cerita. *Jurnal Primatika*, 9, 25–34.
- Nazihah, Z. (2018). Defragmenting Struktur Berpikir Mahasiswa Dalam Mengidentifikasi Homomorfisma Ring Pada Matakuliah Struktur Aljabar. *Jurnal Ilmiah Edukasi & Sosial*, 9(2015), 90–95.
- Newman, M. A. (1997). An analysis of sixth-grade pupils' error on written mathematical tasks. *Jurnal Victorian Institute for Education Research Bulletin*, 31–43.
- Nurfatanah, Rusmono, N. (2018). *Kemampuan pemecahan masalah matematika siswa sekolah dasar*. 546–551.
- Oktaviana, D. (2018). Analisis Tipe Kesalahan Berdasarkan Teori Newman Dalam Menyelesaikan Soal Cerita Pada Mata Kuliah Matematika Diskrit. *Edu Sains: Jurnal Pendidikan Sains & Matematika*, 5(2), 22. <https://doi.org/10.23971/eds.v5i2.719>
- Subanji, R., & Supratman, A. M. (2015). The Pseudo-Covariational Reasoning Thought Processes in Constructing Graph Function of Reversible Event Dynamics Based on Assimilation and Accommodation Frameworks. *Research in Mathematical Education*, 19(1), 61–79. <https://doi.org/10.7468/jksmed.2015.19.1.61>
- Sukiyanto, S. (2020). Munculnya Kesadaran Metakognisi Dalam Menyelesaikan Masalah Matematika. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 9(1), 126. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v9i1.2654>
- Sukmaangara, B., & Prabawati, M. N. (2019). Analisis Struktur Berpikir Peserta Didik Dalam Menyelesaikan Masalah Tes Kemampuan Berpikir Kritis Matematik Berdasarkan Dominasi Otak. *Prosiding Seminar Nasional & Call For Papers*, 3, 89–95.
- Supiarmo, M. Gunawan, Liny Mardhiyatirrahmah, T. (2021). Pemberian Scaffolding untuk Memperbaiki Proses Berpikir Komputasional Siswa dalam Memecahkan Masalah Matematika. *Jurnal Cendekia*, 05(01), 368–382.

- Supiarmo, M. Gunawan. Turmudi, E. S. (2021). Proses Berpikir Komputasional Siswa dalam Menyelesaikan Soal Pisa Konten Change and Relationship Berdasarkan Self-Regulated Learning. *Jurnal N*, 8(1), 58–72.
- Supiarmo, M. G. (2021). Defragmenting Student's Thinking Structures in Solving Mathematical Problems on Pisa Model. (*JIML*) *Journal of Innovative Mathematics Learning*, 4(4), 167–177.
- Van Garderen, D., Scheuermann, A., & Jackson, C. (2013). Examining how students with diverse abilities use diagrams to solve mathematics word problems. *Learning Disability Quarterly*, 36(3), 145–160. <https://doi.org/10.1177/0731948712438558>
- Wibawa, K. A., Nusantara, T., Subanji, & Nengah Parta, I. (2018). Defragmentation of Student's Thinking Structures in Solving Mathematical Problems based on CRA Framework. *Journal of Physics: Conference Series*, 1028(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012150>
- Wulandari, S., & Gusteti, M. U. (2021). Defragmentation of Preservice Teacher's Thinking Structures in Solving Higher Order Mathematics Problem. *Journal of Physics: Conference Series*, 1940(1), 012099. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1940/1/012099>