

Analisis Kualitas *Free-Body Diagram*, Penguasaan Konsep Siswa, dan Korelasinya Pada Materi Dinamika

Analysis of Students' Free-Body Diagram Quality, Conceptual Understanding, and Their Correlations in Dynamics

Ogi Danika Pranata^{1*}

^{1*}Tadris Fisika, IAIN Kerinci, Jambi, Indonesia

Email: ogidanika@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan pembelajaran fisika bukanlah menghafal atau mengingat rumus, tetapi meningkatkan penguasaan konsep. Untuk meningkatkan penguasaan konsep gerak, kemampuan analisis gaya menjadi kemampuan yang paling mendasar yang diperlukan oleh siswa. *Free-body diagram* hadir untuk membantu dalam analisis gaya. Penelitian dilakukan untuk menganalisis dan mengukur tingkat hubungan antara kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep dinamika siswa. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Sungai Penuh. Populasinya adalah siswa kelas XI MIA. Semua populasi menjadi sampel, yaitu 50 siswa. Proses pembelajaran dan tes pada materi dinamika diberikan untuk mengumpulkan data mengenai kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep. Data keduanya terdistribusi secara normal dan berhubungan secara linear dengan korelasi positif yang ditunjukkan menggunakan *scatterplot*. Melalui uji korelasi Pearson dapat disimpulkan hubungan antara kedua variabel, yaitu terdapat korelasi yang tinggi dan signifikan antara kualitas *free-body diagram* dengan penguasaan konsep siswa yang ditunjukkan oleh koefisien korelasi Pearson ($r(48) = 0.81, p = 0.00$). Korelasi bernilai positif pada tingkat yang tinggi, berarti siswa yang menggambarkan *free-body diagram* yang berkualitas memiliki kecenderungan yang tinggi untuk memiliki penguasaan konsep yang tinggi dan berlaku sebaliknya.

Kata Kunci: *Dinamika; Fisika; Free-body diagram; Gaya; Penguasaan konsep*

ABSTRACT

The goal of learning physics is not merely to memorize formulas or equations, but to enhance conceptual understanding. To improve conceptual understanding of motion, the skill of force analysis is fundamental for students. *Free-body diagrams* aid students in analyzing forces. This study aims to analyze and determine the correlation between the quality of *free-body diagrams* and the concept understanding of dynamics. The research was conducted at SMAN 2 Sungai Penuh, with a population of XI science students. Using whole population sampling, 50 students participated. The learning process and tests on dynamics were conducted to gather data about the quality of *free-body diagrams* and concept understanding. Both data sets were normally distributed and linearly related, with a positive correlation indicated by a scatterplot. A Pearson correlation test was conducted to show the relationship between variables. There was a high and significant correlation between the quality of *free-body diagrams* and conceptual understanding, as indicated by the Pearson correlation coefficient ($r(48) = 0.81, p = 0.00$). The correlation was highly positive, meaning that students who draw high-quality *free-body diagrams* tend to have a high level of conceptual understanding.

Keyword: *Conceptual Understanding; Dynamics; Force; Free-body Diagram; Physics*

PENDAHULUAN

Sebagian besar siswa beranggapan bahwa fisika itu sulit dan menjadi habitat untuk aplikasi persamaan atau rumus. Kondisi ini sejalan dengan temuan berdasarkan studi sebelumnya (Fitriani et al., 2020) dan survei awal di SMA Negeri 2 Sungai Penuh. Sebagian besar siswa

cenderung menghafal rumus untuk dapat menjawab soal fisika. Studi sebelumnya juga mengungkapkan bahwa siswa memandang keberadaan persamaan atau rumus membuat pelajaran fisika menjadi lebih sulit (Winter & Hardman, 2020) dan membosankan (D. H. Putri & Pranata, 2023).

Sebenarnya peran persamaan atau rumus sangat penting dalam fisika, namun tujuan pembelajaran fisika bukanlah menghafal atau mengingat rumus, tetapi meningkatkan penguasaan konsep (Etkina & Planinšič, 2015; Steinberg et al., 2009; Winter & Hardman, 2020). Sejalan dengan studi sebelumnya yang mengungkapkan bahwa siswa yang mampu menyelesaikan masalah secara matematis belum tentu dapat menerapkan konsep fisika dengan benar (Rosengrant et al., 2009). Oleh karena itu fokus utama pembelajaran fisika sebaiknya bukan pada penyelesaian masalah secara matematis, melainkan pada penguasaan konsep.

Penguasaan konsep merupakan bagian dari kemampuan kognitif yang menunjukkan kemampuan siswa dalam menghubungkan bagian-bagian dari suatu konsep untuk memperoleh kesimpulan. Oleh karena itu penting bagi siswa untuk dapat menguasai suatu konsep (Arends, 2012; Ünsal, 2011), dimulai dengan konsep yang paling mendasar dan berlanjut secara sistematis (Pranata & Lorita, 2023). Penguasaan konsep akan berpengaruh pada persepsi siswa terhadap sains, khususnya fisika (A. L. Putri et al., 2024). Sekarang penguasaan konsep menjadi prioritas utama dalam penelitian pendidikan (Steinberg et al., 2009). Usaha dalam meningkatkan penguasaan konsep sebaiknya dimulai dengan konsep yang sederhana dan mendasar.

Salah satu konsep yang paling mendasar dalam fisika adalah konsep gerak. Konsep gerak merupakan cabang utama fisika yang dikenal dengan istilah *mekanika*. Mekanika terbagi menjadi *kinematika* dan *dinamika*. Kinematika membahas gerak tanpa melibatkan penyebab gerak, sedangkan dinamika membahas gerak beserta penyebab gerak (gaya). Jadi kemampuan paling mendasar dalam dinamika yang mendukung penguasaan konsep adalah kemampuan menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda atau sistem (Lin & Singh, 2015; Pranata et al., 2017). Untuk mampu

menganalisis gaya perlu diketahui karakteristik dari gaya itu sendiri.

Gaya merupakan salah satu besaran vektor, yaitu besaran yang memiliki nilai dan arah. Oleh karena itu untuk mendukung kemampuan dalam menganalisis gaya diperlukan pemahaman vektor. Banyak cara merepresentasikan vektor, seperti menggunakan simbol, angka, dan visual. Salah satu cara yang menarik adalah cara visual menggunakan panah. Heafner menunjukkan cara yang kreatif dalam mengenalkan vektor, yaitu menggunakan bahasa panah (Heafner, 2015). Penerapan bahasa panah telah terbukti berkorelasi positif dengan kemampuan siswa dalam menganalisis gaya yang ditunjukkan dalam diagram gaya atau sering disebut dengan *free-body diagram* (Pranata & Lorita, 2023).

Free-body diagram merupakan representasi visual untuk mengidentifikasi dan menganalisis gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda atau sistem. *Free-body diagram* menyimpan informasi untuk mempelajari konsep gerak atau dinamika. *Free-body diagram* dapat menunjukkan semua gaya yang bekerja dengan lebih sederhana dan lengkap. Selanjutnya melalui hukum kedua Newton, *free-body diagram* dapat menjadi dasar untuk deduksi kondisi gerak benda, apakah benda bergerak dipercepat atau tidak (Rosengrant et al., 2005; Savinainen et al., 2013). *Free-body diagram* juga dapat membantu dalam memahami konsep fisis (Ayesah et al., 2010; Berge & Weilenmann, 2014).

Jadi fokus utama studi ini adalah menganalisis penguasaan konsep siswa, khususnya dinamika dan kualitas *free-body diagram* yang dirancang oleh siswa. Selanjutnya diikuti dengan penelusuran korelasi atau hubungan antara kualitas *free-body diagram* yang dirancang oleh siswa dengan penguasaan konsep pada materi gerak atau dinamika.

METODE PENELITIAN

Metode kuantitatif deskriptif dan korelasional diterapkan untuk menganalisis dan mengukur tingkat hubungan antara kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep siswa pada materi dinamika. Korelasi dapat diinterpretasikan sebagai konsistensi variasi nilai dari dua variabel. Variabel dalam penelitian ini adalah kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep. Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Sungai Penuh. Populasi dari penelitian ini adalah siswa kelas XI MIA. Populasi dalam penelitian sama dengan jumlah sampelnya, yaitu 50 siswa.

Instrumen tes yang terdiri dari 5 butir soal disiapkan oleh peneliti untuk mengumpulkan data kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep siswa. Siswa diminta untuk menggambarkan *free-body diagram* dan menjelaskan konsep pada setiap butir soal. Instrumen tes telah melalui uji validasi dari dua orang ahli dan uji empiris yang dilaksanakan di sekolah yang sama dengan subjeknya adalah siswa kelas XII MIA.

Data kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep dikumpulkan menggunakan soal tes. Penilaian kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep siswa menggunakan rubrik penilaian seperti pada Tabel 1. Data menggunakan skala dari 0-3. Data kemudian dikonversikan ke skala 100 sebelum uji korelasi.

Uji korelasi yang diterapkan adalah uji Pearson. Uji dapat dilakukan ketika data untuk masing-masing variabel terdistribusi normal dan hubungan antara dua variabel linier yang dapat ditunjukkan menggunakan *scatterplot*. Kedua kondisi tersebut menjadi asumsi dasar atau persyaratan untuk uji korelasi Pearson. Hasil uji korelasi ditunjukkan dengan nilai korelasi yang berada pada rentang nilai antara -1.0 (korelasi negatif) melalui 0.0 (tidak ada korelasi) menuju 1.0 (korelasi positif). Korelasi positif menunjukkan bahwa nilai dari satu variabel yang tinggi berhubungan dengan nilai variabel lain yang tinggi. Korelasi bernilai 0 berarti bahwa nilai satu variabel tinggi berhubungan dengan nilai variabel lain yang bervariasi (tinggi, sedang dan rendah). Korelasi negatif menunjukkan nilai satu variabel yang tinggi berhubungan dengan nilai variabel lain yang rendah.

Tabel 1. Rubrik Penilaian

Variabel	0 (Missing)	1 (Inadequate)	2 (Need Improvement)	3 (Adequate)
Kualitas <i>Free-Body Diagram</i> *	Tidak membuat <i>free-body diagram</i>	Membuat <i>free-body diagram</i> , namun terdapat kesalahan utama seperti besar vektor, arah vektor, kelebihan vektor, atau ada vektor yang hilang.	Membuat <i>free-body diagram</i> , tidak ada kesalahan pada besaran vektor, tetapi tidak disertai label dan tidak digambar dari titik yang sesuai.	<i>Free-body diagram</i> yang dibuat sudah tepat dan setiap besaran vektor diberi label, sehingga jelas setiap besaran vektor yang direpresentasikan.
Penguasaan Konsep	Tidak menjawab soal	Terdapat miskonsepsi utama pada jawaban terkait konsep dinamika	Tidak ada miskonsepsi fatal pada jawaban, tetapi kurang lengkap secara konseptual	Menjawab soal dengan benar dan lengkap sesuai konsep dinamika

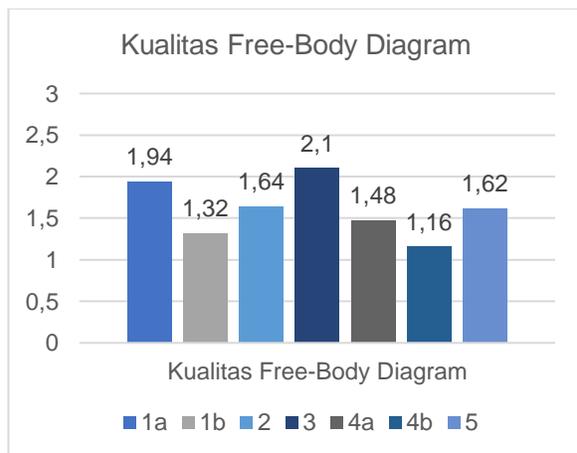
*Rubrik kualitas *free-body diagram* diadopsi dari Etkina, dkk. (Etkina et al., 2006)

HASIL DAN PEMBAHASAN

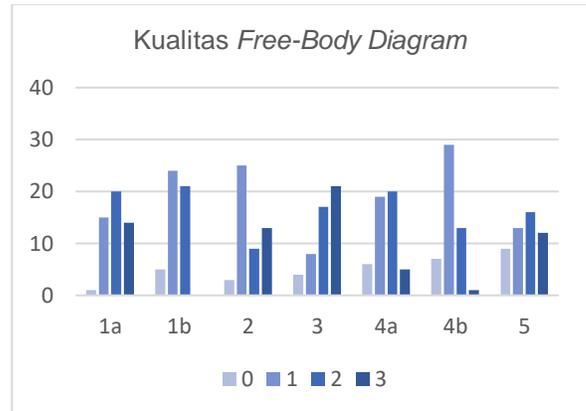
Hasil analisis data secara deskriptif untuk masing-masing variabel (kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep) akan dibahas sebelum memaparkan hubungan atau korelasi antara keduanya.

Kualitas *Free-Body diagram*

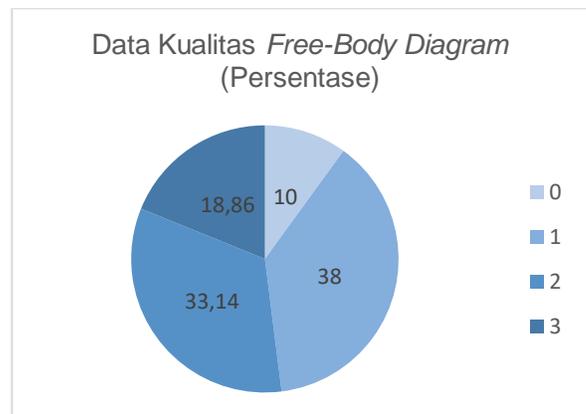
Data kualitas *free-body diagram* diperoleh dari jawaban siswa ketika menjawab soal dengan menggambarkan *free-body diagram*. Dua dari lima butir soal meminta siswa menggambarkan *free-body diagram* pada dua kondisi yang berbeda, yaitu kondisi awal dan kondisi pada suatu waktu setelah bergerak (butir soal nomor 1 dan 4). Sehingga terdapat 2 tambahan *free-body diagram* yang dapat dinilai dan menjadi sumber data kualitas *free-body diagram*. Jadi terdapat 7 buah *free-body diagram* yang dirancang oleh setiap siswa. Sebaran data rata-rata untuk masing-masing *free-body diagram* ditunjukkan oleh Gambar 1 dengan sebaran nilai untuk masing-masing *free-body diagram* sesuai rubrik Tabel 1 yang ditunjukkan oleh Gambar 2. Kemudian persentase untuk masing-masing nilai ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 1. Data Kualitas *Free-Body diagram*



Gambar 2. Sebaran Data Kualitas Masing-Masing *Free-Body Diagram*



Gambar 3. Sebaran Data Nilai Kualitas *Free-Body Diagram* Secara Keseluruhan (Persentase)

Berdasarkan data kualitas masing-masing *free-body diagram* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa *free-body diagram* dengan rata-rata nilai paling tinggi (2.1) adalah *free-body diagram* yang dirancang oleh siswa pada soal nomor 3. Kondisi ini dapat disimpulkan sebagai *free-body diagram* kualitas terbaik yang dirancang oleh siswa. Kemudian diikuti oleh *free-body diagram* untuk soal nomor 1 bagian pertama (1.94), nomor 2 (1.64) dan nomor 5 (1.62). Keempat *free-body diagram* tersebut memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai median dari kualitas *free-body diagram* sesuai rubrik penilaian (>1.5). Sisanya lebih kecil dari median.

Free-body diagram dengan kualitas paling rendah adalah *free-body diagram* yang dirancang oleh siswa untuk nomor 4 bagian kedua (1.16). Data kualitas *free-body diagram* untuk masing-masing soal dapat ditelusuri lebih lanjut dengan mempelajari sebaran nilai kualitas *free-body diagram* pada masing-masing soal seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.

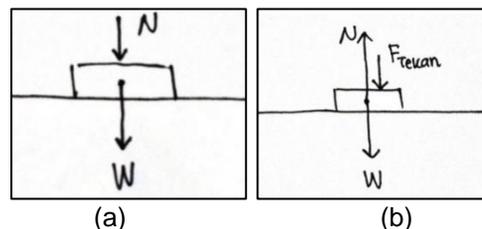
Selanjutnya ketika semua nilai dikumpulkan, maka dapat diketahui nilai yang paling dominan untuk kualitas *free-body diagram* seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3, yaitu nilai 1 sebesar 38% dari seluruh jawaban siswa. Kontribusi terbesar untuk nilai 1 adalah *free-body diagram* pada soal nomor 4 bagian kedua, yaitu jawaban 29 siswa (Gambar 2). Selanjutnya diikuti oleh kualitas *free-body diagram* dengan nilai 2 (34.14%), nilai 3 (18.86%), dan yang paling rendah adalah dengan nilai 0 (10%).

Free-body diagram yang paling berkualitas ditunjukkan oleh nilai 3. Namun persentasenya masing tergolong rendah. Kontribusi terbesar untuk nilai 3 adalah *free-body diagram* pada soal nomor 3, yaitu jawaban dari 21 orang siswa. Kemudian nilai 0 diartikan sebagai kondisi dimana siswa tidak merancang *free-body diagram*. Soal nomor 5 paling banyak dikosongkan oleh siswa, yaitu oleh 9 siswa.

Berdasarkan data jawaban siswa ditemukan bahwa *free-body diagram* yang dirancang oleh siswa masih terdapat banyak kesalahan, baik kesalahan utama (nilai 1, 38% dari jawaban) ataupun kesalahan minim (nilai 2, 34.14% dari jawaban). Secara kumulatif terdapat persentase yang tinggi untuk *free-body diagram* yang terdapat kesalahan, baik kesalahan utama ataupun kesalahan minim, yaitu 72.14%.

Kesalahan ditemukan dominan untuk *free-body diagram* yang dirancang oleh siswa, khususnya kelengkapan gaya yang digambarkan oleh siswa pada *free-body diagram* untuk menunjukkan kondisi dari masalah. Contohnya pada soal nomor 4 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4a (untuk nilai 1). Siswa tidak

menggambarkan gaya normal pada *free-body diagram*. Apa yang digambarkan sebagai gaya normal sebenarnya merupakan gaya tekan dari tangan terhadap buku. Kemudian juga ditemukan masalah akurasi gaya pada *free-body diagram*, baik posisi, arah, dan panjang panah untuk merepresentasikan gaya serta simbol untuk gaya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4b (untuk nilai 2). Temuan yang sama diungkapkan oleh penelitian lain, 35.45% (Pranata & Lorita, 2023) dan 54% (Wendel, 2011) *free-body diagram* yang digambarkan oleh siswa tidak lengkap sehingga mengarah pada analisis gaya yang tidak tepat.



Gambar 4. Contoh *Free-Body diagram* yang dirancang oleh siswa (a) Nilai 1 (b) Nilai 2

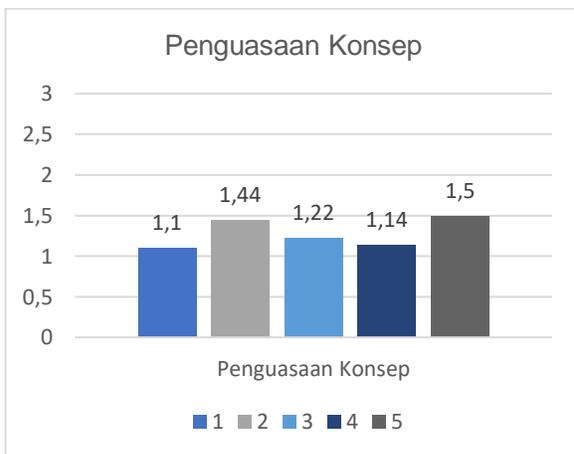
Gambar 4 mewakili kasus buku yang ada di atas meja dan ditekan oleh tangan. Gambar 4a menunjukkan *free-body diagram* yang tidak lengkap. Siswa tidak menggambarkan gaya normal (N). Gaya normal yang ditunjukkan siswa sebenarnya adalah gaya tekan. Selanjutnya Gambar 4b menunjukkan gaya yang lengkap, namun posisi atau titik awal gaya normal (N) tidak akurat. Seharusnya titik awal gaya N adalah bidang sentuh buku dan meja. Ukuran gaya yang diwakili oleh panjang panah juga tidak akurat. Seharusnya panjang panah yang mewakili gaya normal (N) sama dengan kombinasi panjang panah gaya tekan (F_{Tekan}) dan gaya berat (W).

Apakah kualitas *free-body diagram* (terdapat kesalahan) seperti pada gambar 4 memiliki hubungan dengan penguasaan konsep dinamika siswa yang rendah? Secara umum, apakah data nilai kualitas *free-body diagram* memiliki hubungan dengan data nilai penguasaan konsep siswa? Pertanyaan ini penting dan

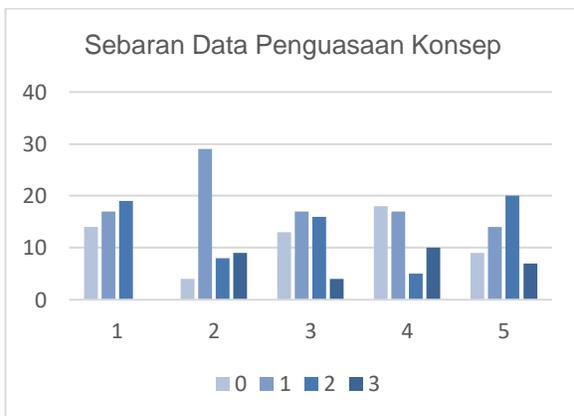
menarik untuk ditelusuri secara mendalam. Namun sebelum menjawab pertanyaan tersebut akan didiskusikan secara deskriptif terlebih dahulu mengenai penguasaan konsep.

Penguasaan Konsep

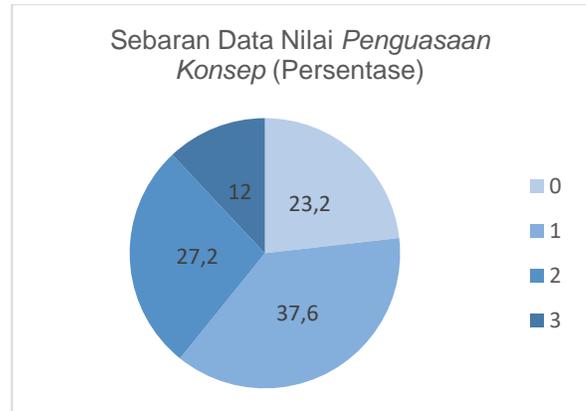
Data penguasaan konsep diperoleh dari jawaban siswa dalam bentuk penjelasan konsep berdasarkan rubrik seperti pada Tabel 1. Sebaran data rata-rata untuk masing-masing soal ditunjukkan oleh Gambar 5 dengan sebaran nilai untuk masing-masing soal ditunjukkan oleh Gambar 6. Kemudian persentase untuk masing-masing nilai ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 5. Data Penguasaan Konsep



Gambar 6. Sebaran Data Penguasaan Konsep Untuk Setiap Soal



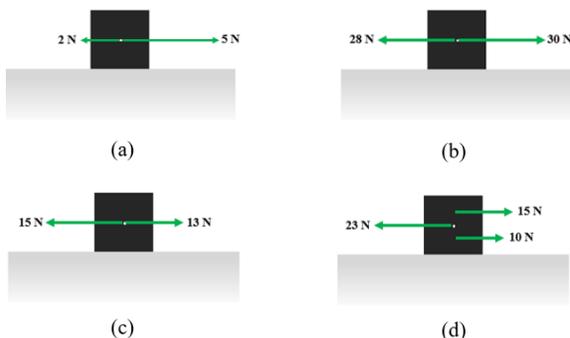
Gambar 7. Sebaran Data Penguasaan Konsep Secara Keseluruhan (Persentase)

Berdasarkan data penguasaan konsep seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa penguasaan konsep dengan nilai rata-rata paling tinggi (1.5) adalah penguasaan konsep pada soal nomor 5. Nilainya sama dengan nilai median. Jadi dapat disimpulkan bahwa penguasaan konsep dari nomor lainnya lebih kecil dibandingkan dengan median (<1.5). Nilai rata-rata penguasaan konsep paling rendah adalah penguasaan konsep nomor 1 (1.1). Data penguasaan untuk masing-masing soal dapat ditelusuri lebih lanjut dengan mempelajari sebaran nilai penguasaan konsep pada masing-masing soal seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.

Selanjutnya ketika semua nilai penguasaan konsep dikumpulkan, maka dapat diketahui nilai yang paling dominan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 7. Penguasaan konsep dengan nilai 1 paling dominan, yaitu sebesar 37.6% dari seluruh jawaban siswa. Kemudian diikuti oleh penguasaan konsep dengan nilai 2 (27.2%), nilai 0 (23.3%), dan nilai 3 yang paling rendah (12%). Padahal penguasaan yang paling baik adalah penguasaan konsep dengan nilai 3, namun persentasenya ditemukan paling rendah. Tidak ditemukan nilai 3 yang mendominasi pada soal-soal penguasaan konsep. Bahkan semua jawaban siswa untuk nomor 1 tidak ada yang bernilai 3. Soal nomor Penguasaan konsep

dengan nilai 2 dominan pada soal nomor 1 dan nomor 5. Penguasaan konsep dengan nilai 1 dominan pada soal nomor 2 dan 3. Sedangkan penguasaan konsep dengan nilai 0 atau tidak ada dijawab oleh siswa dominan pada nomor 4.

Berdasarkan jawaban siswa ditemukan bahwa penguasaan konsep secara keseluruhan masih tergolong rendah, bahkan kecenderungan siswa untuk tidak menjawab hampir mendekati satu dari empat bagian dari semua jawaban. Penguasaan konsep yang rendah juga ditunjukkan oleh masih banyak terdapat miskonsepsi fatal (nilai 1, 37.6% dari jawaban) dan ketidaklengkapan penjelasan secara konseptual (nilai 2, 27.2% dari jawaban). Miskonsepsi yang paling umum ditemukan berhubungan dengan konsep gerak dan gaya dalam dinamika adalah pengaruh gaya terhadap percepatan. Siswa beranggapan bahwa percepatan benda dipengaruhi oleh besarnya gaya, bukan resultan gaya. Miskonsepsi ini terungkap dari soal penguasaan konsep nomor 2. Soal ini meminta siswa untuk menggambarkan dan mengurutkan *free-body diagram* yang akan menghasilkan percepatan paling tinggi ke paling rendah. 12 dari 50 orang siswa (24%) mengurutkannya berdasarkan ukuran besarnya gaya, bukan resultan gaya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 berikut.

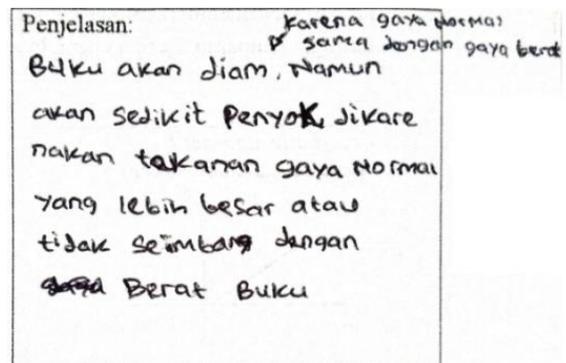


Gambar 8. Contoh Miskonsepsi

Kondisi b dianggap akan menghasilkan percepatan paling besar karena memiliki kombinasi angka (nilai) gaya yang paling besar,

yaitu dengan total 58 N. Kemudian diikuti oleh kondisi d dengan total 38 N dan dengan kondisi c dengan total 28 N. Kondisi a memiliki total gaya paling kecil, yaitu 7 N. Jadi urutan percepatan terbesar ke terkecil yang paling dominan pada jawaban siswa mulai dari benda pada kondisi b, d, c, a. Penjelasan seperti ini jelas merupakan miskonsepsi terkait pengaruh gaya dan resultan gaya. Seharusnya percepatan benda paling besar ditunjukkan oleh kondisi a dengan nilai resultan gaya sebesar $5\text{ N} - 2\text{ N} = 3\text{ N}$. Kemudian diikuti oleh kondisi b, d, dan c (sama besar) tetapi dengan arah resultan gaya yang berbeda (b dan d ke kanan sedangkan c ke kiri).

Kemudian ketidaklengkapan secara konseptual biasanya dalam bentuk jawaban yang hampir benar (nilai 2). Kondisi ini dapat dicontohkan dengan jawaban siswa pada soal nomor 5 mengenai gaya-gaya yang bekerja pada buku di atas meja seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Contoh Ketidakkengkapan Konsep

Siswa menjawab bahwa pada awalnya buku tetap diam karena gaya berat dalam keadaan seimbang dengan gaya normal. Ketika ditekan (diberikan gaya tambahan), maka gaya normal menjadi lebih besar dibandingkan dengan berat buku. Jawaban tersebut benar, namun tidak lengkap. Kekurangannya adalah kesimpulan ketika buku diberikan tekanan. Gaya normal lebih besar dibandingkan dengan berat buku, namun masih seimbang. Gaya normal seimbang dengan

dua gaya lainnya, yaitu gaya berat buku dan gaya tekan buku sehingga buku akan tetap diam. Penyebab dari masalah konseptual ini akan dibahas lebih lanjut pada bagian korelasi antara *free-body diagram* dan penguasaan konsep.

Sejauh ini data dan analisisnya secara deskriptif ditunjukkan dan diinterpretasikan secara terpisah untuk masing-masing variabel. Data terpisah seperti ini tidak dapat mengungkapkan bagaimana tingkat hubungan antar variabel. Untuk itu selanjutnya akan ditentukan dan dianalisis hubungan atau korelasi antar variabel berdasarkan data yang telah

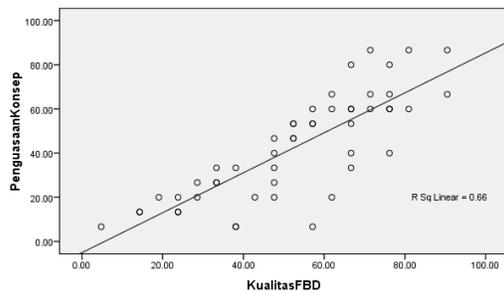
dikumpulkan. Analisis korelasi menggunakan uji korelasi Pearson.

Korelasi Kualitas *Free-Body diagram* dan Penguasaan Konsep

Uji korelasi Pearson dapat dilakukan ketika data terdistribusi secara normal dan variabel memiliki hubungan yang linear. Distribusi data masing-masing variabel dapat diketahui berdasarkan hasil statistik deskriptif yang lebih lengkap seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

	N	Rentang	Min	Maks	Mean	Std. Deviasi	Variansi	Skewness	
								Statistik	Std. Error
<i>Free-body diagram</i>	50	85.72	4.76	90.48	52.76	21.10	445.03	-0.32	0.34
Penguasaan Konsep	50	80.00	6.67	86.67	42.67	23.48	551.49	0.14	0.34



Gambar 10. Scatterplot Nilai Kualiatas *Free-Body diagram* (FBD) dan Penguasaan Konsep

Berdasarkan data dapat disimpulkan bahwa nilai statistik *skewness* untuk data kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep

berada antara -1 sampai dengan +1 (Morgan et al., 2004). Artinya data untuk kedua variabel terdistribusi secara normal. Selanjutnya hubungan antar variabel dapat diketahui menggunakan *scatterplot* (Gambar 10). Jadi dapat disimpulkan bahwa kedua variabel memiliki korelasi yang linear dan positif.

Dengan demikian uji korelasi Pearson dapat dilakukan karena asumsi uji telah terpenuhi. Uji korelasi Pearson bertujuan untuk menyelidiki apakah terdapat hubungan atau korelasi yang signifikan antara kualitas *free-body diagram* dengan penguasaan konsep siswa pada materi dinamika. Hasil uji Pearson ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Pearson

	Penguasaan Konsep
<i>Free-Body diagram</i>	Pearson Correlation 0.81**
	Sig. (2-tailed) 0.00

**Korelasi signifikan

Berdasarkan hasil uji Pearson diketahui koefisien korelasi bernilai positif 0.81 dengan signifikansi 0.00 ($\rho < 0.01$). Jumlah partisipan untuk masing-masing variabel adalah 50 siswa maka hasil korelasi Pearson dapat disimpulkan menjadi $r(48) = 0.81, \rho = 0.00$. Korelasi bernilai positif pada tingkat yang tinggi, berarti siswa yang menggambarkan *free-body diagram* yang berkualitas memiliki kecenderungan yang tinggi untuk memiliki penguasaan konsep yang benar dan lengkap.

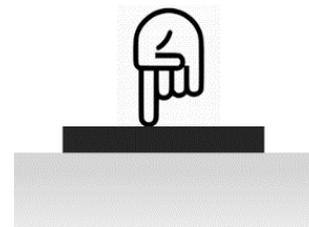
Kecenderungan yang sama juga telah ditunjukkan dalam penelitian lain (Ayesh et al., 2010; Davis & Lorimer, 2018; Rosengrant et al., 2005, 2009). Siswa yang menggambarkan *free-body diagram* dengan benar biasanya dapat menyelesaikan soal dengan benar.

Aktivitas menggambar tampak tidak berhubungan dengan ilmu sains, khususnya fisika. Namun hasil penelitian ini dan studi sebelumnya justru mengungkapkan bahwa kegiatan menggambar dapat memberikan banyak manfaat dalam pembelajaran sains, termasuk fisika (Ainsworth et al., 2011). Kegiatan menggambar dapat meningkatkan keterlibatan siswa dalam belajar, merepresentasikan sebuah konsep, sebagai dasar untuk berpikir, strategi pembelajaran, dan dasar untuk berkomunikasi dalam belajar (Ainsworth et al., 2011; Cahyani & Pranata, 2023). Dalam salah satu materi fisika, khususnya gerak, menggambarkan *free-body diagram* menjadi salah satu rekomendasi untuk diterapkan sebagai aktivitas belajar.

Siswa juga menyadari pentingnya menggambarkan *free-body diagram* untuk membantu dalam memahami dan menyelesaikan masalah gerak. Kondisi ini dapat digambarkan melalui contoh yang telah dipaparkan pada masing-masing bagian *free-body diagram* dan penguasaan konsep sebelumnya.

Soal nomor 3 akan dibahas untuk menggambarkan kasus yang mendukung korelasi positif antara *free-body diagram* dan penguasaan konsep dinamika siswa. Soal nomor

3 meminta siswa untuk menggambarkan *free-body diagram* untuk kasus ketika terdapat buku fisika di atas meja yang ditekan seperti pada Gambar 11. Kemudian siswa juga diminta untuk memberikan penjelasan mengenai kondisi tersebut secara konseptual. Masalah ini disadur dari salah satu masalah dalam artikel yang membahas *free-body diagram* dan penguasaan konsep ketika terdapat terdapat tambahan gaya pada sistem (Wendel, 2011).



Gambar 11. Soal Nomor 3: Buku Fisika di atas Meja yang Ditekan

Berdasarkan analisis jawaban siswa pada soal tersebut ditemukan masalah konseptual yang terjadi karena *free-body diagram* yang digambarkan tidak lengkap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4a. Siswa tidak menggambarkan gaya normal yang seharusnya dilibatkan dalam *free-body diagram*. Apa yang digambarkan oleh siswa sebagai gaya normal merupakan gaya tekan oleh tangan terhadap buku yang ada di atas meja. Ketidaklengkapan gaya normal pada *free-body diagram* membuat siswa keliru dalam menjelaskan konsep atau terdapat miskonsepsi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Jawaban siswa tersebut dipelajari lebih lanjut dengan wawancara bersama siswa. Ketika gaya normal digambarkan dengan benar dan adanya gaya tekan, maka siswa dapat memberikan penjelasan secara konseptual dengan lebih baik dan lengkap. Temuan ini menjadi bukti empiris tambahan untuk korelasi positif antara kualitas *free-body diagram* dan penguasaan konsep siswa pada materi dinamika.

Jadi disimpulkan bahwa *free-body diagram* dapat menjadi dasar untuk penguasaan konsep siswa. Namun ditemukan beberapa kesulitan dan miskonsepsi terkait *free-body diagram* dan hubungannya dengan penguasaan konsep. Sebagian siswa beranggapan bahwa gaya yang bekerja dan gaya yang telah diproyeksikan ke sumbu-x dan sumbu-y sama-sama bekerja pada benda pada waktu yang sama. Jadi sebaiknya gaya tidak diproyeksikan ke sumbu-sumbu koordinat atau tidak didekomposisikan untuk menghindari miskonsepsi (Aviani et al., 2015).

Sebagai pertimbangan tambahan, untuk memastikan informasi mengenai pemahaman siswa, pengajar dapat menerapkan *certainty of response index* (CRI) ketika memberikan tes. Penerapan CRI terbukti berhasil dalam mengumpulkan informasi mengenai miskonsepsi yang dihadapi oleh siswa (Pranata & Marshal, 2023; Sari et al., 2022).

Kemudian untuk mendukung pemahaman mengenai gaya dan *free-body diagram*, pengajar juga sebaiknya mempertimbangkan pemahaman konsep vektor. Karena konsep vektor merupakan konsep yang diperlukan dan mendukung pemahaman konsep gaya. Salah satu pendekatan yang telah terbukti berhasil adalah penggunaan simulasi *Physics Education Technology* (PhET), baik dalam proses pembelajaran (Pranata, 2024), maupun sebagai alat untuk tes konsep (Pranata, 2023b). Selanjutnya pembelajaran juga dapat diarahkan melalui pembelajaran aktif dengan berbagai variasi (Cahyani & Pranata, 2023) seperti *inquiry-based learning* (Pranata, 2023a), *project-based learning* (Pranata et al., 2023), *index card math* (Seprianto, 2019).

mampu merancang *free-body diagram* yang berkualitas cenderung memiliki penguasaan konsep dinamika yang baik dan berlaku sebaliknya. Hubungan atau korelasi yang ditemukan dalam penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk studi lebih lanjut berhubungan dengan eksistensi *free-body diagram* dalam pembelajaran fisika pada konten atau materi fisika lainnya seperti usaha, momentum, dinamika rotasi, gaya elektrostatis, gaya magnetik, optik, dan sebagainya. Temuan ini juga dapat dijadikan dasar untuk eksplorasi variabel lain yang berhubungan dengan kualitas *free-body diagram* atau penguasaan konsep seperti kemampuan numerik, visual, berpikir, pemecahan masalah, komunikasi, konstruksi argumen berdasarkan *free-body diagram*, dan sebagainya.

Selain itu penulis juga menyadari keterbatasan dari penelitian yang telah dilaksanakan. Pertama, materi fisika yang dilibatkan dalam penelitian terbatas pada dinamika atau konsep gerak. Penelitian identik tentu dapat dilakukan untuk materi fisika lainnya yang berhubungan. Kedua, subjek atau sampel dalam penelitian hanya melibatkan 50 siswa kelas XI MIA. Hasil yang lebih terpercaya dapat ditelusuri dengan sampel yang lebih banyak. Kondisi ini juga layak untuk ditelusuri lebih lanjut. Ketiga, Penelitian ini hanya melibatkan dua variabel dan analisis korelasi antara keduanya. Selanjutnya dapat dilibatkan lebih banyak variabel dan analisis yang lebih kompleks sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kualitas *free-body diagram*, penguasaan konsep, dan keterampilan lain yang terkait.

KESIMPULAN

Kualitas *free-body diagram* memiliki korelasi yang tinggi dengan penguasaan konsep siswa pada materi dinamika. Artinya siswa yang

DAFTAR PUSTAKA

- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>

- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Aviani, I., Erceg, N., & Mešić, V. (2015). Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1–14. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020137>
- Ayesh, A., Qamhie, N., Tit, N., & Abdelfattah, F. (2010). The effect of student use of the free-body diagram representation on their performance. *Educational Research*, 1(10), 505–511. <http://repository.ksu.edu.sa/jspui/handle/123456789/14478>
- Berge, M., & Weilenmann, A. (2014). Learning about friction: group dynamics in engineering students' work with free body diagrams. *European Journal of Engineering Education*, 39(6), 601–616. <https://doi.org/10.1080/03043797.2014.895708>
- Cahyani, V. D., & Pranata, O. D. (2023). Studi Aktivitas Belajar Sains Siswa di SMA Negeri 7 Kerinci. *Lensa (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(2), 137–148. <https://doi.org/10.24929/lensa.v13i2.317>
- Davis, J. A., & Lorimer, S. (2018). Student performance on drawing free body diagrams and the effect on problem solving. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2018-June*. <https://doi.org/10.18260/1-2--31013>
- Etkina, E., & Planinšič, G. (2015). Defining and Developing “ Critical Thinking ” Through Devising and Testing Multiple Explanations of the Same Phenomenon. *The Phy*, 53(October), 432–437. <https://doi.org/10.1119/1.4931014>
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., White-Brahmia, S., Brookes, D. T., Gentile, M., Murthy, S., Rosengrant, D., & Warren, A. (2006). Scientific abilities and their assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(2), 1–15. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.020103>
- Fitriani, R. S., Puspitasari, T. O., & Melisa, D. (2020). Deskripsi Sikap Siswa Dalam Kesenangan Belajar Fisika dan Ketertarikan Memerperbanyak Waktu Belajar Fisika di SMAN Batanghari. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 4(1), 1–5. <https://doi.org/10.19109/jifp.v4i1.4868>
- Heafner, J. (2015). The language of the arrows. *The Physics Teacher*, 53(7), 445–446. <https://doi.org/10.1119/1.4931020>
- Lin, S. Y., & Singh, C. (2015). Effect of scaffolding on helping introductory physics students solve quantitative problems involving strong alternative conceptions. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1–19. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.11.020105>
- Morgan, G. A., Leech, N. L., Gloeckner, G. W., & Barret, K. C. (2004). *SPSS for Introductory Statistics. Use and Interpretation*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc. All.
- Pranata, O. D. (2023a). Enhancing Conceptual Understanding and Concept Acquisition of Gravitational Force through Guided Inquiry Utilizing PhET Simulation. *Saintek: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 15(1), 44–52. <https://doi.org/10.31958/js.v15i1.9191>
- Pranata, O. D. (2023b). Physics Education Technology (PhET) as Confirmatory Tools in Learning Physics. *Jurnal Riset Fisika Edukasi Dan Sains*, 10(1), 29–35. <https://doi.org/10.22202/jrfes.2023.v10i1.6815>
- Pranata, O. D. (2024). Students' understanding of vector operations: With and without physics education technology simulation. *Journal of Mathematics and Science Teacher*, 4(3), 1–8. https://doi.org/https://doi.org/10.29333/mat_hsciteacher/14633
- Pranata, O. D., & Lorita, E. (2023). Analisis Korelasi Kemampuan Berbahasa Panah Dengan Kualitas Free-Body Diagram Siswa Pada Materi Dinamika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Sains*, 6(1), 22–31. <https://doi.org/https://doi.org/10.52188/jpfs.v6i1.394>

- Pranata, O. D., & Marshal, N. (2023). Utilizing standardized test and certainty of response index (CRI): science olympiad preparation cases. *Thabiea : Journal of Natural Science Teaching* Vol., 6(2), 197–212. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21043/thabiea.v6i2>
- Pranata, O. D., Sundari, P. D., & Sulaiman, D. (2023). Exploring Project-Based Learning: Physics E-Posters in Pre- Service Science Education. *KONSTAN (Jurnal Fisika Dan Pendidikan Fisika)*, 8(2), 116–124. <https://doi.org/https://doi.org/10.20414/konsan.v8i02.387>
- Pranata, O. D., Yuliati, L., & Wartono. (2017). Concept Acquisition of Rotational Dynamics by Interactive Demonstration and Free-Body Diagram. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 11(3), 291–298. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v11i3.6410>
- Putri, A. L., Pranata, O. D., & Sastria, E. (2024). Students Perception of Science and Technology in Science Learning: A Gender Comparative Study. *Jurnal Pijar Mipa*, 19(1), 44–50. <https://doi.org/10.29303/jpm.v19i1.6153>
- Putri, D. H., & Pranata, O. D. (2023). Eksplorasi Kejenuhan Siswa dalam Pembelajaran Sains Setelah Pandemi. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains (JIPS)*, 4(2), 62–70. <https://doi.org/https://doi.org/10.37729/jips.v4i2.3367>
- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2005). Free-body diagrams: Necessary or sufficient? *AIP Conference Proceedings*, 790, 177–180. <https://doi.org/10.1063/1.2084730>
- Rosengrant, D., Van Heuvelen, A., & Etkina, E. (2009). Do students use and understand free-body diagrams? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.010108>
- Sari, R. F., Syuhendri, S., & Marlina, L. (2022). Analisis Miskonsepsi Pada Materi Suhu dan Kalor Menggunakan Metode CRI Analysis of misconceptions on temperature and heat materials using the CRI method. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya*, 6(2), 42–48. <http://jurnal.radenfatah.ac.id/index.php/jifp/>
- Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2013). Does using a visual-representation tool foster students' ability to identify forces and construct free-body diagrams? *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(1), 1–11. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.010104>
- Seprianto, S. (2019). Pengaruh Penggunaan Metode Index Card Match Terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa di Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Ilmu Fisika Dan Pembelajarannya (JIFP)*, 3(1), 11–17. <https://doi.org/10.19109/jifp.v3i1.3221>
- Steinberg, R. N., Cormier, S., & Fernandez, A. (2009). Probing student understanding of scientific thinking in the context of introductory astrophysics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 5(2), 1–10. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.5.020104>
- Ünsal, Y. (2011). A simple piece of apparatus to aid the understanding of the relationship between angular velocity and linear velocity. *Physics Education*, 46(3), 265–269. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/46/3/002>
- Wendel, P. (2011). Adding Value to Force Diagrams: Representing Relative Force Magnitudes. *The Physics Teacher*, 49(5), 308–311. <https://doi.org/10.1119/1.3578430>
- Winter, J. de, & Hardman, M. (2020). Teaching Secondary Physics. In J. de Winter & M. Hardman (Eds.), *Teaching Secondary Science* (3rd ed.). <https://books.google.com.my/books?id=ZSoryQEACAAJ>