

BAB V

PEMBAHASAN, KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah mengemukakan hasil-hasil analisis data mengenai dua aspek yang diteliti, yaitu konsep matematika yang dipergunakan siswa dalam menjawab TL dan cara yang telah ditempuh guru fisika dalam mengatasi kesulitan siswa, maka dalam bab ini akan dibahas hasil-hasil penemuan itu, yang dilanjutkan dengan kesimpulan dan saran-saran sebagai alternatif untuk mengatasi kesulitan siswa.

A. Pembahasan

Sebelum dibahas mengenai hasil penemuan penelitian, terlebih dahulu dikemukakan tentang keterbatasan studi ini.

Sesuai dengan sifatnya, penelitian yang menggunakan pendekatan studi kasus objek penelaahannya terbatas. Demikian pula penelitian ini, melibatkan 9 siswa sebagai subjek penelitian dan 12 guru fisika sebagai kolega peneliti dalam mendiskusikan kasus yang diperoleh dari siswa. Sebagai implikasinya, hasil studi ini menjadi tidak dapat digeneralisasikan. Sebagaimana pendapat Guba (dalam Sutan Zanti Arbi ed., 1987 : 128) bahwa dalam pendekatan evaluasi kualitatif generalisasi yang mungkin hanya sebagai suatu hipotesis kerja, untuk dites kembali dalam perjumpaan berikut dan sekali lagi dalam perjumpaan sesudah itu. Walaupun demikian, peneliti tetap berharap paling tidak hasil studi ini akan berguna bagi pengajaran sains pada umumnya, pengajaran fisika dan matematika pada khususnya.

Terlepas dari segala keterbatasan dan kekurangan studi ini, telah diperoleh data mengenai JB siswa dalam penyelesaian TL (pertanyaan tertulis) serta RF yang dapat diingat mereka dalam menjawab TL.

Penemuan mengenai JB dan RF yang diingat siswa itu -- simak Tabel 14 dan 15, bila dibandingkan dengan "mastery learning" (dalam kurikulum 1984) atau penguasaan tuntas secara individu untuk suatu materi pelajaran, paling tidak 75,00%; JB dan RF yang telah dibuat mereka (TH, FT, AH, IR, KR, BS, IW, AS, EC) berada di bawah penguasaan tuntas. Ini memberikan gambaran, bahwa semua KLP siswa mengalami kesulitan belajar.

Sebabnya prosentase RF yang diingat siswa berada di bawah penguasaan tuntas, adalah mereka lupa -- simak Tabel 5 - 13. Keadaan ini, bila dihubungkan dengan keterangan yang diberikan siswa, bahwa rumus-rumus fisika yang diajarkan guru diberikan dalam bentuk yang sudah jadi, kemudian menerapkannya ke dalam latihan-latihan soal, yang diberikan pada setiap kali pertemuan (jam) pelajaran dan dilanjutkan dengan pekerjaan rumah. Demikian pula, keterangan siswa tersebut dilengkapi oleh guru, bahwa latihan-latihan soal yang diberikan kepada siswa, karena untuk mengejar target kurikulum (lihat Tabel 35). Keterangan-keterangan ini dapat ditafsirkan, bahwa guru memberikan pelajaran berkecenderungan mendrill siswa dengan tanpa memperhatikan struktur kognitifnya, sehingga pelajaran yang diberikan guru mudah dilupakan siswa.

Dari keterangan-keterangan tersebut, diperoleh pula

gambaran bahwa pengalaman belajar siswa bersifat mekanik. Pengetahuan yang diperoleh dari pengalaman belajar seperti itu hanya berupa hafalan dan tidak mempunyai nilai transfer, artinya bila dalam tes atau ujian keluar soal-soal yang persis sama dengan apa yang dihafal, siswa dapat mengisi jawabannya dengan tepat. Namun, bila soal itu agak berlainan dengan apa yang telah dilatih, siswa akan lumpuh oleh jalur mekanis tersebut (Nasution S., 1989). Pengalaman belajar yang mekanis itu pula, menurut peneliti merupakan salah satu faktor penyebab kesulitan penguasaan konsep atau rumus fisika.

Data mengenai JB dan RF yang dapat diingat oleh masing-masing siswa menimbulkan pertanyaan, khususnya untuk KLP I : "sejauhmana penilaian guru sehingga TH, FT dan AH berpredikat rangking pertama dari kelompoknya". Pertanyaan serupa ini juga diajukan oleh Utami (1982) dalam studi tentang pemanduan anak berbakat, bahwa nominasi murid pandai yang diberikan guru perlu dipertanyakan, sebab ada petunjuk bahwa pengajaran yang dilaksanakan guru di kelas semata-mata menekankan pada keterampilan rutin dan hafalan sehingga tidak mengherankan jika tidak diperlukan taraf kecerdasan yang tinggi untuk dapat termasuk sebagai murid yang paling pandai di dalam kelas (Utami, 1982 :103).

Sebagai suatu kenyataan bahwa pengalaman belajar siswa bersifat mekanik, terlihat dari jawaban siswa ketika ditanya "apakah kamu masih ingat bagaimana bunyi rumusnya?" untuk TL nomor 4 sampai dengan 12, yang salah satu jawabannya yaitu

"lupa" (lihat Tabel 5).

Sesuai dengan pertanyaan penelitian, maka untuk menelusuri lebih lanjut tentang penguasaan konsep matematika siswa, kepada mereka diberikan RF yang belum diingatnya. Dengan cara ini (misalnya TL nomor 5 -- lihat Tabel 6, siswa FT yang lupa rumus " $v_t = v_0 + at$ " kepadanya diinformasikan rumus tersebut, kemudian untuk menentukan a ia dituntut harus menguasai konsep matematika : ekuivalensi, sifat unsur invers untuk penjumlahan, sifat unsur invers untuk perkalian, sifat unsur satuan untuk perkalian, dan sifat simetrik), terungkap konsep matematika yang dikuasai mereka. Dari yang terungkap, pembahasannya dapat diberikan berikut ini.

Di manakah letak kesulitan penguasaan konsep matematika siswa?

Telah diperoleh petunjuk bahwa masing-masing siswa mengalami kesulitan belajar -- simak kembali Tabel 14 dan 15. Ini bukan berarti bahwa mereka itu tidak memiliki struktur kognitif (konsep matematika) yang diperlukan dalam pelajaran fisika, melainkan soal kedalaman tingkat penguasaan. Kenyataan ini, terungkap dari jawaban-jawaban yang telah mereka berikan atas TL. Pertanyaan dan jawaban TL dimaksud antara lain dapat diberikan berikut ini.

Peneliti :

Bagaimanakah pendapatmu, bila kedua ruas persamaan $ma = F$ dikalikan dengan $\frac{1}{m}$, $m \neq 0$?

Siswa (TH,FT,AH,IR,KR,BS,IW,AS,EC) :

$$m \cdot a \cdot \frac{1}{m} = F \cdot \frac{1}{m} \quad a \cdot 1 = \frac{F}{m} \quad a = \frac{F}{m}$$

Jawaban itu, dapat digolongkan sebagai jawaban benar.

Kemudian untuk mengungkap tingkat penguasaan siswa atas konsep matematika yang berhubungan dengan jawaban itu, diajukan pertanyaan seperti di bawah ini.

Peneliti :

Apakah kamu tahu alasannya sehingga persamaan $m a = F$ kedua ruasnya dikalikan dengan $\frac{1}{m}$? Kalau tahu, coba sebutkan?

Siswa (TH,FT,AH,IR,AS) :

Sudah aturannya, tetapi aturannya belum tahu

Siswa (KR,BS,IW,EC) :

Belum tahu

Peneliti :

Apakah kamu masih ingat mengenai nama suatu sifat, yaitu $m \cdot \frac{1}{m} = 1$ yang tadi telah kamu gunakan dalam menyederhanakan persamaan $m \cdot a \cdot \frac{1}{m} = F \cdot \frac{1}{m}$ menjadi $a \cdot 1 = \frac{F}{m}$? Kalau ingat coba sebutkan?

Siswa (TH,FT,AH,IR,BS) :

Lupa

Siswa (KR,IW,AS,EC) :

Tidak menjawab

Jawaban "sudah aturannya" dapat ditafsirkan bahwa baik guru matematika ataupun guru fisika memberikan pengalaman belajar kepada mereka dengan cara mendogmakan penjabaran suatu rumus (misalnya $F = m a$ menjadi $a = \frac{F}{m}$), artinya rumus itu

diberikan tanpa dijelaskan "mengapa suatu persamaan dapat diubah menjadi persamaan lain" atau "tentang asal-usul penjabaran suatu rumus menjadi rumus lain, yang ekuivalen dengan rumus semula".

Jawaban "sudah aturannya" bila dihubungkan dengan jawaban "belum tahu" atas pertanyaan "apakah kamu tahu alasannya sehingga kedua ruas persamaan $F_1 A_2 = F_2 A_1$ dikalikan dengan $\frac{1}{F_2}$, $F_2 \neq 0$? Kalau tahu coba sebutkan?" (lihat Tabel 3), sehingga dapat ditafsirkan bahwa mereka (TH, FT, AH, IR, AS) itu belum memahami konsep ekuivalensi, yang disebabkan oleh guru yang mengajarkan konsep itu secara dogmatis.

Untuk jawaban "lupa" dan "tidak menjawab" dapat ditafsirkan bahwa semua siswa pernah mengenal (mempelajari) sifat unsur invers untuk perkalian, namun karena sifat itu diperoleh mereka dengan cara menghafal sehingga mudah dilupakannya. Selain itu, sifat tersebut belum dimanfaatkan kegunaannya dalam penyelesaian soal perhitungan fisika (pelajaran fisika) atau boleh jadi dalam pelajaran matematika, sehingga mereka belum mengenal atau memahaminya.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa mereka memahami sifat ekuivalen, sifat unsur invers untuk perkalian dan sifat unsur satuan untuk perkalian secara instrumental.

Demikian pula, mengenai sifat simetrik -- simak jawaban nomor 1.c dan 1.d; sifat distributif -- simak jawaban nomor 4.b.3); sifat unsur invers untuk penjumlahan -- simak jawaban nomor 5.f dan 5.g; konsep persamaan linier -- simak jawaban

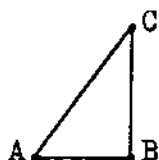
nomor 5.e; konsep persamaan kuadrat -- simak jawaban nomor 5.b dan 5.d; konsep sistem metrik -- simak jawaban nomor 9.a.4) dan 9.b.2).

Sebagai suatu kenyataan bahwa pemahaman siswa atas konsep matematika bersifat instrumental, dapat diberikan berikut ini.

Semua siswa, kecuali KR dapat menjabarkan dengan benar persamaan $F = m a$ menjadi $a = \frac{F}{m}$ -- lihat Tabel 2 jawaban nomor 1. Namun, untuk bentuk persamaan yang serupa dengan bentuk tersebut, yaitu persamaan $40 = 80 \cos \alpha$ belum dapat menjabarkannya menjadi $\cos \alpha = \frac{40}{80}$ untuk siswa (BS, IW, AS) -- simak jawaban nomor 11.b Tabel 12; persamaan $F_1/A_1 = F_2/A_2$ belum dapat menjabarkan persamaan $A_1 = \frac{F_1 A_2}{F_2}$ untuk siswa (AH, EC) -- simak jawaban nomor 2) Tabel 3; siswa (TH, FT, IR) belum bisa mengkonversi satuan m^3 ke satuan cm^3 , padahal mereka tahu bahwa $1 m = 10^2 cm$ -- simak jawaban nomor 2 Tabel 10. Untuk siswa (KR) dapat menjabarkan persamaan $40 = 80 \cos \alpha$ menjadi $\frac{1}{2} = \cos \alpha$, tetapi belum dapat menjabarkan persamaan $F = m a$ menjadi $a = \frac{F}{m}$ -- simak jawaban nomor 11.b Tabel 12 dan jawaban nomor 1 tabel 2.

Mengenai konsep trigonometri, terungkap dari jawaban siswa atas pertanyaan :

Perhatikan bagan ini!



Bila diketahui bahwa sudut $BAC = 60^\circ$, $BCA = 30^\circ$. Coba kamu tentukan panjang sisi AB, BC dan AC! Tentukan pula $\sin 30^\circ$, $\cos 30^\circ$, $\sin 60^\circ$ dan $\cos 60^\circ$ dengan menggunakan bagan itu!

Siswa (TH, FT, AH, IR) :

Lupa

Siswa (KR, BS, IW, AS, EC) :

Tidak menjawab

Padahal siswa (TH, FT, AH, IR, BS) dapat menjawab "bila $\cos \alpha = \frac{1}{2}$ maka $\alpha = 60^\circ$ ". Ini memberikan gambaran bahwa mereka memahami konsep trigonometri (khususnya mengenai definisi sinus dan cosinus) secara instrumental, sedangkan siswa (KR, IW, AS, EC) tergolong belum memahami baik secara instrumental maupun relasional.

Khusus mengenai konsep operasi hitung, terungkap bahwa pada umumnya kekeliruan siswa disebabkan oleh kekurangtelitian dalam menghitung. Ini menurut mereka, karena telah terbiasa menggunakan kalkulator (lihat Tabel 35).

Mengenai konsep operasi hitung, terungkap pula kasus seperti ini : $\frac{1}{R_p} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8}$

Siswa (AS) :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{23}$$

Siswa (BS, KR, EC) :

$$\frac{1}{R_p} = \frac{5}{23}$$

Melalui suatu penelusuran terungkap bahwa kekeliruan

mereka (KR, BS, AS, EC) dalam menjumlahkan pecahan itu, dikarenakan sukunya lebih dari dua. Misalnya menjumlahkan " $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$ " mereka dapat, namun untuk " $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4}$ " belum dapat. Padahal mereka tahu bahwa untuk menjumlahkan pecahan, penyebutnya lebih dahulu harus disamakan, baru kemudian pecahan dapat dijumlahkan. Setelah ditelusuri lebih lanjut, terungkap bahwa kesulitan mereka dalam menjumlahkan pecahan dikarenakan belum bisa menentukan KPK dari bilangan "2, 3 dan 4", tetapi menentukan KPK bilangan "2 dan 3" mereka belum bisa.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kesulitan mereka (KR, BS, AS, EC) dalam menjumlahkan pecahan terletak pada pemahaman yang kurang terhadap konsep KPK, terutama dalam menentukan KPK dari tiga bilangan atau lebih.

Demikian juga, ditemukan kasus dalam menghitung bentuk akar seperti " $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{7}$ ". Menurut siswa, selama belajar matematika, guru belum pernah mengajarkan cara menghitung akar yang bilangannya ganjil dengan tanpa menggunakan tabel. Jadi, dalam kasus menghitung akar ganjil, kesulitan siswa disebabkan belum diajarkan guru.

Dari kesulitan yang umumnya dialami oleh semua siswa seperti yang telah dibahas, maka ditarik suatu kesimpulan bahwa mereka dapat memberikan jawaban atas pertanyaan yang jenisnya "apa sesuatu itu", tetapi mereka belum dapat memberikan jawaban atas pertanyaan yang jenisnya "mengapa sesuatu itu". Hal ini pula yang menyebabkan mereka belum dapat melakukan bagaimana

cara memperoleh atas apa yang telah diketahuinya. Dengan kata lain, mereka hanya memiliki pengetahuan deklaratif (pengetahuan untuk menyatakan apa sesuatu itu), tetapi tidak memiliki pengetahuan prosedural (pengetahuan untuk menyatakan bagaimana melakukan sesuatu).

Jenis jawaban yang dapat dibuat oleh mereka itu, bila dirujuk dengan taksonomi Gagne, dapat dikategorikan ke dalam informasi verbal yang setara dengan pemahaman instrumental. Hal inilah yang merupakan salah satu faktor penyebab sehingga usaha guru fisika dalam membantu siswa yang mengalami kesulitan penguasaan konsep matematika, belum memberikan hasil yang memuaskan.

Dengan demikian, terjawab pertanyaan "Di manakah letak kesulitan penguasaan konsep matematika siswa?" bahwa kesulitan semua kelompok siswa secara hakiki terletak pada kedalaman tingkat penguasaan konsep matematika mereka, yang termasuk pada tingkat terendah dalam taksonomi Gagne. Selain kesulitan penguasaan konsep (rumus) fisika.

Sejauh yang dapat diungkap, diperoleh petunjuk bahwa menurut siswa, pertanyaan yang jenisnya "mengapa sesuatu itu" belum pernah diajukan, baik oleh guru fisika maupun guru matematika (lihat Tabel 35). Petunjuk ini, bila dihubungkan dengan tingkat penguasaan konsep matematika siswa, akan memberikan gambaran bahwa jenis pertanyaan guru dalam mengajar akan berperan atas kedalaman tingkat penguasaan konsep matematika

siswa. Gejala ini sesuai dengan temuan studi Utari (1987) bahwa soal latihan yang diberikan guru di SMA dalam bidang studi sains (fisika) dan matematika lebih banyak mengenai penerapan rumus secara langsung sehingga merupakan salah faktor yang menyebabkan belum memuaskannya pemahaman dan penalaran matematika siswa.

Keterangan yang berhubungan dengan pengetahuan guru fisika tentang matematika, terungkap ketika mereka diminta untuk memberikan tanggapan atas bahan diskusi, yang antara lain membahas :

Siswa bertanya "mengapa persamaan $F = m a$ dapat ditulis menjadi $a = \frac{F}{m}$?" Andaikan pertanyaan ini diajukan siswa kepada bapak/ibu, bagaimanakah cara anda meyakinkan siswa sehingga mereka mempercayai bahwa persamaan $F = m a$ dapat ditulis menjadi $a = \frac{F}{m}$?

Tanggapan guru, dapat dirangkum menjadi :

1. $F = m a$ terlebih dahulu ditulis menjadi $m a = F$, kemudian ruas kirinya, yaitu $m a$ yang bentuknya perkalian sehingga untuk menentukan a ; m harus dihilangkan dengan cara memindahkannya ke ruas kanan menjadi pembagi dari F atau ditulis $a = \frac{F}{m}$.
2. $F = m a$ dimisalkan sebagai bentuk perkalian " $8 = 4 \times 2$ atau $2 = \frac{8}{4}$ ", dengan menganalogkan $F = 8$, $m = 4$ dan $a = 2$ sehingga diperoleh $a = \frac{F}{m}$.
3. $F = m a$ diandaikan $F = 12$, $m = 4$ dan $a = 3$, kemudian nilai-nilai itu disubsitusikan ke dalam $a = \frac{F}{m}$ diperoleh $3 = \frac{12}{4} = 3$ sehingga $3 = 3$ atau ruas kiri sama dengan ruas kanan, yang artinya $F = m a$ dapat ditulis menjadi $a = \frac{F}{m}$.

Peneliti :

Andaikan masih ada siswa yang bertanya "mengapa $F = m a$ dapat ditulis menjadi $m a = F$ " atau "mengapa ruas kiri $ma = F$ yaitu m dapat dipindah ke ruas kanan sehingga menjadi pembagi dari F ". Jawaban yang bagaimanakah akan anda berikan atas pertanyaan-pertanyaan seperti itu?

Tanggapan guru :

Itukan sudah aturannya begitu, dulu waktu kami jadi murid, guru kami juga mengajarkan seperti itu!

Bila tanggapan-tanggapan guru tersebut disimak dapat ditafsirkan bahwa pengetahuan guru fisika mengenai matematika, khususnya yang berhubungan dengan "asal-usul penjabaran suatu rumus" belum memadai. Padahal, pengetahuan seperti itu justru diperlukan bagi siswa sebagai sarana latihan berpikir yang dapat membuat siswa belajar bagaimana belajar. Born, Druxes dan Fritz (dalam Soeparmo ed., 1986 :45) menyatakan bahwa mempelajari sains (fisika) yang dimatematikakan dalam pendidikan seharusnya memainkan peranan yang menentukan.

Studi Max Wulur (1984), Nur (1982) dan Waini (1988) menunjukkan kurang memadainya pengetahuan calon guru atau guru sains (fisika) dan matematika akan bidang studi (ilmu).

Adalah rasional bila pengetahuan guru tentang "asal-usul penjabaran suatu rumus" belum memadai, demikian pula siswa sehingga mereka belum dapat memberikan alasan atas jawaban yang telah dibuatnya. Lagipula, diperoleh keterangan bahwa kebiasaan siswa belajar di rumah, tergantung pada ada tidaknya tugas dari guru. Jadi, dalam kasus penelitian ini dangkal tidaknya

pengetahuan siswa, tergantung pada memadai atau tidaknya pengetahuan guru akan hakikat bidang studi.

Oleh karena itu, Sertain (1957) menekankan pentingnya bagi guru untuk memiliki berbagai tahap pengetahuan dan cara mengetahuinya, sebab pengetahuan itu akan berperanan dalam menunjang tugas guru. Pendapat yang serupa ini, diungkapkan pula oleh Schwab (1964) bahwa ilmu-ilmu empirik (sains) meliputi pengetahuan sebagai kebenaran yang mengalami revisi selain verifikasi. Oleh karenanya, guru dan kurikulum harus fleksibel sehingga indoktrinasi ilmu di kelas dapat dihindari. Untuk itu disarankan agar guru memahami substansi ilmu yang meliputi unsur produk dan proses. Demikian pula Highet, menyatakan bahwa guru yang menguasai materi akan mengundang siswa untuk memperhatikan penjelasannya, sebab dalam diri siswa telah timbul rasa ingin memperoleh sesuatu yang dipelajari dari guru (dalam Waini, 1988 :79-83).

Diperoleh keterangan dari beberapa guru fisika, yaitu "dalam menyelesaikan soal perhitungan fisika, siswa tidak perlu mengingat nama dari suatu sifat (aturan) matematika yang dipergunakannya, sebab hanya akan membuang-buang waktu dan tidak praktis atau bertele-tele" (lihat Tabel 35). Keterangan ini sejalan dengan temuan studi Utari (1987) bahwa soal latihan yang diberikan guru fisika di SMA lebih banyak mengenai penerapan rumus secara langsung.

Penelitian yang dilakukan The National Assesment of

Educational Progress (1987) dalam bidang matematika di Amerika Serikat, yang hasilnya ialah walaupun peserta didik pada umumnya terampil dalam hal komputasi, namun kebanyakan dari mereka belum memahami konsep-konsep dasar dan belum mampu mengaplikasikan keterampilannya itu, sekalipun situasi pemecahan masalahnya sederhana.

Dengan demikian, rasional bila guru fisika bersedia menambah atau mengembangkan pengetahuannya dari memahami matematika sebagai alat penghitung, menjadi matematika sebagai sarana berpikir.

Telah dikemukakan bahwa pengetahuan guru fisika tentang matematika, khususnya yang berhubungan dengan "asal-usul penjabaran suatu rumus" belum memadai. Ini bukan berarti pengetahuan mereka itu tidak berguna dalam mengajar (mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika siswa). Sebab pengetahuan mereka itu, kalau ditinjau secara psikologis (kebutuhan siswa) dapat dikategorikan cukup memadai, artinya pengetahuan guru untuk memudahkan siswa (misalnya menjelaskan cara menjabarkan persamaan $V = I.R$ menjadi $I = \frac{V}{R}$ dengan menganalogkan $30 = 6 \times 5$ atau $5 = \frac{30}{6}$) belajar. Namun, kemudahan seperti itu belum menjamin siswa untuk dapat belajar bagaimana berpikir. Untuk itu, seperti yang telah dikemukakan, guru dituntut pula harus dapat memenuhi kebutuhan ilmu.

Dengan pengetahuan yang telah dimiliki, sebenarnya guru dapat mengajar lebih efektif bila direncanakan secara matang,

yaitu dengan membuat persiapan mengajar. Namun, diperoleh petunjuk bahwa guru fisika dalam melaksanakan pengajaran tidak secara khusus membuat rencana mengajar untuk mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika siswa (lihat Tabel 35). Gejala ini, sesuai dengan yang telah disinyalir oleh Pemerintah (Balitbang Depdikbud) sejak awal pelaksanaan kurikulum 1975. Jadi, dapat ditafsirkan bahwa usaha guru fisika dalam mengatasi kesulitan siswanya belum memberikan hasil yang memuaskan, karena tidak dibarengi dengan rencana mengajar.

Akibatnya, waktu yang tersedia seharusnya dialokasikan untuk menyampaikan materi fisika (sesuai dengan program PKG : rencana mengajar) menjadi tersedot oleh usaha guru fisika yang kurang terarah dalam mengatasi kesulitan siswa. Bahkan, potensi siswa (struktur kognitif dan kemampuan individu) yang seharusnya dapat dimanfaatkan sebagai penunjang keberhasilan pengajaran menjadi terabaikan.

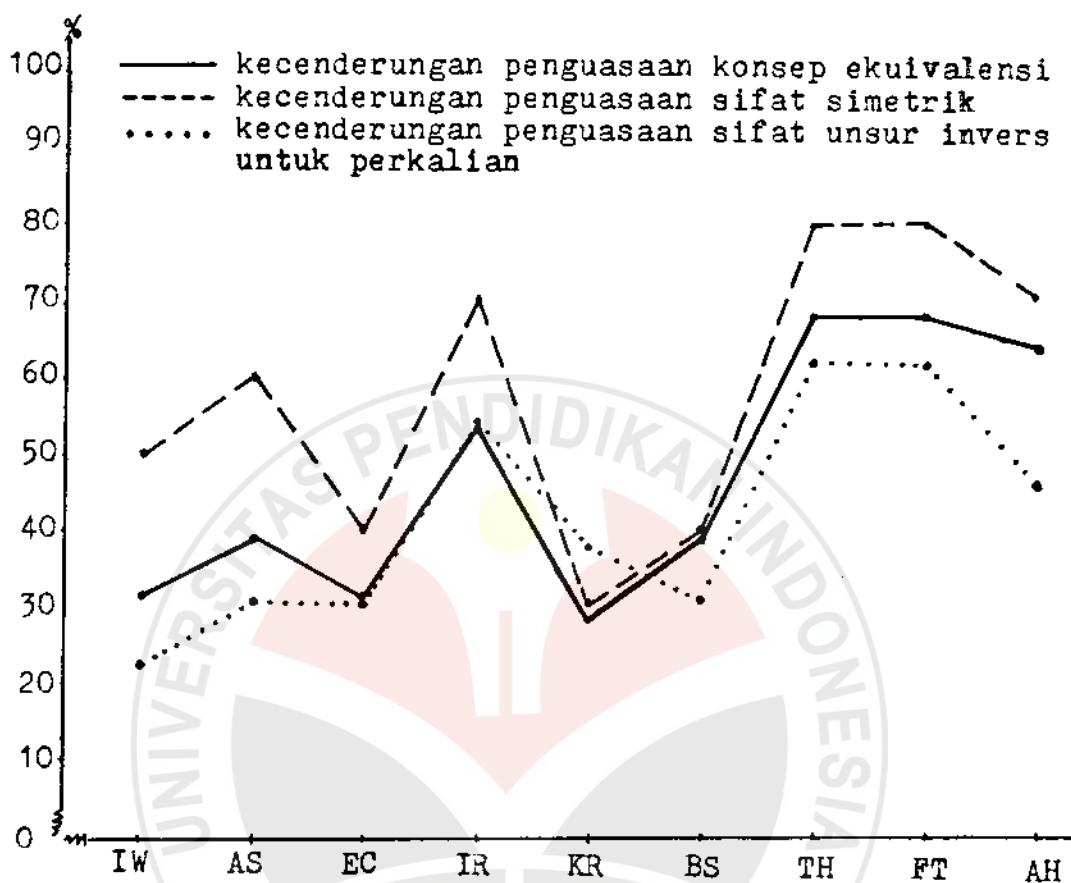
Seperti yang telah terungkap, konsep-konsep matematika yang diperkirakan digunakan dalam penyelesaian soal perhitungan fisika (khususnya dalam pelajaran fisika kelas I) sebanyak 15 konsep.

Konsep-konsep itu bila diterapkan, satu sama lain tidak berdiri sendiri, melainkan saling menunjang sehingga secara simultan dapat membantu seseorang (siswa) yang telah menguasai konsep tersebut untuk memecahkan soal perhitungan fisika.

Walaupun demikian, seseorang yang telah mencapai penguasaan tuntas suatu konsep (misalnya konsep operasi hitung), belum tentu ia tidak akan mengalami kesulitan dalam penyelesaian soal perhitungan fisika. Sebab dalam penyelesaian soal perhitungan fisika, ia dituntut pula untuk memahami konsep fisika itu sendiri. Sebagaimana studi Utari (1987), yang menunjukkan bahwa seseorang yang telah mencapai tahap formal bidang studi matematika, belum tentu mencapai tahap formal pula pada bidang studi fisika. Ini sejalan dengan pandangan Piaget, bahwa individu akan mencapai tahap formal dalam bidang studi yang berlainan sesuai dengan bakat dan keahliannya (dalam Utari, 1987 : 50).

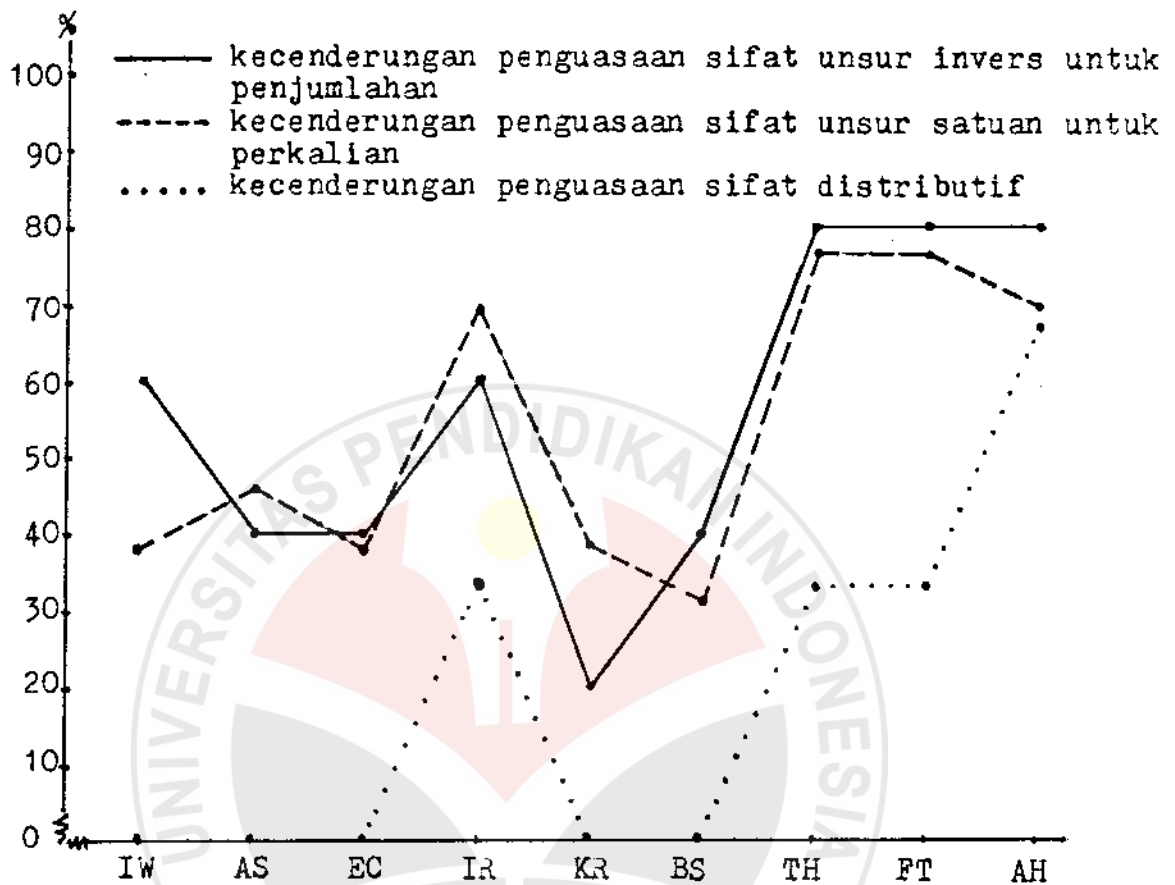
Telah dikemukakan, semua kelompok siswa mengalami kesulitan belajar. Namun, sesuai dengan latar belakang kemampuan (NEM SMP, nilai SM I dan II bidang studi ilmu pengetahuan alam/fisika dan matematika), terdapat kecenderungan baik secara kelompok maupun individu siswa, pada hasil jawaban TL mereka.

Untuk membahas kecenderungan itu, ada baiknya diperhatikan kembali Tabel 34. Kemudian dengan tabel itu, dapat dibuat beberapa bagan yang menggambarkan kecenderungan hasil jawaban siswa atas TL, seperti pada halaman berikut ini.



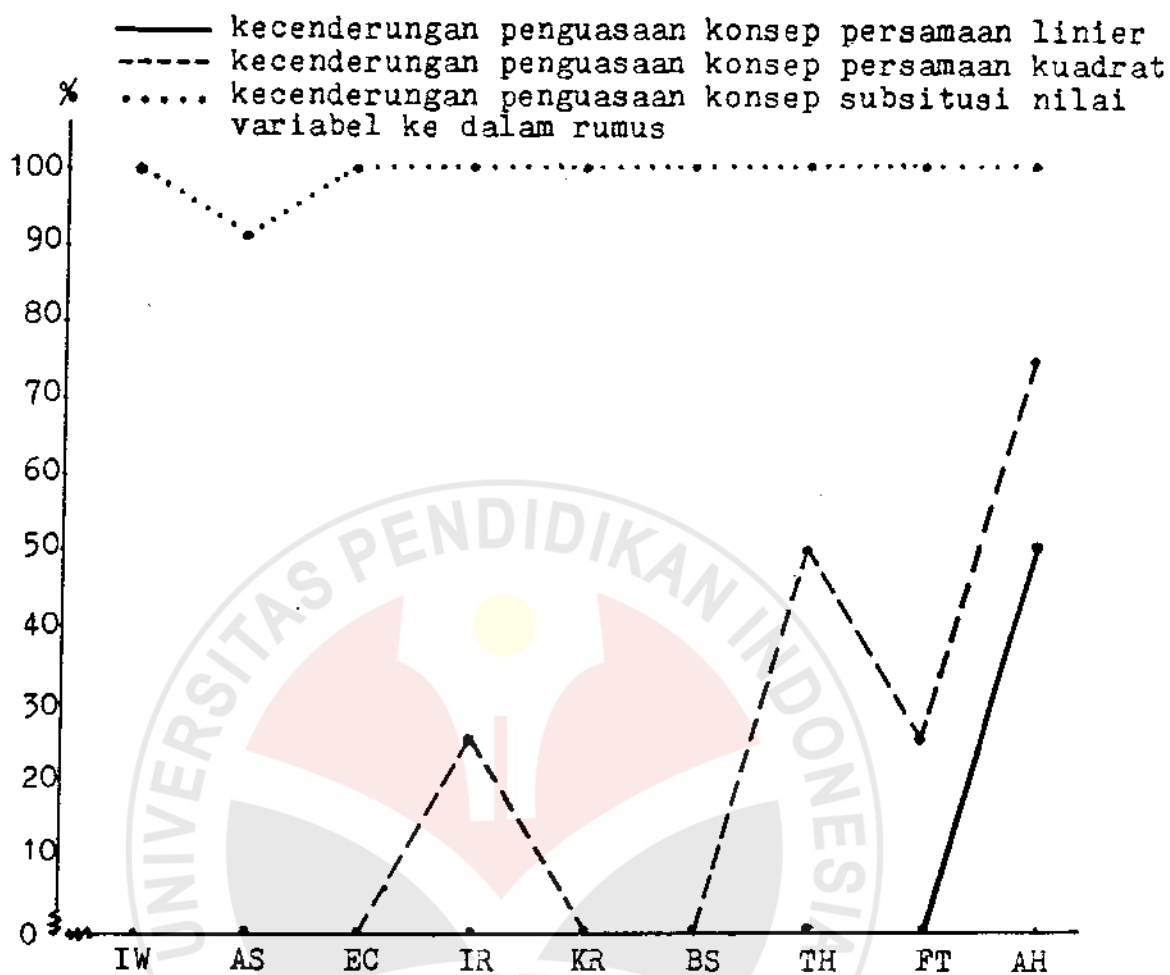
TH, FT, AH : kelompok I (nilai fisiknya tertinggi)
 IR, KR, BS : kelompok II (nilai fisiknya rata-rata)
 IW, AS, EC : kelompok III (nilai fisiknya di bawah rata-rata)

Bagan 3 Kecenderungan Penguasaan Siswa Terhadap :
 Konsep Ekuivalensi, Sifat Simetrik, dan Sifat
 Unsur Invers Untuk Perkalian



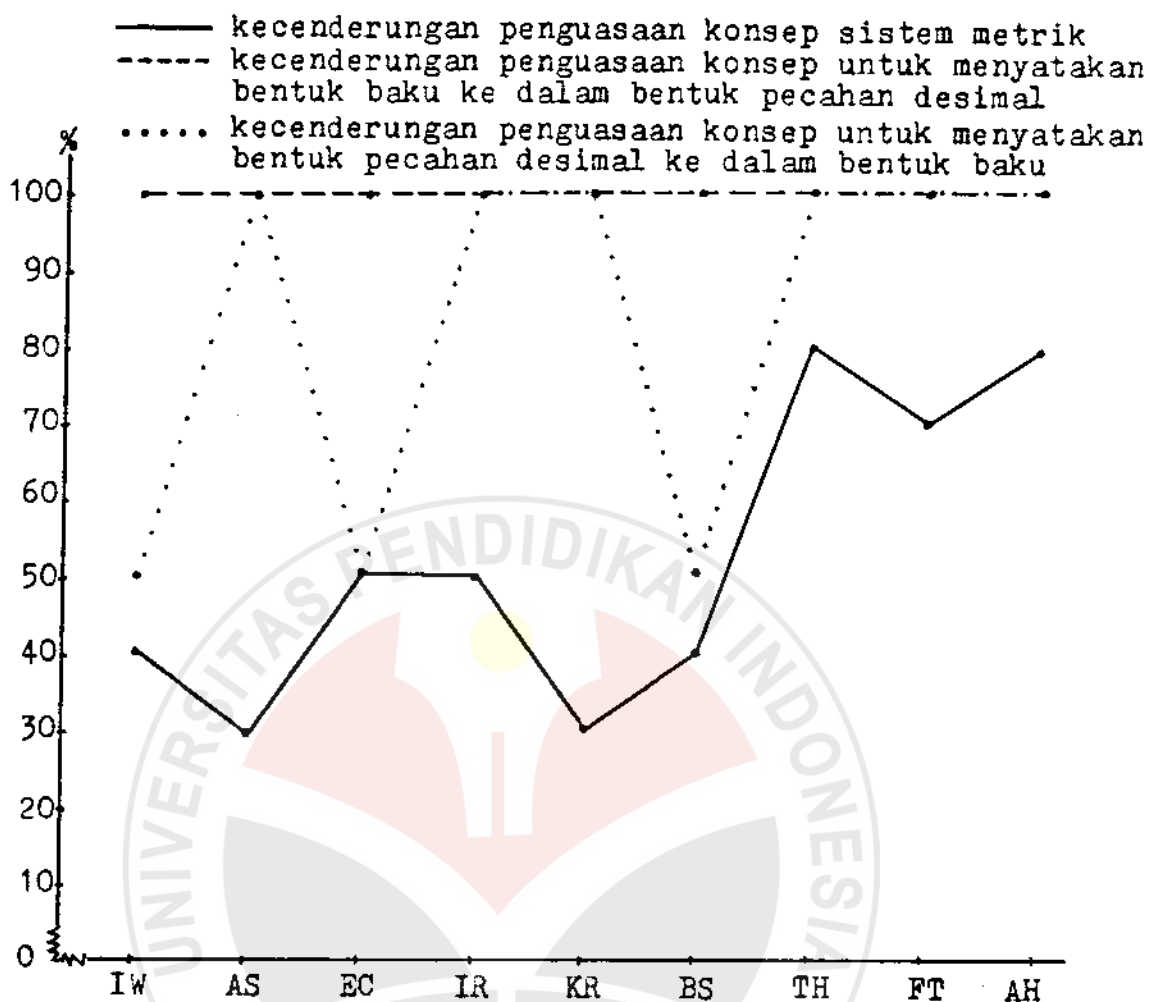
TH, FT, AH : kelompok I (nilai fisiknya tertinggi)
 IR, KR, BS : kelompok II (nilai fisiknya rata-rata)
 IW, AS, EC : kelompok III (nilai fisiknya di bawah rata-rata)

Bagan 4 Kecenderungan Penguasaan Siswa Terhadap :
 Sifat Unsur Invers Untuk Penjumlahan, Sifat
 Unsur Satuan Untuk Perkalian, dan Sifat Dis-
 tributif



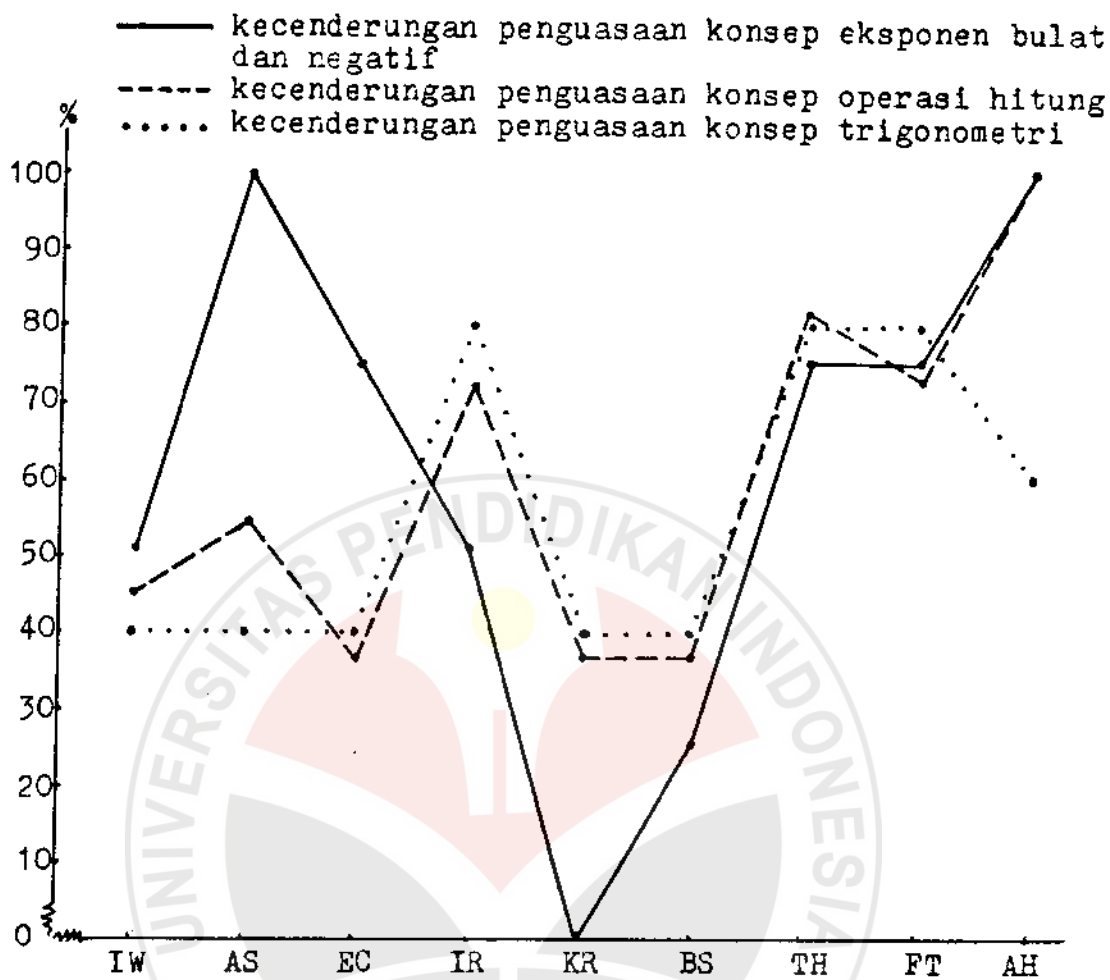
TH, FT, AH : kelompok I (nilai fisiknya tertinggi)
 IR, KR, BS : kelompok II (nilai fisiknya rata-rata)
 IW, AS, EC : kelompok III (nilai fisiknya di bawah rata-rata)

Bagan 5 Kecenderungan Penguasaan Siswa Terhadap :
 Konsep Persamaan Linier, Konsep Persamaan
 Kuadrat, dan Konsep Substitusi Nilai Variabel
 ke Dalam Rumus



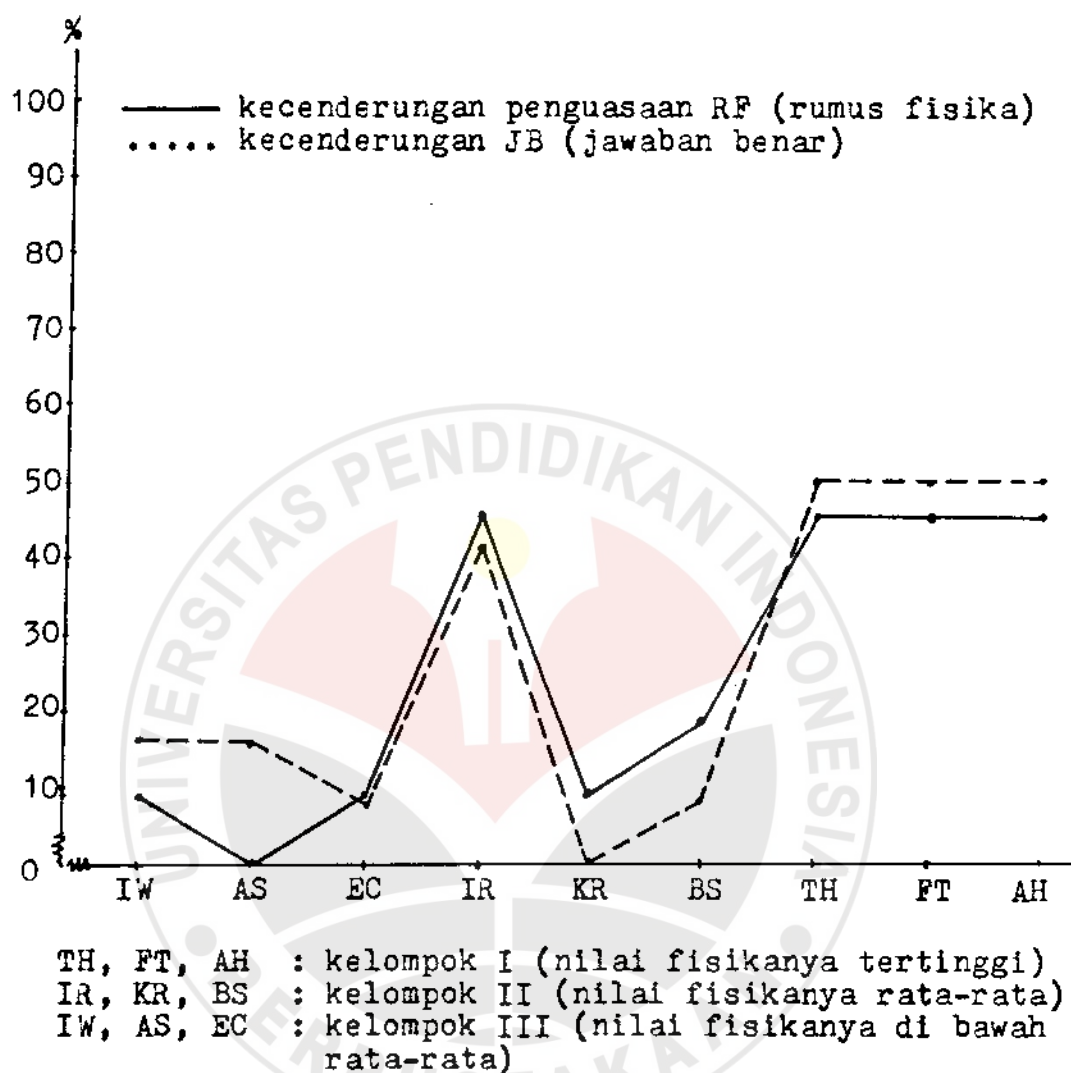
TH, FT, AH : kelompok I (nilai fisiknya tertinggi)
 IR, KR, BS : kelompok II (nilai fisiknya rata-rata)
 IW, AS, EC : kelompok III (nilai fisiknya di bawah rata-rata)

Bagan 6 Kecenderungan Penguasaan Siswa Terhadap :
 Konsep Sistem Metrik, Konsep Untuk Menyatakan
 Bentuk Baku ke Dalam Bentuk Pecahan Desimal,
 dan Konsep Untuk Menyatakan Bentuk Pecahan
 Desimal ke Dalam Bentuk Baku



TH, FT, AH : kelompok I (nilai fisiknya tertinggi)
 IR, KR, BS : kelompok II (nilai fisiknya rata-rata)
 IW, AS, EC : kelompok III (nilai fisiknya di bawah rata-rata)

Bagan 7 Kecenderungan Penguasaan Siswa Terhadap :
 Konsep Eksponen Bulat dan Negatif, Konsep
 Operasi Hitung, dan Konsep Trigonometri



Bagan 8 Kecenderungan JB dan RF yang Diingat Siswa

Bagan 3, 4, 5, 6, 7, dan 8 dapat diinterpretasikan seperti berikut ini.

Bagan 3 interpretasinya adalah siswa (individu) dalam KLP I berkecenderungan relatif mengalami kesulitan penguasaan konsep ekuivalensi, sifat simetrik, dan sifat unsur invers untuk perkalian lebih sedikit, bila dibandingkan dengan KLP II dan KLP III. Sedangkan siswa dalam KLP II dan KLP III berkecenderungan mengalami kesulitan relatif sama dalam penguasaan konsep ekuivalensi, sifat simetrik, dan sifat unsur invers untuk perkalian. Terhadap konsep-konsep ini, semua siswa (kecuali TH, FT) belum mencapai "mastery learning".

Bagan 4 interpretasinya adalah siswa dalam KLP I berkecenderungan relatif mengalami kesulitan penguasaan sifat unsur invers untuk penjumlahan, dan sifat unsur satuan untuk perkalian daripada KLP II dan KLP III. Sedangkan siswa dalam KLP II dan KLP III berkecenderungan relatif sama mengalami kesulitan penguasaan sifat unsur invers untuk penjumlahan, dan sifat unsur satuan untuk perkalian. Demikian juga, untuk sifat distributif semua KLP siswa mengalami kesulitan yang relatif sama. Terhadap sifat unsur invers untuk penjumlahan semua siswa (kecuali TH, FT, AH) belum mencapai "mastery learning"; sifat unsur satuan untuk perkalian dan sifat distributif semua siswa (kecuali TH, FT) belum mencapai "mastery learning".

Bagan 5 interpretasinya adalah siswa dalam KLP I, KLP II dan KLP III berkecenderungan relatif sama mengalami kesulitan penguasaan konsep persamaan linier dan konsep persamaan

kuadrat. Namun, untuk konsep substitusi nilai variabel ke dalam rumus semua KLP siswa berkecenderungan relatif sama menguasai konsep itu. Semua siswa dalam menguasai konsep persamaan linier, dan konsep persamaan kuadrat (kecuali AH) belum mencapai "mastery learning".

Bagan 6 interpretasinya adalah semua KLP siswa relatif sama tidak mengalami kesulitan penguasaan konsep untuk menyatakan bentuk baku ke dalam bentuk pecahan desimal. Sedangkan penguasaan siswa KLP I terhadap konsep sistem metrik dan konsep untuk menyatakan bentuk pecahan desimal ke dalam bentuk baku relatif tidak mengalami kesulitan, bila dibandingkan dengan KLP II dan KLP III (kedua KLP ini mengalami kesulitan yang relatif sama dalam menguasai konsep sistem metrik dan konsep untuk menyatakan bentuk pecahan desimal ke dalam bentuk baku). Terhadap konsep untuk menyatakan bentuk baku ke dalam bentuk pecahan desimal semua siswa (kecuali TH,AH) belum mencapai "mastery learning". Siswa TH,FT,AH,IR,KR, dan AS penguasaan mereka terhadap konsep untuk menyatakan bentuk pecahan desimal ke dalam bentuk baku telah melampaui "mastery learning", sedangkan siswa BS,IW, dan EC belum mencapai "mastery learning". Untuk konsep sistem metrik semua siswa (kecuali TH,FT) belum mencapai "mastery learning".

Bagan 7 interpretasinya adalah siswa dalam KLP I berkecenderungan relatif menguasai konsep eksponen bulat dan negatif, konsep operasi hitung, dan konsep trigonometri daripada KLP II dan KLP III. Sedangkan siswa dalam KLP II dan

KLP III berkecenderungan relatif sama menguasai konsep eksponen bulat dan negatif, konsep operasi hitung, dan konsep trigonometri. Siswa TH, FT, AH, AS, dan EC telah memenuhi "mastery learning" untuk konsep eksponen bulat dan negatif, sedangkan siswa IR, KR, BS, dan EC belum. Semua siswa (kecuali TH, AH) belum mencapai "mastery learning" untuk konsep operasi hitung. Demikian juga untuk konsep trigonometri, semua siswa (kecuali TH, FT) belum mencapai "mastery learning".

Dari interpretasi Bagan 3, 4, 5, 6, dan 7 dapat disimpulkan bahwa siswa dalam KLP I berkecenderungan relatif lebih sedikit mengalami kesulitan penguasaan konsep matematika yang digunakan dalam penyelesaian soal perhitungan fisika daripada KLP II dan KLP III. Sedangkan siswa dalam KLP II dan KLP III berkecenderungan relatif sama mengalami kesulitan penguasaan konsep matematika. Demikian juga, diantara semua siswa terdapat seorang siswa, yaitu KR (dalam KLP II) yang menyimpang dari kecenderungan penguasaan konsep matematika. Hal ini menyiratkan bahwa ia belum layak untuk diberi predikat sebagai siswa yang termasuk dalam kelompok yang menguasai konsep matematika dan fisika rata-rata (berdasarkan nilai rapor).

Bagan 8 interpretasinya adalah siswa dalam KLP I berkecenderungan relatif lebih banyak membuat JB dan ingat RF bila dibandingkan dengan KLP II dan KLP III. Sedangkan siswa dalam KLP II dan III berkecenderungan relatif sama dalam membuat JB dan ingat RF. Siswa TH, FT, AH, dan IR berkecenderungan relatif lebih banyak membuat JB dan ingat RF daripada KLP II dan III.

Kesimpulan interpretasi Bagan 3, Bagan 4, Bagan 5, Bagan 6, dan Bagan 7 dihubungkan dengan kesimpulan interpretasi Bagan 8, diperoleh bahwa penguasaan konsep matematika merupakan prasyarat bagi siswa dalam mempelajari sains (fisika).

Dari Bagan 18 terlihat pula adanya kasus, yaitu siswa (AS) tidak ada RF yang diingatnya. Namun, setelah ditelusuri lebih lanjut, relatif tidak diikuti oleh adanya konsep matematika yang tidak diketahuinya. Kasus ini menyiratkan bahwa dalam suatu event (penyelenggaraan) tes atau ujian, bila seorang siswa mendapat nilai nol atau tidak ada jawaban benar, kurang tepat bila ia diklaim sebagai siswa yang tidak menguasai sama sekali suatu materi tes. Demikian pula, seorang siswa yang mendapat nilai 100 (skala 0 - 100), kurang tepat bila ia diklaim sebagai siswa yang mutlak menguasai suatu materi tes. Pernyataan ini dibuat, dikaitkan dengan adanya suatu kasus, yaitu seharusnya siswa yang berasal dari KLP I tidak mengalami kesulitan penguasaan konsep (rumus) fisika dan matematika.

Dalam studi ini, ditemukan pula kasus :

$0,9 \text{ gr/cm}^3 = \frac{9 \cdot 10^4 \text{ kg}}{10^2 \text{ m}^3} = 900 \text{ kg/m}^3$ (lihat Tabel 10 jawaban nomor 9.b.3)). Penemuan ini menyiratkan, bila tes yang diberikan kepada siswa berbentuk objektif, yang cenderung kurang memperhatikan proses jawaban, kekeliruan tester sangat mungkin terjadi, sebab dalam kasus tersebut siswa membuat jawaban dengan

hasil akhir benar, tetapi prosesnya keliru. Jadi, rasional dari pembahasan tadi perlu dikembangkan lebih lanjut suatu alternatif bentuk tes, yang menganut paradigma kualitatif sebagaimana bentuk tes yang digunakan dalam studi ini.

Bagi siswa yang telah melampaui dan atau mencapai "mastery learning" suatu konsep matematika -- seperti yang telah dibahas, merupakan hal yang membedakan kelebihan dan kekurangan masing-masing siswa. Kelebihan dan kekurangan itu, dapat disajikan dalam Tabel 36.

TABEL 36
KELEBIHAN DAN KEKURANGAN PENGUASAAN KONSEP
MATEMATIKA SISWA

| SISWA | PENGUASAAN KONSEP MATEMATIKA NOMOR | |
|-------|------------------------------------|------------------------------|
| | KEKURANGAN | KELEBIHAN |
| TH | 1,3,6,7,8 | 2,4,5,9,10,11,12 13,14,15 |
| FT | 1,3,6,7,8,10,14 | 2,4,5,9,11,12,13 15 |
| AH | 1,2,3,5,6,7,15 | 4,8,9,10,11,12, 13 |
| IR | 1,2,3,4,5,6,7,8 10,13,14,15 | 9,11,12,15 |
| KR | 1,2,3,4,5,6,7,8 10,13,14,15 | 9,11,12 |
| BS | 1,2,3,4,5,6,7,8 10,12,13,14,15 | 9,11 |

TABEL 36
(Lanjutan)

| SISWA | PENGUASAAN KONSEP MATEMATIKA NCMOR | |
|-------|------------------------------------|------------|
| | KEKURANGAN | KELEBIHAN |
| IW | 1,2,3,4,5,6,7,8,10 12,13,14,15 | 9,11 |
| AS | 1,2,3,4,5,6,7,8,10 14,15 | 9,11,12,13 |
| EC | 1,2,3,4,5,6,7,8,10 12,14,15 | 9,11,13 |

Kelebihan dan kekurangan masing-masing siswa dapat pula dilihat dari banyaknya RF yang diingat oleh mereka.

Dengan demikian, prasyarat untuk mengajarkan fisika (khususnya untuk mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika) menjadi bermakna bagi siswa telah ada.

Permasalahannya sekarang, adalah "bagaimanakah menyusun model mengajar, sedemikian hingga model mengajar itu dapat dipergunakan guru dalam mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika siswa?".

Sebagaimana telah dikemukakan dalam Bab II Sub-Bab C, bahwa model mengajar yang akan dirancang dalam penelitian ini

yaitu mengacu pada jawaban atas empat pertanyaan kurikulum "mengapa", "apa", "bagaimana" dan "kepada siapa" suatu materi pelajaran diberikan.

Kelebihan dan kekurangan penguasaan konsep matematika siswa, seperti penemuan studi ini, demikian pula, mengenai cara yang telah ditempuh guru fisika dalam mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika siswa; penemuan-penemuan itu dijadikan bahan untuk menjawab pertanyaan kurikulum "mengapa dan apa" dan "bagaimana dan kepada siapa".

Memperhatikan penemuan-penemuan tersebut dan dengan pertimbangan teoritik, maka jawaban atas pertanyaan kurikulum "bagaimana dan kepada siapa" adalah pengajaran ekspositori.

Pertimbangan teoritik itu, dapat diberikan berikut ini. Eggen, Harder dan Kauchak (1979) berpendapat bahwa pengajaran ekspositori merupakan suatu pendekatan yang digunakan guru untuk menyajikan informasi kepada para siswa. Sumber-sumber informasi itu, di antaranya adalah buku teks atau bahan rujukan lain. Belajar individual dapat pula disebut ekspositori, kalau bahan-bahan yang dipelajari siswa disusun oleh guru secara cermat dan teliti melalui pengajaran berprograma (dalam Sulaelman, 1988 :54-55).

Hudoyo (1988 :131-132) menyatakan, dalam pengajaran ekspositori apabila pengajar menghendaki peserta didik menerima bahan pelajaran secara individu, bahan yang diajarkan itu disampaikan berupa tulisan, baik yang disusun pengajar sendiri

ataupun buku teks yang sudah dipilih pengajar. Pelaksanaannya sama saja dengan secara lisan, bedanya kalau lisan peserta didik menghadapi langsung pengajarnya, sedang kalau tertulis, peserta didik menghadapi pengajar lewat media tulis. Kegiatan belajar mengajar dengan ekspositori tidak menekankan penonjolan aktivitas fisik peserta didik, yang diutamakan adalah aktivitas mental dari peserta didik.

Bila pendapat-pendapat tadi, dihubungkan dengan pendapat Ausubel (lihat halaman 43), disimpulkan bahwa pengajaran ekspositori merupakan pendekatan yang digunakan guru untuk menyampaikan informasi secara lisan atau tulisan, misalnya melalui pengajaran berprograma, yang materinya disusun oleh guru sedemikian hingga kegiatan belajar siswa sesuai dengan struktur kognitifnya. Dengan cara ini, diharapkan aktivitas mental siswa dapat terjadi sehingga menghasilkan belajar yang efektif dan efisien.

Dengan pertimbangan empirik dan teoritik tersebut, maka pengajaran ekspositori di sini menggunakan metode pengajaran individual, yakni pengajaran berprograma.

Pengajaran berprograma merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan individual dalam pengajaran. Pengajaran ini disusun untuk mengajarkan unit-unit kecil, yang tertuang dalam bingkai-bingkai sebagai bahan pelajaran.

Penelitian B.F. Skinner dari Universitas Harvard dan sarjana-sarjana lainnya pada pertengahan dan akhir tahun

1950-an, yang menghasilkan prinsip-prinsip pengajaran sehingga menjadi ciri dari pengajaran berprograma. Prinsip-prinsip pengajaran itu, berupa langkah-langkah dalam belajar dilakukan setahap demi setahap, keterlibatan siswa secara aktif dalam proses belajar, proses "reinforcement" (penguatan) yang terjadi dengan segera dan proses belajar menurut irama perkembangan kemampuan siswa (dalam Ametembun 1981; Heinich, Morenda dan Russel, 1985; Muntasir, 1985; Vembriarto, 1985; Winkel, 1987).

Dengan prinsip-prinsip tersebut, pengajaran berprograma memungkinkan siswa mempelajari sendiri uraian tertulis yang singkat dan kemudian memberikan jawaban atas suatu pertanyaan atau soal; dengan jawaban itu siswa segera mendapat umpan balik.

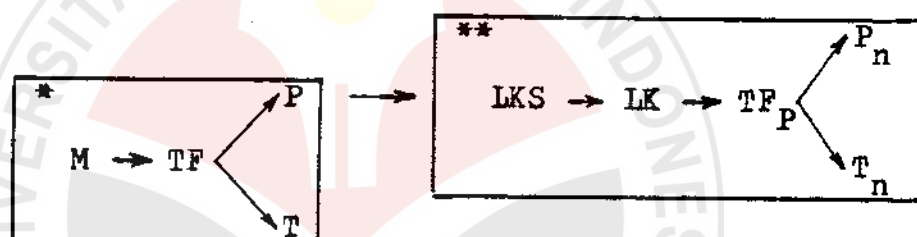
Prinsip-prinsip pengajaran berprograma sejalan pula dengan konsep belajar tuntas, sebab sementara belajar tuntas menuntut penguasaan kompetensi, pengajaran berprograma menuntut diperbesarnya keberhasilan belajar siswa, dengan tanpa kesalahan; siswa diberi kesempatan mengulang, dan diberi penguatan sampai berhasil (Muntasir, 1985 :81).

Dengan demikian, bayangan takut akan kegagalan yang sering menghantui siswa dalam mempelajari matematika dapat dikurangi atau bahkan dihilangkan, sehingga minat siswa dapat ditumbuhkan untuk mempelajari matematika dan fisika.

Penelitian-penelitian psikologi memberikan hasil yang meyakinkan bahwa kegagalan yang selalu berangkai, terus-menerus

akan menjadikan frustrasi dan bahkan akan menyebabkan hilangnya aspirasi pada diri siswa. Sedangkan keberhasilan dalam menjalankan tugas (termasuk proses belajar) akan membuat seseorang lebih percaya diri sendiri (Shurter dalam Siti, 1985). Oleh karenanya, pemilihan pengajaran berprograma dalam studi ini cukup beralasan sehingga diasumsikan dapat mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika siswa.

Implementasi dari pengajaran berprograma tersebut, mengikuti pola seperti bagan di bawah ini.



Bagan 9 Pola Implementasi Pengajaran Berprograma
Dalam Pengajaran Fisika

Keterangan bagan 9 :

- * = Program mengajar guru fisika yang telah dibuat di sanggar PKG IPA
- M = Pokok bahasan fisika
- TF = Tes formatif pada akhir kegiatan (M)
- P = Program belajar perbaikan bagi siswa yang mencapai penguasaan tuntas $\geq 75\%$
- ** = Program mengajar perbaikan (materi berprograma) untuk mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika siswa
- LKS = Lembar Kerja Siswa (bingkai materi berprograma)

LK = Lembar Kerja (bingkai instruksi)

TF_P = Tes Formatif program perbaikan

P_n = Program belajar perbaikan bagi siswa yang belum mencapai tujuan (P) dengan cara mengulangi program tersebut. Bila melalui pengulangan program (P) ternyata siswa belum berhasil juga, guru fisika dianjurkan agar bekerja sama dengan guru matematika, kalau dapat dipastikan benar, kesulitan siswa disebabkan oleh materi matematika. Tetapi bila penyebabnya adalah faktor - faktor di luar bidang studi, dianjurkan agar guru fisika bekerja sama dengan guru BP (Bimbingan Penyuluhan)

T = Kegiatan tambahan (pengayaan) bagi siswa yang telah mencapai penguasaan tuntas bidang studi fisika, kegiatannya dapat diberikan materi program (P) atau diatur oleh guru fisika

T_n = Kegiatan tambahan (pengayaan) bagi siswa yang telah selesai dan berhasil mengikuti program (P), kegiatannya diserahkan kepada guru fisika untuk mengelolanya

Pola implementasi di atas, menurut Winkel (1987) disebut sebagai sistem belajar tuntas yang bertujuan untuk mengadaptasi pengajaran klasikal sedemikian hingga perhatian secukupnya dapat diberikan pada perbedaan-perbedaan yang ada di antara siswa.

Karena adanya berbagai macam keterbatasan yang ada di sekolah, peneliti menyadari bahwa untuk memperhatikan

perbedaan individu siswa secara murni belum memungkinkan, maka untuk menanggulangi keterbatasan itu, asas kurikulum sekolah harus "continous progress", yaitu asas kurikulum yang memungkinkan anak didik secara individual dan kontinyu mengikuti program pendidikan, yang bertujuan tercapainya pertumbuhan dan perkembangan pribadi secara optimal, sehingga anak didik yang cepat atau cerdas tidak dihambat oleh kawan-kawannya yang lebih rendah minat atau daya intelektualnya. Demikian pula, bagi anak didik yang lamban atau kurang cerdas tidak harus mengikuti kecepatan anak yang lebih berbakat dalam kemampuan dan minatnya untuk sesuatu bidang kegiatan pendidikan (Hasil Rapat Koordinasi Proyek Perintis Sekolah Pembangunan Se-Indonesia dalam Vembriarto, 1985 :11).

Rasional dari asas tersebut, meskipun penemuan studi ini menunjukkan bahwa semua kelompok siswa mengalami kesulitan belajar, namun kalau disimak Bagan 3-8 terdapat kecenderungan bahwa siswa KLP I lebih sedikit mengalami kesulitan penguasaan konsep matematika daripada KLP II dan III. Ini menyiratkan, bahwa siswa KLP I punya potensi untuk berkembang, asalkan guru yang mengajar memperlakukan mereka dengan cara yang bijaksana, yakni dengan pengajaran individual seperti pengajaran berprograma dan sejenisnya.

Dalam hubungannya dengan pengajaran berprograma, pelaksanaan pengajaran tersebut dapat mengikuti tiga pola, yaitu program linier, bercabang dan klasikal. Program linier dan bercabang tidak melibatkan guru secara langsung, sedangkan program

klasikal pada saat-saat tertentu melibatkan guru secara langsung. Dengan pertimbangan penemuan-penemuan penelitian, seperti telah dikemukakan maka dalam pengajaran berprograma di sini dipilih program linier.

Suatu program disusun berdasarkan (1) tujuan pelajaran, (2) bahan pelajaran, (3) Susunan bahan pelajaran, (4) Bentuk pelajaran (dalam Ametembun, 1981 : 42-43).

1. Tujuan Pelajaran

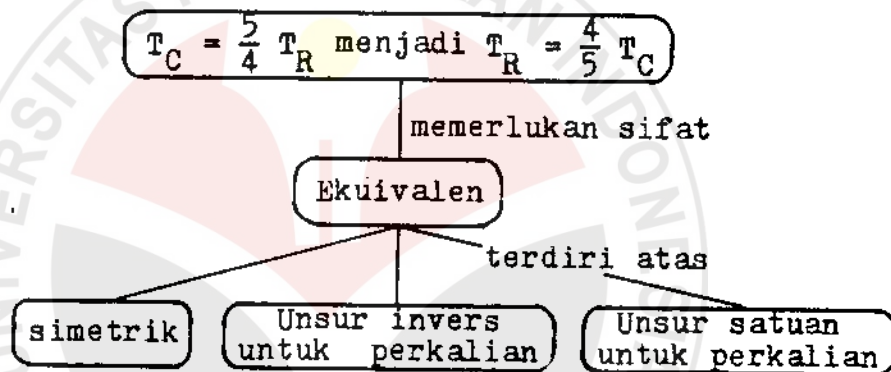
Tujuan pelajaran ini, merupakan tujuan pengajaran berprograma yang dirumuskan dalam bentuk perubahan perilaku secara khusus dan terbatas. Artinya tujuan itu, dirumuskan sejalan dengan jawaban atas pertanyaan kurikulum "mengapa" matematika diberikan dalam pelajaran fisika, ialah untuk membantu siswa agar dapat menguasai konsep matematika : ekuivalensi, sifat simetrik, sifat unsur invers untuk perkalian, sifat unsur invers untuk penjumlahan, sifat unsur satuan untuk perkalian, sifat distributif, persamaan linier, persamaan kuadrat, sistem metrik (dalam mengkonversi satuan kg/m^3 ke satuan gr/cm^3 atau sebaliknya), untuk menyatakan bentuk desimal ke dalam bentuk baku, eksponen bulat dan negatif, operasi hitung, dan trigonometri (menganai definisi sinus dan cosinus); sehingga penerapan konsep-konsep tersebut dalam pelajaran fisika menjadi lebih dapat ditingkatkan.

2. Bahan Pelajaran

Bahan yang disusun dalam program ini, sejalan dengan

jawaban atas pertanyaan kurikulum "apa" atau "konsep matematika mana yang akan diberikan". Jawabannya telah tergambar dalam tujuan.

Agar kepentingan sains (fisika) dan matematika terpenuhi, maka bahan (konsep matematika) itu perlu disusun secara hirarkis. Untuk itu, dapat dilakukan dengan menggunakan peta konsep, seperti bagan berikut ini. Misalnya "persamaan atau rumus $T_C = \frac{5}{4} T_R$ akan dijabarkan menjadi $T_R = \frac{4}{5} T_C$ " :



Bagan 10 Peta Konsep

Dengan Bagan 10, maka dapat terlihat bahwa untuk menjabarkan persamaan $T_C = \frac{5}{4} T_R$ menjadi $T_R = \frac{4}{5} T_C$ memerlukan konsep matematika : sifat ekuivalen, sifat simetrik, sifat unsur invers untuk perkalian dan sifat unsur satuan untuk perkalian.

3. Susunan Bahan Pelajaran

Susunan bahan pelajaran dibuat atau dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan siswa sebagai individu (psikologis) dan kebutuhan ilmu (sains dan matematika). Pertimbangan ini dibuat, sejalan dengan pertanyaan kurikulum "kepada siapa" konsep matematika diberikan (simak Bab II Sub-Bab C).

4. Bentuk Pelajaran

Sebuah program sebagai suatu unit yang terbagi ke dalam sub-unit-sub-unit, yang disebut bingkai. Kalau di sini satu unit itu dipandang sebagai suatu struktur, yang terdiri atas sub-struktur-sub-struktur terbingkai sebagai satu langkah yang tetap terkait dengan strukturnya (pembagian struktur berdasarkan pada hakikat matematika).

Karena pengajaran berprograma ini, tujuannya adalah untuk pengajaran remedial, maka penyusunan programa didasarkan pada kekuatan dan kelemahan siswa yang mengalami kesulitan. Kekuatan siswa itu, dijadikan sebagai "advance organizer" untuk menutupi kelemahannya. Untuk memperjelas mengenai programa yang dimaksud, berikut diberikan beberapa contoh program linier.

Contoh program linier di bawah ini, bertujuan untuk remedial kesulitan penguasaan konsep operasi hitung "bilangan pecahan".

| No. | Bingkai | Respons |
|-----|--|-------------------------|
| 1. | <u>Arti Pecahan</u> $\frac{p}{q}$, $q \neq 0$ artinya $p : q$ (baca p dibagi q) dimana p disebut pembilang dan q disebut penyebut dari pecahan itu. $\frac{3}{4}$ artinya $3 : 4$ dimana 3 dan 4 masing-masing disebut | pembilang dan penyebut. |

| No. | Bingkai Lanjutan | Respons |
|-----|--|---|
| 2. | <p><u>Pecahan yang sama (ekuivalen)</u></p> <p>Pecahan $\frac{p}{q}$ dan $\frac{r}{s}$, $q \neq 0$ dan $s \neq 0$ disebut sama (ekuivalen) bila $\frac{p}{q} = \frac{r}{s}$.</p> <p>Contoh :</p> <p>$\frac{1}{2}$ dan $\frac{4}{8}$ disebut sama, sebab $\frac{1}{2} = \frac{1 \times 4}{2 \times 4} = \frac{4}{8}$</p> <p>$\frac{4}{6}$ dan $\frac{6}{9}$ disebut sama, sebab $\frac{4}{6} = \frac{4:2}{6:2} = \frac{2}{3}$</p> <p>dan $\frac{2}{3} = \frac{2 \times 3}{3 \times 3} = \frac{6}{9}$</p> <p>$\therefore \frac{4}{6}$ dan $\frac{6}{9}$ disebut sama.</p> <p>$\frac{2}{4}$ dan $\frac{3}{6}$ disebut sama, sebab</p> | <p>$\frac{2}{4} = \frac{2 : 2}{4 : 2} = \frac{1}{2}$</p> <p>$\frac{1}{2} = \frac{1 \times 3}{2 \times 3} = \frac{3}{6}$</p> <p>$\therefore \frac{2}{4}$ dan $\frac{3}{6}$ disebut sama.</p> |
| 3. | <p><u>Kelipatan Persekutuan Terkecil (KPK)</u></p> <p>KPK dari dua bilangan atau lebih ialah bilangan terkecil, yang merupakan kelipatan dari bilangan-bilangan itu. Contoh :</p> <p>12 adalah KPK dari 3 dan 4, sebab 12 ialah bilangan terkecil yang merupakan kelipatan dari 3 dan 4.</p> <p>24 bukan KPK dari 2, 3 dan 4 sebab 24 bukan bilangan kelipatan terkecil dari 2, 3 dan 4. Yang benar, KPK dari bilangan-bilangan itu adalah 12, sebab</p> | <p>12 ialah bilangan terkecil.</p> |

| No. | Bingkai Lanjutan | Respons |
|-----|--|--|
| 3. | | yang merupakan kelipatan dari 2, 3 dan 4. |
| 4. | <p><u>Penjumlahan pecahan</u></p> $\frac{p}{q} + \frac{r}{s} = \frac{ps}{qs} + \frac{qr}{qs} = \frac{ps + qr}{qs}$ <p>Simak kembali bingkai nomor 3!</p> <p>Contoh 4.1.</p> $\frac{1}{2} + \frac{3}{4} = \frac{1 \times 4}{4} + \frac{1 \times 3}{4} = \frac{4 + 3}{4} = \frac{7}{4} = 1\frac{3}{4}$ <p>Contoh 4.2.</p> $\frac{1}{2} + \frac{3}{4} + \frac{5}{6} = \left(\frac{1}{2} + \frac{3}{4}\right) + \frac{5}{6} = \left(\frac{1 \times 2}{4} + \frac{1 \times 3}{4}\right) + \frac{5}{6}$ $\frac{5}{6} = \left(\frac{2 + 3}{4}\right) + \frac{5}{6} = \frac{5}{4} + \frac{5}{6} = \frac{5 \times 3}{12} + \frac{5 \times 2}{12} =$ $\frac{15 + 10}{12} = \frac{25}{12} = 2\frac{1}{12}$ <p>Latihan :</p> $\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = \dots\dots\dots$ | $\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right) + \frac{1}{4} =$ $\left(\frac{1 \times 3}{6} + \frac{1 \times 2}{6}\right) +$ $\frac{1}{4} = \left(\frac{3 + 2}{6}\right) +$ $\frac{1}{4} = \frac{5}{6} + \frac{1}{4} =$ $\frac{5 \times 2}{12} + \frac{1 \times 3}{12} =$ $\frac{10 + 3}{12} = \frac{13}{12}$ |
| 5. | <p>Simak kembali bingkai nomor 1, 2, 3 dan 4!</p> <p>Kerjakanlah!</p> $\frac{1}{R} = \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$ | |

| No. | Bingkai Lanjutan | Respons |
|-----|---|---|
| 5. | Bila $\frac{1}{R} = X$, maka $X = \dots\dots\dots$ | $ \begin{aligned} X &= \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3}\right) + \\ &\quad \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{6}\right) \\ &= \left(\frac{1 \times 3}{6} + \frac{1 \times 2}{6}\right) + \\ &\quad \left(\frac{1 \times 3}{12} + \frac{1 \times 2}{12}\right) \\ &= \left(\frac{3}{6} + \frac{2}{6}\right) + \\ &\quad \left(\frac{3}{12} + \frac{2}{12}\right) \\ &= \frac{5}{6} + \frac{5}{12} \\ &= \frac{5 \times 2}{12} + \frac{5}{12} \\ &= \frac{10}{12} + \frac{5}{12} \\ &= \frac{10 + 5}{12} \\ &= \frac{15}{12} = 1\frac{1}{4} \\ \therefore \frac{1}{R} &= 1\frac{1}{4} \end{aligned} $ |

Secara lengkap, materi pengajaran berprograma beserta petunjuk penggunaannya dapat diberikan pada bagian lampiran tesis ini.

Sebelum bagian ini diakhiri, perlu dikemukakan mengenai ketidakselarasan kurikulum matematika dan kurikulum fisika, yang evidensinya dapat ditemukan dalam GBPP kedua bidang studi tersebut, yaitu mengenai konsep limit. Dalam pelajaran fisika (bahasan : gerak) konsep tersebut sudah diperlukan sebagai prasyarat, yang baru diberikan di kelas II dalam pelajaran matematika. Secara teoritis ketidakselarasan itu tidak terjadi, artinya secara ideal konsep tersebut sudah harus

diberikan lebih dahulu dari bahasan tentang gerak, sehingga secara teoritis pula guru fisika diharapkan tidak akan mengalami kesulitan dalam mengajarkan materi tersebut. Namun kenyataannya, bila diperhatikan kurikulum 1975 dan kurikulum 1984 ketidakselarasan itu masih ada. Ini menggambarkan bahwa mengubah kurikulum matematika dan kurikulum fisika, sehingga kedua kurikulum itu menjadi selaras, tidak mudah. Oleh karena itu, guru sebagai pengembang kurikulum (kurikulum yang digunakan di depan kelas) mestinya tidak terpaku oleh kenyataan (ketidakselarasan kurikulum) yang ada. Justru, perlu lebih ditingkatkan kerja sama antar guru fisika dan guru matematika sehingga kenyataan itu dapat teratasi.

B. Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil analisis dan pembahasan penemuan penelitian, maka dapat diberikan beberapa kesimpulan seperti berikut ini.

1. Konsep matematika yang diduga digunakan dalam penyelesaian soal perhitungan fisika kelas I SMA, yang belum dikuasai oleh siswa kelompok I (nilai fisiknya tertinggi), kelompok II (nilai fisiknya rata-rata), dan kelompok III (nilai fisiknya di bawah rata-rata) adalah konsep ekuivalensi, sifat simetrik (kecuali 2 siswa dari kelompok I), sifat unsur satuan untuk perkalian, sifat unsur invers untuk penjumlahan (kecuali 2 siswa dari kelompok I), sifat unsur satuan untuk perkalian

(kecuali 2 siswa dari kelompok I), sifat distributif, konsep persamaan linier, konsep persamaan kuadrat (kecuali 1 siswa dari kelompok I), konsep sistem metrik (kecuali 2 siswa dari kelompok I), konsep untuk menyatakan bentuk desimal ke dalam bentuk baku (kecuali 3 siswa dari kelompok I, 1 siswa dari kelompok II, dan 1 siswa dari kelompok III), konsep eksponen bulat dan negatif (kecuali 3 siswa dari kelompok I, dan 2 siswa dari kelompok III), konsep operasi hitung (kecuali 2 siswa dari kelompok I), dan konsep trigonometri (kecuali 2 siswa dari kelompok I).

Dari konsep-konsep matematika yang telah dikuasai siswa, dapat diidentifikasi bahwa :

- a. Tingkat penguasaan konsep matematika siswa tergolong ke dalam informasi verbal (tingkat terendah taksonomi Gagne) atau setara dengan pemahaman instrumental--padahal tingkat penguasaan konsep matematika yang diperlukan sebagai prasyarat, adalah pemahaman relasional; hal ini merupakan salah satu faktor penyebab kesulitan penguasaan konsep fisika, terlihat dari banyaknya rumus fisika yang diingat siswa.
- b. Siswa yang berasal dari kelompok I berkecenderungan relatif lebih banyak menguasai konsep-konsep matematika (diikuti oleh banyaknya rumus fisika yang diingat) daripada kelompok II dan kelompok III. Sedangkan kelompok II dan kelompok III berkecenderungan

relatif sama banyaknya menguasai konsep-konsep matematika (diikuti oleh banyaknya rumus fisika yang diingat), sehingga menggambarkan penguasaan konsep matematika merupakan prasyarat bagi siswa dalam mempelajari fisika.

2. a. Cara yang telah ditempuh guru fisika dalam membantu siswa yang mengalami kesulitan penguasaan konsep matematika, adalah dengan jalan memberikan latihan soal perhitungan fisika pada setiap kali jam pelajaran fisika, yang dilanjutkan dengan pekerjaan rumah.
- b. Latihan-latihan soal fisika yang diberikan guru menuntut siswa terampil menggunakan rumus-rumus fisika yang sudah jadi (diinformasikan guru secara lisan atau dengan cara ceramah) dan terampil menghitung atau menjabarkan rumus fisika (algoritmis), sehingga mengabaikan peran matematika sebagai alat berpikir.
- c. Struktur kognitif (konsep - konsep matematika) yang telah dimiliki siswa adalah satu-satunya faktor penting dalam belajar, namun hal ini belum diperhatikan guru sehingga upaya yang telah ditempuhnya dalam membantu siswa yang mengalami kesulitan penguasaan konsep matematika belum memberikan hasil yang memuaskan.
- d. Guru dalam melaksanakan pengajaran fisika (khususnya dalam mengatasi kesulitan penguasaan konsep matematika) belum membuat rencana mengajar, sehingga

pelaksanaan pengajaran itu menjadi kurang terarah.

B. Saran-Saran

Berdasarkan pada pembahasan yang telah dikemukakan, maka saran-saran yang disampaikan ini terdiri atas : (1) saran khusus; dan saran umum.

1. Saran Khusus

Untuk membantu kesulitan penguasaan konsep matematika siswa dalam pelajaran fisika di sekolah, adalah "model mengajar dengan pendekatan ekspositori, yang metodenya: pengajaran berprograma". Implikasi dari saran ini, yaitu :

- a. Pelajaran sains (fisika) yang diajarkan di sekolah sebagian besar disajikan dalam bahasa (simbol-simbol) matematis, yang merupakan produk dari serangkaian proses sains. Oleh karena itu, agar pelajaran tersebut tidak diterima siswa sebagai suatu indoktrinasi (dogmatis), perlu bagi guru untuk memahami matematika yang digunakan dalam sains bukan hanya sebagai alat penghitung, melainkan juga sebagai sarana berpikir.
- b. Perlu bagi guru untuk memahami dan mengapresiasi keterkaitan antara sains dengan matematika, sehingga guru sains memiliki pengetahuan yang menyadarkannya bahwa matematika merupakan sarana untuk mengembangkan sains.

2. Saran Umum

- a. Hendaknya pelaksana kurikulum (pengawas dan guru) tidak menafsirkan kurikulum secara kaku, artinya pelaksana kurikulum perlu menyadari bahwa target pencapaian (tujuan) kurikulum bukan semata-mata ditentukan dari banyaknya materi pelajaran -- materi pelajaran sebagai alat untuk mencapai tujuan kurikulum; melainkan ditentukan oleh materi pelajaran yang esensial. Oleh Karena itu, perlu bagi guru untuk memilih materi pelajaran yang esensial sedemikian hingga alasan tentang tidak cukupnya waktu (kalender pendidikan) dapat teratasi dan memungkinkan tercapainya tujuan pendidikan.
- b. Karena ada indikasi bahwa penggunaan matematika dalam pengajaran fisika hanya sebagai alat penghitung, maka perlu ditinjau kembali mengenai isi perkuliahan matematika dasar yang diberikan kepada calon guru sains, supaya lebih menekankan matematika sebagai sarana berpikir.
- c. Rendahnya tingkat penguasaan konsep matematika siswa, ini terkait dengan kemampuan mengajar guru matematika. Oleh karena itu, model mengajar yang disarankan dalam penelitian ini, seyogyanya menjadi perhatian guru matematika sehingga mereka tahu mengenai konsep-konsep matematika yang diperlukan dalam pelajaran sains (fisika). Kemudian, diharapkan guru dapat mengembangkan

kurikulum matematika sesuai dengan yang diperlukan siswa dalam pengajaran sains. Untuk itu, guru matematika perlu memahami keterkaitan antara sains dengan matematika (kedudukan matematika dalam sains).

- d. Karena guru fisika dan guru matematika dalam penelitian ini, adalah peserta PKG, maka seyogyanya pengelola PKG menciptakan suasana yang kondusif sehingga terjadi kerjasama yang saling menunjang antara guru matematika dengan guru fisika. Dengan kerja sama itu, diharapkan guru matematika maupun guru fisika dalam mengembangkan kurikulum yang akan dilaksanakan dapat memperkecil kesenjangan kurikulum matematika dan sains yang selama ini ada.
- e. Karena pendekatan evaluasi kualitatif yang digunakan dalam studi ini, dapat mengungkap struktur kognitif siswa, seyogyanya pendekatan evaluasi tersebut diperhatikan untuk dikembangkan dalam pendidikan sains dan pendidikan matematika pada khususnya, pendidikan pada umumnya.