

PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN ALJABAR LINIER DAN MATRIKS DENGAN PENDEKATAN INKUIRI UNTUK MAHASISWA TEKNIK INFORMATIKA

Siti Aminah*¹, Nira Radita²

^{1,2}Sekolah Tinggi Informatika & Komputer Indonesia (STIKI) Malang
sitiaminah@stiki.ac.id*¹, niraradita@stiki.ac.id²

*Corresponding Author

Received 31 August 2020; revised 11 October 2020; accepted 08 November 2020.

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan modul berbasis teori konstruktivis dengan pendekatan inkuiri. Modul ini dibatasi hanya pada materi penyelesaian sistem persamaan linier pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks. Pengembangan modul pembelajaran ini dikembangkan dengan mengadaptasi tahapan pengembangan Dick & Carey. Modul yang telah dikembangkan ini diuji berdasarkan kriteria valid dan efektif. Selanjutnya, modul diuji kepada validator supaya valid dan diuji keefektifannya melalui uji normalitas dan *paired sample test*. Hasil dari penelitian ini adalah modul telah valid dan efektif.

Kata kunci: aljabar linier, inkuiri, modul matematika, teknik informatika.

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop learning module based on the constructivist theory of inquiry approach. This module is limited at solving the system of linear equations in the subject of Linear Algebra and Matrix. This learning module developed by adapting Dick & Carey model. Then, the modules are tested by an expert to get valid criteria And tested using normality and paired sample test to achieve effectiveness. The result of this study is a learning module that achieve valid and effective criteria.

Keywords: linear algebra, inquiry, mathematics module, informatics engineering.

PENDAHULUAN

Sistem pembelajaran sedang bertransformasi dari pembelajaran dengan teori behavioris menuju pembelajaran dengan teori konstruktivis. Teori

konstruktivis memiliki prinsip bahwa pembelajaran adalah proses dimana seorang individu membangun pengetahuan melalui pembelajaran aktif, pembelajaran melalui proses berpikir, pembelajaran bermakna dan pembelajaran dengan bereksplorasi (Patil & Sachin, 2017). Pada kenyataannya, tidak semua individu yang melaksanakan proses pembelajaran memiliki kemampuan yang sama dalam membangun pengetahuannya. Beberapa individu merupakan tipe pebelajar cepat (*fast learner*) sedangkan beberapa lainnya merupakan tipe pebelajar lambat (*slow learner*).

Pebelajar lambat (*slow learner*) bukan merupakan pebelajar dengan disabilitas melainkan pebelajar yang membutuhkan pembelajaran khusus dikarenakan pebelajar tersebut memiliki kelemahan dalam berpikir, menemukan hubungan, penalaran, pengembangan konsep bilangan dan bahasa, serta ingatan (Ruhela, 2014). Pebelajar lambat memerlukan waktu yang lebih banyak dalam mengakuisisi kemampuannya dan akan lebih bermanfaat jika kegiatan pembelajaran dilakukan dengan terarah (Vasudevan, 2017). Sebaliknya, pebelajar cepat (*fast learner*) membutuhkan waktu yang relatif lebih sedikit dibandingkan dengan rata-rata waktu yang dibutuhkan pebelajar lainnya dalam berpikir, bernalar, membuat hubungan, dan mengingat. Perlu dipikirkan suatu prosedur yang dapat mengakomodasi semua tipe pebelajar, baik pebelajar lambat maupun pebelajar cepat, sehingga tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan optimal. Pembelajaran yang dilakukan dosen adalah belajar berkelompok dengan pembagian siswa secara heterogen. Tujuannya supaya mahasiswa pebelajar cepat dapat mengajari pebelajar lambat. Namun kenyataannya, mahasiswa pebelajar lambat malah menunggu jawaban yang sudah jadi atau hanya nitip nama saja tanpa ada rasa ingin belajar. Supaya setiap mahasiswa mempunyai rasa tanggung jawab, maka pembelajaran dilakukan dengan pembelajaran mandiri. Usaha yang dapat dilakukan untuk mengakomodasi pebelajar cepat dan pebelajar lambat dalam pembelajaran mandiri adalah dengan memanfaatkan modul pembelajaran.

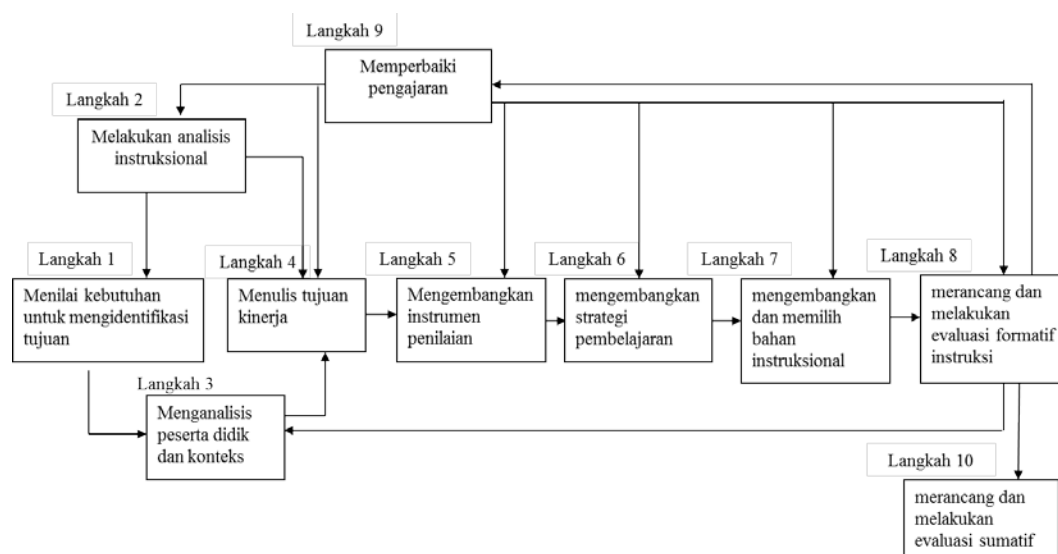
Modul pembelajaran memuat pengalaman pembelajaran yang tersusun secara sistematis dan koheren dengan tujuan pembelajaran dan kriteria penilaian yang mengharuskan pebelajar untuk berinteraksi secara aktif dengan objek

Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika

pembelajaran, melalui beberapa aktivitas yang harus dilakukan dan memperoleh umpan balik tentang apa yang mereka kerjakan. Modul disusun dengan teori konstruktivis sehingga modul tersebut dapat membantu pebelajar untuk memahami dan mempelajari serta memfasilitasi aktivitas pebelajar pada proses pembelajaran (Rufii, 2015). Pendekatan konstruktivis yang diterapkan pada penelitian ini adalah metode inkuiri. Pendekatan inkuiri merupakan metode pembelajaran yang efektif yang mampu mengakomodasi pebelajar dengan tipe belajar yang berbeda, selain itu pebelajar dapat belajar dengan baik jika kegiatan pembelajaran memungkinkan mereka untuk terlibat secara aktif dalam aktivitas pembelajaran (Athuman, 2017). Modul ini diterapkan pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks karena mata kuliah ini memiliki tingkat kesulitan yang tinggi bagi beberapa mahasiswa (Berman & Shvartsman, 2016). Selain itu, mata kuliah ini merupakan mata kuliah wajib dimana konsep-konsep dasar ditanamkan sebagai dasar untuk perkuliahan pada mata kuliah lainnya. Berdasarkan penjelasan tersebut, dilakukan penelitian pengembangan modul pembelajaran pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks dengan pendekatan inkuiri pada mahasiswa Teknik Informatika.

METODE PENELITIAN

Modul pembelajaran ini dikembangkan dengan mengadaptasi Dick & Carey (1996) dengan tahapan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Pengembangan Menurut Dick and Carey

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah lembar validasi, lembar soal *pretest* dan lembar soal *posttest*. Validasi dilakukan dengan 2 validator yang merupakan dosen matematika pada Program Studi Teknik Informatika, satu dosen dari STIKI Malang dan satu dosen lainnya dari STMIK ASIA Malang. Hasil validasi dihitung dengan menggunakan skor rata-rata yang dikembangkan Hobri (2010). Sedangkan penentuan kriteria tingkat kevalidan merujuk pada Parta (2009) dengan ketentuan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kevalidan

Interval	Tingkat Kevalidan	Keputusan
$2 \leq \bar{V}_a \leq 3$	Valid	Tidak revisi namun memperhatikan saran dari validator
$1 \leq \bar{V}_a < 2$	Cukup Valid	Revisi kecil
$0 \leq \bar{V}_a < 1$	Tidak Valid	Revisi besar

Selanjutnya modul ini diujicobakan ke satu kelas Program Studi Teknik Informatika STIKI Malang yang sedang menempuh Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks. Pada penelitian ini, data nilai *pretest* dan *posttest* diolah sebagai uji keefektifan penggunaan modul. Data *pretest* didapatkan dari nilai tes pada materi sebelum solusi sistem persamaan linier, yaitu materi konsep matriks dan determinan. Sedangkan nilai *posttest* didapat dari nilai rata-rata kuis setelah mengerjakan modul. Data tersebut diuji secara statistika melalui uji normalitas, uji homogenitas, dan uji-t *paired test*.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini adalah modul Aljabar Linier dan Matriks yang terbagi menjadi 3 bagian, yaitu modul 1, modul 2, dan modul 3. Berdasarkan tahapan Dick & Carey (1996), hasil dari tiap tahapan dijelaskan sebagai berikut.

Tahap Analisis Kebutuhan

Pada tahap analisis kebutuhan dilakukan penelitian pendahuluan yang meliputi pembelajaran dengan metode tatap muka, pemberian *pretest*, dan kajian literatur. Dari hasil penelitian pendahuluan diketahui bahwa terdapat mahasiswa yang merupakan tipe pebelajar lambat dan terdapat mahasiswa yang merupakan tipe pebelajar cepat. Dari kajian terhadap silabus mata kuliah yang telah disusun, diketahui bahwa pada Mata Kuliah Aljabar Linier dan Matriks terdapat satu pokok

bahasanya itu menyelesaikan sistem persamaan linier yang terdiri dari 6 pokok materi untuk memperoleh hasil belajar yang hampir sama. Pokok materi tersebut yaitu menyelesaikan sistem persamaan linier dengan menerapkan eliminasi Gaussian, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan invers matriks, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Doolittle, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Cholesky, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Crout, menyelesaikan sistem persamaan linier dengan aturan Cramer. Sehingga, untuk mengakomodasi tipe pebelajar cepat dan tipe pebelajar lambat pada seluruh pokok materi tersebut perlu dikembangkan modul pembelajaran pada pokok bahasan menyelesaikan sistem persamaan linier.

Tahap Analisis Instruksional

Pada tahap analisis intruksional, yang dilakukan adalah mengidentifikasi materi prasyarat yang harus dikuasai mahasiswa untuk belajar menggunakan modul ini. Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan diperoleh data bahwa sebelum mempelajari pokok bahasan menyelesaikan sistem persamaan linier, mahasiswa harus sudah mempelajari pokok bahasan sistem persamaan linier, pokok bahasan matriks dan pokok bahasan determinan. Setelah mengetahui materi prasyarat yang dibutuhkan, selanjutnya adalah menyusun tujuan pembelajaran untuk materi yang akan dipelajari dengan menggunakan modul, yaitu:

- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan menerapkan eliminasi Gaussian,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan menggunakan invers matriks,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Doolittle,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Crout,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan dekomposisi matriks Metode Cholesky,
- mahasiswa dapat menyelesaikan suatu sistem persamaan linier dengan menerapkan aturan Cramer.

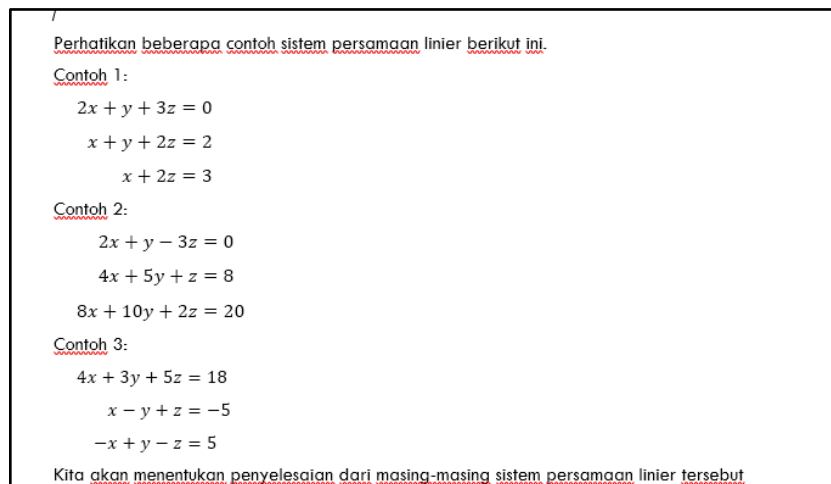
Tahap Analisis Mahasiswa dan Konten

Tahap analisis mahasiswa dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan, sikap, dan pengetahuan awal mahasiswa yang akan menjadi subyek penelitian. Untuk dapat mencapai tujuan tersebut, dilakukan suatu kegiatan pembelajaran untuk mengetahui aktivitas belajar mahasiswa di dalam kelas dan selanjutnya memberikan *pretest* terhadap mahasiswa. Dari pelaksanaan pembelajaran di dalam kelas yang telah dilaksanakan diketahui bahwa 53% mahasiswa merupakan tipe pebelajar cepat dan 47% mahasiswa merupakan tipe pebelajar lambat.

Pada tahap analisis konten, disusun konten pembelajaran untuk mencapai tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan sesuai dengan metode pembelajaran yang dipilih yaitu inkuiri. Sesuai dengan hal tersebut, maka konten pembelajaran yang dikembangkan pada modul ini meliputi aktivitas orientasi terhadap masalah, merumuskan masalah, mengajukan hipotesis, mengumpulkan informasi, menguji hipotesis, dan menyimpulkan.

Tahap Menulis Tujuan Kinerja

Ketiga modul disusun berdasarkan tahapan inkuiri. Pada tahap orientasi terhadap masalah pada salah satu modul tersaji pada Gambar 2.



Perhatikan beberapa contoh sistem persamaan linier berikut ini.

Contoh 1:

$$\begin{aligned}2x + y + 3z &= 0 \\x + y + 2z &= 2 \\x + 2z &= 3\end{aligned}$$

Contoh 2:

$$\begin{aligned}2x + y - 3z &= 0 \\4x + 5y + z &= 8 \\8x + 10y + 2z &= 20\end{aligned}$$

Contoh 3:

$$\begin{aligned}4x + 3y + 5z &= 18 \\x - y + z &= -5 \\-x + y - z &= 5\end{aligned}$$

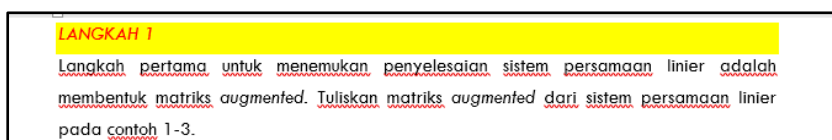
Kita akan menentukan penyelesaian dari masing-masing sistem persamaan linier tersebut

Gambar 2. Contoh Aktifitas pada Tahap Orientasi terhadap Masalah

Pada aktivitas ini, mahasiswa diberikan 3 masalah SPL. Masalah pertama adalah SPL dengan mempunyai satu solusi, masalah kedua adalah SPL yang tidak mempunyai solusi, dan masalah ketiga adalah SPL dengan banyak solusi.

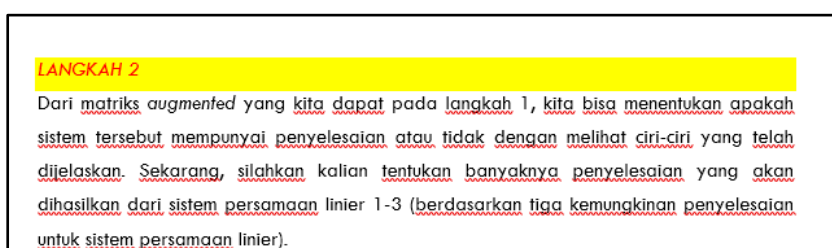
Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika

Selanjutnya, mahasiswa diinstruksikan mencari solusi dari SPL yang mempunyai satu solusi dengan mengikuti instruksi pada modul.

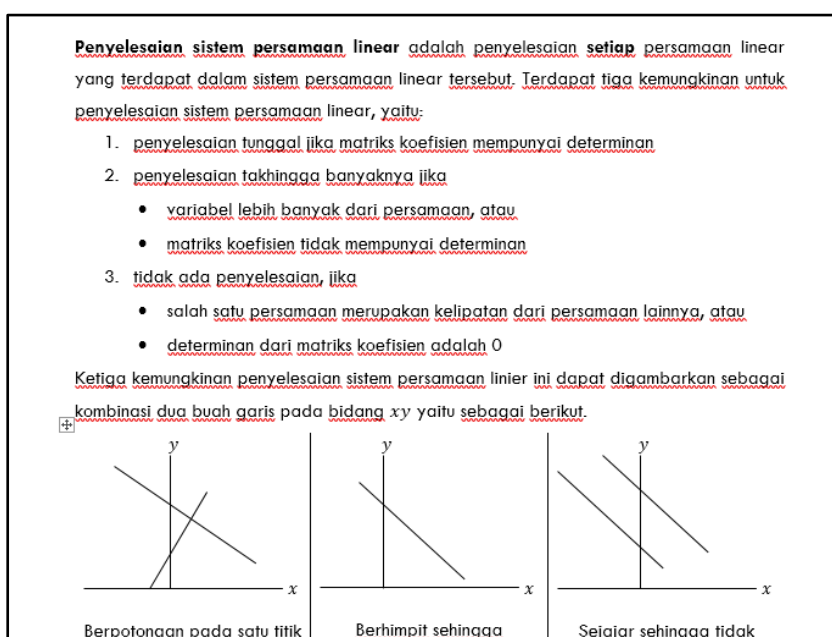


Gambar 3. Contoh Aktifitas pada Tahap Merumuskan Masalah

Tahap ke-dua pada inkuiri adalah merumuskan masalah. Pada aktivitas ini, mahasiswa membuat matriks *augmented* pada ketiga masalah yang tersedia.



Gambar 4. Contoh Aktifitas pada Tahap Mengajukan Hipotesis



Gambar 5. Contoh Pengetahuan yang Menuntun Mahasiswa Melakukan Aktivitas Mengajukan Hipotesis

Pada tahap ke-tiga inkuiri adalah mengajukan hipotesis. Sebelum menyelesaikan masalah, ada pengantar materi tentang pengetahuan yang akan

mengantar mahasiswa menyelesaikan masalah-masalah tersebut. Materi tersebut tersaji dalam halaman awal seperti pada Gambar 5. Pada tahap mengajukan hipotesis, mahasiswa menduga manakah matriks yang mempunyai satu solusi berdasarkan ciri-ciri yang diberikan sesuai pada pengetahuan mereka.

LANGKAH 3

Eliminasi gauss adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear dengan menghasilkan **matriks baris eselon**. Untuk menghasilkan matriks baris eselon, kita perlu melakukan Operasi Baris Elementer (OBE) pada matriks augmented. Untuk menjadi matriks baris eselon, sebuah matriks harus mempunyai sifat-sifat berikut ini:

1. jika suatu baris tidak seluruhnya terdiri dari nol, maka angka tak nol yang pertama dalam baris tersebut adalah angka satu, dan satu ini disebut **utama 1**;
2. jika ada sebarang baris yang seluruhnya terdiri dari nol, maka baris tersebut dikelompokkan bersama di bagian bawah matriks;
3. jika sebarang dua baris yang berurutan yang tidak seluruhnya terdiri dari nol, utama 1 pada baris yang lebih bawah terletak di sebelah kanan utama 1 dalam baris yang lebih atas.

Terdapat **tiga jenis operasi** yang dapat dilakukan dalam OBE, yaitu:

1. Menukarkan urutan dua baris
2. Mengalikan suatu baris dengan bilangan yang bukan nol
3. Menambahkan suatu baris dengan baris yang lainnya

Gambar 6. Contoh Aktifitas Mengumpulkan Informasi

Pada tahap ke-empat inkuiri adalah mengumpulkan informasi. Pada tahap ini, mahasiswa diberikan pengetahuan untuk dibaca dan dipahami. Pengetahuan ini akan membantu mahasiswa untuk melanjutkan proses mendapatkan penyelesaian dari masalah.

Pada tahap ke-lima inkuiri adalah menguji hipotesis. Pada tahap ini, mahasiswa telah menduga bahwa dari ketiga masalah tersaji, ada satu masalah yang mempunyai satu masalah. Dengan menggunakan pengetahuan yang telah diberikan pada tahapan mengumpulkan informasi, mahasiswa menggunakan pengetahuan tersebut untuk menguji hipotesis. Pada tahap ini, mahasiswa diberikan instruksi seperti yang tersaji pada Gambar 7.

Pengembangan Modul Pembelajaran Aljabar Linier dan Matriks dengan Pendekatan Inkuiri untuk Mahasiswa Teknik Informatika

LANGKAH 4

Tujuan kita melakukan OBE pada matriks *augmented* adalah agar matriks koefisien (A) menjadi matriks baris eselon. Berikut ini merupakan contoh matriks baris eselon

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 0 & 1 & 5 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 7 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Untuk mempermudah operasi baris elementer, lakukan langkah berikut ini

1. Ubahlah a_{21} menjadi 0
2. Ubahlah a_{31} menjadi 0
3. Ubahlah a_{32} menjadi 0

Tuliskan matriks *augmented* yang merupakan matriks dari sistem persamaan linier yang memiliki satu penyelesaian (hasil dari langkah 2). Tuliskan proses OBE dari matriks *augmented* tersebut, operasi dilakukan baik pada matriks koefisien maupun matriks suku konstan. Proses OBE berakhir jika matriks koefisien (A) sudah menjadi matriks baris eselon.

Dari matriks baris eselon diatas, kita memperoleh 3 persamaan baru, yaitu:

1.
2.
3.

Dari ketiga persamaan tersebut, kita bisa melakukan substitusi balik sehingga kita peroleh:

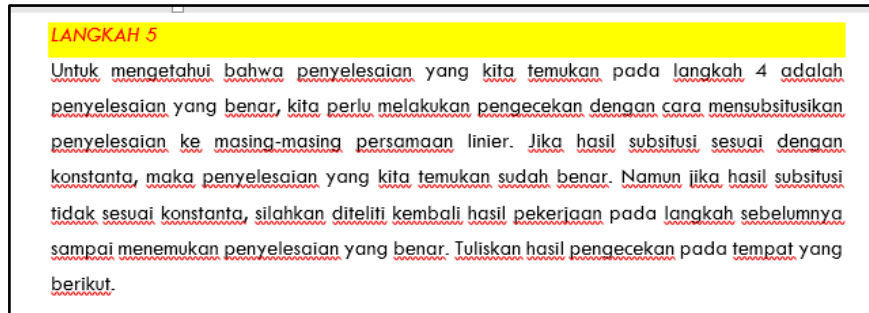
Dari persamaan 3
 $z = \dots$

Dari persamaan 2
 $\dots y + \dots z = \dots$
 $\dots y + \dots = \dots$ (substitusi persamaan 1 ke persamaan 2)
 $\dots y = \dots$
 $y = \dots$

Dari persamaan 1
 $\dots x + \dots y + \dots z = \dots$
 $\dots x + \dots + \dots = \dots$ (substitusi persamaan 1 dan 2 ke persamaan 3)
 $\dots x = \dots$

Gambar 7. Contoh Aktifitas Menguji Hipotesis

Tahap terakhir pada inkuiri adalah menyimpulkan. Setelah mahasiswa melakukan uji hipotesis, maka mereka akan mendapatkan solusi dari suatu SPL, yaitu solusi yang dihasilkan adalah satu solusi. Namun, belum mengetahui, apakah solusi tersebut benar. Sehingga diperlukan pengujian seperti pada instruksi yang tersaji pada Gambar 8. Dari pengujian tersebut, mahasiswa dapat menyimpulkan bahwa solusi yang mereka cari sudah benar.



Gambar 8. Contoh Aktifitas Menyimpulkan

Tahap Pengembangan Instrumen Penilaian

Pada tahap ini, disusun lembar validator untuk menilai modul yang telah disusun. Indikator penilaian untuk modul aljabar linier dan matriks memodifikasi dari instrumen validasi modul (Aminah, 2012) dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Indikator Penilaian pada Lembar Validasi

No	Aspek yang dinilai	Penilaian			
		1	2	3	4
1	<i>Penampakan Pendekatan Inkuiri</i>				
	a. Isi modul tersaji masalah sesuai tahapan orientasi terhadap masalah pada inkuiri				
	b. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk merumuskan masalah				
	c. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk mengajukan hipotesis				
	d. Isi modul memuat pengetahuan yang dapat menjadi dasar mahasiswa untuk mengumpulkan informasi yang dibutuhkan				
	e. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk menguji hipotesis				
	f. Isi modul memuat aktivitas mahasiswa untuk menyimpulkan				
2	<i>Tingkat Kesukaran Masalah</i>				
	a. Modul menyajikan masalah dengan tingkat kesukaran sesuai standar kognitif mahasiswa S1.				

No	Aspek yang dinilai	Penilaian			
		1	2	3	4
	b. Modul menyajikan kegiatan-kegiatan yang sesuai untuk kemampuan mahasiswa S1.				
4	<i>Ilustrasi/ Gambar</i>				
	a. Ilustrasi gambar pada tiap bagian dalam modul sesuai dengan topik bahasan.				
	b. Gambar tersebut dapat memberi ilustrasi konsep.				
	c. Gambar disajikan dengan jelas dan baik.				
5	<i>Bahasa</i>				
	a. Modul disajikan dengan bahasa yang komunikatif.				
	b. Modul disajikan dengan bahasa yang logis.				
	c. Modul disajikan dengan bahasa yang mudah dipahami.				

Tahap Pemilihan Strategi Pembelajaran

Untuk pelaksanaan pembelajaran dengan modul dilakukan dengan sistem daring. Modul terbagi menjadi 3, yaitu modul 1, modul 2, dan modul 3. Pada modul 1 berisi materi menentukan SPL dengan menggunakan eliminasi Gauss dan Gauss Jordan. Mahasiswa harus mempelajari modul 1 dalam waktu maksimal 1 minggu. Mahasiswa yang telah mempelajari modul 1, diperbolehkan mengerjakan kuis modul 1 secara daring. Jika nilai kuis modul 1 telah mencapai 65, maka mahasiswa bisa mengakses file modul 2. Bagi mahasiswa yang belum memenuhi nilai 65, maka mahasiswa harus belajar lagi dan mencoba kuis modul 1 dengan izin terlebih dahulu kepada dosen pengampu. Begitu seterusnya pembelajaran dilakukan hingga mahasiswa selesai mengerjakan kuis modul 3. Materi modul 2 tentang menentukan SPL dengan menggunakan invers matriks. Sedangkan materi modul 3 tentang menentukan SPL dengan menggunakan dekomposisi dan Cramer.

Tahap Mengembangkan dan Memilih Bahan Instruksional

Modul telah tersusun sesuai dengan pendekatan inkuiri dan sesuai format yang direncanakan. Modul siap untuk diuji validasi oleh 1 dosen matematika STIKI dan 1 dosen STMIK Asia Malang.

Tahap Merancang dan Melakukan Evaluasi Formatif Instruksi

Langkah evaluasi formatif dilakukan oleh 1 dosen matematika STIKI dan 1 dosen matematika STMIK ASIA. Hasil uji validasi kedua validator adalah 2.37 yang berkriteria valid dengan beberapa revisi berdasarkan saran dari validator.

Tahap Revisi

Pada tahap ini, dilakukan revisi berdasarkan saran dari validator. Pada Tabel 3 akan ditunjukkan saran dari validator beserta tampilan modul sebelum direvisi dan setelah direvisi.

Tabel 3. Perbaikan Modul Berdasarkan Saran dari Validator

Saran Validator	Sebelum direvisi	Setelah direvisi
Menampilkan materi pada tahap mengajukan hipotesis pada pengantar sebelum masalah diberikan	materi pada tahap mengajukan hipotesis terletak disajikan	materi pada tahap mengajukan hipotesis terletak pada pengantar materi, sebelum 3 masalah disajikan
Materi pada tahap mengumpulkan informasi sebaiknya menggunakan Bahasa yang lebih mudah dipahami	<p>Jika suatu SPI mempunyai satu solusi, salah satu cara menemukan solusi tersebut adalah dengan eliminasi gauss. Eliminasi gauss adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear dengan menghasilkan matriks baris eselon.</p> <p>Saat menerapkan eliminasi gauss dalam perhitungan, kita membutuhkan Operasi Baris Elementer (OBE). Terdapat tiga jenis operasi yang dapat dilakukan dalam OBE, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mengganti urutan dua baris 2. Mengalikan baris dengan bilangan yang bukan nol 3. Menambah suatu baris dengan baris yang lainnya <p>Kita perlu mengetahui bahwa matriks eselon baris berdirikan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. pada setiap baris, entri tak-nol yang pertama adalah satu, dan satu ini disebut setu utama; 2. jika terdapat baris nol, maka baris tersebut diletakkan pada baris yang terbawah; 3. pada dua baris yang berurutan letak satu utama pada baris yang lebih bawah terletak lebih ke kanan. 	<p>Eliminasi gauss adalah algoritma yang digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linear dengan menghasilkan matriks baris eselon. Untuk menghasilkan matrks baris eselon, kita perlu melakukan Operasi Baris Elementer (OBE) pada matrks augmented. Untuk menjadi matrks baris eselon, sebuah matrks harus mempunyai sifat-sifat berikut ini:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. jika suatu baris tidak seluruhnya terdiri dari nol, maka angka tak nol yang pertama dalam baris tersebut adalah angka satu, dan satu ini disebut utama 1, 2. jika ada sebarang baris yang seluruhnya terdiri dari nol, maka baris tersebut dikelompokkan bersama di bagian bawah matrks, 3. jika sebarang dua baris yang berurutan yang tidak seluruhnya terdiri dari nol, utama 1 pada baris yang lebih bawah terletak di sebelah kanan utama 1 dalam baris yang lebih atas. <p>Terdapat tiga jenis operasi yang dapat dilakukan dalam OBE, yaitu:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Menukarkan urutan dua baris 2. Mengalikan suatu baris dengan bilangan yang bukan nol 3. Menambahkan suatu baris dengan baris yang lainnya
Pada modul 3 materi dekomposisi Cholesky, diberikan tambahan penjelasan supaya mudah diapahami oleh mahasiswa TI	<p>Menentukan Penyelesaian Sistem Persamaan Linier dengan Hasil Dekomposisi Cholesky</p> <p>Untuk menentukan penyelesaian sistem persamaan linier dengan hasil dekomposisi Cholesky, ikuti langkah-langkah berikut</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ubahlah matrks A menjadi matrks L dan U $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ 0 & u_{22} & u_{23} \\ 0 & 0 & u_{33} \end{bmatrix}$ <p>Dimana $l_{ii} = u_{ii}$</p> <p>Dari kesamaan dua matrks tersebut, diperoleh formula berikut</p>	<p>Menentukan Penyelesaian Sistem Persamaan Linier dengan Hasil Dekomposisi Cholesky</p> <p>Untuk menentukan penyelesaian sistem persamaan linier dengan hasil dekomposisi Cholesky, ikuti langkah-langkah berikut</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ubahlah matrks A menjadi matrks L dan U $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad L = \begin{bmatrix} l_{11} & 0 & 0 \\ l_{21} & l_{22} & 0 \\ l_{31} & l_{32} & l_{33} \end{bmatrix} \quad U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & u_{13} \\ 0 & u_{22} & u_{23} \\ 0 & 0 & u_{33} \end{bmatrix}$ <p>Dimana $l_{ij} = u_{ji}$. Sehingga $l_{11} = u_{11}$; $l_{22} = u_{22}$; $l_{33} = u_{33}$</p>

Tahap Merancang dan Melakukan Evaluasi Sumatif

Setelah dilakukan revisi, dilakukan uji efektif. Uji keefektifan digunakan untuk membuktikan apakah modul mampu mencapai tujuan yang telah ditetapkan atau tidak. Modul dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Sehingga, modul dikatakan efektif jika modul dapat meningkatkan hasil belajar. Pengukuran efektif dan tidaknya modul dilakukan dengan membandingkan skor awal dalam *pretest* dengan skor akhir dalam *posttest*. Uji efektif ini dimulai dengan uji normalitas. Data yang diolah adalah nilai *pretest* dan nilai *posttest*. Nilai *posttest* didapat dari rata-rata nilai 3 kuis pada setiap modul. Untuk uji normalitas, ditentukan terlebih dahulu selisih data *pretest* dan data *posttest* seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Normalitas

			Kolmogorov Smirnov		
			Statistic	df	Sig.
Selisih	<i>Pretest</i>	dan	0.116	36	0.200
	<i>Posttest</i>				

Hasil uji normalitas dengan menggunakan Kolmogorov Smirnov diperoleh nilai sig. 0.200. Ini berarti bahwa nilai sig. > 0.05. Sehingga data dikatakan berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan *paired sample test*. Pada *paired samples statistics*, diperoleh Tabel 5.

Tabel 5. Deskripsi Statistik pada *Pretest* dan *Posttest*

	<i>Mean</i>	N	Standar Deviasi	Standar Error <i>Mean</i>
<i>Pair 1 Pretest</i>	59.2222	36	12.56324	2.09387
<i>Posttest</i>	67.1389	36	16.57831	2.76305

Pada Tabel 5 terlihat bahwa rata-rata hasil *pretest* pada 36 mahasiswa adalah 59.2222 dengan standar deviasi 12.56324. Sedangkan rata-rata hasil *posttest* adalah 67.1389 dengan standar deviasi 16.57831. Ini berarti bahwa terdapat perbedaan nilai hasil belajar yang lebih baik setelah belajar menggunakan modul.

Tabel 6. Output Paired Sample t-Test

	Paired Difference							Sig. (2 tailed)
	Mean	St. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of The Difference		t	df	
				Lower	Upper			
Pair 1 Pretest- Posttest	-7.91667	19.41614	3.23602	-14.48618	-1.34719	-2.446	35	0.002

Ho menyatakan hasil *pretest* \geq hasil *posttest*. Sedangkan Ha menyatakan hasil *pretest* $<$ *posttest*. Dasar pengambilan keputusan pada *paired sample t-test* adalah jika nilai t hitung $<$ - t tabel, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Sebaliknya, jika nilai t hitung $>$ - t tabel, maka Ho diterima dan Ha ditolak. Nilai t hitung pada tabel *output paired sample t-test* bernilai negatif yaitu -2.446. Ini disebabkan karena nilai rata-rata *pretest*, yaitu 59,22 lebih rendah dari nilai *posttest*, yaitu 67,13. Derajat kebebasan sebesar 35 dan nilai signifikansi 0.05, maka nilai t tabel adalah 1.68. Karena nilai t hitung $<$ - t tabel, yaitu -2,446 $<$ -1.68, maka Ho ditolak dan Ha diterima. Artinya, hasil *pretest* lebih kecil dari *posttest* sehingga terdapat perbedaan hasil belajar sesudah dan sebelum menggunakan modul aljabar linier dan matriks. Perbedaan hasil *pretest* dan *posttest* tersebut menunjukkan bahwa hasil belajar meningkat setelah dilakukan pembelajaran dengan menggunakan modul pembelajaran dengan pendekatan inkuiri. Hal ini membuktikan bahwa pembelajaran dengan menggunakan modul efektif untuk meningkatkan hasil belajar (Anjani, Suciati, & Maridi, 2017).

SIMPULAN

Modul aljabar linier dan matriks telah disusun berdasarkan tahapan Dick & Carey, meliputi tahap analisis kebutuhan, analisis instruksional, analisis mahasiswa dan konten, menulis tujuan kinerja, pengembangan instrumen penilaian, pemilihan strategi pembelajaran, mengembangkan dan memilih bahan instruksional, merancang dan melakukan evaluasi formatif instruksi, revisi hingga

melakukan evaluasi sumatif. Pada tahap evaluasi formatif diperoleh nilai 2.37 dengan kriteria valid dengan beberapa revisi sesuai saran validator. Pada tahap evaluasi formatif dilakukan uji efektif melalui uji normalitas dan *paired sample test* pada nilai *pretest* dan *posttest*. Hasilnya, terdapat perbedaan hasil belajar yang lebih baik dengan menggunakan modul aljabar linier dan matriks. Sehingga, modul dapat dikatakan efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminah, S. (2012). *Pengembangan modul fungsi komposisi dan invers kelas XI berbasis realistic mathematic education* [Universitas Negeri Malang]. <http://karya-ilmiah.um.ac.id/index.php/matematika/article/view/22380>
- Anjani, D., Suciati, & Maridi. (2017). The Effectiveness of inquiry-based learning module to improve the cognitive learning outcomes. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research, First International Conference on Science, Mathematics, and Education*, (hal. 155-160). Atlantis Press.
- Athan, J. J. (2017). Comparing the effectiveness of an inquiry-based approach to that of conventional style of teaching in the development of students' science process skills. *International Journal of Environmental & Science Education*, 12(8), 1797-1816.
- Berman, A., & Shvartsman, L. (2016). Definitions are important: the case of linear algebra. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(1), 26-32.
- Dick, W. & Carey, L. (1996). *The systematic design of instruction (4th ed.)*, New York: Harper Collins College Publishers
- Hobri. 2010. *Metodologi penelitian pengembangan: aplikasi pada penelitian pendidikan indonesia*. Jember: Pena Salsabila
- Parta, I Nengah. (2009). *Pengembangan model pembelajaran inquiry untuk penghalusan pengetahuan matematika mahasiswa calon guru melalui pengajuan pertanyaan*. Disertasi tidak diterbitkan. Surabaya: Lembaga Penelitian Universitas Negeri Surabaya.
- Patil, A. M., & Sachin, S. K. (2017). Teaching learning with constructivist approach. *International Journal of Engineering Development and Research*, 5(4), 308-312.
- Rufii, R. (2015). Developing module on constructivist learning strategies to promote students' independence and performance. *International Journal of Education*, 7(1), 18-28. <https://doi.org/10.5296/ije.v7i1.6675>
- Ruhela, R. (2014). The pain of the slow learners. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 4(4), 193-200.
- Vasudevan, A. (2017). Slow learners – causes, problems and educational programmes. *International Journal of Applied Research*, 3(12), 308-313.