

PROYEKSI DATA MURID SMP MELALUI PENDEKATAN TEORI SISTEM MATEMATIKA DI PUSAT STATISTIK PENDIDIKAN, BALITBANG, DEPDIKNAS

Ikrar Pramudya

Pusat Statistik Pendidikan, Balitbang, Depdiknas, Jakarta
E-mail: ikrarpramudya@yahoo.com.sg

ABSTRACT

This study discusses the application of the mathematical system theory in projection of data, especially educational data. This study is done by doing discussion of relevant theory and the appropriate mathematical system models. The result of the study is the existence of mathematical system model fitting in with requirement of projection of data and projection technique for n variable done simultaneously. Excess from projection of data with this approach is a consistent result of calculation and measurable error of projection.

Keywords: *Mathematical system, Projection of data, Input-output system*

PENDAHULUAN

Pada saat ini jarang dijumpai contoh aplikasi sistem matematika pada pengolahan data, khususnya di Indonesia. Melalui kajian ini dibahas simulasi aplikasi sistem matematika untuk proyeksi data di Pusat Statistik Pendidikan (PSP), Balitbang, Depdiknas. Beberapa alasan yang memotivasi dilakukannya kajian ini adalah "pada umumnya proses pendataan di Indonesia terhambat oleh rendahnya tingkat pengembalian instrumen data (kuesioner), kurang lancarnya pelaporan data dari daerah, pengolahan data khususnya proyeksi data dilakukan secara subjektif, tidak mengacu pada suatu metode tertentu, proses proyeksi data tidak sistematis sehingga sering terjadi keterlambatan produksi, dan hingga saat ini kemampuan sebagian besar lembaga pemerintahan dalam menyediakan data yang lengkap, reliabel, valid, akurat, dan tepat waktu masih belum memadai".¹ Kondisi tersebut sangat tidak menguntungkan di era globalisasi seperti sekarang ini karena masyarakat memerlukan informasi secara cepat dan akurat agar dapat mengambil keputusan dengan cepat dan tepat. Terkait dengan hal tersebut perlu dilakukan pembenahan secepatnya.

Lebih jauh dari itu, sesuai dengan tugas pokok dan fungsi, salah satu tugas rutin PSP adalah memproduksi data murid SMP yang terdiri atas data murid baru, murid, murid mengulang, murid *drop-out*, murid naik kelas, lulusan, dan lain-lain. Masing-masing variabel terhadap variabel yang lain tidak saling bebas, baik inter maupun antarvariabel, misalnya murid baru dengan murid kelas I. Hal tersebut harus bisa diakomodasi pada proses perhitungan.

Sementara itu, dalam bidang matematika telah berkembang teori sistem dengan sifat-sifat yang sangat kaya. Akan tetapi, aplikasi praktisnya belum dikembangkan oleh para matematikawan selaku pengembang teori sistem. Salah satu model persamaan sistem *input-output* adalah:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad (1)$$

dengan A anggota $\mathbf{R}^{n \times n}$, B anggota $\mathbf{R}^{m \times n}$, u anggota $\mathcal{L}^n$, y anggota $\mathcal{L}^m$, dan $L :=$ himpunan semua fungsi dari $\mathbf{R}$ ke $\mathbf{C}$ yang diferensiabel di setiap tingkat. Eksistensi solusi sistem (1) di L^n dijamin ada.² Dari bentuk umum sistem persamaan (1) dapat diturunkan model sistem

yang sesuai dengan struktur data murid SMP di PSP.

Berdasarkan uraian tersebut di atas terlihat bahwa ada masalah dengan ketersediaan data dan ada teknologi yang diduga dapat didayagunakan untuk mengatasinya. Salah satu caranya adalah dengan menentukan metode proyeksi data yang mengacu pada konsep sistem matematika sehingga proses perhitungannya dapat diotomatisasi dengan alat bantu komputer. Bila hal tersebut dapat dilakukan, diharapkan statistik pendidikan sebagai produk rutin PSP dapat terbit tepat waktu.

Dasar Pemikiran dan Hipotesis

Secara intuitif diduga bahwa sistem (1) yang disebut pada bagian pendahuluan dapat diimplementasikan untuk melakukan proyeksi data. Terdapat model sistem yang sesuai dengan permasalahan proyeksi data, dan dapat disusun suatu prosedur untuk menghitung proyeksi data. Secara garis besar logika pemikiran yang menggambarkan cara memperoleh model sistem yang sesuai dengan struktur data yang ada di lapangan ditunjukkan pada Gambar 1.

Berdasarkan uraian tersebut di atas dapat diturunkan hipotesis penelitian sebagai berikut.

1. Bila syarat yang diasumsikan terpenuhi maka sistem matematika dapat digunakan untuk memproyeksi data berdimensi n .
2. Terdapat bentuk sistem yang sesuai dengan permasalahan proyeksi data.
3. Terdapat prosedur untuk menghitung proyeksi data dengan pendekatan teori sistem matematika.

Pengujian Hipotesis

Bila $A = 0$, $Bu = X_0$, dan $D = 0$ maka diperoleh bentuk persamaan:

$$\begin{cases} \dot{X} = X_0 \\ Y = CX \end{cases} \quad (2)$$

Secara matematis, sistem *input* (2) mempunyai solusi linear berbentuk:

$$X_i = a_{i1}t + a_{i0} \text{ dan } Y = CX \quad (3)$$

dengan $i = 1, \dots, n$ dan a_{i1}, a_{i0} bilangan real.

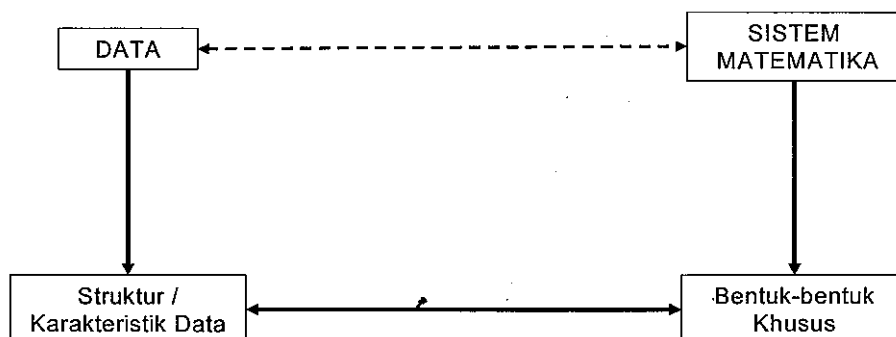
Berdasarkan bentuk persamaannya, X_i dipandang sebagai fungsi linear dari waktu. Yang berarti pula dari waktu ke waktu X_i tumbuh secara linear. Jelas bahwa model sistem (2) merupakan penyederhanaan dari model sistem matematika (1).

Selanjutnya ketika model sistem matematika telah ditentukan yang menjadi pusat perhatian adalah tiga variabel: variabel *input* (*input variable*), variabel laten (*latent variable*), dan variabel *output* (*output variable*).

Variabel input. Untuk keperluan proyeksi data SMP di PSP, variabel *input* diasosiasikan sebagai sekumpulan angka yang nilainya ditentukan kemudian agar *output* yang diharapkan terjadi.

Variabel laten. Variabel laten diasosiasikan sebagai variabel yang diproyeksi dan dilakukan penyimbolan: X_1 (murid kelas 1), X_2 (murid kelas 2), X_3 (murid kelas 3), X_4 (murid mengulang kelas 1), X_5 (murid mengulang kelas 2), X_6 (murid mengulang kelas 3), X_7 (murid *drop out* kelas 1), X_8 (murid *drop out* kelas 2), dan X_9 (murid *drop out* kelas 3).

Variabel output. Variabel *output* diasosiasikan dengan data yang pelaporannya dari daerah selalu masuk atau dapat diminta sewaktu-waktu (data pokok) dan sebagai data yang diproyeksi. Dalam kaitannya dengan variabel



Gambar 1. Penyesuaian struktur data dan model sistem matematika

laten, variabel *output* yang bersumber dari data pokok dapat dipandang sebagai variabel kontrol untuk menjaga akurasi variabel laten. Variabel *output* yang dimaksud adalah Y_1 (murid baru), Y_2 (murid), Y_3 (murid mengulang), dan Y_4 (murid *drop out*). Hubungan yang harus terjadi antara variabel *output* dan variabel laten adalah:

$$\begin{cases} Y_1 = X_1 - X_4 \\ Y_2 = X_1 + X_2 + X_3 \\ Y_3 = X_4 + X_5 + X_6 \\ Y_4 = X_7 + X_8 + X_9 \end{cases} \quad (4)$$

Sesuai dengan asumsi dan komponen sistem yang ditetapkan secara garis besar, proses yang terjadi di dalam sistem dapat divisualisasikan seperti Gambar 2.

Terkait dengan penjelasan tersebut di atas terhadap data murid SMP perlu dilakukan pengelompokkan dan penyimbolan sehingga sesuai dengan konsep model sistem matematika yang dipilih. Setelah data dikelompokkan menurut komponen-komponen sistem, diperoleh data hasil penelitian seperti tersaji pada Tabel 1.³

Selanjutnya untuk memeriksa linearitas variabel laten dilakukan analisis statistik yang proses perhitungannya dilakukan dengan program aplikasi *Statistical Program for Social Science*⁴ (SPSS) dan hasilnya tersaji pada Tabel 2.

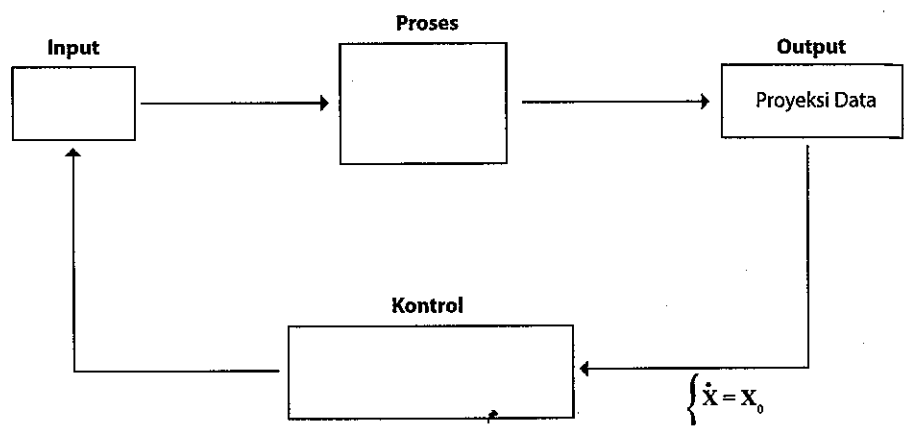
Hal mendasar yang perlu dipahami sebelum melakukan perhitungan proyeksi adalah (1) data bersifat diskrit dan nilainya merupakan bilangan bulat sehingga perlu dilakukan proses pembulatan dalam perhitungannya; (2) persamaan $\dot{X} = X_0$ terjadi pada tahun ke- t_0 dan konsisten dengan

variabel *output* sehingga persamaan variabel laten akurat pada tahun ke- t_0 ; (3) karena variabel laten dipandang sebagai fungsi waktu maka secara matematis variabel laten dapat digunakan untuk memproyeksi nilai variabel laten pada tahun t_0+1 , tetapi konsistensinya terhadap variabel *output* pada tahun tersebut belum dapat dilakukan; (4) bila pada tahun t_0+1 data pokok sebagai variabel *output* $Y(t_0+1)$ diperoleh maka berdasarkan data tersebut dapat dilakukan koreksi terhadap variabel laten sehingga diperoleh variabel laten yang konsisten dengan variabel *output* $Y(t_0+1)$. Dalam hal ini yang perlu disesuaikan adalah nilai $a_{i0}(t_0+1)$ dengan $i = 1, \dots, 9$. Dengan mengulangi langkah (3) dan (4) secara berulang maka akan diperoleh persamaan hasil proyeksi yang terukur validitas dan akurasi serta terjaga konsistensinya.

Secara perinci prosedur perhitungan proyeksi yang terjadi adalah sebagai berikut. *Pertama*, pada tahun t_0 diasumsikan berlaku kondisi:

variabel laten	variabel input
$X_i(t_0) = a_{i1}t_0 + a_{i0}$	$a_{i0}(t_0)$
$i = 1, \dots, 9$	$i = 1, \dots, 9$

variabel output
$Y_1(t_0) = X_1(t_0) - X_4(t_0)$
$Y_2(t_0) = \sum_{i=1}^3 X_i(t_0)$
$Y_3(t_0) = \sum_{i=4}^6 X_i(t_0)$
$Y_4(t_0) = \sum_{i=7}^9 X_i(t_0)$



Gambar 2. Model sistem matematika

Tabel 1. Data Murid SMP

Variabel	Tahun					
	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Laten						
X ₁	2,587,834	2,556,353	2,510,643	2,548,864	2,628,880	2,953,999
X ₂	2,496,117	2,499,155	2,531,592	2,461,245	2,508,265	2,621,916
X ₃	2,417,165	2,410,950	2,405,035	2,513,209	2,415,941	2,497,474
X ₄	11,504	15,308	16,679	17,772	18,824	
X ₅	10,263	14,313	16,176	16,742	13,681	
X ₆	1,105	1,980	3,795	3,411	3,108	
X ₇	87,438	23,766	48,895	39,569	1,821	
X ₈	76,009	81,787	6,002	31,973	218	
X ₉	99,281	159,038	99,656	141,459	146,851	
Output						
Y ₁	2,576,013	2,544,849	2,495,335	2,532,185	2,611,108	2,935,175
Y ₂	7,501,116	7,466,458	7,447,270	7,523,318	7,553,086	8,073,389
Y ₃	22,872	31,601	36,650	37,925	35,613	
Y ₄	262,728	264,591	154,553	213,001	148,890	

Tabel 2. Signifikansi Koefisien Regresi Linear

Variabel Terikat	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	T	Sig.	
	B	Std. Error	Beta			
Mrd_1: Murid Kelas 1						
	(Constant)	2.422.432,800	123.854,952		19,559	,000
	Waktu	59.617,914	31.803,016	,684	1,875	,134
Mrd_2: Murid Kelas 2						
	(Constant)	2.461.117,200	47.034,232		52,326	,000
	Waktu	16.742,229	12.077,276	,570	1,386	,238
Mrd_3: Murid Kelas 3						
	(Constant)	2.390.826,467	41.192,522		58,040	,000
	Waktu	14.991,200	10.577,263	,578	1,417	,229
Mrd_U1: Murid Mengulang Kelas 1						
	(Constant)	10.886,200	1.051,024		10,358	,002
	Waktu	1.710,400	316,896	,952	5,397	,012
Mrd_U2: Murid Mengulang Kelas 2						
	(Constant)	11.455,500	2.537,329		4,515	,020
	Waktu	926,500	765,034	,573	1,211	,313
Mrd_U3: Murid Mengulang Kelas 3						
	(Constant)	1.048,700	851,044		1,232	,306
	Waktu	543,700	256,599	,774	2,119	,124
Mrd_DO1: Murid Dropout Kelas 1						
	(Constant)	86.927,100	24.481,143		3,551	,038
	Waktu	-15.543,100	7381,342	-,772	-2,106	,126
Mrd_DO2: Murid Dropout Kelas 2						
	(Constant)	99.616,600	25.593,609		3,892	,030
	Waktu	-20.139,600	7.716,764	-,833	-2,610	,080
Mrd_DO3: Murid Dropout Kelas 3						
	(Constant)	105.988,700	30.388,649		3,488	,040
	Waktu	7.756,100	9.162,522	,439	,847	,459

Kedua, pada tahun t_0+k variabel *input* ditentukan dengan memilih $b_{j0}(t_0+k)$ dengan $k = 1, \dots, 5$ sehingga berlaku persamaan:

$$\bar{Y}_j(t_0+1) = Y_j(t_0+1), j = 2, \dots, 4.$$

Ketiga, ketika data tahun t_0+6 belum diterima, persamaan variabel laten digunakan untuk memproyeksi data tahun t_0+6 sehingga diperoleh

variabel laten

$$X_i(t_0+6) = b_{11}(t_0+6) + b_{i0}(t_0+6)$$

$$i = 1, \dots, 9$$

variabel output

$$\bar{Y}_1(t_0+6) = X_1(t_0+6) + X_4(t_0+6)$$

$$\bar{Y}_2(t_0+6) = \sum_{i=1}^3 X_i(t_0+6)$$

$$\bar{Y}_3(t_0+6) = \sum_{i=4}^6 X_i(t_0+6)$$

$$\bar{Y}_4(t_0+6) = \sum_{i=7}^9 X_i(t_0+6)$$

Keempat, bila pada tahun t_0+7 variabel laten dianggap tidak akurat maka langkah kedua dan

ketiga diulangi. Bila proses iterasi dilakukan terus maka proyeksi data: Y_1, Y_2, Y_3 , dan Y_4 untuk tahun berikutnya akan diperoleh.

Banyak cara untuk menentukan suatu sistem dianggap cukup akurat atau tidak. Salah satunya adalah dengan menempuh langkah berikut ini. Misalkan didefinisikan:

$$e_{jk} = \text{abs} \left(\frac{Y_j(t_0+k) - \bar{Y}_j(t_0+k)}{Y_j(t_0+k)} \right) \times 100\%$$

Dalam simulasi ini ditetapkan sistem yang dianggap cukup akurat, bila $e_{jk} \leq 5\%$ untuk setiap j, k .

Dengan melaksanakan seluruh prosedur perhitungan sebagaimana diuraikan di atas, akan diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

Berdasarkan tabel hasil perhitungan tersebut di atas terlihat bahwa bila *input* sistem ditetapkan seperti yang tercantum dalam tabel *input* maka hasil proyeksi data murid baru (Y_1), murid (Y_2), dan murid mengulang (Y_3) pada tahun ajaran 2006/2007 cukup akurat, tetapi untuk data murid *drop-out* (Y_4) tidak akurat. Hal ini diakibatkan asumsi linear untuk data *drop out* tidak dipenuhi. Selain itu, meskipun fungsi kontrol berjalan baik,

Input

Proporsi $b_{j0}(00/01)$	b_{11}	$b_{j0}(00/01)$	$b_{j0}(01/02)$	$b_{j0}(02/03)$	$b_{j0}(03/04)$	$b_{j0}(04/05)$	$b_{j0}(05/06)$
33,30%	59.617,914	2.422.434	2.425.491	2.388.681	2.383.585	2.363.078	2.505.919
33,83%	16.742,229	2.461.117	2.464.095	2.426.699	2.421.522	2.400.688	2.545.803
32,87%	14.991,200	2.390.826	2.394.170	2.357.835	2.352.805	2.332.563	2.473.560
46,54%	1.710,400	10.886	11.747	12.616	11.729	9.173	9.173
48,97%	926,500	11.455	12.360	13.275	12.341	9.651	9.651
4,49%	543,700	1.049	1.133	1.217	1.132	885	885
29,72%	-15.543,100	86.927	95.236	70.833	96.503	85.749	85.749
34,05%	-20.139,600	99.617	109.111	81.152	110.563	98.242	98.242
36,23%	7.756,100	105.989	116.097	86.348	117.641	104.532	104.532

Proses

X	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07
X_1		2.541.670	2.604.345	2.627.153	2.681.675	2.720.785	2.923.244
X_2		2.494.601	2.514.322	2.493.668	2.505.233	2.501.141	2.662.999
X_3		2.420.808	2.439.144	2.417.800	2.427.761	2.422.510	2.578.498
X_4		14.307	16.878	19.458	20.281	19.435	21.146
X_5		13.308	15.140	16.981	16.974	15.210	16.137
X_6		2.136	2.764	3.392	3.851	4.147	4.691
X_7		55.841	48.607	8.661	18.788	-7.510	-23.053
X_8		59.338	48.692	594	9.865	-22.596	-42.735
X_9		121.501	139.365	117.372	156.422	151.069	158.825

Output

Y	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Y ₁	2.576.013	2.544.849	2.495.335	2.532.185	2.611.108	2.935.175
Y ₂	7.501.116	7.466.458	7.447.270	7.523.318	7.553.086	8.073.389
Y ₃	22.872	31.601	36.650	37.925	35.613	
Y ₄	262.728	264.591	154.553	213.001	148.890	

Y	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07
X ₁		2.527.363	2.587.467	2.607.695	2.661.394	2.701.350	2.902.098
X ₂		7.457.079	7.557.811	7.538.621	7.614.669	7.644.436	8.164.741
X ₃		29.751	34.782	39.831	41.106	38.792	41.974
X ₄		236.680	236.664	126.627	185.075	120.963	93.037

Kesalahan proyeksi/Error

Y	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Y ₁		0,7%	3,7%	3,0%	1,9%	80%
Y ₂		0,1%	1,5%	0,2%	0,8%	5,3%
Y ₃		5,9%	5,1%	5,0%	15,4%	0,0%
Y ₄		10,5%	53,1%	40,6%	24,3%	0,0%

Kontrol

Y	00/01	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06
Y ₂		1	-1	-1	0	1
Y ₃		0	0	-1	-1	1
Y ₄		0	0	0	0	0

munculnya nilai proyeksi yang berharga negatif. Sekali lagi hal ini terjadi karena asumsi linearitas untuk variabel laten pada umumnya tidak dipenuhi. Kalaupun dipenuhi tingkat signifikansinya rendah, khususnya untuk data murid mengulang dan murid *drop out* per tingkat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Proyeksi data dengan pendekatan sistem matematika mampu mengakomodasi hubungan antarvariabel, baik secara bivariat maupun multivariat sehingga konsistensi hasil proyeksi akan terjaga dengan baik. Model sistem yang dibahas didasarkan pada asumsi bahwa kecepatan pertumbuhan variabel laten konstan. Karena data yang digunakan ternyata pada umumnya tidak memenuhi asumsi tersebut, maka terjadi kesalahan proyeksi yang cukup besar.

Untuk meningkatkan keakuratan hasil proyeksi, asumsi linear dapat diganti dengan non-linear atau memilih $a_{10}(t_0+k)$ sedemikian hingga kesalahannya minimal.

Selanjutnya, dengan berkembang pesatnya teknologi komputasi maka banyaknya variabel dalam suatu sistem persamaan tidak lagi menjadi kendala dalam menentukan solusi sistem persamaan. Oleh karena itu, di masa datang pengembangan model sistem matematika untuk proyeksi data secara simultan dan terintegrasi menjadi mungkin untuk dilakukan sehingga pemenuhan kebutuhan data secara cepat dan akurat dapat terlayani dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- ¹Pusat Data dan Informasi Pendidikan. 2004. *Sistem Informasi Statistik Pendidikan Nasional*. PDIP, Balibang, Depdiknas, Jakarta.
- ²Pramudya, Ikrar. 2008. "Ruang Solusi Sistem Diferensial Tundaan Melalui Pendekatan Aljabar". Disertasi. Yogyakarta: FMIPA, UGM.
- ³Pusat Statistik Pendidikan. 2007. *Statistik Pendidikan SMP Tahun 2005/2006*. Pusat Statistik Pendidikan, Balitbang, Depdiknas, Jakarta.
- ⁴Wahana Komputer. 1997. *Panduan Lengkap: SPSS 6.0 for Windows*. Yogyakarta: Andi Offset.