

Pembangunan Model Berstruktur Bermasalah Multikolinearan dan Data Pencilan

Development of A Structural Model with Multicollinearity and Outliers Problems

Zulkifley Mohamed¹ dan Rozie Rosli²

Jabatan Matematik, Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris,
35900 Tanjong Malim, Perak Darul Ridzuan, Malaysia

e-mel: ¹zulkifley@fsmt.upsi.edu.my & ²rozie_dka516@yahoo.com

Abstrak

Model Persamaan Berstruktur (MPB) berdasarkan pendekatan kaedah Kuasa Dua Terkecil Separa (KTS) adalah antara kaedah yang terbaik bagi membangunkan model pendidikan yang melibatkan hubungan berstruktur beberapa pemboleh ubah pendam. Walaupun banyak peranan penting yang telah dimainkan oleh KTS dalam membangunkan model pendidikan, beberapa percubaan telah dibuat untuk mengubahsuai kaedah penganggarannya. Kertas ini menerangkan tentang pembangunan model pendidikan berdasarkan KTS dengan menggunakan kaedah yang diubahsuai bagi menganggar parameter model, iaitu KTS Teguh. Kajian ini menambah baik kaedah penganggaran pemboleh ubah pendam melalui penggunaan varians teguh. Kaedah baharu yang diubahsuai cuba menyelesaikan dua masalah utama dalam pemodelan iaitu multikolinearan dan data pencilan. Bagi menguji keberkesanan KTS Teguh, model berstruktur prestasi akademik berasaskan KTS Teguh dan KTS Konvensional dibandingkan. Kajian yang dilakukan mendapati bahawa MPB berasaskan KTS Teguh (MPB-KTS Teguh) adalah lebih baik daripada MPB berasaskan KTS Konvensional (MPB-KTS Konvensional) jika wujud masalah multikolinearan dan data pencilan di dalam model yang dibangunkan.

Kata kunci Model Persamaan Berstruktur, Kuasa Dua Terkecil Separa, Varians Teguh, Model Berstruktur Prestasi Akademik

Abstract

Structural Equation Model (SEM) based on a Partial Least Squares (PLS) method is among the best methods used to develop educational models involving structural relationship of some latent variables. Despite the important role that PLS has played in developing educational models, few attempts have been made to modify the method of its estimation. This paper describes the development of an education model by using the modified method in estimating the parameter's model, namely Robust PLS. This study improved the method for estimating the latent variables through the use of robust variance. The new modified method attempted to solve two main problems in modeling namely multicollinearity and outliers. To test the effectiveness of Robust PLS, the academic performance model based on Robust PLS and Conventional PLS were compared. The study revealed that the SEM based on Robust PLS (Robust SEM-PLS) is better than SEM based on Conventional PLS (Conventional SEM-PLS) when the problems of multicollinearity and outlier in the developed model exist.

Keywords Structural Equation Model, Partial Least Squares, Robust Variance, Academic Performance Structural Model

Pengenalan

Model Persamaan Berstruktur (MPB) berasaskan Anggaran Kebolehjadian Maksimum (MPB-AKM) (Jöreskog & Sörbom, 2006 & Loehlin, 2004) dan berasaskan KTS (MPB-KTS) (Vinzi *et al.*, 2008; Tenenhaus *et al.*, 2005; Lohmoller, 1989; Wold, 1983) merupakan dua kaedah yang popular bagi membangunkan MPB. Pendekatan MPB-AKM mengandaikan data bertaburan secara multivariat normal berbanding MPB-KTS adalah bebas-taburan, disamping tidak memerlukan andaian yang ketat. Justeru itu, MPB-KTS adalah lebih sesuai digunakan lebih-lebih lagi bersangkut dengan data pendidikan yang sering tidak bertaburan secara multivariat normal. Walau bagaimanapun menurut Hubert & Branden (2003), matriks penentu varians-kovarians yang diperolehi daripada set pemboleh ubah penunjuk akan terkesan jika wujud data pencilan. Data pencilan boleh dikesan melalui fungsi pengaruh. Fungsi pemberat dalam fungsi pengaruh bagi varians-kovarians yang terbanding tidak dipengaruhi oleh data pencilan (Zulkifley & Kamarulzaman, 2009). Matriks varians-kovarians yang diperolehi dengan kaedah konvensional dipengaruhi oleh data pencilan. Ini adalah kerana menurut Croux & Haesbroeck (2000) fungsi pengaruh bagi matriks varians-kovarians konvensional tidak terbanding. Bagi menangani masalah data pencilan dalam data kajian, satu kaedah yang teguh terhadap data pencilan perlu digunakan bagi mendapatkan matriks varians-kovarians yang akan digunakan dalam MPB-KTS. Kajian yang dilakukan menerapkan matriks varians-kovarians teguh yang diperolehi melalui kaedah Penentu Kovarians Minimum (PKM) (Hubert *et al.*, 2004, 2005) di dalam model berstruktur yang dibangunkan. Bagi menguji keberkesanan MPB-KTS Teguh berbanding MPB-KTS Konvensional, kajian yang dilakukan membangunkan model berstruktur prestasi akademik. MPB-KTS prestasi akademik yang dibangunkan mengengahkan hubungan bersebab konstruk Faktor Luaran (FL), Faktor Dalaman (FD) dan Prestasi Akademik (PA). Konstruk FL terdiri daripada lapan pemboleh ubah penunjuk utama iaitu kualiti pengajaran, kaedah pengajaran, sikap guru, persekitaran, kemudahan, pengaruh rakan sebaya, gaya pembelajaran dan galakkan dan dorongan. Konstruk FD pula terdiri daripada lima pemboleh ubah penunjuk utama iaitu motivasi, sikap, minat, disiplin dan kebolehan kognitif manakala konstruk PA diwakili oleh tiga pemboleh ubah penunjuk utama iaitu penilaian menengah rendah, keputusan peperiksaan pertengahan tahun, dan keputusan peperiksaan akhir tahun. Pengujian keberkesanan MP-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional adalah berdasarkan tiga penunjuk utama, iaitu kebolehpercayaan komposit (Dillon & Goldstein, 1984), Purata Varians Terekstrak (PVT) (Fornell & Larcker, 1981) dan Indeks Kebagusan Penyuaian (IKP) (Tenenhaus *et al.*, 2005).

Masalah Multikolinearan dalam Model Berstruktur

Dalam pembangunan model berstruktur, lebih-lebih lagi model pendidikan, kewujudan multikolinearan boleh menyebabkan MPB-AKM yang digunakan menghasilkan keputusan yang tidak stabil. Terdapat banyak kaedah bagi mengenal pasti multikolinearan dalam data kajian. Ini termasuklah mengira korelasi di antara pemboleh ubah. Hubungan korelasi

yang kuat antara pemboleh ubah menunjukkan terdapat kolinearan. Kaedah ini mudah, tetapi tidak dapat menunjukkan darjah atau kadar multikolinearan. Satu lagi pendekatan pengenalanpastian multikolinearan adalah dengan menggunakan Faktor Inflasi Varian (FIV). Secara umum, FIV melebihi 10 menunjukkan terdapat multikolinearan yang tinggi di antara pemboleh ubah (O'Brien, 2007; Norliza *et al.*, 2006). Dalam kajian yang dilakukan kesemua nilai FIV bagi pemboleh ubah penunjuk adalah melebihi 10 kecuali pemboleh ubah penunjuk kualiti pengajaran dan disiplin. Ini menunjukkan terdapat masalah multikolinearan dalam data kajian. Oleh itu kajian yang dilakukan menggunakan pendekatan MPB-KTS dan bukannya MPB-AKM.

Masalah Data Pencilan dalam Model Berstruktur

Kaedah yang sering digunakan bagi membangunkan MPB pendidikan adalah berdasarkan pendekatan MPB-AKM dan MPB-KTS. Menurut Chin (2000a) dan Temme *et al.* (2006), MPB-KTS sesuai digunakan untuk membangunkan sesuatu model bagi menunjukkan hubungan berstruktur antara pemboleh ubah pendam. Penggunaan MPB-KTS seperti yang disarankan oleh Chin adalah berdasarkan pertimbangan (i) pembangunan model teoritikal yang melibatkan pemboleh ubah pendam; (ii) kemungkinan wujudnya masalah multikolinearan antara pemboleh ubah penunjuk; (iii) ralat pengukuran dalam pemboleh ubah penunjuk hendak diambil kira; (iv) masalah data tidak bertaburan secara normal; (v) saiz sampel yang kecil; (vi) kajian yang dilakukan ingin menilai kesahan dan kebolehppercayaan konstruk yang digunakan berdasarkan teori yang mendasarinya; dan (vii) kewujudan pengukuran berbentuk reflektif dan formatif. Walaupun KTS sesuai digunakan bagi membangunkan MPB, tetapi jika wujud data pencilan dalam kebanyakan data seperti yang dihadapi oleh penyelidik, maka akan wujud kepincangan di dalam model yang dihasilkan. Justeru, MPB-KTS yang digunakan dalam kajian ini diubahsuai dengan menerapkan matriks varians-kovarians teguh bagi menganggar pemboleh ubah pendam. Hasil daripada gabungan ini dinamai kaedah KTS Teguh. Dalam kajian yang dilakukan terhadap model prestasi akademik berdasarkan faktor dalaman dan luaran wujud masalah data pencilan. Data pencilan dikenal pasti daripada plot Jarak Mahalanobis (JM). Terdapat 20 data pencilan daripada pemboleh ubah penunjuk yang dikesan melalui plot JM. Justeru, kajian yang dilakukan mengambil pendekatan MPB-KTS Teguh bagi membangunkan model prestasi akademik.

Kaedah

MPB-KTS Teguh yang dibangunkan, diuji dengan menggunakan model prestasi akademik berdasarkan faktor luaran dan dalaman. Kaedah yang digunakan dalam kajian ini adalah seperti berikut:

Anggaran Pemboleh Ubah Pendam dengan menggunakan Varians-Kovarians Teguh

Pemboleh ubah pendam teguh dalam kajian dianggar dengan menggunakan varians-kovarians teguh (σ_T). Terdapat beberapa kaedah bagi memperoleh varians-kovarians teguh antaranya adalah kaedah penentu kovarians minimum (PKM) seperti yang disyorkan oleh

Rousseuw *et al.* (1999) dan Hardin (2004). Pertimbangan menggunakan kaedah PKM adalah kerana prosedurnya yang amat teguh bagi menganggar pusat dan bentuk sesuatu set data yang berdimensi tinggi (Schyns *et al.*, 2009) dan bersesuaian dengan data kajian yang dilakukan. Kaedah PKM adalah bagi mendapatkan $h > n/2$ cerapan daripada n cerapan yang memiliki penentu kovarians terkecil. Kebiasaannya h ditentukan sebanyak αn . α mewakili nisbah cerapan sempadan bawah. Nilai $\alpha=0.5$ atau $\alpha=0.75$ adalah dicadangkan bagi memastikan anggaran yang diperolehi teguh terhadap data pencilan (Branden & Hubert, 2003). Min dan varians PKM ditakrifkan sebagai:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{h-1} \sum_{a \in H} x_{ai}; \sigma_{ij} = \frac{1}{h-1} \sum_{j \in H} (x_{ai} - \bar{X}_i)(x_{aj} - \bar{X}_j)$$

untuk $i=1,2,\dots, k$ dan $j=1,2,\dots,k$. Matriks min dan kovarians berdimensi k ditulis sebagai $\bar{X}_i^T = [\bar{X}_1, \bar{X}_2, \dots, \bar{X}_k]$; dan $\sigma_i = (\sigma_{ij})$ adalah matriks bersaiz $k \times k$.

Model Dalaman dan Luaran MPB-KTS Teguh

Terdapat dua model yang perlu dianggarkan dalam MPB-KTS Teguh. Model-model tersebut adalah model dalaman dan model luaran. Model dalaman diwakili oleh sistem persamaan berstruktur manakala model luaran diwakili oleh sistem persamaan pengukuran. Model dalaman ditulis sebagai

$$\varphi_t = A_t \varphi_t' + B_t \psi_t + \xi_t$$

dengan φ_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi pemboleh ubah pendam endogen teguh; A_t adalah matriks $k \times k$ bagi pekali regresi berganda teguh yang menyukat sumbangan pemboleh ubah endogen teguh terhadap pemboleh ubah endogen teguh yang lain bagi model dalaman; φ_t' adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi pemboleh ubah pendam endogen teguh selain daripada φ_t bagi model dalaman; B_t adalah matriks $k \times l$ bagi pekali regresi berganda teguh yang menyukat sumbangan pemboleh ubah eksogen teguh terhadap pemboleh ubah endogen teguh model dalaman; ψ_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi pemboleh ubah pendam eksogen teguh model dalaman; dan ξ_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi ralat penganggaran. Manakala bagi model pengukuran, iaitu persamaan yang menunjukkan hubungan antara pemboleh ubah penunjuk teguh $x_t = [x_{1t}, x_{2t}, \dots, x_{kt}]^T$ dengan pemboleh ubah pendam eksogen teguh $\psi_t = [\psi_{1t}, \psi_{2t}, \dots, \psi_{pt}]^T$ ditulis sebagai:

$$x_t = b_t \psi_t + \delta_t$$

dengan x_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi pemboleh ubah penunjuk teguh; b_t adalah matriks $k \times p$ bagi pekali korelasi antara pemboleh ubah pendam penunjuk teguh dengan pemboleh ubah eksogen teguh; ψ_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi pemboleh ubah pendam eksogen teguh; dan δ_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi ralat pengukuran pemboleh ubah penunjuk teguh.

Anggaran Pembolehubah Pendam Teguh Modul Luaran dan Dalam MPB-KTS Teguh

Kaedah penganggaran pemboleh ubah pendam bagi MPB-KTS Teguh adalah sama dengan MPB-KTS Konvensional kecuali bagi MPB-KTS Teguh, setiap pemboleh ubah penunjuk dan pemboleh ubah pendam didarabkan dengan pemberat. Pemberat didarabkan dengan pemboleh ubah penunjuk dan pendam adalah bagi membendung kesan pengaruh data pencilan dalam model. Nilai pemberat bersamaan satu menggambarkan tidak wujud data pencilan, manakala nilai sifar menggambarkan wujudnya data pencilan. Cerapan dalam pemboleh ubah penunjuk dengan pemberat bersamaan satu sahaja yang akan digunakan bagi membangunkan MPB-KTS Teguh. Penganalisan yang serupa pernah dilakukan oleh Hubert & Branden (2003) dalam membangunkan analisis regresi teguh. Untuk menganggar pemboleh ubah penunjuk dan pendam teguh, pertimbangkan data yang mengandungi n cerapan. Jika terdapat p_k pemboleh ubah penunjuk, iaitu

$$X_k = [x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{pk}]^T$$

yang menghubungkan dengan pemboleh ubah pendam eksogen teguh ke- k (ψ_k), maka matriks data ini ditulis seperti berikut:

$$\begin{bmatrix} \psi_{p1t} & x_{11t} & x_{21t} & \cdots & x_{p_k1t} \\ \psi_{p2t} & x_{12t} & x_{22t} & \cdots & x_{p_k2t} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \psi_{pnt} & x_{1nt} & x_{2nt} & \cdots & x_{p_knt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \psi_{p1} & \lambda_1 x_{11} & \lambda_1 x_{21} & \cdots & \lambda_1 x_{p_k1} \\ \lambda_2 \psi_{p2} & \lambda_2 x_{12} & \lambda_2 x_{22} & \cdots & \lambda_2 x_{p_k2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \lambda_n \psi_{pn} & \lambda_n x_{1n} & \lambda_n x_{2n} & \cdots & \lambda_n x_{p_kn} \end{bmatrix}$$

Matriks yang diperoleh adalah berdasarkan cadangan Hubert dan Branden (2003) iaitu mendarabkan matriks pemboleh ubah penunjuk dan pemboleh ubah pendam dengan matriks pemberat $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n]^T$ yang digunakan bagi memilih kes yang tidak mengandungi data pencilan. Pemberat λ_i dan Jarak Teguh (JT_i) ditakrif sebagai:

$$\lambda_i = \begin{cases} 1 & \text{jika } JT_i \leq \chi_{(p+q), 0.975}^2, \quad i = 1, 2, \dots, n \\ 0 & \text{sebaliknya} \end{cases}$$

Nilai pemberat bersamaan satu, bermaksud cerapan tidak mengandungi data pencilan. Vektor min dan matriks varians-kovarians bagi pemboleh ubah pendam eksogen teguh ψ_t dan pemboleh ubah penunjuk X_k masing-masing adalah μ_t dan Σ_t .

Anggaran pemberat teguh $\hat{b}_t = [\hat{b}_{1t}, \hat{b}_{2t}, \dots, \hat{b}_{kt}]^T$ dengan menggunakan kaedah KTS teguh bagi kes reflektif berdasarkan min dan varians-kovarians teguh, diberi sebagai:

$$\hat{b}_t = D_{\Sigma_{\psi_t}}^{-\frac{1}{2}} \sigma_{\psi_t x_t} \sigma_{\psi_t \psi_t}^{-\frac{1}{2}}$$

dengan \hat{b}_1 adalah vektor lajur $k \times 1$ anggaran pemberat pemboleh ubah pendam eksogen teguh; $D_{\Sigma_{\psi\psi}}^{-1}$ adalah matriks songsang pepenjuru $k \times k$ sisihan piawai pemboleh ubah penunjuk teguh; $\sigma_{\psi_i x_i}$ adalah vektor lajur $k \times 1$ kovarians antara pemboleh ubah pendam eksogen teguh model dalaman dan pemboleh ubah penunjuk teguh; dan $\sigma_{\psi_i \psi_i}^{-1}$ adalah sisihan piawai songsang pemboleh ubah pendam eksogen.

Anggaran pemboleh ubah pendam endogen teguh model dalaman, iaitu $\hat{\phi}_t$ adalah berdasarkan persamaan regresi linear dan ditulis sebagai:

$$\hat{\phi}_t = \hat{\psi}_t^T \hat{B}_t$$

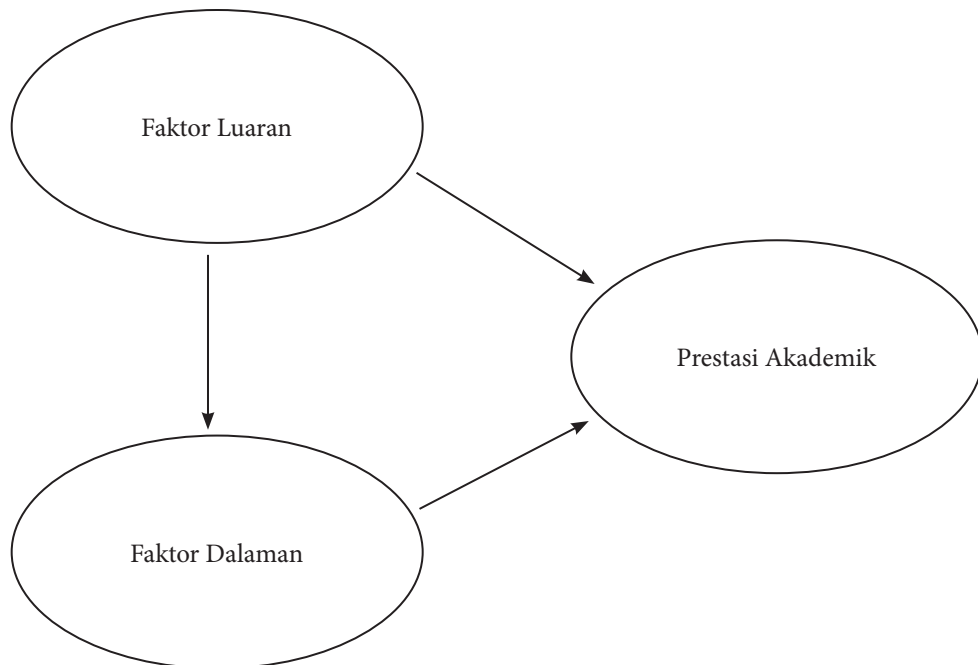
dengan $\hat{\phi}_t$ adalah anggaran pemboleh ubah pendam endogen teguh; $\hat{\psi}_t^T$ adalah vektor baris $1 \times k$ bagi pemboleh ubah pendam eksogen teguh; \hat{B}_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi anggaran pekali regresi linear berganda. Anggaran pemberat, iaitu $\hat{B}_t = [\hat{B}_{1t}, \hat{B}_{2t}, \dots, \hat{B}_{kt}]^T$ diberi sebagai:

$$\hat{B}_t = \Sigma_{\psi_i \psi_i}^{-1} \sigma_{B_i \psi_i}$$

dengan \hat{B}_t adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi anggaran pemberat pemboleh ubah pendam endogen teguh model dalaman; $\Sigma_{\psi_i \psi_i}^{-1}$ adalah matriks songsang $k \times k$ bagi varians-kovarians pemboleh ubah pendam eksogen teguh model dalaman; $\sigma_{B_i \psi_i}$ adalah vektor lajur $k \times 1$ bagi kovarians antara pemboleh ubah pendam endogen teguh dengan pemboleh ubah pendam eksogen teguh model dalaman.

Pembentukan Model Berstruktur Prestasi Akademik

Pembentukan model berstruktur prestasi akademik yang melibatkan faktor luaran dan dalaman (Rajah 1) yang dibincangkan dalam artikel ini adalah berdasarkan saranan sarjana pendidikan matematik, psikologi dan kuanseling, iaitu Jones (2012), Mashithah (2012), Zhang & Ashiem (2011), Mohd Nihra & Nurul Azilah (2010), Asnul & Anasyuhada (2007), Carbone *et al.* (2007), Aida (2004), Norawati (2004), Broussard (2002), Sternberg *et al.* (2002) dan Brownlow & Reasinger (2000). Terdapat tiga pemboleh ubah pendam yang perlu diteliti iaitu faktor dalaman, faktor luaran dan prestasi akademik bagi model prestasi akademik seperti yang dicadangkan oleh Carbone *et al.* (2007) dan Jones (2012). Manakala menurut Zhang & Aashiem (2011), faktor dalaman dan faktor luaran memberi kesan terhadap prestasi akademik. Jones pula berpendapat faktor luaran membantu faktor dalaman untuk mencapai prestasi akademik yang baik dengan kata lain terdapat hubungan antara faktor dalaman dan luaran yang menyumbang kepada prestasi akademik. Dengan ulasan yang diberikan oleh sarjana dalam bidang pendidikan matematik, kuanseling dan psikologi, maka terbentuklah model berstruktur seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1 Model Berstruktur Prestasi Akademik

Menyentuh tentang data kajian, soal selidik telah digunakan untuk mendapatkan maklumat daripada responden tentang faktor-faktor dalaman, luaran dan prestasi akademik. Soal selidik adalah berdasarkan adaptasi kajian oleh Azrul & Saifuddin (2011), Zulkifli *et al.* (2011), Mohamad Hasan (2010), Aida (2004) dan Roziana (2002).

Borang soal selidik yang digunakan mengandungi dua bahagian iaitu bahagian A dan B. Bahagian A mengandungi maklumat diri dan bahagian B terdiri daripada faktor prestasi akademik iaitu faktor gaya pembelajaran, motivasi, sikap, minat, faktor guru, sekolah, rakan sebaya, disiplin dan galakan dan dorongan keluarga. Bahagian A menggunakan item pilihan tunggal dalam instrumen kajian di mana pelajar diminta untuk membuat pilihan yang sesuai berdasarkan pernyataan item.

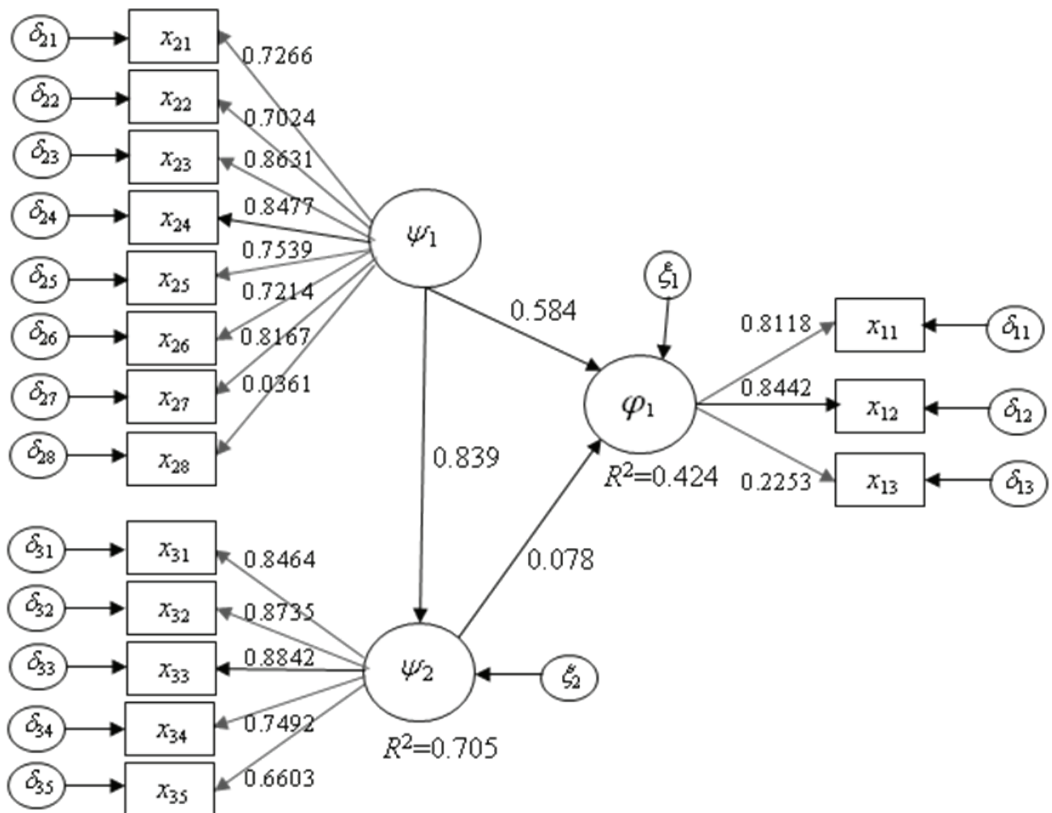
Dapatan Kajian

Dapatan kajian membincangkan pembangunan model prestasi akademik berasaskan MPB-KTS Teguh yang meliputi anggaran parameter model, penilaian model pengukuran dan berstruktur, dan perbandingan antara MPB-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional. Dapatan kajian dibincangkan dalam Bahagian 10.0 hingga 20.0.

Model Berstruktur Prestasi Matematik berdasarkan MPB-KTS Teguh

Model berstruktur prestasi akademik berdasarkan MPB-KTS Teguh yang dibangunkan yang meliputi model dalaman dan luaran adalah seperti di bawah

Terdapat dua persamaan yang terhasil daripada model Rajah 2, iaitu persamaan model berstruktur dan persamaan model pengukuran.



Rajah 2 Model Dalaman dan Luaran Prestasi Akademik

Persamaan Model Berstruktur

Daripada Rajah 2, model persamaan berstruktur prestasi matematik yang diperolehi adalah seperti berikut:

$$\varphi_1 = 0.584\psi_1 + 0.078\psi_2 + \xi_1$$

dengan φ_1 adalah pemboleh ubah endogen prestasi matematik; ψ_1 dan ψ_2 adalah pemboleh ubah eksogen faktor luaran dan faktor dalaman; dan ξ_1 adalah ralat penganggaran.

Model persamaan berstruktur faktor dalaman yang diperolehi adalah seperti berikut:

$$\psi_2 = 0.839\psi_1 + \xi_2$$

dengan ψ_2 adalah pemboleh ubah endogen faktor dalaman; ψ_1 adalah pemboleh ubah eksogen faktor luaran; dan ξ_2 adalah ralat penganggaran.

Persamaan Model Pengukuran Prestasi Matematik

Persamaan model pengukuran prestasi akademik yang diperoleh daripada model yang dibangunkan adalah seperti berikut:

$$x_{11} = 0.8118\varphi_1 + \delta_{11}; \quad x_{12} = 0.8442\varphi_1 + \delta_{12}; \quad x_{13} = 0.2253\varphi_1 + \delta_{13}$$

dengan $x_{11}, x_{12}, x_{13}; \varphi_1$; dan $\delta_{11}, \delta_{12}, \delta_{13}$ adalah masing-masing pemboleh ubah penunjuk prestasi matematik, pemboleh ubah eksogen prestasi matematik dan ralat pengukuran prestasi matematik.

Persamaan Model Pengukuran Faktor Luaran

Persamaan model pengukuran faktor luaran yang diperoleh daripada model yang dibangunkan adalah seperti berikut:

$$x_{21} = 0.7226\psi_1 + \delta_{21}; \quad x_{22} = 0.7024\psi_1 + \delta_{22}; \quad x_{23} = 0.8631\psi_1 + \delta_{23}; \quad x_{24} = 0.8477\psi_1 + \delta_{24}; \\ x_{25} = 0.7539\psi_1 + \delta_{25}; \quad x_{26} = 0.7214\psi_1 + \delta_{26}; \quad x_{27} = 0.8167\psi_1 + \delta_{27}; \quad x_{28} = 0.0361\psi_1 + \delta_{28}$$

dengan $x_{21}, x_{22}, x_{23}, x_{24}, x_{25}, x_{26}, x_{27}, x_{28}; \psi_1$; dan $\delta_{21}, \delta_{22}, \delta_{23}, \delta_{24}, \delta_{25}, \delta_{26}, \delta_{27}, \delta_{28}$ adalah masing-masing pemboleh ubah penunjuk faktor luaran, pemboleh ubah eksogen faktor luaran dan ralat pengukuran faktor luaran.

Persamaan Model Pengukuran Faktor Dalaman

Persamaan model pengukuran faktor dalaman yang diperoleh daripada model yang dibangunkan adalah seperti berikut:

$$x_{31} = 0.8464\psi_2 + \delta_{31}; \quad x_{32} = 0.8735\psi_2 + \delta_{32}; \quad x_{33} = 0.8842\psi_2 + \delta_{33}; \quad x_{34} = 0.7492\psi_2 + \delta_{34}; \\ x_{35} = 0.6603\psi_2 + \delta_{35}$$

dengan $x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}, x_{35}; \psi_2$; dan $\delta_{31}, \delta_{32}, \delta_{33}, \delta_{34}, \delta_{35}$ adalah masing-masing pemboleh ubah penunjuk faktor dalaman, pemboleh ubah eksogen faktor dalaman dan ralat pengukuran faktor dalaman.

Penilaian Multikolinearan dalam MPB-KTS Teguh

Analisis multikolinearan dijalankan bagi mengetahui hubungan dalam pemboleh ubah penunjuk. Jadual 1 menunjukkan tidak terdapat multikolinearan di antara pemboleh ubah

penunjuk di mana nilai Faktor Inflasi Varians (FIV) kurang daripada 10 dan disokong dengan nilai torelasi lebih daripada 0.10. Manakala nilai pekali korelasi antara pemboleh ubah eksogen pula tidak melebihi 0.85 (Jadual 2). Analisis ini dijalankan agar pekali regresi dan ralat piawai daripada pemboleh ubah eksogen dapat ditentukan.

Jadual 1 Nilai Toleransi dan FIV

Pemboleh ubah Pemand	Pemboleh ubah Penunjuk	Nilai Toleransi	FIV
Prestasi Akademik	Prestasi Menengah Rendah	0.625	1.600
	Keputusan Pertengahan Tahun	0.532	1.880
	Keputusan Akhir Tahun	0.695	1.439
Faktor Luaran	Gaya Pembelajaran	0.639	1.564
	Kualiti Pengajaran	0.495	2.020
	Kaedah Pengajaran	0.607	1.648
	Sikap Guru	0.509	1.965
	Persekitaran	0.671	1.491
	Kemudahan	0.648	1.543
	Pengaruh Rakan Sebaya	0.598	1.672
	Galakkan dan Dorongan	0.734	1.363
Faktor Dalam	Motivasi	0.617	1.620
	Sikap	0.544	1.838
	Minat	0.447	2.235
	Disiplin	0.693	1.442
	Kognitif	0.657	1.522

Jadual 2 Korelasi Antara Pemboleh Ubah Pemand

	Faktor luaran	Faktor dalaman	Prestasi akademik
Faktor luaran	1.000		
Faktor dalaman	0.839	1.000	
Prestasi akademik	0.65	0.569	1.000

Penilaian Model Pengukuran Teguh

Bagi melayakkan model pengukuran yang dibangunkan diterima, model pengukuran perlu melepasi penilaian kebolehpercayaan komposit. Model pengukuran yang dinilai perlu mempunyai ciri-ciri (i) memiliki nilai kebolehpercayaan komposit melebihi 0.70 (Nunnally, 1978); (ii) konstruk yang dibangunkan memiliki kebolehpercayaan minimum 0.60 (Bagozzi & Yi, 1988); dan (iii) PVT perlu melebihi 0.50 (Fornell & Larcker, 1981). Jadual 3 menunjukkan bahawa nilai kebolehpercayaan komposit adalah dalam julat 0.70 dan 1.00, manakala nilai PVT melebihi 0.70. Begitu juga setiap item yang dinilai memperoleh nilai kebolehpercayaan melebihi 0.80. Ini menunjukkan model pengukuran dan item-item kajian yang dicadangkan memenuhi kriteria kebolehpercayaan. Pengukuran ketekalan dalaman kebiasaannya digunakan bagi menilai kesahan konvergen

sesuatu pengukuran (Fornell & Larcker, 1981). Proses penilaian merangkumi anggaran saiz dan kepentingan nilai t bagi memindah setiap nilai dalam item pengukuran. Jadual 4 menunjukkan bahawa model yang dicadangkan memenuhi kriteria kesahan konvergen dan semua nilai t adalah signifikan $p < 0.05$. Oleh itu model yang dicadangkan terbukti memenuhi kriteria kebolehpercayaan .

Jadual 3 Keputusan Ujian Kebolehpercayaan

Pemboleh ubah pendam	Kebolehpercayaan Komposit	PVT	Purata Gandingan	R^2
Faktor Luaran (FL)	0.886379	0.525358	0.525358	0.000
Faktor Dalaman (FD)	0.900107	0.645725	0.645725	0.705
Prestasi Akademik (PA)	0.7663949	0.815018	0.815018	0.424
			0.6515 (Min Geometri)	0.378 (Min)

Jadual 4 Pekali Lintasan, Nilai t dan Pekali Penentuan

Hubungan	Pekali lintasan	Nilai- t	R^2
Faktor luaran → Prestasi akademik	0.584	1.985	0.424
Faktor dalaman → Prestasi akademik	0.078	1.775	-
Faktor luaran → Faktor dalaman	0.839	9.551	0.705

Penilaian Model Luaran (Model Berstruktur)

Penilaian model luaran meliputi ujian kesignifikanan hubungan antara konstruk model. Kesignifikanan pekali lintasan dinilai berdasarkan ujian t dua hala (Vinzi, 2008). Kesahan model luaran dinilai melalui pekali penentuan (R^2) yang memaparkan peratusan varians yang dapat diterangkan oleh suatu pemboleh ubah pendam eksogen. Berdasarkan Jadual 4 sebanyak 42.4% varians dalam prestasi akademik dapat dijelaskan oleh pemboleh ubah pendam eksogen faktor dalaman dan faktor luaran. Manakala 70.5% varians dalam faktor dalaman dapat diterangkan oleh pemboleh ubah pendam eksogen faktor luaran. Menurut Chin (2010b), nilai R^2 boleh ditafsirkan sebagai kuat (0.67), sederhana (0.67-0.33) dan lemah (0.19). Walaubagaimanapun menurut Vinzi & Russolillo (2013), nilai $R^2=0.239$ dianggap sederhana. Nilai R^2 yang tinggi menggambarkan peratusan yang lebih tinggi varians pemboleh ubah pendam endogen dapat diterangkan oleh pemboleh ubah pendam eksogen (Barclay *et al.*, 1995). Nilai R^2 yang diperolehi dalam kajian ini dapat ditafsirkan sebagai kuat bagi faktor dalaman manakala sederhana bagi prestasi akademik. Secara keseluruhan, kesemua hipotesis bagi ketiga-tiga model pengukuran iaitu faktor dalaman, faktor luaran dan prestasi akademik dalam model sepadan dengan data kajian, iaitu memberi kesan kepada setiap hubungan atau perkaitan yang dikemukakan. Jadual 4 memperlihatkan bahawa kesemua nilai pekali korelasi adalah signifikan. Ini menunjukkan model luaran dapat disuaikan dengan baik. Nilai teknik guna semula sampel telahan (Q^2) boleh juga digunakan bagi menilai kesesuaian telahan dalam MPB-KTS (Chin, 2010a).

Nilai Q^2 adalah dalam julat 0 hingga 1. Persamaan Q^2 diberi sebagai

$$Q^2 = 1 - (1 - R_1^2)(1 - R_2^2) \dots (1 - R_k^2)$$

dengan $R_1^2, R_2^2, \dots, R_k^2$ adalah pekali penentuan pemboleh ubah endogen dalam model persamaan berstruktur. Dalam kajian ini didapati bahawa nilai $Q^2=0.8301$. Semakin hampir nilai Q^2 dengan 1 maka semakin baik model yang dibangunkan.

Kesesuaian Model MPB-KTS Teguh

Seperti yang diketahui umum, tiada indeks penyuaian keseluruhan dalam MPB-KTS. Walau bagaimanapun, kriteria yang sering digunakan bagi kebagusan penyuaian yang dicadangkan oleh Tenenhaus *et al.* (2005) adalah IKP. IKP dibangunkan bagi mengambil kira prestasi model dalaman dan luaran. IKP adalah hasil darab punca kuasa dua min geometri bagi purata indek gandingan dan purata R^2 . Berdasarkan Jadual 3, min geometri bagi purata gandingan adalah 0.6515 dan purata R^2 adalah 0.3763. Ini menghasilkan nilai IKP=0.4951. Perbandingan adalah berdasarkan nilai asas iaitu 0.36 (Akter *et al.*, 2011; Wetzels *et al.*, 2009). Jika nilai IKP melebihi nilai asas, maka yang dibangunkan boleh diterima. Ini bererti berdasarkan nilai IKP, model prestasi akademik boleh diterima.

Perbandingan MPB-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional

Bagi menunjukkan kelebihan MPB-KTS Teguh jika terdapat data pencilan dan masalah multikolinearan, MPB-KTS Teguh dibandingkan dengan MPB-KTS Konvensional. Tiga indeks MPB-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional dibuat perbandingan, iaitu (i) pengukuran kebolehpercayaan komposit pemboleh ubah penunjuk (Dillon & Goldstien, 1984); (ii) kebagusan model pengukuran (kebolehpercayaan pemboleh ubah pendam) PVT (Fornell & Larcker, 1981); dan (iii) IKP (Tenenhaus *et al.*, 2005). Ini adalah kerana menurut Tenenhaus *et al.*, ketiga-tiga indeks ini boleh menunjukkan kesesuaian sesuatu model yang dibangunkan. Nilai indeks yang tinggi melambangkan penambahbaikan anggaran parameter model. Nilai indeks yang diperolehi bagi MPB-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional untuk pemboleh ubah pendam Prestasi Akademik, Faktor Dalaman, dan Faktor Luaran dipaparkan dalam Jadual 5.

Jadual 5 Perbandingan MPB-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional

Model	Kebolehpercayaan komposit (Dillon-Goldstien, 1984)	Purata Varians Terekstrak (Fornell & Larcker, 1981)	Indeks Kebagusan Penyuaian (Tenenhaus <i>et al.</i> , 2005)
MPB-KTS Konvensional	0.5341; 0.8320; 0.6431	0.6311; 0.5061; 0.3241	0.3130
MPB-KTS Teguh	0.7664; 0.9001; 0.8864	0.8150; 0.6457; 0.5254	0.4951

Daripada Jadual 5, didapati bahawa MPB-KTS Teguh adalah lebih baik berdasarkan indeks yang diukur. Ini memperlihatkan penambahbaikan MPB-KTS dengan menggunakan kaedah PKM dalam menganggar pemboleh ubah pendam dalam model berstruktur prestasi akademik.

Kesimpulan

Kajian yang dilakukan membangunkan model berstruktur prestasi akademik dengan menggunakan MPB-KTS yang diubahsuai. Pengubahsuaian yang dilakukan adalah terhadap varians-kovarians yang digunakan untuk menganggar parameter dalam model. Varians-kovarians yang diterap dalam MPB-KTS dinamakan varians-kovarians teguh diperoleh dengan menggunakan kaedah PKM. MPB-KTS Teguh yang digunakan ternyata dapat menyelesaikan masalah multikolinearan dan data pencilan dalam pemboleh ubah penunjuk. Bagi menunjukkan keberkesanan MPB-KTS Teguh, perbandingan dilakukan dengan MPB-KTS Konvensional. Nilai-nilai kebolehpercayaan komposit, PVT dan IKP dijadikan perbandingan. Kajian yang dilakukan menunjukkan bahawa MPB-KTS Teguh adalah lebih baik daripada MPB-KTS Konvensional. Model berstruktur yang dijadikan asas perbandingan bagi kedua-dua model MPB-KTS Teguh dan MPB-KTS Konvensional adalah model prestasi akademik yang menghubungkan faktor luaran dan faktor dalaman dengan prestasi akademik.

Rujukan

- Aida Baharuddin (2004). Hubungan Antara Faktor Sosioekonomi dan Persekitaran Keluarga Terhadap Sikap Dan Pencapaian Matematik Pelajar Tingkatan 4 Sekolah Menengah Kebangsaan Keroh, Kuala Krai, Kelantan. (Tesis yang tidak diterbitkan). Fakulti Sains dan Matematik, Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Akter, S., D'Ambra, J. & Ray, P. (2011). An Evaluation of PLS Based Complex Models: The Roles of Power Analysis, Predictive Relevance and GoF index. *AMCIS2011*, 1-7. Detroit: Association for Information Systems.
- Asnul Dahar Minghat, & Anasyuhada La'anain (2007). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kecemerlangan dalam Pencapaian Akademik Pelajar-Pelajar Tahun Empat Ijazah Sarjana Muda Teknologi Serta Pendidikan (Kejuruteraan Awam, Elektrik, Mekanikal) di Fakulti Pendidikan, UTM. (Tesis yang tidak diterbitkan). Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia.
- Azrul Mahfurdz, & Saifuddin Semail (2011). Hubungan Gaya Pembelajaran, Motivasi & Pencapaian Pelajar Semester Satu Dalam Modul Matematik Kejuruteraan. *Diges Politeknik dan Kolej Komuniti Zon Sarawak*.
- Bagozzi, R.P., & Yi, Y. (1988). On the Evaluation of Structural Equation Models. *Journal of the Academy of Marketing Science*. 16(1), 74-94.
- Barclay, D., Higgins, C., & Thompson, R. (1995). The Partial Least Square Approach to Causal Modeling: Personal Computer Adoption and Use as Illustration. *Technology Studies*, 2, 284-324.
- Branden, K.V., & Hubert, M. 2003. Robustness Properties of a Robust SIMPLS Method. *Department of Mathematics*, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- Broussard, S.C. (2002). The Relationship between Classroom Motivation and Academic Achievement in First and Third Graders. (Master thesis). Faculty of the Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, Louisiana State University.

- Brownlow, S., & Reasinger, R.D. (2000). Putting off Until Tomorrow What Is Better Done Today: Academic Procrastination as a Function of Motivation toward College Work. *Journal of Social Behaviour and Personality*, 15(5),15-34.
- Carbone,A, Mitchell.I., Gunstone, D. & Hurst.J. (2007). An Exploration of Internal Factors Influencing Studies. *Learning of Programming*, 15-34.
- Chin, W.W. (2010a). How to Write up and Report PLS Analyses. Dlm. V. E.Vinzi, W. W. Chin, J. Henseler & H. Wang (pnyt.). *Handbook of Partial Least Squares Concepts, Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag,
- Chin, W.W. (2010b). Bootstrap Cross-Validation Indices for PLS Path Model Assessment. Dlm. V. E.Vinzi, W. W. Chin, J. Henseler & H. Wang (eds.). *Handbook of Partial Least Squares Concepts, Methods and Applications*. Berlin: Springer-Verlag.
- Croux, C., & Haesbroeck, G. (2000). Principal Component Analysis Based on Robust Estimators of The Covariance or Correlation Matrix: Influence Functions and Efficiencies. *Biometrika*, 87(3): 603- 618.
- Dillon, W.R., & Goldstein, M. (1984). *Multivariate Analysis, Methods and Applications*. New York: John Wiley & Sons.
- Fornell, C., & Larcker, D.F. (1981). Evaluating Structural Equation Models with Unobservable Variables and Measurement Error. *Journal of Marketing Research*, 48, 39-50.
- Hardin, J., & Rocke, D.M. (2004). Outlier Detection in the Multiple Cluster Setting Using the Minimum Covariance Determinant Estimator. *Computational Statistics & Data Analysis*. 44(4): 625-638.
- Hubert, M., & Branden, K.V. (2003). Robust Methods for Partial Least Squares Regression. *Journal of Chemometrics*, 17, 537-549.
- Hubert, M., Rousseeuw, P.J., & Aelst, S.V. (2004). Robustness. Dlm. Sundt, B. & Teugels, J. (pnyt.). *Encyclopedia of Actuarial Sciences*. New York: John Wiley.
- Hubert, M., Rousseeuw, P.J., & Vanden Branden, K. (2005). ROBPCA: A New Approach to Robust Principal Component Analysis. *Technometrics*, 47, 64-79.
- Jones, J. (2012). The External and Internal Educational Factors that Contribute to Student Achievement and Self-Perceptions of Urban Middle School Title I Students. Rowan University.
- Jöreskog, K.G., & Sörbom, D. (2006). *Lisrel 8.8: A Guide to the Program and Applications*. Illionis: SPSS Inc.
- Loehlin, J.C. (2004). *Latent Variable Models* (Edisi ke-4). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lohmoller, J.B. (1989). *PLS-GUI: A Graphic User Interface for LVPLS (PLS 1.8 PC)*. Berlin.
- Mashithah Khalid (2012). Faktor-faktor Mempengaruhi Motivasi Pembelajaran Terhadap Subjek Ekonomi Mahasiswa Universiti Kebangsaan Malaysia. Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Mohamad Hasan Omar (2010). Permasalahan yang Mempengaruhi Pembelajaran dan Pencapaian Akademik Pelajar Bumiputera (Tingkatan 4) di Sekolah Menengah Teknik di Johor Bahru. Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia.
- Mohd Nihra Haruzuan, & Nurul Azilah Ibrahim (2011). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pencapaian Mata pelajaran Analisis Nyata Pelajar Tahun Akhir SPT dan SPM. Fakulti Pendidikan, Universiti Teknologi Malaysia.
- Norawati Hashim (2004). Hubungan Pencapaian Matematik Murid-murid melayu Sekolah Rendah Luar Bandar Mengikut Minat dan Jantina. (Tesis yang tidak diterbitkan). Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Norliza Adnan, Maizah Hura Ahmad, & Robiah Adnan (2006). A Comparative Study on Some Methods for Handling Multicollinearity Problems. *MATEMATIKA*, 22(2), 109–119.
- Nunnally, J.C. (1978). *Psychometric Theory* (Edisi Ke-2). New York: McGraw-Hill.

- O'Brien, R.M. (2007). A Caution Regarding Rules of Thumb for Variance Inflation Factors. *Quality & Quantity*, 41, 673–690. DOI 10.1007/s11135-006-9018-6
- Rousseeuw, P.J., & Van Zomeren, Driessen, K. 1999. A Fast Algorithm for the Minimum Covariance Determinant Estimator. *Technometrics*, 41, 212-223.
- Roziana Aminorlah (2002). Faktor-faktor Halangan Komunikasi dalam Kelas Matematik KBSM: Satu Kajian Tinjauan di Sekolah Menengah di Zon Bangsar, Kuala Lumpur. (Tesis yang tidak diterbitkan). Universiti Utara Malaysia.
- Schyns, M., Haesbroeck, G., & Critchley, F. (2009). RelaxMCD: Smooth Optimisation for the Minimum Covariance Determinant Estimator. *Computational Statistics and Data Analysis*. DOI 10.1016/j.csda.2009.11.005.
- Sternberg, R.J., & Hedlund, J. (2002). Practical Intelligence, g and Work Psychology. *Human Performance*, 15(1/2), 143–160.
- Temme, D., Henning, K., & Lutz, H. (2006). PLS Path Modeling– A Software Review. *SFB 649 Discussion Paper*: Berlin: Institute of Marketing, Humboldt-Universität zu Berlin, Germany.
- Tenenhaus, M., Vinzi, V.E., Chatelin, Y.M., & Lauro, C. (2005). PLS Path Modeling. *Computational Statistics and Data Analysis*, 48(1),159–205.
- Vinzi, V.E, Chin, W.W., Henseler, J. & Wang, H. (pnyt.) (2008). *Handbook of Partial Least Squares: Concepts, Methods and Applications in Marketing and Related Fields*. Springer Handbooks of Computational Statistics. New York: Springer-Verlag.
- Vinzi, V.E, Trinchera, L., Squillacciotti, S., & Tenenhaus, M. (2008). REBUS-PLS: A Response-based Procedure for Detecting Unit Segments in PLS Path Modeling. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 24(5), 439-458.
- Vinzi, V.E, & Russolillo, G. (2013). Partial Least Squares Algorithms and Methods. *WIREs Computational Statistics*, 5, 1-19
- Wetzels, M., Schröder, G.O., & Oppen, C.V. (2009). Using PLS Path Modeling for Assessing Hierarchical Construct Models: Guidelines and Empirical Illustration. *MIS Quarterly* 33(1), 177-195.
- Wold, H. (1983). Soft Modeling: The Basic Design and Some Extensions. Dlm. K.G. Joreskog & H. Wold (pnyt.). *Systems Under Indirect Observation*. Amsterdam: North-Holland.
- Zhang, A., & Aasheim, C.L. (2011). Academic Success Factors: An IT Student Perspective. *Journal of Information Technology Education*, 10, 309-331.
- Zulkifley Mohamed, & Kamarulzaman Ibrahim (2009). Pemboleh ubah Pendam Teguh dalam Model Persamaan Berstruktur Kuasa Dua Terkecil Separat. *Jurnal Sains dan Matematik*, 1 (1), 45-58.
- Zulkifli Abd. Hamid, Jamilah Othman, Aminah Ahmad, & Ismi Arif Ismail (2011). Hubungan Antara Penglibatan Ibubapa dan Pencapaian Akademik Pelajar Miskin di Negeri Selangor. *Journal of Islamic and Arabic Education*, 3(2),31-40.