

MODEL NONLINIER SEM TAM BPS: PENDEKATAN BAYESIAN

MARGARETHA ARI ANGGOROWATI¹, NUR IRIAWAN²,
SUHARTONO³, HASYIM GAUTAMA⁴

¹ Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, m.ari@bps.go.id

² Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, nur_i@its.ac.id

³ Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, suhartono@its.ac.id

⁴ Kementrian Komunikasi dan Informasi, Jakarta, hasyim@gmail.com ⁵ Alamat institusi

Extended abstract

Technology Acceptance Model (TAM) adalah model yang menjelaskan bagaimana user mau dan menerima suatu teknologi baru. TAM berkembang dan banyak digunakan dalam analisis adopsi teknologi karena TAM mudah dipahami dan sederhana. Dalam analisis TAM digunakan metode statistik untuk menjelaskan relasi antar konstruk di dalam struktur. Structural Equation Model (SEM) adalah metode statistik yang banyak digunakan dalam analisis TAM. Analisis SEM membutuhkan terpenuhinya asumsi normalitas dan linieritas. Dalam beberapa kasus, tidak semua asumsi tersebut dapat dipenuhi. Dengan demikian SEM klasik (standar) kemudian berkembang menjadi SEM non standar. SEM non standar adalah SEM dimana asumsi yang dibutuhkan tidak dapat dipenuhi akibat sampel kecil, efek non linier atau adanya model mixture. SEM dengan Pendekatan Bayesian adalah metode yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan pada SEM non-standar.

BPS adalah lembaga pemerintah non departemen (LPND) yang memiliki tugas pokok dan fungsi menyelenggarakan kegiatan perstatistikan nasional. Untuk mendapatkan kecepatan dan akurasi data maka BPS melakukan adopsi teknologi dalam pengolahan data. Untuk dapat mengetahui performa dari teknologi yang digunakan, maka dapat diukur penerimaan user terhadap teknologi tersebut.

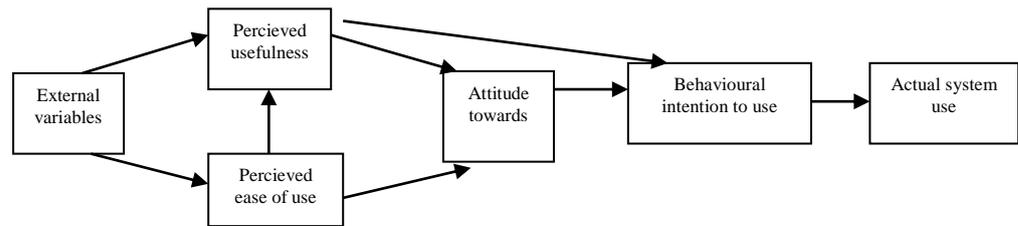
Paper ini mempelajari model SEM non linier pada analisis TAM untuk studi kasus adopsi teknologi pengolahan data Sensus Penduduk 2010 oleh BPS. Efek non linier yang diteliti adalah efek interaksi dan kuadrat pada model SEM TAM BPS.

1. Pendahuluan

Technology Acceptance Model (TAM) adalah salah satu model adopsi teknologi yang berkembang saat ini. TAM dikembangkan oleh Fred Davis pada tahun 1989 dan merupakan pengembangan dari Teori of Reasoned Action (TRA) [1] TAM merupakan model yang menjelaskan bagaimana user mau dan menerima suatu teknologi baru [2]. TAM berkembang dan banyak digunakan dalam analisis adopsi teknologi karena TAM mudah dipahami dan sederhana [3]. Pada analisis TAM dijelaskan pengaruh eksternal variabel terhadap internal variabel. Terdapat dua konstruk utama pada TAM yaitu perceived usefulness (PU) dan perceived ease of use (PEU). Struktur dari TAM orisinal ditunjukkan pada gambar 1.

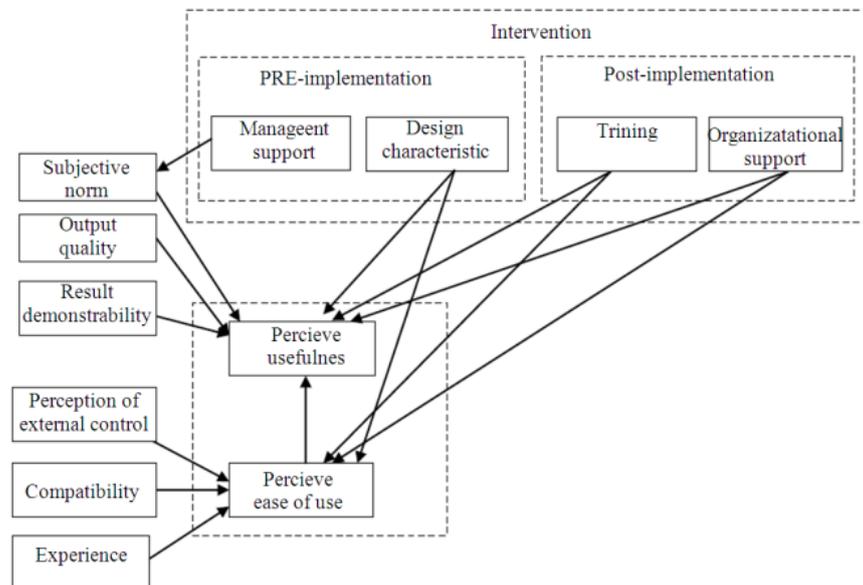
Dalam perkembangannya, TAM mengalami pengembangan secara teori. Secara struktur TAM orisinal dikembangkan oleh Davis dan Venkatesh pada tahun 2000 menjadi TAM2. TAM2 dikembangkan oleh Venkatesh dan Bala pada tahun 2008 menjadi TAM3. [4] mengusulkan kemungkinan pengembangan struktur TAM dengan melibatkan eksternal variabel intervensi organisasi (*organizational*

intervention) pada proses adopsi teknologi.



Gambar 1. Struktur orisinal TAM

Dalam analisis TAM metode statistik digunakan untuk validasi hubungan antar konstruk di dalam struktur TAM. Beberapa metode statistik yang digunakan sering dalam analisis TAM adalah regresi sederhana, analisis jalur [5], MANOVA [6], ANOVA [7], PCA [8], CFA, partial least square (PLS) [9] dan SEM [10], [11]. Berdasarkan studi literature dari 102 jurnal mengenai perkembangan TAM, SEM adalah metode statistik yang paling banyak digunakan dalam analisis TAM. [11] menjelaskan bahwa SEM adalah metode statistik yang handal dan tidak hanya digunakan untuk validasi dari teritikal model TAM tetapi juga dapat mereduksi indikator dari 29 indikator menjadi 9 indikator pada persamaan pengukuran tanpa merubah model konseptual.



Gambar 2. Struktur TAM BPS

Badan Pusat Statistik (BPS) adalah salah satu lembaga pemerintah non departemen (LPND) yang memiliki tugas pokok dan fungsi untuk menyelenggarakan kegiatan perstatistikan nasional. Tujuan dari penyelenggaraan kegiatan statistik adalah menyediakan data nasional secara cepat dan akurat. Untuk dapat memenuhi tugas pokok dan fungsi tersebut, BPS membutuhkan dukungan teknologi khususnya teknologi pengolahan data. Berdasarkan [ari et al., 2012] struktur TAM BPS ditunjukkan oleh gambar 2.

2. Dasar Teori

SEM sebagai salah satu pemodelan statistik membutuhkan beberapa asumsi yang harus dipenuhi untuk dapat dilakukan estimasi. Asumsi yang dibutuhkan adalah normalitas dan linieritas. Dalam beberapa kasus tertentu, asumsi-asumsi tersebut tidak dapat dipenuhi, sehingga secara teori statistik, estimasi dengan

menggunakan SEM menemui kendala. Salah satu permasalahan yang muncul dalam SEM adalah jika terdapat hubungan non-linier antar variabel laten di dalam model.

Estimasi dari suatu relasi non-linier antar variabel menjadi hal penting khususnya dalam ilmu perilaku (*behaviour research*). Efek hubungan non-linier yang paling banyak diketahui adalah efek interaksi dan efek kuadratik [12]. Menurut [13] analisis pada bentuk relasi non-linier antar variabel laten menjadi penting agar analisis yang dibangun menjadi lebih kuat dalam intrepertasi dan model yang dibangun lebih tepat khususnya pada masalah-masalah yang kompleks. Dari penelitian yang dilakukan, efek non-linier yang terjadi adalah efek interaksi dan efek kuadratik. Efek interaksi terjadi jika relasi antara predictor dan criterion menguat atau melemah dipengaruhi oleh variabel predictor kedua. Sedangkan efek kuadratik terjadi jika variabel predictor berinteraksi dengan dirinya sendiri [12]. Beberapa metode sudah dikembangkan untuk estimasi pada efek interaksi pada model SEM. [14] menyarankan model interaksi antar variabel laten dengan perkalian indikator. Metode ini kemudian dikembangkan pada pendekatan perkalian indikator berganda. [15] menyarankan tetap pada perkalian satu indikator.

[13] mengembangkan estimasi SEM non-linier dengan pendekatan Bayesian. Pada estimasi dengan pendekatan Bayesian, parameter θ diperlakukan sebagai random variabel yang memiliki distribusi dan disebut sebagai distribusi *prior*. Jika M adalah persamaan SEM dengan vektor parameter θ yang belum diketahui maka fungsi kepadatan peluang dari θ adalah $p(\theta|M)$. Jika Bayesian inferen dilakukan pada data observasi Y maka distribusi bersama dari Y dan θ pada M adalah $p(Y, \theta|M)$.

Perilaku θ pada data Y digambarkan dengan distribusi bersyarat θ oleh Y , dan dikenal sebagai distribusi *posterior* $p(\theta|Y, M)$. Dengan $p(Y, \theta|M) = p(Y|\theta, M) p(\theta) = p(\theta|Y, M) p(Y|M)$ dan bahwa $p(Y|M)$ tidak bergantung pada θ maka

$$\log p(\theta|Y, M) \propto \log p(Y|\theta, M) + \log p(\theta) \quad (1)$$

dimana : $p(Y|\theta, M)$ adalah fungsi likelihood.

Model Structural Equation Model Non-linier (NSEM) dengan $p \times 1$ vektor variabel terukur $\mathbf{y} = (y_1 \dots y_p)^T$ adalah :

$$\mathbf{Y} = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\Lambda}\boldsymbol{\omega} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2)$$

Dimana $\boldsymbol{\mu}$ adalah vektor intersep, $\boldsymbol{\Lambda}$ adalah $p \times q$ matrik loading faktor, $\boldsymbol{\omega} = (\boldsymbol{\omega}_1 \dots \boldsymbol{\omega}_q)^T$ adalah vektor dari faktor laten dengan $q < p$, dan $\boldsymbol{\varepsilon}$ adalah vektor $p \times 1$ dari error dengan distribusi $N[0, \boldsymbol{\Psi}_\varepsilon]$ dimana $\boldsymbol{\Psi}_\varepsilon$ adalah matrik diagonal dan bebas terhadap $\boldsymbol{\omega}$. Untuk mengatasi kompleksitas maka $\boldsymbol{\omega}$ dapat dipartisi menjadi $(\boldsymbol{\eta}^T, \boldsymbol{\xi}^T)$. Dengan demikian vektor laten pada model struktur dapat dituliskan

$$\boldsymbol{\eta} = \boldsymbol{\Pi}\boldsymbol{\eta} + \boldsymbol{\Gamma}H(\boldsymbol{\xi}) + \boldsymbol{\delta} \quad (3)$$

Dimana $\boldsymbol{\eta}$ dan $\boldsymbol{\xi}$ adalah $q_1 \times 1$ dan $q_2 \times 1$ subvektor dari laten. $H(\boldsymbol{\xi}) = (h_1(\boldsymbol{\xi}), \dots, h_t(\boldsymbol{\xi}))^T$ adalah nilai vektor tidak kosong, diketahui nilainya dan bebas secara linier terhadap fungsi diferensi $h_1 \dots h_t$, dimana $t > q_2$, sedangkan $\boldsymbol{\Pi}(q_1 \times q_1)$ dan $\boldsymbol{\Gamma}(q_1 \times t)$ adalah matrik koefisien regresi antara $\boldsymbol{\eta}$ dengan $\boldsymbol{\eta}$ dan $H(\boldsymbol{\xi})$. Diasumsikan bahwa $\boldsymbol{\xi}$ dan $\boldsymbol{\delta}$ terdistribusi secara bebas pada $N(0, \boldsymbol{\Phi})$ dan $N(0, \boldsymbol{\Psi}_\delta)$. Jika beberapa $h_j(\boldsymbol{\xi})$ adalah non-linier dan distribusi dari variabel terukurnya adalah non-normal maka $\boldsymbol{\Pi}_0 = \mathbf{I}_{q_1} - \boldsymbol{\Pi}$, diasumsikan bahwa $|\boldsymbol{\Pi}_0|$ konstanta bukan nol dan bebas terhadap $\boldsymbol{\Pi}$. Jika demikian maka persamaan (2.35) linier terhadap parameter $\boldsymbol{\Pi}$ dan $\boldsymbol{\Gamma}$ tetapi tidak linier terhadap parameter pada laten variabel $\boldsymbol{\xi}$. Hal ini memungkinkan untuk diukur efek non-linier dari variabel laten $\boldsymbol{\xi}$ terhadap variabel laten $\boldsymbol{\eta}$. Pada model non-linier tidak dibatasi oleh identifikasi model. Pada konteks SEM non-linier hal yang lebih penting untuk diperhatikan adalah

intrepretasi dari rata-rata vektor \mathbf{y} . Pada SEM non-linier, *saturated model* didefinisikan dengan $\mathbf{y} = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\varepsilon}^*$ dimana $\boldsymbol{\varepsilon}^*$ berdistribusi $N(0, \boldsymbol{\Sigma})$.

Penentuan distribusi prior menjadi salah satu langkah penting dalam estimasi SEM dengan pendekatan Bayesian. Berdasarkan [lee, 2007] pada model pengukuran:

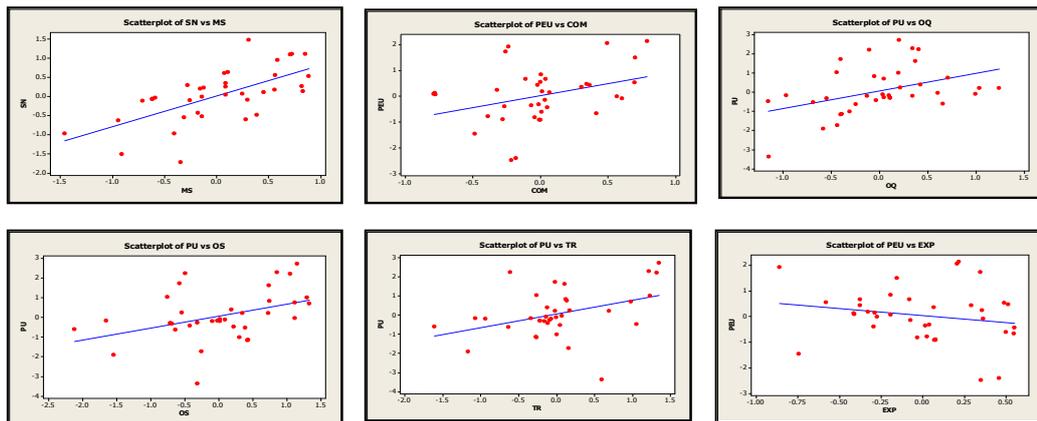
$$\mathbf{y}_i = \boldsymbol{\Lambda} \boldsymbol{\omega}_i + \boldsymbol{\varepsilon}_i \quad i = 1, \dots, n \quad (4)$$

dengan ω_i berdistribusi $N(0, \Phi)$ dan ε_i berdistribusi $N(0, \psi_\varepsilon)$. Jika Λ_k^T adalah baris ke k dari Λ , maka distribusi prior konjugate dari Λ_k, ψ_{ek} adalah $\psi_{ek}^{-1} \underline{\underline{D}} \text{Gamma}[\alpha_{0ek}, \beta_{0ek}]$ dan untuk $(\Lambda_k | \Psi_{ek})$ adalah $(\Lambda_k | \Psi_{ek}) \underline{\underline{D}} N(\Lambda_{0k}, \psi_{ek} \mathbf{H}_{0yk})$, dengan $\alpha_{0ek}, \beta_{0ek}$ dan elemen Λ_{0k}, H_{0yk} merupakan hiperparameters dan \mathbf{H}_{0yk} merupakan matriks definit positif. prior konjugate untuk Φ is $\Phi^{-1} \underline{\underline{D}} W_q(\mathbf{R}_0, \rho_0)$. Prior konjugate lain yang digunakan dalam estimasi SEM dengan pendekatan bayesian adalah: $\alpha = \alpha \underline{\underline{D}} (0, \mathbf{I})$, $\Lambda_k = \Lambda_k \underline{\underline{D}} N(\Lambda_{0k}, \psi_{ek} \mathbf{I})$, and $\boldsymbol{\Gamma} = \boldsymbol{\Gamma} \underline{\underline{D}} N(\boldsymbol{\Gamma}_0, \psi_\delta \mathbf{I})$, denngn \mathbf{I} matriks identitas.

Estimasi SEM non-linier dilakukan dengan simulasi posterior $(\boldsymbol{\theta} | \mathbf{Y})$. Pada simulasi posterior digunakan konsep data augmentation. Dengan konsep data augmentation maka simulasi posterior dilakukan dengan data lengkap. Simulasi $p(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\Omega} | \mathbf{Y})$ dan iterasi $p(\boldsymbol{\theta}, \boldsymbol{\Omega} | \mathbf{Y})$ dilakukan dengan Markov Chain Monte Carlo (MCMC).

3. Analisis SEM Non-linier dengan Bayesian

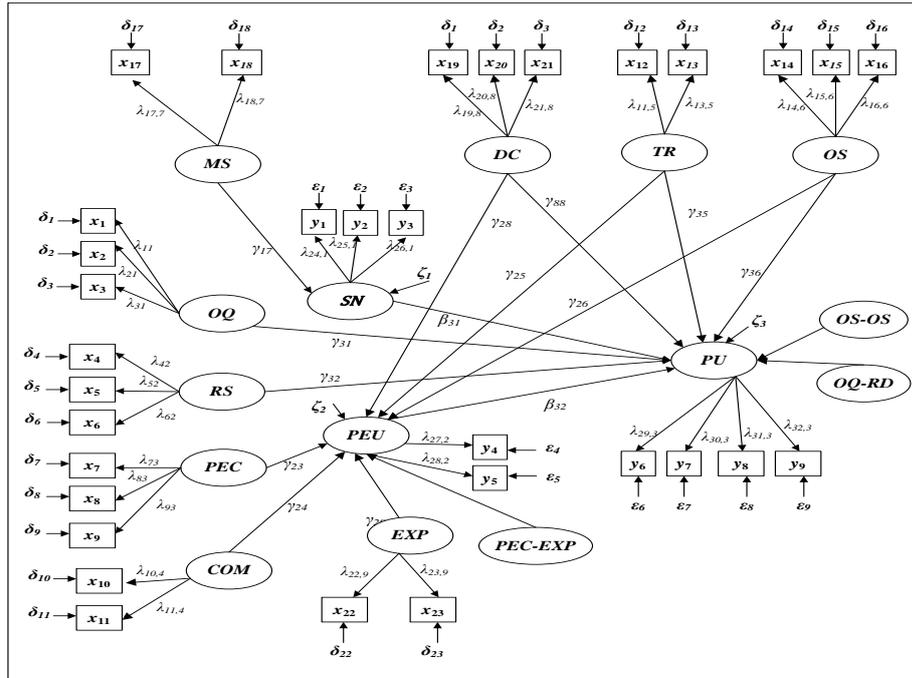
[16] melakukan analisis pada SEM linier pada TAM BPS. Hasil analisis menunjukkan bahwa hubungan yang signifikan hanya pada hubungan antara konstruk management support (MS) dengan subjective norm (SN), subjective norm (SN) dengan percieved of usefulness (PU) dan perception of external control (PEC) dengan perceived ease of use (PEU). Dan jika dilihat dari plot hubungan antar variabel laten, maka dapat diidentifikasi adanya kemungkinan hubungan non-linier antar variabel di dalam struktur SEM TAM BPS. Plot hubungan antar variabel laten ditunjukkan oleh gambar 4.



Gambar 3. Plot hubungan antar variabel laten

Berdasarkan analisis hubungan antar varibel laten maka dilakukan analisis kemungkinan hubungan non-linier di dalam model. Dari beberapa kemungkinan hubungan non-linier antar variabel laten, maka salah satu kemungkinan model SEM non-linier untuk TAM BPS ditunjukkan pada gambar 5.

Pada gambar 5 ditunjukkan bahwa pada TAM BPS terdapat hubungan non-linier antar variabel yang disebabkan efek interaksi dan efek kuadratik. Efek interaksi ditunjukkan oleh hubungan antara perception of external control (PEC) dengan experience (EXP) dan hubungan antara output quality (OQ) dengan result demonstrability (RD). sedangkan efek kuadratik disebabkan oleh hubungan organizational support (OS) dengan dirinya sendiri.



Gambar 5. Struktur nonlinier SEM TAM BPS

Persamaan pengukuran untuk SEM TAM BPS ditentukan berdasarkan [ari et al]. sedangkan persamaan struktural untuk SEM non-linier TAM BPS adalah:

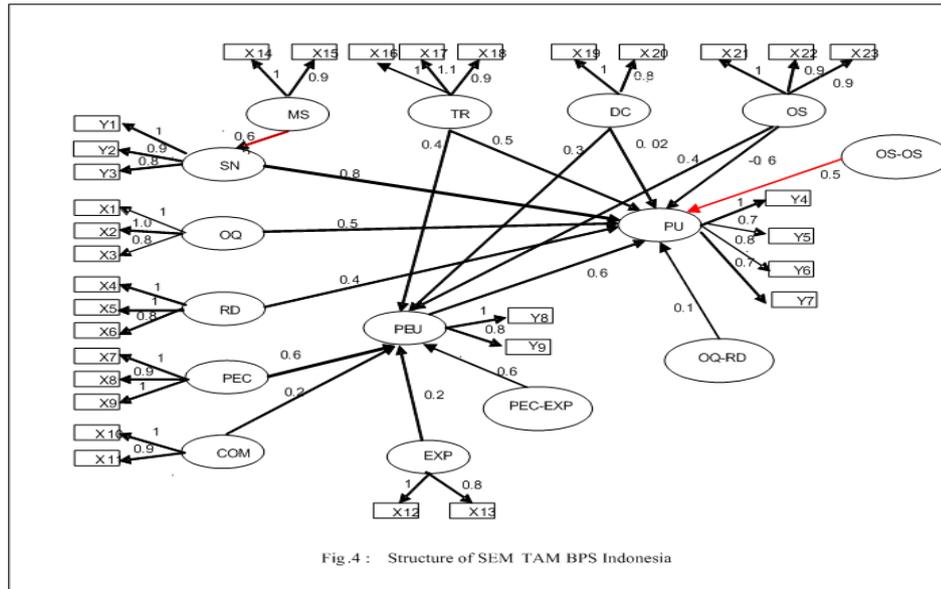
$$\begin{aligned}
 \eta_1 &= \gamma_{12}\xi_9 + \delta_3 \\
 \eta_2 &= \gamma_3\xi_3 + \gamma_4\xi_4 + \gamma_5\xi_5 + \gamma_7\xi_6 + \gamma_8\xi_7 + \gamma_{10}\xi_8 + \xi_3\xi_5 + \delta_2 \\
 \eta_3 &= \gamma_1\xi_1 + \gamma_2\xi_2 + \gamma_6\xi_6 + \gamma_9\xi_7 + \gamma_{11}\xi_8 + \beta_1\eta_3 + \beta_2\eta_2 + \xi_6\xi_6 + \xi_1\xi_2 + \delta_1
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Dengan $\xi_i = (\xi_{i1} \dots \xi_{i9})^T$ berdistribusi $N(0, \Phi)$ dan δ_i berdistribusi $N(0, \psi_{\delta\delta})$, ξ_i dan δ_i adalah independen. Distribusi prior konjugate yang iguana berdasarkan [Lee (2007)] : yaitu :

$$\begin{aligned}
 \Phi^{-1} &\underline{D} W \quad (R[1:9,1:9], 30) \\
 \psi_{\text{ek}}^{-1} &\underline{D} \text{Gamma} (10, 8) \\
 \psi_{\delta}^{-1} &\underline{D} \text{Gamma} (10, 8)
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Nilai Dari Λ_{0k} dan Γ_0 adalah 0.8 and 0.5, dengan parameter bebas $\alpha_1 = \dots = \alpha_{31} = 0.0$.

Gambar 5 menunjukkan hasil estimasi pada SEM nonlinier TAM BPS. Hasil estimasi menunjukkan bahwa relasi yang signifikan hanya dua: pertama relasi antara management support (MS) dengan subjective norm (SN) dan kedua relasi antara efek kuadrat organizational support (OS) dengan perceived of usefulness (PU). nilai λ_i (loading factor) dalam model pengukuran antara 0.7 sampai dengan 1. Sedangkan nilai γ_i yang menunjukkan bobot relasi antar variabel laten eksogen dengan variabel laten endogen berada dalam rentang -0.6 sampai dengan 0.8 , dengan terkecil adalah -0.6 yaitu bobot antara organizational support (OS) dengan perceived of usefulness (PU). Nilai γ_i terbesar adalah 0.8 yang menunjukkan bobot relasi antara subjective norm (SN) dengan perceived of usefulness (PU). Residual pada pada masing-masing variabel laten endogen adalah $SN = -0.012$, $PEU = -0.005$ dan $PU = -0.112$.



Gambar 5. Struktur nonlinier SEM TAM BPS

4. Diskusi

Dari hasil estimasi yang dilakukan pada model non-linier SEM TAM BPS diketahui hanya ada dua bobot relasi yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa model non-linier dengan melibatkan efek interaksi pada konstruk output quality (OQ) dengan result demonstrability (RD) dan efek interaksi perception of external control (PEC) dengan experience (EXP) serta efek interaksi kuadrat pada organizational support (OS) belum memberikan hasil yang signifikan. Walaupun nilai error pada masing-masing variabel laten endogen sudah cukup kecil dan mendekati nol, tetapi dengan hasil dari selang kepercayaan parameter yang dihasilkan maka perlu dilakukan pemilihan kemungkinan model non-linier yang lain, dengan melibatkan efek interaksi dan kuadrat yang berbeda.

5. Kesimpulan

Uji linieritas menjadi salah satu tahapan penting dalam analisis SEM. Dengan uji linieritas dapat dideteksi kemungkinan adanya hubungan non-linier antar variabel laten. Penentuan prior yang tepat menentukan akurasi dari estimasi, sehingga dibutuhkan pemilihan prior sebagai informasi awal dari data. Diperlukan tahapan pemilihan model terbaik untuk memilih beberapa alternative model non-linier.

Daftar Pustaka

- [1] Davis, F.D., Perceived usefulness, perceived ease of use and user acceptar information. *Technol. MIS Q*, 13: 319. <http://www.jstor.org/stable/24900> 1989.
- [2] Alrafi, A., *Technology Acceptance Model*, pp.1-12. 2005.
- [3] King, W. and J. He, A meta analysis of the technology acceptance r *Inform. Manag.*, 43: 740-755. DOI: 10.1016/j.im.2006.05.003, 2006.
- [4] Venkatesh, V. and H. Bala, Technology acceptance model 3 and research agenda on intervention . *Decision Sci.*, 39: 273-315. 11. DOI: 10.1111/j.1: 5915.2008.00192.x, 2008.
- [5] Dishaw, Mark T; Strong, Diane M. Extending The Technology Acceptanc Model with Task-Tecnology Fit Cunstructs. *Information and Managemen* 21, 1999.

- [6] Greenfield, G. and Rohde, F., Technology Acceptance: Not all organizational workers may be the same. *International Journal of Accounting Information System* , 263-272, 2009.
- [7] Lu, Y ., Zhou, T., and Wang, B., Exploring Chinese user's acceptance of instant messaging using the theory of planned behavior, the technology acceptance model, and the flow theory, *Computer in Human Behaviour*, 25, 29-39, 2009.
- [8] Pagani, M., Determinants of adoption of High Speed Data Services in the business market: Evidence for a combined technology acceptance model and task technology fit model, *Information & Management*, 43, 847-860, 2006.
- [9] Yi, M. and Hwang, Y., Predicting the use of web based information systems: self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation and the technology acceptance model. *Human Computer Studies* , 431-449, (2003).
- [10] Deng, X., Doll, W.J., Hendricson, A.R., Scazzero, J.A., A multigroup analysis of structural invariance: An illustration using the technology acceptance model. *Inform. Manage.*, 42: 745-759. DOI: 10.1016/j.im.2004.08.001, 2005.
- [11] Verdegem, P., and Varley, G., User-Centered E-Government in Practice: A Comprehensive Model for Measuring User Satisfaction. *Governance Information Quarterly*, 26, 487-497. DOI: 10.1016/j.giq.2009.03.005, 2009.
- [12] Moosbrugger, H., Schermeleh-Engel, K., Kelava, A., and Klein, A.G., Testing multiple nonlinear effects in structural equation modelling: a comparison of alternative estimation approaches, Invited Chapter in T. Teo & M., S. Khir (Eds), *Structural Equation Modelling in Education Research: Concepts and Applications*. Rotterdam, NL: Sense Publishers
- [13] Lee, S., *Structural Equation Modeling A Bayesian Approach*. England: John Wiley and Sons Ltd, 2007.
- [14] Kenny, D., A., and Judd, C.M., Estimating the nonlinear and interactive effects of latent variables, *Psychological Bulletin*, 96, 201-210, 1984.
- [15] Joreskog, K.G., Yang, F., Nonlinear structural equation models: the Kenny Judd model with interaction effects. In G.A. Marcoulides and R.E. Schum (eds), *Advanced Structural Equation Modeling Techniques*, 57-88, Hillsdale, NJ: LEA, 1996.
- [16] Anggorowati, M.A., Iriawan, N., Suhartono, and H. Gautama, "Restructuring and Expanding Technology Acceptance Model: Structural Equation Modeling with a Bayesian Approach", in *Journal of Applied Sciences*, vol. 9(4), pp. 490-497, 2012.