

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

A. Model Simultan (Model 2PL dengan Variabel Random Waktu Respon)

Waktu respon (*response time*) kerap juga disebut sebagai *response latency* (Abdelfattah & Johanson, 2007: 3; Halkitis, 1996: 1). Waktu respon adalah waktu yang dibutuhkan oleh peserta tes untuk membaca sekaligus menjawab suatu butir soal tes (Verbic, 2010: 1). Dalam penelitian ini, waktu respon diasumsikan sebagai *random variable*. Artinya, waktu respon tidak hanya dikontrol atau dibatasi oleh petugas administrasi tes atau teknologi komputer saja tetapi ada faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi lamanya seorang peserta tes dalam menyelesaikan suatu butir soal, sehingga waktu respon memiliki distribusi tertentu sesuai dengan karakteristiknya.

Menurut Lindsey (2004: 203-206) ada beberapa karakteristik yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan distribusi waktu respon : (1) harus bernilai positif, (2) *positive skewed* (besarnya probabilitas waktu respon yang singkat lebih besar jika dibandingkan besarnya probabilitas waktu respon yang lama). Ada beberapa distribusi yang dianggap sesuai dengan karakteristik waktu respon yang dipaparkan oleh Lindsey (2004: 203-206) tersebut, yaitu distribusi *Lognormal*, *Weibull* dan *Gamma*. Hidayah et al. (2016: 215) memilih distribusi *Lognormal* sebagai distribusi marginal karena diantara ketiga distribusi tersebut, distribusi *Lognormal* adalah distribusi yang paling mudah untuk diinterpretasikan, namun pada penerapan model dengan data empiris, asumsi distribusi waktu respon tersebut

tetaplah harus dibuktikan dengan nilai statistik apakah benar data waktu respon tersebut memang cocok dengan distribusi *Lognormal* dibandingkan dua distribusi lainnya (*Weibull* dan *Gamma*).

Untuk pengujian apakah data waktu respon memang cocok dengan distribusi *Lognormal* maka digunakan kriteria kecocokan distribusi *Anderson Darling*, dimana distribusi dengan nilai *Anderson Darling* terendah adalah pola distribusi yang paling cocok untuk data waktu respon di tiap butir soalnya. Berikut ini adalah nilai *Anderson Darling* untuk data empiris yang terdiri dari 30 butir soal tes seleksi masuk Program Pascasarjana UNY tahun 2017 yang dihitung dengan bantuan *software* Minitab 18.

Tabel 2. Perbandingan Kecocokan Distribusi dengan *Anderson Darling*

| *)Butir soal / Item ke- | Nilai <i>Anderson Darling</i> (AD) | | | Distribusi yang cocok |
|----------------------------|------------------------------------|--------------|------------------|--------------------------|
| | <i>Weibull</i> | <i>Gamma</i> | <i>Lognormal</i> | |
| 1 | 14,770 | 21,444 | 14,125 | <i>Lognormal</i> |
| 2 | 5,540 | 10,748 | 4,156 | <i>Lognormal</i> |
| 3 | 6,038 | 10,828 | 2,751 | <i>Lognormal</i> |
| 4 | 16,012 | 20,389 | 11,608 | <i>Lognormal</i> |
| 5 | 17,515 | 24,184 | 6,602 | <i>Lognormal</i> |
| 6 | 27,029 | 32,028 | 12,249 | <i>Lognormal</i> |
| 7 | 12,166 | 12,611 | 7,377 | <i>Lognormal</i> |
| 8 | 23,695 | 27,596 | 12,370 | <i>Lognormal</i> |
| 9 | 21,545 | 24,264 | 16,082 | <i>Lognormal</i> |
| 10 | 22,339 | 25,881 | 17,064 | <i>Lognormal</i> |
| 11 | 22,392 | 23,727 | 16,017 | <i>Lognormal</i> |
| 12 | 13,483 | 13,396 | 11,072 | <i>Lognormal</i> |

| *)Butir soal / Item ke- | Nilai <i>Anderson Darling</i> (AD) | | | Distribusi yang cocok |
|----------------------------|------------------------------------|--------------|------------------|--------------------------|
| | <i>Weibull</i> | <i>Gamma</i> | <i>Lognormal</i> | |
| 13 | 24,865 | 34,766 | 19,065 | <i>Lognormal</i> |
| 14 | 17,394 | 18,434 | 13,209 | <i>Lognormal</i> |
| 15 | 12,185 | 12,698 | 9,656 | <i>Lognormal</i> |
| 16 | 21,090 | 24,195 | 20,419 | <i>Lognormal</i> |
| 17 | 15,784 | 17,517 | 11,963 | <i>Lognormal</i> |
| 18 | 10,503 | 9,348 | 6,401 | <i>Lognormal</i> |
| 19 | 22,702 | 23,474 | 18,088 | <i>Lognormal</i> |
| 20 | 20,853 | 25,033 | 9,024 | <i>Lognormal</i> |
| 21 | 6,210 | 11,228 | 1,456 | <i>Lognormal</i> |
| 22 | 11,993 | 13,576 | 16,972 | <i>Weibull</i> |
| 23 | 10,090 | 12,110 | 17,369 | <i>Weibull</i> |
| 24 | 10,352 | 9,908 | 27,358 | <i>Gamma</i> |
| 25 | 11,110 | 13,141 | 16,606 | <i>Weibull</i> |
| 26 | 15,852 | 13,685 | 18,193 | <i>Gamma</i> |
| 27 | 7,604 | 10,382 | 12,767 | <i>Weibull</i> |
| 28 | 10,027 | 9,419 | 25,765 | <i>Gamma</i> |
| 29 | 10,919 | 11,351 | 19,388 | <i>Weibull</i> |
| 30 | 10,373 | 10,531 | 21,688 | <i>Weibull</i> |

*) Butir soal/item sengaja diberikan nomor urut yang baru (berbeda dengan aslinya), hanya untuk memudahkan penyebutan nomor soal saat interpretasi saja.

Berdasarkan nilai *Anderson Darling* pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa 70% butir soal menunjukkan bahwa data waktu respon peserta tes mempunyai pola distribusi *Lognormal*, kemudian sisanya 20% cocok dengan pola distribusi *Weibull* dan 10% cocok dengan pola distribusi *Gamma*. Hasil perbandingan ini selanjutnya menjadi salah satu pertimbangan peneliti dalam pemilihan distribusi *Lognormal* sebagai distribusi marginal (waktu respon) untuk model simultan.

Selanjutnya ada beberapa peneliti yang tercatat mengembangkan model simultan dengan menggunakan distribusi marginal *Lognormal*, seperti Thissen (1979: 259), Ingrisone et al. (2008: 27), van der Linden (2009: 258) dan Hidayah et al. (2016). Adapun struktur distribusi *Lognormal* yang dikembangkan oleh para peneliti tersebut berbeda-beda (pendefinisian *mean*-nya). Seperti halnya struktur distribusi *Lognormal* dalam penelitian ini, yang merupakan modifikasi dari distribusi *Lognormal* yang dikembangkan oleh van der Linden (2009), dan Hidayah et al. (2016) .

Distribusi *Lognormal* ini menunjukkan bagaimana hubungan antara variabel waktu respon dengan variabel-variabel lain yang mempengaruhinya. Jadi di sini posisi waktu respon adalah sebagai variabel dependen dan variabel-variabel lain yang mempengaruhinya adalah sebagai variabel independen. Modifikasi distribusi *Lognormal* yang dikembangkan oleh van der Linden (2009) dan Hidayah et al. (2016) dilakukan dengan cara mempertimbangkan faktor-faktor apa saja yang terbukti berpengaruh terhadap waktu respon peserta tes pada kondisi *real* di lapangan, sehingga nilai *mean log natural* waktu respon $\mu_{\ln t_{ij}}$ dapat didefinisikan kembali.

Apabila coba dikaitkan dengan rumus dalam ilmu fisika, maka hubungan antara waktu (t) dengan jarak (s) dan *speed* (v) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$t = \frac{s}{v}. \quad (39)$$

Dalam pemodelan waktu respon, pendefinisian *mean log natural* waktu respon $\mu_{\ln t_{ij}}$ dapat dibantu dengan analogi rumus waktu (t) pada ilmu fisika. Berdasarkan

persamaan 39, jarak dalam pemodelan waktu respon (t_{ij}) dapat dianalogikan sebagai *time intensity* (ξ_j^*) yaitu kurun waktu ideal yang dibutuhkan oleh peserta tes dalam mengerjakan suatu butir soal, sedangkan *speed* peserta tes dalam pemodelan waktu respon dapat disimbolkan sebagai τ_i^* . Maka dalam pemodelan waktu respon, definisi dari *speed* peserta tes (τ_i^*) dapat ditulis kembali menjadi:

$$\tau_i^* = \frac{\xi_j^*}{t_{ij}}. \quad (40)$$

Misal dalam suatu tes ada 2 orang peserta tes yang akan dibandingkan *speed*-nya, kurun waktu ideal yang dibutuhkan oleh seorang peserta tes dalam mengerjakan soal nomor 21 (ξ_{21}^*) adalah 100 detik untuk 1 butir soal tersebut. Peserta tes pertama mengerjakan dengan waktu respon (t_1) 50 detik, sedangkan peserta tes kedua mengerjakan dengan waktu respon (t_2) 100 detik. Maka dapat dihitung *speed* dari masing-masing peserta tes adalah :

$$\begin{aligned} \tau_1^* &= \frac{100}{50} & \tau_2^* &= \frac{100}{100} \\ \tau_1^* &= 2 & \tau_2^* &= 1 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa peserta tes pertama mampu mengerjakan soal no 21 dengan *speed* 2 butir soal (yang sama) per 100 detik (bisa selesai 2 kali lebih cepat dari waktu ideal), dengan waktu respon 50 detik. Peserta tes kedua mampu mengerjakan soal no 21 dengan *speed* 1 butir soal per 100 detik (bisa selesai sesuai dengan dengan waktu ideal), dengan waktu respon 100 detik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hubungan antara waktu respon dan *speed*

berbanding terbalik, yang berarti bahwa semakin lama waktu responnya maka *speed* peserta tes tersebut semakin rendah (lambat).

Apabila persamaan 40 dijadikan dalam bentuk *log natural*, maka akan menjadi seperti berikut:

$$\ln \tau_i^* = \ln \frac{\xi_j^*}{t_{ij}} \quad (41)$$

$$\ln \tau_j^* = \ln \xi_i^* - \ln t_{ij} \quad (42)$$

$$\ln t_{ij} = \ln \xi_i^* - \ln \tau_j^*. \quad (43)$$

Menurut van der Linden (2007: 258) dan van der Maas et al. (2011: 351) , jika ξ_j dan τ_i adalah parameter baru untuk *time intensity* dan *speed* dalam bentuk *logarithmic scale* maka persamaan 43 dapat ditulis menjadi :

$$\ln t_{ij} = \xi_i - \tau_j. \quad (44)$$

Sehingga *expected value*-nya adalah :

$$E(\ln(t_{ij})) = \xi_i - \tau_j. \quad (45)$$

Berdasarkan persamaan 45, maka *mean log natural* waktu respon dapat ditulis menjadi $\mu_{\ln t_{ij}} = (\xi_j - \tau_i)$ dan varians dari $\ln t_{ij}$ disimbolkan sebagai σ^2 .

Log natural waktu respon memiliki distribusi normal, atau dengan kata lain distribusi waktu respon memiliki distribusi *Lognormal*, sehingga

$\ln t_{ij} \approx N((\xi_j - \tau_i), \sigma^2)$ atau dapat ditulis menjadi :

$$f(t; \xi, \tau) = \frac{1}{t_{ij}\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{(\ln t_{ij} - (\xi_j - \tau_i))}{\sigma}\right]^2\right) \text{ untuk } t > 0$$

$$f(t; \xi, \tau) = 0 \quad \text{untuk } t \text{ yang lainnya.} \quad (46)$$

Suatu fungsi hasil pengembangan dalam suatu penelitian dapat dikatakan benar atau layak, apabila dapat memenuhi sifat sebagai *Probability Density Function* (PDF). Suatu fungsi tersebut dapat disebut sebagai PDF apabila memiliki sifat (Hines & Montgomery, 1990: 51) :

1. $f_X(x) \geq 0$ untuk seluruh $x \in R_x$
2. $\int_{R_x} f_X(x) dx = 1$.

Fungsi pada persamaan 46 sudah memenuhi sifat pertama sebagai suatu PDF, maka selanjutnya perlu dibuktikan sifat kedua seperti berikut ini :

$$\int_0^{\infty} \frac{1}{t_{ij}\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}\left[\frac{(\ln t_{ij} - (\xi_j - \tau_i))}{\sigma}\right]^2\right) dt = 1 \quad (47)$$

misal, pada ruas kiri :

$$w = \frac{\ln t - (\xi - \tau)}{\sigma} \quad (48)$$

$$\frac{dw}{dt} = \frac{1}{t\sigma}$$

$$dt = t\sigma dw$$

batas dalam w:

untuk $t \rightarrow 0$, maka $w \rightarrow -\infty$

untuk $t \rightarrow \infty$, maka $w \rightarrow \infty$

sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned}\int_{-\infty}^{\infty} f(w)dw &= \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}(w)^2\right) t\sigma dw \\ \int_{-\infty}^{\infty} f(w)dw &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^0 \exp\left(-\frac{1}{2}(w)^2\right) dw + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \exp\left(-\frac{1}{2}(w)^2\right) dw\end{aligned}\quad (49)$$

karena

$$\int_0^{\infty} \exp\left(-av^2\right)dv = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{a}\right)^{1/2}, a > 0 \quad (50)$$

(Syafik, 2012: 3),

maka :

$$a = \frac{1}{2}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}\int_{-\infty}^{\infty} f(w)dw &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{1/2} \right)^{1/2} \right] + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{2} \left(\frac{\pi}{1/2} \right)^{1/2} \right] \\ \int_{-\infty}^{\infty} f(w)dw &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{2} \sqrt{2\pi} \right] + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \left[\frac{1}{2} \sqrt{2\pi} \right] \\ \int_{-\infty}^{\infty} f(w)dw &= 1.\end{aligned}\quad (51)$$

Berdasarkan hasil integral pada persamaan 51, maka jelas terbukti bahwa fungsi

pada persamaan 46 adalah PDF sehingga distribusi marginal waktu respon yang

dikembangkan dalam penelitian ini (*Lognormal*) sudah benar dan layak untuk digunakan.

Perbedaan distribusi *Lognormal* yang dikembangkan oleh van der Linden (2009) dengan penelitian ini terletak pada pendefinisian standar deviasinya (σ), dimana van der Linden (2009) mendefinisikan $\sigma = \frac{1}{a}$ dengan a adalah daya beda butir soal, sedangkan pada penelitian ini standar deviasi tidak didefinisikan kembali (tetap dsimbolkan sebagai σ). Selanjutnya perbedaan distribusi *Lognormal* yang dikembangkan oleh Hidayah et al. (2016) dengan penelitian ini terletak pada pendefinisian kembali *mean log natural* waktu respon $\left(\mu_{\ln t_{ij}} \right)$ yaitu dengan cara menggantikan parameter besarnya usaha peserta tes (β_j) dengan parameter *time intensity* (ξ_j) , dengan alasan penggunaan parameter *time intensity* dinilai lebih tepat dengan analogi jarak pada persamaan 40.

Selanjutnya, formula Model Logistik 2 Parameter yang terintegrasi dengan waktu respon yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah suatu CDF/*Cumulative Distribution Function* (terbukti dari kurva pada Gambar 11 dan 12 yang tidak berbentuk luasan seperti kurva pada PDF), dengan persamaan sebagai berikut:

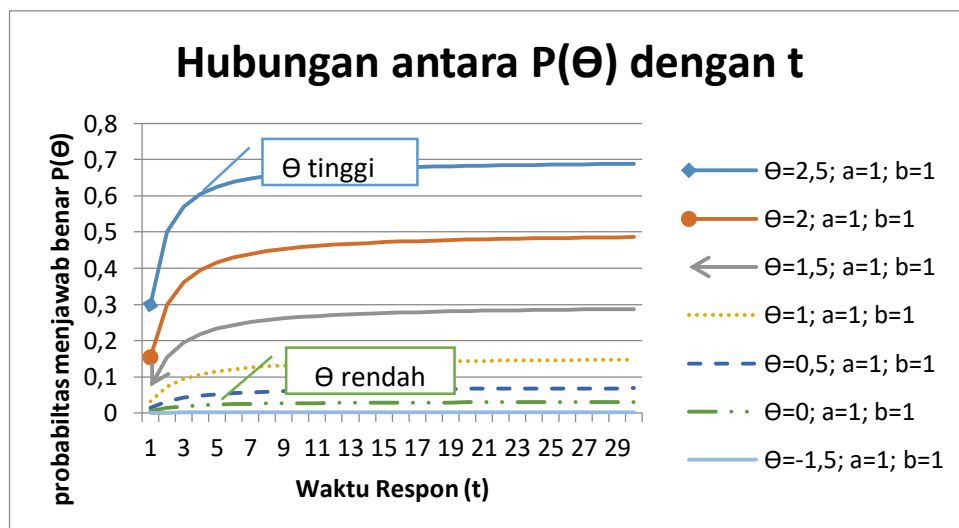
$$P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_{ij}, \eta) = \frac{\exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta\left(\frac{1}{t_{ij}}\right) - b_j)))}{1 + \exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta\left(\frac{1}{t_{ij}}\right) - b_j)))}. \quad (52)$$

Berdasarkan model di atas, probabilitas peserta tes menjawab benar dipengaruhi oleh kemampuan peserta tes yang disimbolkan sebagai θ_i , waktu respon peserta tes terhadap suatu soal yang disimbolkan sebagai t_{ij} , daya beda butir soal yang disimbolkan sebagai a_j , tingkat kesulitan butir soal yang disimbolkan sebagai b_j , *speed* peserta tes yang disimbolkan sebagai τ_i (jika $\tau_i=0$ maka *speed* diasumsikan tidak berpengaruh terhadap probabilitas menjawab benar). Selanjutnya, koefisien regresi dari waktu respon terhadap probabilitas menjawab benar disimbolkan sebagai η . Jika $\eta=0$ maka diasumsikan waktu respon tidak memiliki pengaruh terhadap probabilitas menjawab benar peserta tes (Ingrison II et al., 2008; Ingrison et al., 2008), maka persamaan 52 akan menjadi model logistik 2 parameter (IRT).

Pengembangan model pada persamaan 47 dilakukan berdasarkan kajian tentang faktor-faktor yang terbukti berpengaruh terhadap model waktu respon. Pengembangan model ini diharapkan dapat memperbaiki model yang sudah ada agar lebih realistis penerapannya. Halkitis (1996: 1) dalam penelitiannya menemukan adanya hubungan positif antara waktu respon dengan tingkat kesulitan soal, daya beda soal dan panjang soal, kemudian Zenisky & Baldwin (2006: 2) meneliti hubungan waktu respon dengan tingkat kesulitan soal, daya beda, tingkat kompleksitas soal, konten soal dan perbedaan kelompok soal.

Penambahan parameter daya beda soal (a_j) akan membuat model pada persamaan 52 menjadi Model Logistik 2 Parameter dengan *fixed variable* waktu respon. Daya beda soal (a_j) adalah kemampuan suatu butir soal untuk membedakan peserta tes yang berkemampuan tinggi dan berkemampuan rendah sedemikian rupa

sehingga sebagian besar peserta tes yang berkemampuan tinggi dalam menjawab butir soal tersebut lebih banyak yang benar dan sebagian besar peserta tes yang berkemampuan rendah dalam menjawab butir soal tersebut lebih banyak yang salah. Parameter daya beda soal (a_j) sangat penting disertakan dalam pemodelan IRT karena salah satu dasar yang perlu dipegang dalam menyusun butir-butir soal dalam suatu tes adalah anggapan bahwa kemampuan peserta tes antara satu dengan yang lainnya itu berbeda-beda, sehingga butir-butir soal tersebut harus mampu memberikan hasil tes yang mencerminkan adanya perbedaan diantara para peserta tes.



Gambar 11. Kurva CAF Model 2PL dengan Variabel Random Waktu Respon

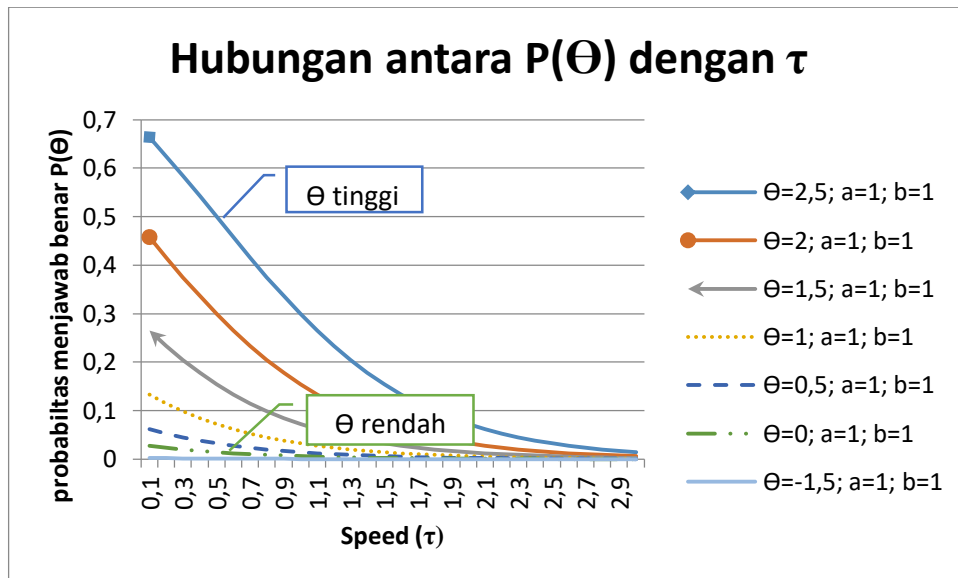
Selain mempertimbangkan faktor-faktor yang terbukti berpengaruh terhadap probabilitas menjawab benar, model juga dikembangkan dengan mempertimbangkan bentuk kurva *Conditional Accuracy Function*/CAF (van der Linden, 2009: 252). Persamaan 52 yang merupakan suatu CDF apabila digambarkan Kurva CAF, maka akan terlihat seperti pada Gambar 11. Kurva

tersebut menggambarkan dengan jelas bagaimana hubungan probabilitas menjawab benar dengan waktu respon. Garis pada kurva tersebut dapat dimaknai bahwa, semakin lama waktu responnya maka probabilitas menjawab benarnya semakin besar. Pada Gambar 11, Kurva digambarkan dengan kondisi tingkat kemampuan peserta tes yang berbeda, sedangkan parameter lain dibuat konstan nilainya. Hal ini dapat menunjukkan bahwa semakin tinggi selisih antara kemampuan peserta tes dengan tingkat kesulitan (semakin pandai), maka probabilitas menjawab benarnya semakin tinggi.

Speed adalah suatu parameter yang berbeda dengan waktu respon. Hal ini telah dijelaskan melalui persamaan 40, sehingga *speed* layak untuk dipertimbangkan sebagai salah satu faktor yang juga berpengaruh terhadap probabilitas menjawab benar. *Speed* peserta tes dalam mengerjakan satu soal dapat dikaitkan dengan strategi dalam mengerjakan soal. Semakin tepatnya peserta tes dalam memilih strategi pengerjaan soal, maka *speed* peserta tes bisa semakin tinggi. Salah satu strategi yang mungkin dapat dilakukan oleh peserta tes adalah, mendahulukan pengerjaan butir soal yang dianggap mudah, dan mengerjakan soal yang dianggap sulit diakhir. Hubungan antara *speed*, kemampuan peserta tes dengan probabilitas menjawab benar dapat dilihat pada Kurva *Speed Ability Trade-Off*/SAT (van der Linden, 2009: 259).

Kurva *Speed Ability Trade Off* pada Gambar 12 dapat dimaknai bahwa saat seseorang mengerjakan suatu butir soal secara lambat maka probabilitas menjawab benarnya akan lebih tinggi jika dibandingkan dengan seseorang yang mengerjakan butir soal tersebut secara cepat. Hubungan antara probabilitas menjawab benar

dengan *speed* peserta tes adalah berbanding terbalik. Karena peserta tes yang meningkatkan *speed*-nya akan berpengaruh terhadap turunnya tingkat ketelitian, sehingga probabilitas menjawab benarnya juga menurun. Pada Kurva *Speed Ability Trade Off* juga digambarkan dengan kondisi tingkat kemampuan peserta tes yang berbeda, nilai parameter lainnya juga dibuat konstan. Sama halnya dengan Kurva CAF pada Gambar 11, dapat diinterpretasikan juga bahwa semakin tinggi selisih antara kemampuan peserta tes dengan tingkat kesulitan (semakin pandai), maka probabilitas menjawab benarnya semakin tinggi.



Gambar 12. Kurva SAT Model 2PL dengan Variabel Random Waktu Respon

Selanjutnya, untuk mendapatkan model simultan antara akurasi respon dengan waktu respon, maka diberlakukan konsep *joint distribution*. *Joint distribution* dapat dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$f(x_{ij}, t; \theta, a, b, \tau, \eta, \xi, \sigma) = f(x_{ij} | t; \theta, a, b, \tau, \eta) \cdot f(t_{ij} | \xi, \tau, \sigma) \quad (53)$$

Distribusi bersyarat keakuratan respon terhadap waktu responnya adalah sebagai berikut :

$$f(x_{ij}|t, \theta, a, b, \tau, \eta) = \left[\frac{\exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} \right) - b_j)))}{1 + \exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} \right) - b_j)))} \right]^{x_{ij}} \left[\frac{\exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} \right) - b_j)))}{1 + \exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} \right) - b_j)))} \right]^{1-x_{ij}}. \quad (54)$$

Distribusi marginal waktu responnya adalah sebagai berikut :

$$f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) = \left\{ \frac{1}{t_{ij}\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{1}{2} \left[\frac{(\ln t_{ij} - (\xi_j - \tau_i))}{\sigma} \right]^2 \right) \right\}. \quad (55)$$

Joint distribution-nya adalah sebagai berikut :

$$f(x_{ij}|t; \theta, a, b, \tau, \eta) = \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=0|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) \quad (56)$$

dengan,

$$P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) = \frac{\exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} \right) - b_j)))}{1 + \exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} \right) - b_j)))} \quad \text{dan} \quad f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) = \left\{ \frac{1}{t_{ij}\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left(-\frac{1}{2} \left[\frac{(\ln t_{ij} - (\xi_j - \tau_i))}{\sigma} \right]^2 \right) \right\}.$$

B. Estimasi Parameter Model Simultan

Metode estimasi parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bayesian*. Pada metode *Bayesian*, semua parameter dalam model adalah *random variable*, sehingga semua parameter dinyatakan dalam bentuk distribusi. Estimasi parameter dilakukan dengan menentukan distribusi *prior* yang sesuai dengan setiap parameter yang ada dalam model, dan distribusi *likelihood* yang sesuai dengan data terlebih dahulu, untuk menghasilkan bentuk distribusi *posterior*.

Distribusi *prior* merupakan representasi dari distribusi frekuensi parameter yang berada pada *range* tertentu. Tingkat kemampuan peserta tes (Θ) dibangkitkan pada rentang -3 sampai dengan 3, sehingga distribusi *prior* yang digunakan adalah normal, $\theta_i \sim N(0,1)$. Tingkat kesulitan soal (b) dibangkitkan pada rentang -2 sampai dengan 2, menurut Hambleton & Swaminathan (1985: 107) nilai b dapat dikategorikan baik jika berada pada rentang -2 sampai 2, sehingga distribusi *prior* yang digunakan adalah normal, $b_j \sim N(0,1)$. Daya beda soal (a) dibangkitkan pada rentang 0 sampai dengan 2, menurut Hambleton & Swaminathan (1985: 37) nilai a dapat dikategorikan baik jika berada pada rentang 0 sampai 2, sehingga distribusi *prior* yang digunakan adalah normal *truncated* (nilainya lebih dari 0), $a_j \sim N(0,1)$; $a_j > 0$. *Speed* peserta tes dalam mengerjakan satu butir soal dapat disimbolkan sebagai τ_i nilainya positif sehingga distribusi *prior*nya adalah normal *truncated*, $\tau_i \sim N(0,1)$; $\tau_i > 0$. *Time intensity* dapat disimbolkan sebagai ξ_j , nilainya positif sehingga distribusi *prior*nya adalah normal *truncated*, $\xi_j \sim N(0,1)$; $\xi_j > 0$. Standar deviasi ditentukan memiliki *prior* distribusi *Uniform*, sehingga $\sigma \sim U(0,1)$. Distribusi *prior* ini dipilih berdasarkan domain dari parameter yang ditentukan berdasarkan teori. *Probability Density Function* (PDF) dari distribusi *prior* untuk setiap parameter dinyatakan sebagai berikut:

$$f(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\theta^2}{2}\right) \quad (57)$$

$$f(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{a^2}{2}\right) \quad (58)$$

$$f(b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{a^2}{2}\right) \quad (59)$$

$$f(b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\tau^2}{2}\right) \quad (60)$$

$$f(b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{2}\right) \quad (61)$$

$$f(\sigma) = \frac{1}{q-p}. \quad (62)$$

Distribusi *likelihood* ditentukan berdasarkan data, yaitu respon jawaban peserta tes yang berbentuk dikotomus dimana skor jawaban benar adalah 1 dan skor jawaban salah adalah 0, sehingga distribusi *likelihood* yang sesuai adalah distribusi *Bernoulli*. Distribusi *likelihood*-nya adalah sebagai berikut:

$$L(x_{ij}, t | \theta, a, b, \tau, \eta, \xi, \sigma) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1 | \theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_{ij}, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=0 | \theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_{ij}, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij} | \xi, \tau, \sigma) \right\}.$$

dengan,

$$P(x=1 | \theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_{ij}, \eta) = \frac{\exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} - b_j \right)))}{1 + \exp(1.7(a_j(\theta_i - \tau_i - \eta \left(\frac{1}{t_{ij}} - b_j \right)))} \quad \text{dan} \quad f(t_{ij} | \xi, \tau, \sigma) = \left\{ \frac{1}{t_{ij} \sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left[\frac{(\ln t_{ij} - (\xi_j - \tau_i))}{\sigma} \right]^2 \right) \right\}.$$

Distribusi *posterior* adalah proporsional terhadap perkalian antara distribusi *likelihood* dengan distribusi *prior*. Distribusi *posterior* untuk parameter θ_i dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L(\theta | x_{ij}, t, a, b, \tau, \eta, \xi, \sigma) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1 | \theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_{ij}, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=0 | \theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_{ij}, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij} | \xi, \tau, \sigma) \right\} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\theta_i^2}{2}\right) \right]. \quad (63)$$

Distribusi *posterior* untuk parameter b_j dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L(b|x_{ij}, t, \theta, a, \tau, \eta, \xi, \sigma) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) \right\} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{b_j^2}{2}\right) \right]. \quad (64)$$

Distribusi *posterior* untuk parameter a_j dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L(a|x_{ij}, t, \theta, b, \tau, \eta, \xi, \sigma) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) \right\} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{a_j^2}{2}\right) \right]. \quad (65)$$

Distribusi *posterior* untuk parameter τ_i dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L(\tau|x_{ij}, t, \theta, b, a, \eta, \xi, \sigma) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) \right\} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\tau_i^2}{2}\right) \right]. \quad (66)$$

Distribusi *posterior* untuk parameter ξ_j dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L(\xi|x_{ij}, t, \theta, b, a, \tau, \eta, \sigma) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) \right\} \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\xi_j^2}{2}\right) \right]. \quad (67)$$

Distribusi *posterior* untuk parameter σ dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L(\sigma|x_{ij}, t, \theta, b, a, \tau, \xi, \eta) = \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^m \left\{ \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{x_{ij}} \left[P(x=1|\theta_j, t_{ij}, a_j, b_j, \tau_i, \eta) \right]^{1-x_{ij}} f(t_{ij}|\xi, \tau, \sigma) \right\}. \quad (68)$$

Distribusi *posterior* di atas merupakan suatu model dengan parameter yang kompleks, sehingga integrasi numeriknya dengan *Markov Chain Monte Carlo* (MCMC) dan untuk membangkitkan nilai parameter berdasarkan distribusi *posterior* di atas, digunakan algoritma *Gibbs Sampling*. Implementasi terhadap algoritma tersebut dilakukan dengan bantuan R2WinBUGS (mengintegrasikan program R dengan WinBUGS). Pembangkitan data secara simulasi seutuhnya dilakukan dengan bantuan program R, sedangkan untuk estimasi parameternya

dilakukan dengan R2WinBUGS (*syntax* di *running* di program R namun *output*-nya dapat dilihat pada WinBUGS). Untuk lebih jelasnya, contoh *syntax* secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 9 sampai dengan Lampiran 13.

C. Uji Konvergensi Parameter Model

Estimator *Bayesian* merupakan *mean* dari distribusi *posterior*, artinya nilai estimasi parameter itu mendekati nilai *mean* dari distribusi *posterior*nya. Langkah selanjutnya adalah memastikan apakah bangkitan *posterior* yang telah dihasilkan bersifat konvergen (data hasil bangkitan telah stabil). Apabila jumlah iterasi terlalu kecil, maka kondisi konvergen tidak bisa tercapai. Untuk memastikan nilai bangkitan *posterior* yang dihasilkan sifatnya konvergen, maka dapat diperiksa dengan mengamati *history trace plot*, *autocorrelation plot*, atau *quantiles plot* pada *output* program WinBUGS 14. Apabila secara visual terlihat tidak ada *trend* atau kecenderungan tertentu (menyebar stabil di sekitar dua garis horizontal yang paralel) dalam plot tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi tersebut konvergen. Selain itu konvergensi suatu parameter dapat diperiksa dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* dengan nilai *Markov Chain Error* (*MC Error*). Apabila nilai 5% SD lebih besar dari *MC Error* maka dapat disimpulkan hasil estimasi tersebut konvergen (Septiana & Soehardjoepri, 2017). Estimasi parameter tahap awal dilakukan dengan menggunakan data bangkitan (simulasi). Data dibangkitkan dengan berbagai skenario data, yang merupakan kombinasi dari banyaknya peserta tes ($n=300$, $n=600$ dan $n=1200$) dan banyaknya soal tes ($m=10$, $m=20$ dan $m=40$).

Tabel 3 dan Tabel 4 adalah tabel informasi untuk hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=300$ dan $m=10$. Secara visual dapat diketahui bahwa memang ada selisih antara data bangkitan dengan hasil estimasi parameter, tetapi selisihnya tidak terlalu jauh. Dari hasil estimasi tersebut, perlu dilakukan pengujian konvergensi estimasi parameter model pada saat simulasi. Selain dengan mengamati *trend* atau kecenderungan pada *history trace plot*, *autocorrelation plot*, atau *quantiles plot*, uji konvergensi estimasi parameter dapat dilakukan dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

Tabel 3. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=300; m=10$

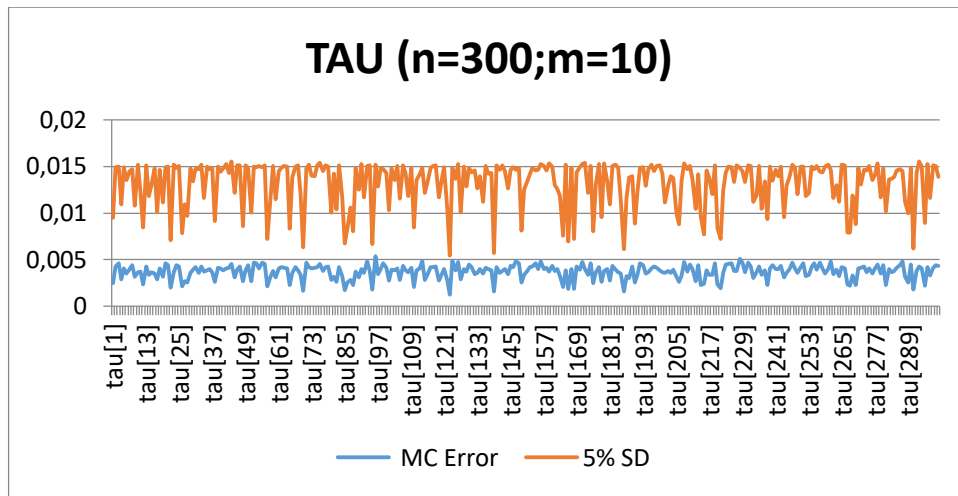
| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 1,034636 | 0,9182 | -2,0 | -2,0450 | 0,688888 | 0,72590 |
| 2 | 0,809734 | 0,8855 | -1,6 | -1,6260 | 0,027548 | 0,03307 |
| 3 | 0,954706 | 0,9166 | -1,2 | -1,1570 | 0,582995 | 0,58680 |
| 4 | 0,505483 | 0,4495 | -0,8 | -0,7637 | 1,769432 | 1,81500 |
| 5 | 1,352648 | 1,2360 | -0,4 | -0,2773 | 1,249049 | 1,28800 |
| 6 | 1,073110 | 1,0530 | 0,4 | 0,5181 | 0,204248 | 0,25560 |
| 7 | 1,369896 | 1,4620 | 0,8 | 0,8476 | 0,361367 | 0,50110 |
| 8 | 1,289136 | 1,1150 | 1,2 | 1,6120 | 0,805527 | 0,87190 |
| 9 | 1,071314 | 1,0440 | 1,6 | 1,8210 | 1,075639 | 1,14700 |
| 10 | 0,750666 | 0,8127 | 2,0 | 1,6610 | 0,414484 | 0,44080 |

Tabel 4. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=300; m=10$

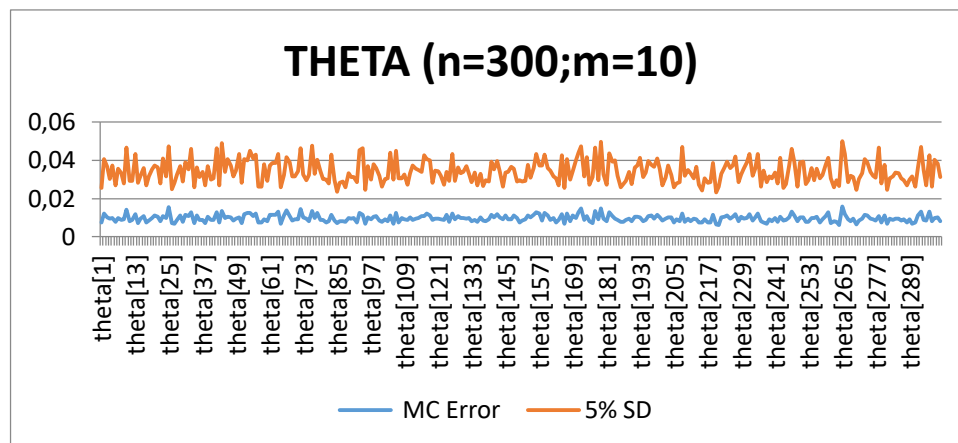
| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|--------------------|-----------|--------------|
| Tau (τ) | 0,748704 | 0,802044333 |
| Theta (Θ) | -0,064500 | -0,003495110 |

Tabel 5. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk $n=300; m=10$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | a | | b | | xi(ξ) | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,002231 | 0,007655 | 0,002304 | 0,006670 | 0,001087 | 0,003254 |
| 2 | 0,002765 | 0,008265 | 0,002679 | 0,007645 | 4,41E-04 | 0,001408 |
| 3 | 0,003113 | 0,008130 | 0,002560 | 0,007035 | 8,99E-04 | 0,003196 |
| 4 | 0,001251 | 0,004477 | 0,003665 | 0,010110 | 8,53E-04 | 0,003172 |
| 5 | 0,004841 | 0,012995 | 0,002360 | 0,006905 | 9,21E-04 | 0,003213 |
| 6 | 0,006163 | 0,014320 | 0,007204 | 0,015620 | 9,73E-04 | 0,003153 |
| 7 | 0,008526 | 0,020725 | 0,006275 | 0,014055 | 8,63E-04 | 0,003224 |
| 8 | 0,006131 | 0,016245 | 0,008621 | 0,021175 | 9,84E-04 | 0,003243 |
| 9 | 0,005489 | 0,014235 | 0,008281 | 0,022820 | 9,33E-04 | 0,003275 |
| 10 | 0,004076 | 0,009985 | 0,008603 | 0,023795 | 9,09E-04 | 0,003171 |



Gambar 13. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=300;m=10$



Gambar 14. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=300;m=10$

Gambar 13 dan Gambar 14 adalah gambar grafik yang menunjukkan perbandingan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa posisi garis grafik 5% SD semuanya berada di atas MC Error, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 300 dengan banyaknya soal tes 10 tersebut konvergen.

Selanjutnya Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=600$ dan $m=10$. Secara visual dapat diketahui bahwa tidak ada selisih yang terlalu jauh antara data bangkitan dengan hasil estimasi parameter. Pengujian konvergensi estimasi parameter model juga dilakukan di sini dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

Tabel 6. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=600; m=10$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 1,143216 | 1,4800 | -2,0 | -2,0450 | 0,053424 | 0,06388 |
| 2 | 0,656054 | 0,6821 | -1,6 | -1,6170 | 0,606765 | 0,50870 |
| 3 | 1,411578 | 1,3530 | -1,2 | -1,1620 | 0,112806 | 0,10840 |
| 4 | 0,490147 | 0,5087 | -0,8 | -0,8722 | 0,558029 | 0,55050 |
| 5 | 0,582267 | 0,4930 | -0,4 | -0,0932 | 0,116654 | 0,12160 |
| 6 | 0,482088 | 0,3950 | 0,4 | 0,7900 | 0,297337 | 0,30950 |
| 7 | 1,461318 | 1,4590 | 0,8 | 0,8197 | 0,738549 | 0,75850 |
| 8 | 0,610556 | 0,5729 | 1,2 | 1,2840 | 1,331617 | 1,33300 |
| 9 | 1,253023 | 1,3280 | 1,6 | 1,5890 | 0,613480 | 0,61020 |
| 10 | 0,480220 | 0,7611 | 2,0 | 1,1130 | 1,529282 | 1,53600 |

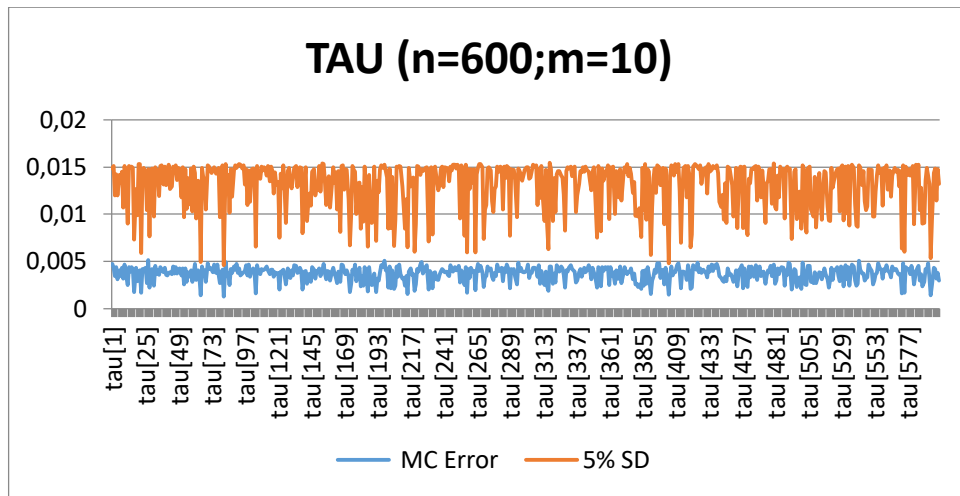
Tabel 7. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=600; m=10$

| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|--------------------|-----------|----------|
| Tau (τ) | 0,778423 | 0,791079 |
| Theta (Θ) | 0,062949 | 0,000548 |

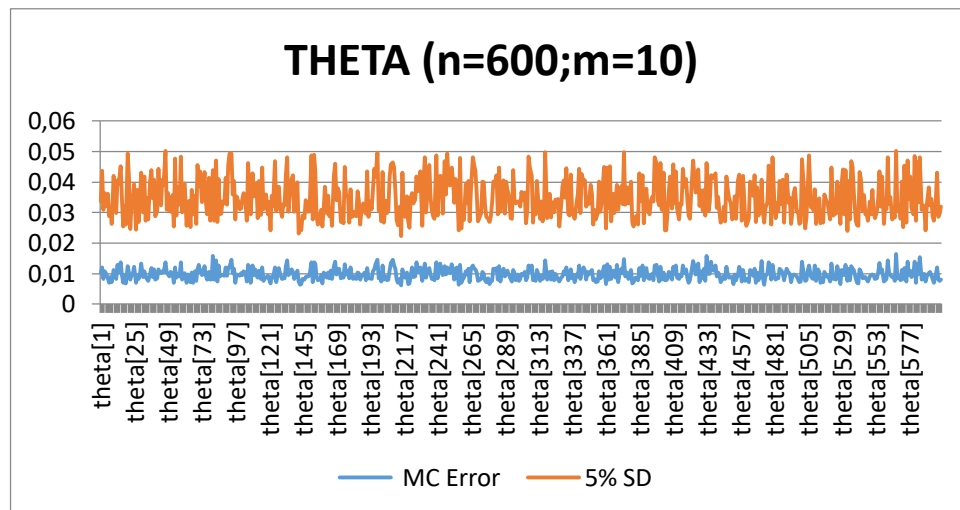
Tabel 8. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk $n=600; m=10$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | <i>MC Error</i> | 5% SD | <i>MC Error</i> | 5% SD | <i>MC Error</i> | 5% SD |
| 1 | 0,004421 | 0,012365 | 0,001540 | 0,004360 | 6,62E-04 | 0,001883 |
| 2 | 0,001224 | 0,003742 | 0,001839 | 0,005505 | 7,55E-04 | 0,002309 |
| 3 | 0,003810 | 0,011060 | 0,001602 | 0,004699 | 7,00E-04 | 0,002197 |
| 4 | 9,83E-04 | 0,003103 | 0,002606 | 0,007745 | 8,26E-04 | 0,002301 |
| 5 | 0,001091 | 0,003360 | 0,004158 | 0,011515 | 6,83E-04 | 0,002267 |
| 6 | 0,001233 | 0,002831 | 0,007600 | 0,017695 | 7,92E-04 | 0,002304 |
| 7 | 0,007314 | 0,016900 | 0,004818 | 0,009675 | 8,23E-04 | 0,002266 |
| 8 | 0,002287 | 0,004696 | 0,008157 | 0,016070 | 8,03E-04 | 0,002297 |
| 9 | 0,008239 | 0,018410 | 0,008500 | 0,019040 | 7,03E-04 | 0,002261 |
| 10 | 0,003054 | 0,006280 | 0,006244 | 0,012770 | 7,25E-04 | 0,002285 |

Gambar 15 dan Gambar 16 menunjukkan grafik perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (*MC Error*). Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa posisi garis grafik 5% SD semuanya berada di atas *MC Error*, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 600 dengan banyaknya soal tes 10 tersebut konvergen.



Gambar 15. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=600;m=10$



Gambar 16. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=600;m=10$

Tabel 9. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=1200; m=10$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 0,780827 | 0,8328 | -2,0 | -1,9570 | 1,640509 | 1,65300 |
| 2 | 1,885334 | 1,9610 | -1,6 | -1,6520 | 1,884588 | 1,86300 |
| 3 | 0,999605 | 1,1130 | -1,2 | -1,1810 | 1,237541 | 1,27500 |
| 4 | 0,510208 | 0,4907 | -0,8 | -0,9604 | 0,111071 | 0,09783 |
| 5 | 0,601502 | 0,6061 | -0,4 | -0,4514 | 1,628819 | 1,63500 |
| 6 | 0,714503 | 0,7698 | 0,4 | 0,2185 | 0,387096 | 0,41590 |
| 7 | 0,415220 | 0,4225 | 0,8 | 0,7316 | 1,536423 | 1,55200 |
| 8 | 0,704105 | 0,8687 | 1,2 | 0,8760 | 0,853944 | 0,89130 |
| 9 | 0,470797 | 0,4624 | 1,6 | 1,6880 | 0,643100 | 0,62600 |
| 10 | 1,561728 | 1,2240 | 2,0 | 2,4880 | 0,726325 | 0,70060 |

Tabel 10. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=1200; m=10$

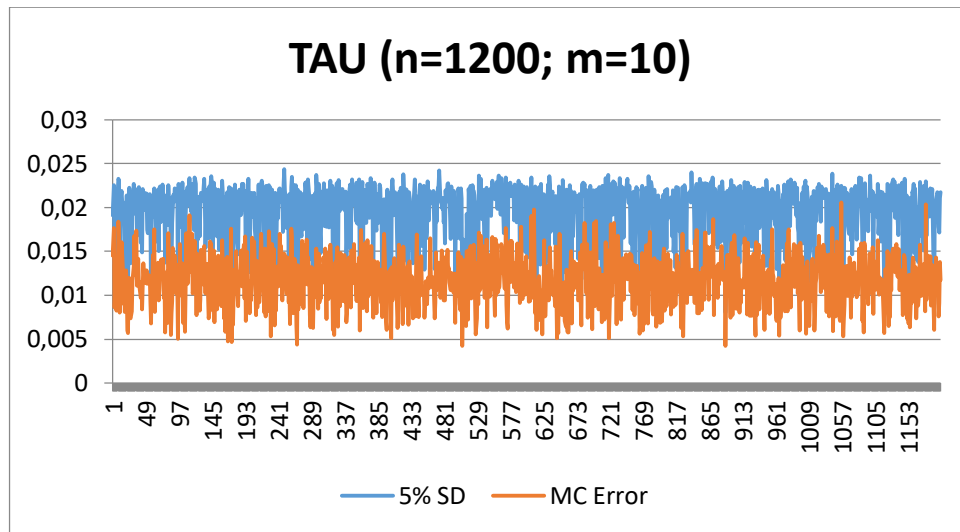
| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|--------------------|-----------|-------------|
| Tau (τ) | 0,776439 | 0,784431000 |
| Theta (Θ) | 0,034913 | 0,000101175 |

Tabel 9 dan Tabel 10 adalah tabel informasi untuk hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=1200$ dan $m=10$. Secara visual dapat diketahui bahwa memang ada selisih antara data bangkitan dengan hasil estimasi parameter, tetapi selisihnya tidak terlalu jauh. Dari hasil estimasi tersebut, perlu dilakukan pengujian konvergensi estimasi parameter model pada saat simulasi.

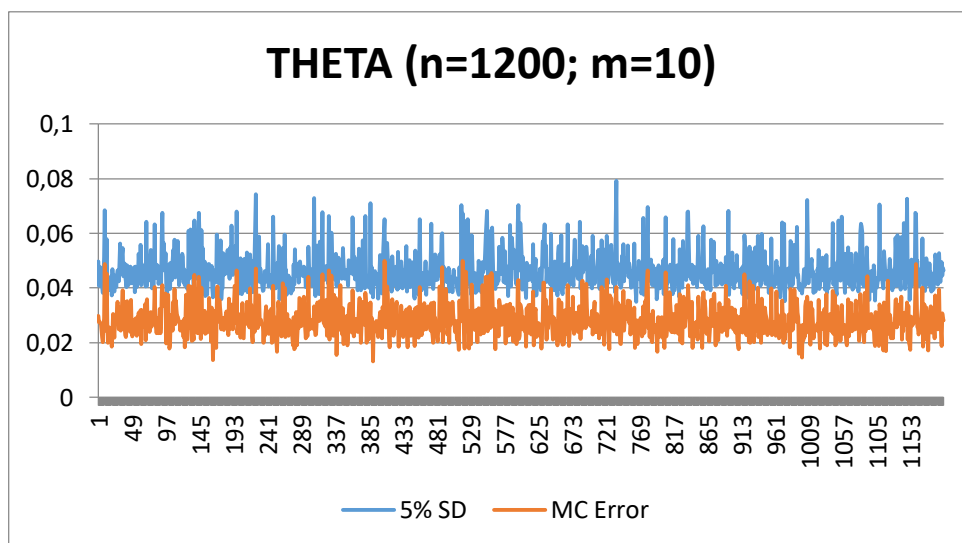
Tabel 11. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk $n=1200; m=10$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,003587 | 0,005027 | 0,002882 | 0,004994 | 0,001908 | 0,002430 |
| 2 | 0,020340 | 0,020513 | 0,003357 | 0,003625 | 0,001630 | 0,002327 |
| 3 | 0,004242 | 0,006578 | 0,002516 | 0,004226 | 0,001665 | 0,002366 |
| 4 | 0,001813 | 0,003029 | 0,006177 | 0,009150 | 0,001837 | 0,002473 |
| 5 | 0,002233 | 0,003969 | 0,004588 | 0,006553 | 0,001821 | 0,002517 |
| 6 | 0,004066 | 0,006584 | 0,008227 | 0,010688 | 0,001644 | 0,002426 |
| 7 | 0,003073 | 0,003310 | 0,012650 | 0,014400 | 0,001340 | 0,002436 |
| 8 | 0,008622 | 0,008235 | 0,014240 | 0,012353 | 0,002007 | 0,002536 |
| 9 | 0,004673 | 0,004238 | 0,029560 | 0,024060 | 0,001909 | 0,002396 |
| 10 | 0,021920 | 0,022680 | 0,030920 | 0,035393 | 0,001299 | 0,002343 |

Gambar 17 dan Gambar 18 adalah gambar grafik yang menunjukkan perbandingan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa posisi garis grafik 5% SD berada di atas MC Error, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 1200 dengan banyaknya soal tes 10 tersebut konvergen.



Gambar 17. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=1200; m=10$



Gambar 18. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=1200; m=10$

Tabel 12 dan Tabel 13 memberikan informasi untuk hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=300$ dan $m=20$. Secara visual dapat diketahui bahwa nilai parameter bangkitan dengan hasil estimasi parameter tidaklah terlalu jauh. Selanjutnya pengujian konvergensi estimasi parameter model juga

dilakukan dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

Tabel 12. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=300; m=20$

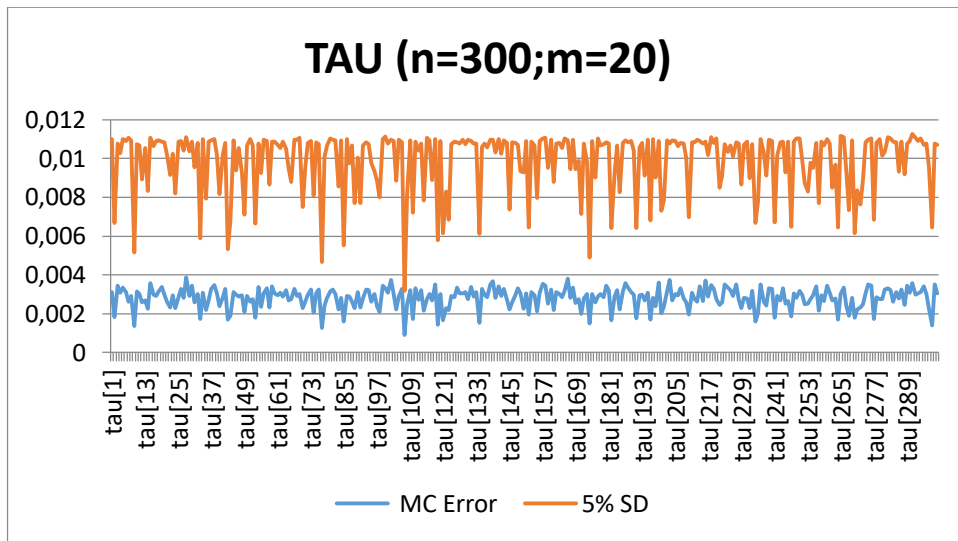
| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 1,3679375 | 1,2440 | -2,0 | -1,9960 | 0,1365749 | 0,10400 |
| 2 | 0,9505754 | 1,0420 | -1,8 | -1,7400 | 0,7560874 | 0,70750 |
| 3 | 1,0540022 | 1,0350 | -1,6 | -1,5780 | 1,1979612 | 1,22300 |
| 4 | 0,4369791 | 0,3695 | -1,4 | -1,2290 | 1,2410687 | 1,23900 |
| 5 | 0,6306937 | 0,5939 | -1,2 | -1,2220 | 0,0468743 | 0,04302 |
| 6 | 1,7774280 | 1,9000 | -1,0 | -1,0720 | 0,1030442 | 0,16980 |
| 7 | 0,9936347 | 1,0760 | -0,8 | -1,1110 | 0,5245736 | 0,59010 |
| 8 | 1,0181475 | 1,2290 | -0,6 | -0,5236 | 0,2010676 | 0,21250 |
| 9 | 0,4371098 | 0,4183 | -0,4 | -0,2512 | 0,5786030 | 0,61660 |
| 10 | 1,6934222 | 1,9820 | -0,2 | -0,2718 | 1,8166355 | 1,88000 |
| 11 | 0,4404402 | 0,4961 | 0,2 | 0,1764 | 0,4095710 | 0,47670 |
| 12 | 1,0525162 | 0,8148 | 0,4 | 0,7768 | 0,1924929 | 0,08508 |
| 13 | 0,6249118 | 0,6798 | 0,6 | 0,5488 | 0,3501343 | 0,33560 |
| 14 | 0,7147058 | 0,8077 | 0,8 | 0,1704 | 0,2266896 | 0,24080 |
| 15 | 0,6326274 | 0,5960 | 1,0 | 1,0510 | 0,6850560 | 0,77740 |
| 16 | 0,6359859 | 0,9598 | 1,2 | 0,4668 | 0,1076085 | 0,10180 |
| 17 | 0,9258781 | 1,0960 | 1,4 | 1,4300 | 0,7053621 | 0,70690 |
| 18 | 1,1128531 | 1,1190 | 1,6 | 1,7130 | 1,3132361 | 1,33000 |
| 19 | 0,5582253 | 0,7535 | 1,8 | 1,3840 | 1,6734316 | 1,65000 |
| 20 | 1,0380097 | 1,0490 | 2,0 | 2,0320 | 0,8846970 | 0,85670 |

Tabel 13. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk n=300;m=20

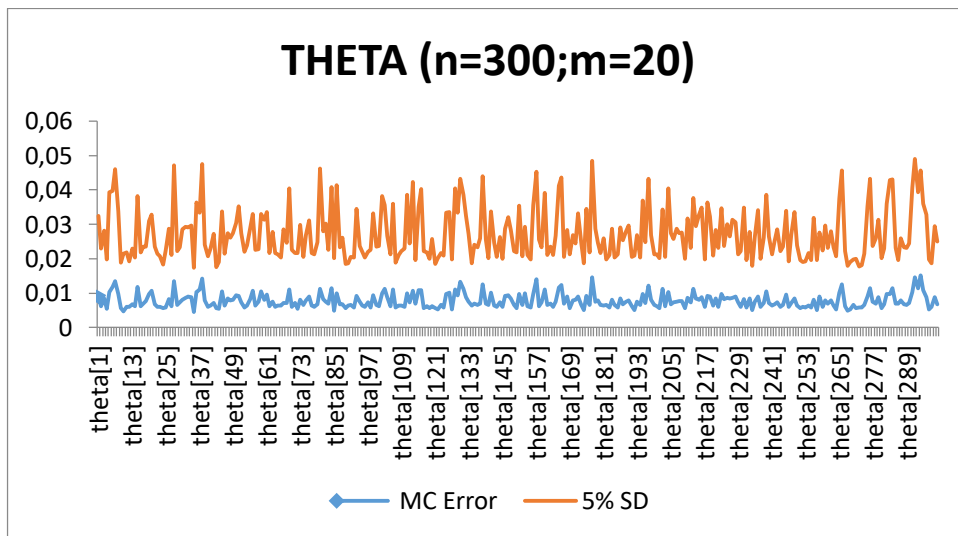
| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|--------------------|-----------|----------|
| Tau (τ) | 0,757221 | 0,783158 |
| Theta (Θ) | 0,079997 | 0,010464 |

Tabel 14. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk n=300;m=20

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | a | | b | | xi(ξ) | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,003433 | 0,010395 | 0,001855 | 0,006125 | 8,16E-04 | 0,002775 |
| 2 | 0,002246 | 0,007865 | 0,002215 | 0,006170 | 0,001019 | 0,003059 |
| 3 | 0,002356 | 0,007545 | 0,002125 | 0,005875 | 0,001083 | 0,003158 |
| 4 | 9,04E-04 | 0,003050 | 0,003202 | 0,011160 | 9,74E-04 | 0,003103 |
| 5 | 0,001593 | 0,004887 | 0,003493 | 0,010085 | 4,92E-04 | 0,001699 |
| 6 | 0,005614 | 0,018995 | 0,002244 | 0,005780 | 8,00E-04 | 0,003127 |
| 7 | 0,002533 | 0,008370 | 0,002400 | 0,006320 | 9,19E-04 | 0,003171 |
| 8 | 0,003453 | 0,011530 | 0,002704 | 0,007930 | 0,001049 | 0,003117 |
| 9 | 0,001105 | 0,003498 | 0,004506 | 0,014475 | 8,00E-04 | 0,003119 |
| 10 | 0,006338 | 0,017910 | 0,001931 | 0,004912 | 0,001119 | 0,003112 |
| 11 | 0,001460 | 0,004424 | 0,004980 | 0,015965 | 0,001064 | 0,003129 |
| 12 | 0,003263 | 0,009245 | 0,005974 | 0,017855 | 8,50E-04 | 0,002570 |
| 13 | 0,002292 | 0,006810 | 0,005731 | 0,015485 | 9,71E-04 | 0,003089 |
| 14 | 0,002872 | 0,007740 | 0,004770 | 0,012725 | 0,001135 | 0,003149 |
| 15 | 0,002077 | 0,005670 | 0,007289 | 0,018560 | 0,001213 | 0,003122 |
| 16 | 0,003514 | 0,010415 | 0,005253 | 0,014310 | 8,88E-04 | 0,002756 |
| 17 | 0,004621 | 0,013340 | 0,006692 | 0,017700 | 0,001022 | 0,003089 |
| 18 | 0,005467 | 0,014610 | 0,007401 | 0,019240 | 9,31E-04 | 0,003090 |
| 19 | 0,002951 | 0,007505 | 0,006841 | 0,016960 | 0,001050 | 0,003116 |
| 20 | 0,004576 | 0,013570 | 0,008342 | 0,023755 | 9,05E-04 | 0,003111 |



Gambar 19. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=300;m=20$



Gambar 20. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=300;m=20$

Selanjutnya Gambar 19 dan Gambar 20 adalah gambar grafik menunjukkan grafik perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diketahui bahwa posisi garis grafik 5% SD semuanya berada di atas MC Error,

sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 300 dengan banyaknya soal tes 20 tersebut konvergen.

Tabel 15. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=600; m=20$

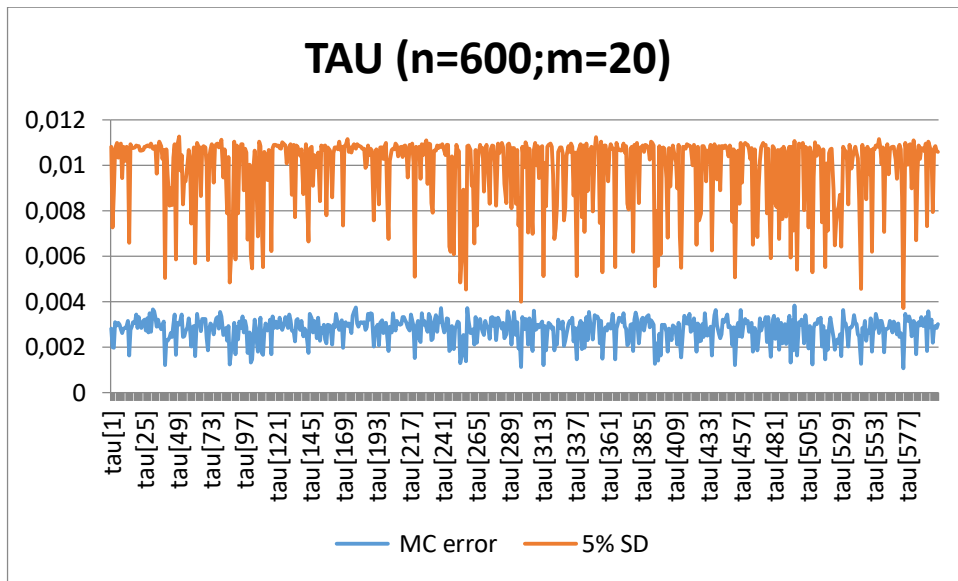
| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 0,944382 | 0,9727 | -2,0 | -2,02800 | 0,894496 | 0,85450 |
| 2 | 0,532126 | 0,4754 | -1,8 | -1,92500 | 1,994901 | 1,98900 |
| 3 | 0,703178 | 0,8152 | -1,6 | -1,64900 | 0,893728 | 0,95390 |
| 4 | 0,408241 | 0,4368 | -1,4 | -1,69900 | 0,492904 | 0,51580 |
| 5 | 0,908599 | 0,8805 | -1,2 | -1,34200 | 0,733164 | 0,71760 |
| 6 | 0,992439 | 0,9486 | -1,0 | -1,09600 | 0,214258 | 0,27290 |
| 7 | 1,659499 | 1,5230 | -0,8 | -0,81980 | 0,450249 | 0,49250 |
| 8 | 1,498708 | 1,4280 | -0,6 | -0,59330 | 1,626876 | 1,69800 |
| 9 | 0,804193 | 0,9014 | -0,4 | -0,64910 | 1,458248 | 1,47300 |
| 10 | 0,926516 | 0,8436 | -0,2 | -0,20300 | 1,234032 | 1,27300 |
| 11 | 0,749531 | 0,8310 | 0,2 | -0,00556 | 0,578578 | 0,67490 |
| 12 | 1,217771 | 1,3610 | 0,4 | 0,26490 | 0,830810 | 0,82330 |
| 13 | 0,893436 | 1,0590 | 0,6 | 0,35710 | 0,405864 | 0,45270 |
| 14 | 1,506254 | 1,5770 | 0,8 | 0,77640 | 0,014093 | 0,03004 |
| 15 | 1,526587 | 1,8360 | 1,0 | 0,80530 | 0,700063 | 0,76150 |
| 16 | 1,018507 | 0,8574 | 1,2 | 1,50200 | 0,176215 | 0,20890 |
| 17 | 0,967301 | 0,9500 | 1,4 | 1,63000 | 1,334336 | 1,35500 |
| 18 | 0,602448 | 0,6245 | 1,6 | 1,28500 | 0,513763 | 0,54520 |
| 19 | 0,707045 | 0,9593 | 1,8 | 1,10100 | 0,224596 | 0,20400 |
| 20 | 0,486596 | 0,5530 | 2,0 | 1,41500 | 0,582063 | 0,52090 |

Tabel 16. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk n=600;m=20

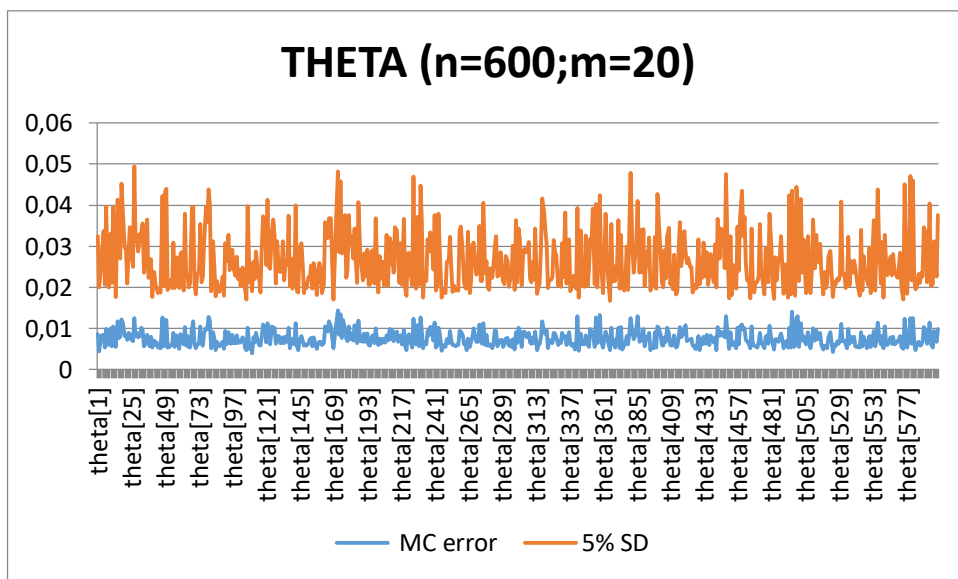
| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|------------------------------------|-----------|----------|
| Tau (τ) | 0,769744 | 0,79333 |
| Theta (Θ) | 0,080576 | 0,04436 |

Tabel 17. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk n=600;m=20

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | a | | b | | xi(ξ) | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,001415 | 0,004905 | 0,001890 | 0,004456 | 7,52E-04 | 0,002203 |
| 2 | 8,11E-04 | 0,002758 | 0,002445 | 0,006835 | 8,01E-04 | 0,002194 |
| 3 | 0,001303 | 0,004001 | 0,002032 | 0,004643 | 6,67E-04 | 0,002218 |
| 4 | 6,17E-04 | 0,002345 | 0,002262 | 0,007320 | 7,08E-04 | 0,002246 |
| 5 | 0,001404 | 0,004519 | 0,001752 | 0,004698 | 7,09E-04 | 0,002216 |
| 6 | 0,001448 | 0,005030 | 0,001823 | 0,004963 | 6,88E-04 | 0,002195 |
| 7 | 0,003086 | 0,010295 | 0,001876 | 0,004117 | 6,94E-04 | 0,002214 |
| 8 | 0,002599 | 0,008205 | 0,001693 | 0,003699 | 7,41E-04 | 0,002236 |
| 9 | 0,001334 | 0,004754 | 0,001924 | 0,004625 | 7,80E-04 | 0,002239 |
| 10 | 0,001821 | 0,004739 | 0,002329 | 0,005700 | 7,22E-04 | 0,002241 |
| 11 | 0,001557 | 0,005085 | 0,002117 | 0,006720 | 7,76E-04 | 0,002241 |
| 12 | 0,003534 | 0,009840 | 0,002336 | 0,005745 | 8,08E-04 | 0,002203 |
| 13 | 0,002785 | 0,007520 | 0,003295 | 0,007950 | 7,35E-04 | 0,002222 |
| 14 | 0,007525 | 0,018755 | 0,004343 | 0,010275 | 3,19E-04 | 0,001195 |
| 15 | 0,006723 | 0,018485 | 0,002963 | 0,007120 | 8,23E-04 | 0,002176 |
| 16 | 0,002968 | 0,007970 | 0,007106 | 0,017520 | 6,32E-04 | 0,002205 |
| 17 | 0,003058 | 0,007960 | 0,005964 | 0,013605 | 8,22E-04 | 0,002183 |
| 18 | 0,001680 | 0,004628 | 0,006219 | 0,015350 | 6,47E-04 | 0,002206 |
| 19 | 0,002810 | 0,008660 | 0,004785 | 0,013425 | 7,36E-04 | 0,002202 |
| 20 | 0,001509 | 0,003931 | 0,006699 | 0,016680 | 6,99E-04 | 0,002193 |



Gambar 21. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=600;m=20$



Gambar 22. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=600;m=20$

Tabel 15 dan tabel 16 yang menunjukkan hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=600$ dan $m=20$. Secara visual dapat diketahui bahwa selisih antara data bangkitan dengan hasil estimasi *item parameter* tidak terlalu jauh. Untuk *person parameter* pada parameter theta-nya terlihat adanya selisih rata-rata yang cukup jauh. Selanjutnya juga dilakukan pengujian konvergensi estimasi parameter model dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

Gambar 21 dan Gambar 22 adalah gambar grafik menunjukkan perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Kedua gambar tersebut menunjukkan bahwa semua posisi garis grafik 5% SD berada di atas MC Error, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 600 dengan banyaknya soal tes 20 tersebut konvergen.

Tabel 18 dan Tabel 19 memberikan informasi untuk hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=1200$ dan $m=20$. Secara visual dapat diketahui bahwa nilai parameter bangkitan dengan hasil estimasi parameter tidaklah terlalu jauh. Selanjutnya pengujian konvergensi estimasi parameter model juga dilakukan dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

Tabel 18. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=1200; m=20$

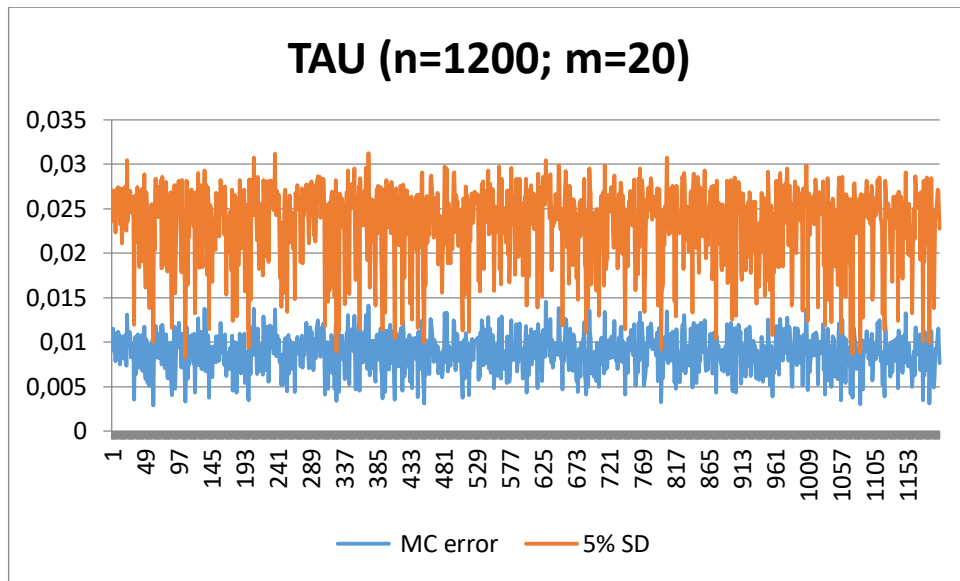
| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 0,766631 | 0,7887 | -2,0 | -1,9790 | 1,161445 | 1,13800 |
| 2 | 0,589993 | 0,5645 | -1,8 | -1,8740 | 1,344779 | 1,34100 |
| 3 | 0,961274 | 1,0190 | -1,6 | -1,6900 | 0,058504 | 0,10840 |
| 4 | 0,730853 | 0,6931 | -1,4 | -1,4550 | 0,200503 | 0,23380 |
| 5 | 1,459399 | 1,3530 | -1,2 | -1,2660 | 1,293318 | 1,29900 |
| 6 | 1,303265 | 1,2800 | -1,0 | -1,0650 | 2,141999 | 2,18600 |
| 7 | 1,201483 | 1,1830 | -0,8 | -0,8094 | 2,717017 | 2,71400 |
| 8 | 0,693185 | 0,6153 | -0,6 | -0,5758 | 1,053168 | 1,07000 |
| 9 | 1,536690 | 1,5740 | -0,4 | -0,4506 | 1,468475 | 1,48000 |
| 10 | 1,479504 | 1,4050 | -0,2 | -0,2448 | 0,481639 | 0,51760 |
| 11 | 1,339817 | 1,2800 | 0,2 | 0,1553 | 0,275745 | 0,31680 |
| 12 | 0,511067 | 0,4972 | 0,4 | 0,3336 | 1,024223 | 0,99720 |
| 13 | 0,483049 | 0,4971 | 0,6 | 0,5007 | 0,347847 | 0,35590 |
| 14 | 1,075530 | 0,8552 | 0,8 | 1,0810 | 0,110887 | 0,09853 |
| 15 | 0,452804 | 0,4356 | 1,0 | 0,9894 | 0,356031 | 0,39920 |
| 16 | 1,124749 | 1,0530 | 1,2 | 1,1240 | 2,358780 | 2,40300 |
| 17 | 0,747436 | 0,6084 | 1,4 | 2,0990 | 0,311475 | 0,32060 |
| 18 | 0,449318 | 0,5035 | 1,6 | 1,1790 | 0,275393 | 0,29900 |
| 19 | 0,547749 | 0,6257 | 1,8 | 1,4280 | 1,532059 | 1,52100 |
| 20 | 0,638374 | 0,6754 | 2,0 | 1,7670 | 0,042432 | 0,02072 |

Tabel 19. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=1200; m=20$

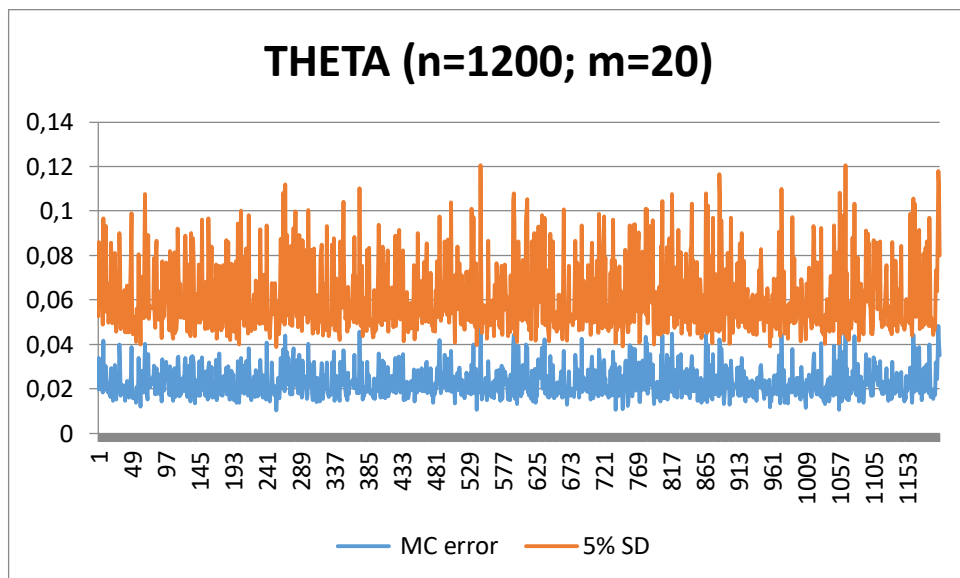
| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|--------------------|-----------|-----------|
| Tau (τ) | 0,792395 | 0,806218 |
| Theta (Θ) | -0,063920 | -0,034790 |

Tabel 20. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk n=1200;m=20

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | a | | b | | xi(ξ) | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,002102 | 0,003953 | 0,004134 | 0,005020 | 0,001885 | 0,002425 |
| 2 | 0,001945 | 0,003065 | 0,004707 | 0,006245 | 0,001323 | 0,002366 |
| 3 | 0,003410 | 0,005935 | 0,003441 | 0,004982 | 0,001263 | 0,002383 |
| 4 | 0,002295 | 0,003605 | 0,005262 | 0,006086 | 0,001597 | 0,002491 |
| 5 | 0,004033 | 0,007748 | 0,003579 | 0,003950 | 0,001776 | 0,002326 |
| 6 | 0,004858 | 0,007242 | 0,003545 | 0,003829 | 0,001577 | 0,002193 |
| 7 | 0,004606 | 0,006564 | 0,003196 | 0,003710 | 0,001710 | 0,002378 |
| 8 | 0,002204 | 0,003672 | 0,005877 | 0,006569 | 0,001715 | 0,002264 |
| 9 | 0,010390 | 0,010965 | 0,004571 | 0,004136 | 0,001271 | 0,002371 |
| 10 | 0,006935 | 0,010193 | 0,005356 | 0,005672 | 0,001552 | 0,002250 |
| 11 | 0,006763 | 0,010650 | 0,006778 | 0,007421 | 0,001496 | 0,002266 |
| 12 | 0,002285 | 0,003461 | 0,008790 | 0,011288 | 0,001357 | 0,002291 |
| 13 | 0,003195 | 0,003726 | 0,012190 | 0,015060 | 0,001577 | 0,002290 |
| 14 | 0,006871 | 0,008528 | 0,014280 | 0,016995 | 0,001344 | 0,002204 |
| 15 | 0,002603 | 0,003336 | 0,015920 | 0,018450 | 0,001659 | 0,002548 |
| 16 | 0,009929 | 0,008603 | 0,009749 | 0,009413 | 0,001626 | 0,002420 |
| 17 | 0,006509 | 0,006437 | 0,034190 | 0,030840 | 0,001664 | 0,002411 |
| 18 | 0,003602 | 0,004178 | 0,014270 | 0,019103 | 0,001646 | 0,002393 |
| 19 | 0,005633 | 0,004944 | 0,017480 | 0,016088 | 0,001416 | 0,002270 |
| 20 | 0,006057 | 0,007172 | 0,022730 | 0,025043 | 6,28E-04 | 0,001245 |



Gambar 23. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=1200; m=20$



Gambar 24. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=1200; m=20$

Selanjutnya Gambar 23 dan Gambar 24 adalah gambar grafik menunjukkan grafik perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat

diketahui bahwa posisi garis grafik 5% SD semuanya berada di atas *MC Error*, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 1200 dengan banyaknya soal tes 20 tersebut konvergen.

Tabel 21. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=300; m=40$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 1,420813 | 1,2250 | -2,0 | -2,07200 | 0,146382 | 0,11130 |
| 2 | 0,814819 | 0,8320 | -1,9 | -2,04400 | 1,674795 | 1,66300 |
| 3 | 1,140889 | 1,2050 | -1,8 | -1,92200 | 1,467943 | 1,49800 |
| 4 | 1,097697 | 0,9232 | -1,7 | -1,87400 | 1,101273 | 1,11400 |
| 5 | 0,742975 | 0,5958 | -1,6 | -1,55900 | 0,488679 | 0,49780 |
| 6 | 0,769511 | 0,7235 | -1,5 | -1,59000 | 0,469265 | 0,48900 |
| 7 | 0,533025 | 0,4584 | -1,4 | -1,10800 | 1,544713 | 1,65500 |
| 8 | 0,477875 | 0,4149 | -1,3 | -1,39100 | 0,005174 | 0,08737 |
| 9 | 1,059029 | 0,9644 | -1,2 | -1,24800 | 0,276319 | 0,27730 |
| 10 | 1,446540 | 1,4790 | -1,1 | -1,13200 | 0,410380 | 0,40600 |
| 11 | 1,878304 | 2,0440 | -1,0 | -1,11200 | 0,623411 | 0,67830 |
| 12 | 0,747986 | 0,7258 | -0,9 | -0,86370 | 0,058635 | 0,03787 |
| 13 | 0,429544 | 0,4001 | -0,8 | -0,89630 | 0,010999 | 0,05482 |
| 14 | 0,720490 | 0,6130 | -0,7 | -0,73930 | 0,606550 | 0,58560 |
| 15 | 1,630203 | 1,5300 | -0,6 | -0,70750 | 1,697735 | 1,74900 |
| 16 | 1,420215 | 1,2440 | -0,5 | -0,44280 | 0,071854 | 0,10770 |
| 17 | 0,461385 | 0,3396 | -0,4 | -0,15800 | 1,060575 | 1,00400 |
| 18 | 0,509605 | 0,6729 | -0,3 | -0,54520 | 0,572866 | 0,57810 |
| 19 | 0,617575 | 0,5641 | -0,2 | -0,06189 | 0,847496 | 0,76430 |
| 20 | 0,611963 | 0,7036 | -0,1 | -0,31490 | 0,299369 | 0,24240 |
| 21 | 0,593442 | 0,6085 | 0,1 | 0,07172 | 1,173227 | 1,11200 |

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 22 | 0,478612 | 0,6049 | 0,2 | 0,23010 | 0,710617 | 0,69070 |
| 23 | 1,168548 | 0,9890 | 0,3 | 0,46050 | 0,066377 | 0,14160 |
| 24 | 0,445620 | 0,4371 | 0,4 | 0,45860 | 0,620521 | 0,63270 |
| 25 | 1,313823 | 1,2660 | 0,5 | 0,54180 | 0,407624 | 0,34990 |
| 26 | 1,270896 | 1,4700 | 0,6 | 0,55110 | 1,260330 | 1,33100 |
| 27 | 0,411226 | 0,3760 | 0,7 | 0,62740 | 0,298022 | 0,24900 |
| 28 | 0,645577 | 0,8566 | 0,8 | 0,46240 | 2,464407 | 2,51600 |
| 29 | 0,874638 | 0,9756 | 0,9 | 0,87410 | 2,251791 | 2,26100 |
| 30 | 0,609944 | 0,5754 | 1,0 | 0,89980 | 0,986818 | 1,05000 |
| 31 | 1,442441 | 1,2900 | 1,1 | 1,00500 | 1,014953 | 1,13300 |
| 32 | 1,651907 | 1,7330 | 1,2 | 1,37400 | 0,976486 | 1,02900 |
| 33 | 1,006573 | 1,1570 | 1,3 | 0,95520 | 0,412032 | 0,48150 |
| 34 | 1,187404 | 0,9748 | 1,4 | 1,48100 | 0,609310 | 0,56230 |
| 35 | 1,168198 | 1,4600 | 1,5 | 1,24400 | 0,138609 | 0,18910 |
| 36 | 0,775669 | 0,6804 | 1,6 | 1,75600 | 0,344801 | 0,36110 |
| 37 | 0,961883 | 1,5160 | 1,7 | 1,47700 | 0,176215 | 0,25690 |
| 38 | 0,641878 | 0,9023 | 1,8 | 0,75600 | 0,073653 | 0,11530 |
| 39 | 0,620973 | 0,7233 | 1,9 | 1,45000 | 1,131537 | 1,14800 |
| 40 | 0,644864 | 0,7641 | 2,0 | 1,45100 | 1,287061 | 1,20300 |

Tabel 22. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=300; m=40$

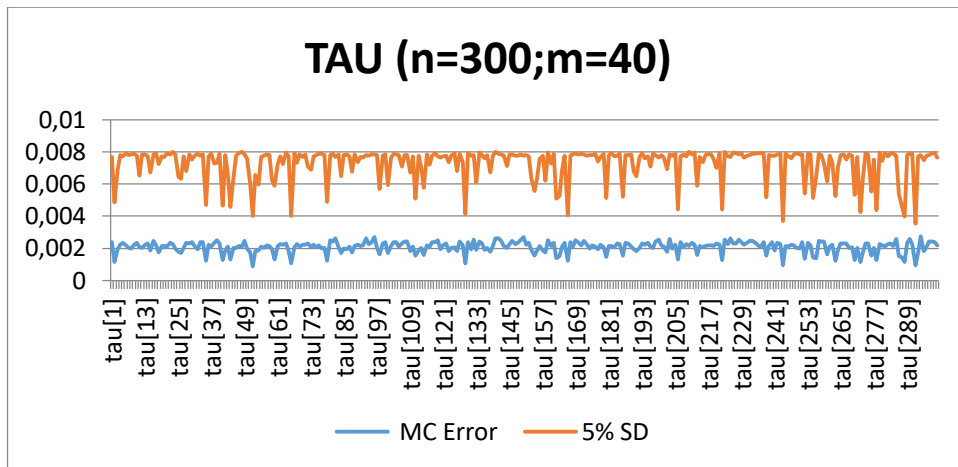
| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|--------------------|-----------|----------|
| Tau (τ) | 0,746342 | 0,761439 |
| Theta (Θ) | 0,057928 | 0,011799 |

Tabel 21 dan Tabel 22 selanjutnya memberikan informasi untuk hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=300$ dan $m=40$. Secara visual dapat diketahui bahwa selisih antara data bangkitan dengan hasil estimasi *item parameter* tidak terlalu jauh. Untuk *person parameter* pada parameter theta-nya terlihat adanya selisih rata-rata yang cukup jauh. Berikutnya pengujian konvergensi estimasi parameter model dilakukan dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

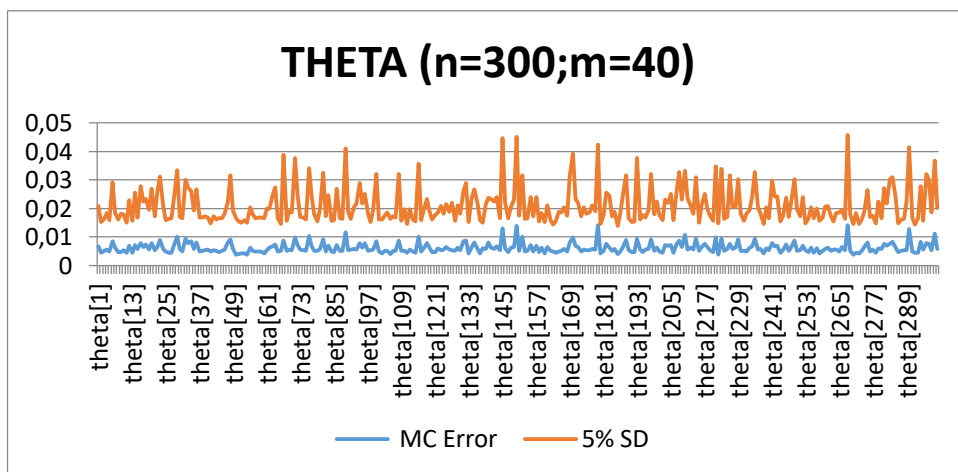
Tabel 23. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk $n=300; m=40$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,002819 | 0,008815 | 0,002178 | 0,005840 | 8,45E-04 | 0,002778 |
| 2 | 0,001732 | 0,005725 | 0,002675 | 0,006865 | 8,58E-04 | 0,003012 |
| 3 | 0,002869 | 0,008550 | 0,002197 | 0,005500 | 9,98E-04 | 0,003077 |
| 4 | 0,001812 | 0,006230 | 0,002201 | 0,006090 | 8,99E-04 | 0,003059 |
| 5 | 0,001415 | 0,004219 | 0,002370 | 0,008000 | 9,74E-04 | 0,003088 |
| 6 | 0,001463 | 0,004921 | 0,002607 | 0,007180 | 9,02E-04 | 0,003038 |
| 7 | 0,001059 | 0,003708 | 0,003044 | 0,009040 | 9,59E-04 | 0,003061 |
| 8 | 8,06E-04 | 0,003225 | 0,003754 | 0,012190 | 8,25E-04 | 0,002560 |
| 9 | 0,001838 | 0,006925 | 0,002656 | 0,006630 | 0,001178 | 0,003101 |
| 10 | 0,003310 | 0,012060 | 0,002333 | 0,005350 | 9,88E-04 | 0,003047 |
| 11 | 0,005104 | 0,017050 | 0,002298 | 0,004699 | 8,84E-04 | 0,003070 |
| 12 | 0,001624 | 0,005535 | 0,003289 | 0,009835 | 4,53E-04 | 0,001527 |
| 13 | 0,001049 | 0,003428 | 0,005032 | 0,014390 | 5,39E-04 | 0,002012 |
| 14 | 0,001317 | 0,004529 | 0,003188 | 0,009525 | 8,51E-04 | 0,003026 |
| 15 | 0,003457 | 0,011270 | 0,002105 | 0,004686 | 0,001068 | 0,003077 |

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 16 | 0,003587 | 0,011240 | 0,003020 | 0,007675 | 7,23E-04 | 0,002786 |
| 17 | 0,001067 | 0,003159 | 0,006578 | 0,017560 | 0,001019 | 0,003074 |
| 18 | 0,001547 | 0,005480 | 0,003479 | 0,009740 | 8,54E-04 | 0,003053 |
| 19 | 0,001598 | 0,004643 | 0,005044 | 0,012605 | 9,37E-04 | 0,003019 |
| 20 | 0,001877 | 0,005920 | 0,003721 | 0,011185 | 7,76E-04 | 0,002985 |
| 21 | 0,001683 | 0,005090 | 0,004156 | 0,011900 | 9,84E-04 | 0,003006 |
| 22 | 0,001466 | 0,004780 | 0,003831 | 0,011265 | 0,001113 | 0,003055 |
| 23 | 0,002796 | 0,010680 | 0,004998 | 0,014265 | 9,57E-04 | 0,002981 |
| 24 | 0,001435 | 0,003947 | 0,006391 | 0,018110 | 9,41E-04 | 0,003021 |
| 25 | 0,004733 | 0,013160 | 0,003675 | 0,010635 | 9,96E-04 | 0,003013 |
| 26 | 0,004612 | 0,014595 | 0,003346 | 0,008735 | 9,46E-04 | 0,003043 |
| 27 | 0,001281 | 0,003531 | 0,007429 | 0,022145 | 0,001003 | 0,003092 |
| 28 | 0,002372 | 0,006820 | 0,003527 | 0,008960 | 9,38E-04 | 0,003046 |
| 29 | 0,003370 | 0,008955 | 0,004512 | 0,011225 | 9,58E-04 | 0,002993 |
| 30 | 0,001678 | 0,005075 | 0,005563 | 0,016900 | 0,001034 | 0,003113 |
| 31 | 0,003998 | 0,013550 | 0,004082 | 0,011765 | 0,001058 | 0,003094 |
| 32 | 0,006218 | 0,022220 | 0,004783 | 0,013025 | 9,51E-04 | 0,003014 |
| 33 | 0,003950 | 0,012690 | 0,005546 | 0,014950 | 9,32E-04 | 0,003074 |
| 34 | 0,004063 | 0,011200 | 0,007842 | 0,019900 | 7,80E-04 | 0,003045 |
| 35 | 0,005511 | 0,019690 | 0,005475 | 0,016430 | 8,43E-04 | 0,003015 |
| 36 | 0,002416 | 0,006815 | 0,008466 | 0,022590 | 8,59E-04 | 0,003048 |
| 37 | 0,007131 | 0,021670 | 0,005465 | 0,017375 | 9,99E-04 | 0,003076 |
| 38 | 0,003290 | 0,010045 | 0,005778 | 0,017190 | 8,71E-04 | 0,002786 |
| 39 | 0,002804 | 0,007135 | 0,007574 | 0,019490 | 0,001073 | 0,003059 |
| 40 | 0,002917 | 0,007795 | 0,007160 | 0,019160 | 9,24E-04 | 0,003056 |



Gambar 25. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=300;m=40$



Gambar 26. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=300;m=40$

Gambar 25 dan Gambar 26 adalah gambar grafik menunjukkan perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diketahui bahwa semua posisi garis grafik 5% SD berada di atas MC Error, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 300 dengan banyaknya soal tes 40 tersebut konvergen.

Tabel 24. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk n=600;m=40

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 1,401303 | 1,4500 | -2,0 | -1,94000 | 2,496972 | 2,46700 |
| 2 | 0,702296 | 0,6476 | -1,9 | -1,80800 | 0,565950 | 0,56510 |
| 3 | 1,657746 | 1,8010 | -1,8 | -1,70400 | 0,346663 | 0,42750 |
| 4 | 1,835349 | 1,5400 | -1,7 | -1,66400 | 0,071076 | 0,10190 |
| 5 | 1,334673 | 1,3120 | -1,6 | -1,47800 | 0,274535 | 0,26860 |
| 6 | 1,405276 | 1,1940 | -1,5 | -1,42800 | 0,166256 | 0,20550 |
| 7 | 0,532356 | 0,4570 | -1,4 | -1,27000 | 0,234422 | 0,26670 |
| 8 | 0,603440 | 0,5891 | -1,3 | -1,39700 | 1,614631 | 1,57800 |
| 9 | 0,592632 | 0,5124 | -1,2 | -1,04100 | 0,664716 | 0,68090 |
| 10 | 1,195949 | 1,0900 | -1,1 | -1,11300 | 0,290775 | 0,30050 |
| 11 | 1,955391 | 1,7060 | -1,0 | -0,93320 | 0,941116 | 0,96470 |
| 12 | 1,664998 | 1,5470 | -0,9 | -0,93720 | 1,176308 | 1,12100 |
| 13 | 1,440088 | 1,4650 | -0,8 | -0,75590 | 0,365791 | 0,34760 |
| 14 | 1,274209 | 1,0660 | -0,7 | -0,53490 | 0,595344 | 0,59110 |
| 15 | 0,493491 | 0,5270 | -0,6 | -0,80600 | 0,645208 | 0,65460 |
| 16 | 0,562225 | 0,4820 | -0,5 | -0,21340 | 0,177893 | 0,20990 |
| 17 | 1,280297 | 1,2800 | -0,4 | -0,45420 | 0,619647 | 0,61200 |
| 18 | 0,460293 | 0,4995 | -0,3 | -0,33820 | 1,619861 | 1,59600 |
| 19 | 1,658044 | 1,7090 | -0,2 | -0,19910 | 0,359594 | 0,32280 |
| 20 | 0,940522 | 0,9130 | -0,1 | -0,04351 | 0,810306 | 0,80490 |
| 21 | 1,688052 | 1,6370 | 0,1 | 0,16890 | 1,229459 | 1,18800 |
| 22 | 0,841669 | 0,9049 | 0,2 | 0,15320 | 1,374619 | 1,33500 |
| 23 | 1,132685 | 0,9782 | 0,3 | 0,27830 | 0,563279 | 0,54640 |
| 24 | 0,756640 | 0,6692 | 0,4 | 0,60980 | 1,935700 | 1,95900 |
| 25 | 1,064086 | 1,2360 | 0,5 | 0,33260 | 0,575513 | 0,57270 |
| 26 | 0,824705 | 1,1060 | 0,6 | 0,33320 | 0,475988 | 0,50520 |

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 27 | 1,309321 | 1,3300 | 0,7 | 0,76470 | 0,090894 | 0,06201 |
| 28 | 1,422993 | 1,1760 | 0,8 | 0,94150 | 1,471984 | 1,51000 |
| 29 | 0,712261 | 0,5671 | 0,9 | 1,45800 | 1,979227 | 1,95800 |
| 30 | 1,526643 | 1,3250 | 1,0 | 1,13100 | 0,403435 | 0,44620 |
| 31 | 1,590451 | 1,4120 | 1,1 | 1,25500 | 0,569093 | 0,62060 |
| 32 | 0,814536 | 1,0440 | 1,2 | 0,98320 | 1,044285 | 1,02200 |
| 33 | 0,620237 | 0,5902 | 1,3 | 1,34100 | 0,910752 | 0,90260 |
| 34 | 1,778621 | 1,3600 | 1,4 | 1,71200 | 1,526511 | 1,48900 |
| 35 | 0,638710 | 0,7244 | 1,5 | 1,48400 | 0,403619 | 0,45760 |
| 36 | 0,979931 | 0,8313 | 1,6 | 1,83300 | 0,724427 | 0,74300 |
| 37 | 1,751979 | 1,7760 | 1,7 | 1,56700 | 0,993969 | 1,00700 |
| 38 | 1,729873 | 1,4710 | 1,8 | 2,21500 | 0,570661 | 0,59300 |
| 39 | 0,563243 | 0,6059 | 1,9 | 1,84300 | 0,811413 | 0,81320 |
| 40 | 0,464389 | 0,5230 | 2,0 | 1,66500 | 0,290582 | 0,18820 |

Tabel 25. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=600; m=40$

| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|------------------------------------|------------|-----------|
| Tau (τ) | 0,79418139 | 0,797725 |
| Theta (Θ) | 0,00501800 | -0,001607 |

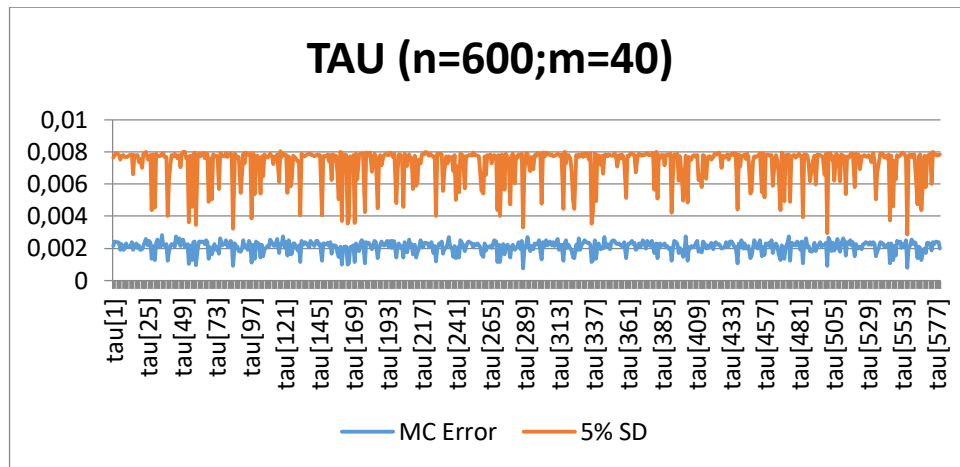
Selanjutnya berdasarkan Tabel 24 dan Tabel 25 dapat diketahui hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=600$ dan $m=40$. Secara visual dapat diketahui bahwa selisih antara data bangkitan dengan hasil estimasi *item parameter* tidak terlalu jauh. Untuk *person parameter* pada parameter theta-nya

terlihat adanya selisih rata-rata yang cukup jauh. Kemudian pengujian konvergensi estimasi parameter model dilakukan dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

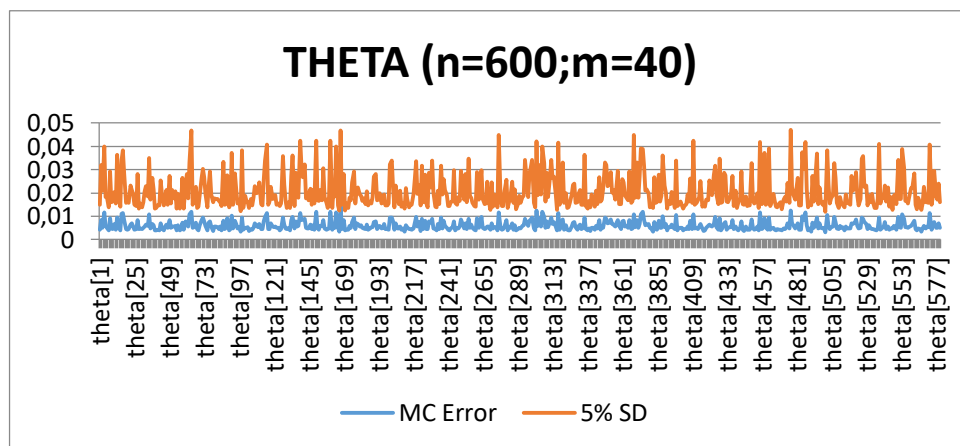
Tabel 26. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk $n=600; m=40$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,002918 | 0,008810 | 0,001647 | 0,004042 | 7,21E-04 | 0,002244 |
| 2 | 7,78E-04 | 0,003116 | 0,002150 | 0,005450 | 7,73E-04 | 0,002235 |
| 3 | 0,003250 | 0,010820 | 0,001681 | 0,003635 | 8,36E-04 | 0,002201 |
| 4 | 0,002563 | 0,008970 | 0,001964 | 0,003923 | 7,40E-04 | 0,002145 |
| 5 | 0,001903 | 0,007330 | 0,001764 | 0,004116 | 7,96E-04 | 0,002224 |
| 6 | 0,001741 | 0,006640 | 0,001918 | 0,004287 | 7,66E-04 | 0,002232 |
| 7 | 6,90E-04 | 0,002554 | 0,003239 | 0,007955 | 7,41E-04 | 0,002267 |
| 8 | 8,84E-04 | 0,002993 | 0,002067 | 0,005530 | 8,81E-04 | 0,002210 |
| 9 | 9,06E-04 | 0,002846 | 0,002569 | 0,006810 | 8,93E-04 | 0,002240 |
| 10 | 0,001903 | 0,005920 | 0,002074 | 0,004697 | 8,53E-04 | 0,002189 |
| 11 | 0,002985 | 0,009840 | 0,001822 | 0,003492 | 7,09E-04 | 0,002273 |
| 12 | 0,002180 | 0,008385 | 0,001803 | 0,003582 | 7,24E-04 | 0,002294 |
| 13 | 0,002492 | 0,009125 | 0,001947 | 0,004354 | 8,08E-04 | 0,002253 |
| 14 | 0,001553 | 0,006025 | 0,001938 | 0,004926 | 8,68E-04 | 0,002289 |
| 15 | 8,18E-04 | 0,002970 | 0,002613 | 0,007500 | 7,32E-04 | 0,002252 |
| 16 | 0,001054 | 0,003031 | 0,003703 | 0,011235 | 7,81E-04 | 0,002243 |
| 17 | 0,001861 | 0,007415 | 0,002141 | 0,004563 | 8,32E-04 | 0,002215 |
| 18 | 0,001032 | 0,002962 | 0,002998 | 0,007335 | 7,53E-04 | 0,002213 |
| 19 | 0,003806 | 0,012080 | 0,002053 | 0,004855 | 7,24E-04 | 0,002240 |
| 20 | 0,001738 | 0,005325 | 0,002829 | 0,006425 | 7,71E-04 | 0,002207 |

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 21 | 0,002803 | 0,010480 | 0,002090 | 0,004578 | 8,11E-04 | 0,002228 |
| 22 | 0,001681 | 0,005195 | 0,002845 | 0,006315 | 7,19E-04 | 0,002211 |
| 23 | 0,002022 | 0,006495 | 0,003086 | 0,007775 | 8,07E-04 | 0,002258 |
| 24 | 0,001399 | 0,004194 | 0,003295 | 0,008620 | 7,65E-04 | 0,002222 |
| 25 | 0,002737 | 0,009120 | 0,002389 | 0,007095 | 9,21E-04 | 0,002248 |
| 26 | 0,002359 | 0,007980 | 0,002822 | 0,007710 | 7,49E-04 | 0,002210 |
| 27 | 0,004533 | 0,012570 | 0,003578 | 0,010165 | 6,16E-04 | 0,001828 |
| 28 | 0,003218 | 0,008685 | 0,003253 | 0,008230 | 8,28E-04 | 0,002221 |
| 29 | 0,001664 | 0,004136 | 0,006587 | 0,015325 | 7,97E-04 | 0,002199 |
| 30 | 0,004573 | 0,012900 | 0,004023 | 0,011645 | 8,39E-04 | 0,002286 |
| 31 | 0,005544 | 0,015425 | 0,005429 | 0,013110 | 7,32E-04 | 0,002192 |
| 32 | 0,002968 | 0,008025 | 0,004558 | 0,010040 | 8,42E-04 | 0,002167 |
| 33 | 0,001696 | 0,004389 | 0,006105 | 0,015995 | 7,66E-04 | 0,002239 |
| 34 | 0,004734 | 0,014180 | 0,005096 | 0,013915 | 8,75E-04 | 0,002207 |
| 35 | 0,002620 | 0,006060 | 0,008066 | 0,017595 | 8,54E-04 | 0,002233 |
| 36 | 0,002844 | 0,007655 | 0,007545 | 0,019475 | 8,30E-04 | 0,002240 |
| 37 | 0,007142 | 0,021610 | 0,005019 | 0,012960 | 7,04E-04 | 0,002250 |
| 38 | 0,005502 | 0,019465 | 0,005980 | 0,021765 | 7,80E-04 | 0,002221 |
| 39 | 0,002183 | 0,004821 | 0,008588 | 0,019345 | 7,58E-04 | 0,002240 |
| 40 | 0,001810 | 0,004141 | 0,008987 | 0,021240 | 7,50E-04 | 0,002207 |



Gambar 27. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=600;m=40$



Gambar 28. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=600;m=40$

Gambar 27 dan Gambar 28 selanjutnya menunjukkan perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (*MC Error*). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diketahui bahwa semua posisi garis grafik 5% SD berada di atas *MC Error*, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 600 dengan banyaknya soal tes 40 tersebut konvergen.

Tabel 27. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk $n=1200; m=40$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 1 | 0,498518 | 0,4433 | -2,0 | -1,92200 | 0,853967 | 0,80410 |
| 2 | 0,989378 | 0,9662 | -1,9 | -1,98400 | 0,456198 | 0,48460 |
| 3 | 1,747619 | 1,8460 | -1,8 | -1,87900 | 0,291257 | 0,35530 |
| 4 | 1,209024 | 1,1020 | -1,7 | -1,69700 | 0,154825 | 0,18640 |
| 5 | 0,693941 | 0,6801 | -1,6 | -1,53900 | 0,547218 | 0,53490 |
| 6 | 0,554610 | 0,4907 | -1,5 | -1,55300 | 0,089681 | 0,08995 |
| 7 | 0,885083 | 0,9132 | -1,4 | -1,39400 | 0,854944 | 0,86840 |
| 8 | 0,596149 | 0,5777 | -1,3 | -1,28500 | 0,773287 | 0,73660 |
| 9 | 0,932710 | 0,9453 | -1,2 | -1,12500 | 0,068829 | 0,08835 |
| 10 | 0,724358 | 0,7042 | -1,1 | -1,23700 | 1,536313 | 1,54700 |
| 11 | 1,152037 | 1,2020 | -1,0 | -0,95590 | 1,568674 | 1,57000 |
| 12 | 0,456312 | 0,4707 | -0,9 | -0,79290 | 0,846771 | 0,84980 |
| 13 | 0,527030 | 0,5427 | -0,8 | -0,78920 | 0,904828 | 0,93480 |
| 14 | 0,513468 | 0,5042 | -0,7 | -0,87430 | 2,330319 | 2,30400 |
| 15 | 1,773282 | 1,7750 | -0,6 | -0,62840 | 0,734479 | 0,75150 |
| 16 | 1,553882 | 1,3920 | -0,5 | -0,47480 | 0,456977 | 0,49500 |
| 17 | 1,104059 | 1,1560 | -0,4 | -0,52040 | 0,682875 | 0,65330 |
| 18 | 0,847938 | 0,9002 | -0,3 | -0,31380 | 1,071874 | 1,04100 |
| 19 | 1,966501 | 1,8310 | -0,2 | -0,19230 | 1,017417 | 1,00200 |
| 20 | 0,732099 | 0,7169 | -0,1 | -0,04068 | 1,158965 | 1,12300 |
| 21 | 0,734633 | 0,7903 | 0,1 | -0,05873 | 0,831134 | 0,78490 |
| 22 | 1,260703 | 1,0620 | 0,2 | 0,29280 | 0,346020 | 0,32910 |
| 23 | 0,542993 | 0,5433 | 0,3 | 0,56660 | 0,022046 | 0,02882 |
| 24 | 0,596325 | 0,5557 | 0,4 | 0,39840 | 0,811330 | 0,82200 |
| 25 | 1,566512 | 1,6940 | 0,5 | 0,42760 | 0,505067 | 0,46180 |
| 26 | 0,735368 | 0,8173 | 0,6 | 0,55190 | 0,110024 | 0,07451 |

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|-----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi | Bangkitan | Estimasi |
| 27 | 0,424486 | 0,3754 | 0,7 | 0,94670 | 0,673225 | 0,64600 |
| 28 | 0,960340 | 0,9863 | 0,8 | 0,71790 | 0,606626 | 0,60790 |
| 29 | 0,953559 | 0,8609 | 0,9 | 1,1080 | 1,159746 | 1,12300 |
| 30 | 0,673916 | 0,7174 | 1,0 | 0,8293 | 0,346203 | 0,33670 |
| 31 | 1,095121 | 1,0970 | 1,1 | 1,1140 | 0,975039 | 0,97950 |
| 32 | 0,949187 | 0,7951 | 1,2 | 1,6040 | 0,405669 | 0,36950 |
| 33 | 0,588963 | 0,6752 | 1,3 | 1,1370 | 0,732110 | 0,70620 |
| 34 | 0,888980 | 0,8001 | 1,4 | 1,4430 | 1,287587 | 1,26200 |
| 35 | 0,584503 | 0,5956 | 1,5 | 1,4330 | 0,630154 | 0,63700 |
| 36 | 1,179061 | 1,1200 | 1,6 | 1,7470 | 2,994443 | 2,96400 |
| 37 | 1,320797 | 1,4990 | 1,7 | 1,4830 | 1,068284 | 1,06400 |
| 38 | 0,950716 | 0,9291 | 1,8 | 1,6500 | 0,369734 | 0,37190 |
| 39 | 1,379043 | 1,6730 | 1,9 | 1,6590 | 0,002268 | 0,02254 |
| 40 | 0,680731 | 0,8314 | 2,0 | 1,6500 | 0,614899 | 0,54510 |

Tabel 28. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk $n=1200; m=40$

| Parameter | Bangkitan | Estimasi |
|------------------------------------|-----------|-----------|
| Tau (τ) | 0,815438 | 0,814089 |
| Theta (Θ) | 0,004895 | -0,004879 |

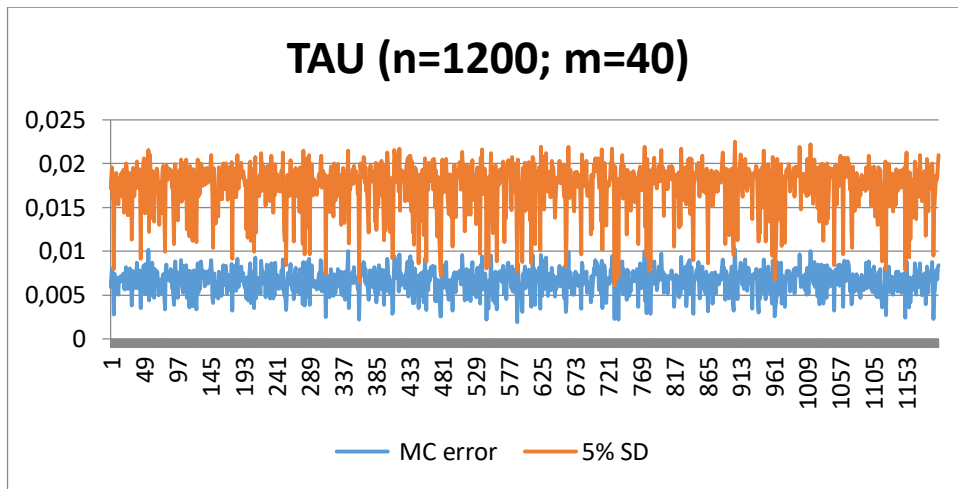
Tabel 27 dan Tabel 28 selanjutnya memberikan informasi untuk hasil estimasi parameter dari skenario simulasi dengan $n=1200$ dan $m=40$. Secara visual dapat diketahui bahwa selisih antara data bangkitan dengan hasil estimasi *item*

parameter tidak terlalu jauh. Untuk *person parameter* pada parameter theta-nya terlihat adanya selisih rata-rata yang cukup jauh. Berikutnya pengujian konvergensi estimasi parameter model dilakukan dengan membandingkan nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error).

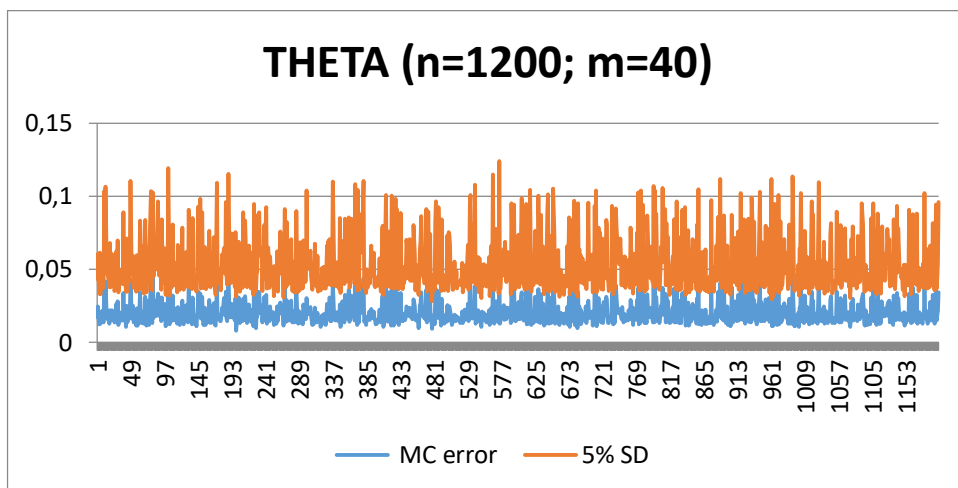
Tabel 29. Uji Konvergensi *Item parameter* untuk $n=1200; m=40$

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|------------|----------|
| | a | | b | | $\xi(\xi)$ | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 1 | 0,001470 | 0,002365 | 0,004788 | 0,007085 | 0,001540 | 0,002400 |
| 2 | 0,002970 | 0,005511 | 0,004490 | 0,004826 | 0,001491 | 0,002237 |
| 3 | 0,007008 | 0,012330 | 0,003358 | 0,003911 | 0,001779 | 0,002293 |
| 4 | 0,004268 | 0,006223 | 0,003945 | 0,004940 | 0,001700 | 0,002249 |
| 5 | 0,002923 | 0,003638 | 0,005797 | 0,006080 | 0,001769 | 0,002422 |
| 6 | 0,001569 | 0,002652 | 0,007249 | 0,008295 | 0,001412 | 0,002253 |
| 7 | 0,002968 | 0,004805 | 0,004159 | 0,004827 | 0,001624 | 0,002309 |
| 8 | 0,002394 | 0,003223 | 0,006495 | 0,006522 | 0,001344 | 0,002302 |
| 9 | 0,003613 | 0,005817 | 0,003589 | 0,005676 | 0,001491 | 0,002264 |
| 10 | 0,002032 | 0,003704 | 0,004738 | 0,005414 | 0,001699 | 0,002447 |
| 11 | 0,004821 | 0,006298 | 0,003797 | 0,003801 | 0,001707 | 0,002266 |
| 12 | 0,001664 | 0,002532 | 0,005128 | 0,007740 | 0,001834 | 0,002213 |
| 13 | 0,001804 | 0,002923 | 0,004788 | 0,007032 | 0,001571 | 0,002310 |
| 14 | 0,002038 | 0,003001 | 0,004982 | 0,006492 | 0,001567 | 0,002338 |
| 15 | 0,009629 | 0,012173 | 0,004247 | 0,004311 | 0,002003 | 0,002325 |
| 16 | 0,005313 | 0,009113 | 0,0056 | 0,005196 | 0,001843 | 0,002341 |
| 17 | 0,003459 | 0,007028 | 0,004757 | 0,005010 | 0,001268 | 0,002324 |
| 18 | 0,003642 | 0,005115 | 0,005262 | 0,005685 | 0,001723 | 0,002267 |

| Nomor Item | Parameter | | | | | |
|------------|-----------|----------|----------|----------|-------------|----------|
| | a | | b | | xi(ξ) | |
| | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD | MC Error | 5% SD |
| 19 | 0,009232 | 0,012885 | 0,005345 | 0,004888 | 0,001497 | 0,002161 |
| 20 | 0,003691 | 0,004474 | 0,006623 | 0,007650 | 0,001274 | 0,002297 |
| 21 | 0,003528 | 0,004629 | 0,006720 | 0,007297 | 0,001348 | 0,002219 |
| 22 | 0,004659 | 0,007823 | 0,007079 | 0,008228 | 0,001478 | 0,002363 |
| 23 | 0,003887 | 0,004253 | 0,015390 | 0,016193 | 0,001007 | 0,001576 |
| 24 | 0,002533 | 0,003593 | 0,008443 | 0,010560 | 0,001287 | 0,002219 |
| 25 | 0,009624 | 0,015345 | 0,006020 | 0,006891 | 0,001528 | 0,002459 |
| 26 | 0,005476 | 0,006437 | 0,011470 | 0,012135 | 0,001429 | 0,002317 |
| 27 | 0,002883 | 0,002777 | 0,019760 | 0,018518 | 0,001332 | 0,002324 |
| 28 | 0,005833 | 0,007515 | 0,008772 | 0,009983 | 0,001324 | 0,002328 |
| 29 | 0,006378 | 0,006899 | 0,010550 | 0,012413 | 0,001691 | 0,002294 |
| 30 | 0,004881 | 0,005834 | 0,013470 | 0,013658 | 0,001501 | 0,002411 |
| 31 | 0,004224 | 0,009398 | 0,009522 | 0,011108 | 0,001114 | 0,002131 |
| 32 | 0,007906 | 0,007808 | 0,025770 | 0,022493 | 0,001545 | 0,002412 |
| 33 | 0,005176 | 0,005426 | 0,015290 | 0,015008 | 0,001355 | 0,002294 |
| 34 | 0,005646 | 0,006571 | 0,015600 | 0,014363 | 0,001600 | 0,002310 |
| 35 | 0,006270 | 0,005258 | 0,026140 | 0,020903 | 0,001400 | 0,002276 |
| 36 | 0,007991 | 0,009585 | 0,011260 | 0,012495 | 0,001924 | 0,002300 |
| 37 | 0,015930 | 0,017370 | 0,011830 | 0,012135 | 0,001873 | 0,002357 |
| 38 | 0,007289 | 0,009518 | 0,019440 | 0,019433 | 0,001046 | 0,002214 |
| 39 | 0,020060 | 0,030150 | 0,014820 | 0,019530 | 0,007880 | 0,001341 |
| 40 | 0,007658 | 0,008295 | 0,018650 | 0,019718 | 0,001611 | 0,002387 |



Gambar 29. Uji Konvergensi Parameter Tau untuk $n=1200; m=4$



Gambar 30. Uji Konvergensi Parameter Theta untuk $n=1200; m=40$

Gambar 29 dan Gambar 30 adalah gambar grafik menunjukkan perbandingan antara nilai 5% dari standar deviasi *posterior* (5% SD) dengan nilai *Markov Chain Error* (MC Error). Berdasarkan kedua gambar tersebut dapat diketahui bahwa semua posisi garis grafik 5% SD berada di atas MC Error,

sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil estimasi untuk data dengan skenario banyaknya peserta tes 1200 dengan banyaknya soal tes 40 tersebut konvergen

D. Uji Ketepatan/Keakuratan Estimasi Parameter Model

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah proses estimasi parameter model memang sudah tepat/akurat. Untuk mengetahui ketepatan/keakuratan tersebut, maka besarnya parameter bangkitan dibandingkan dengan rata-rata parameter estimasi dari 30 kali replikasi, 15000 iterasi. Kriteria yang digunakan untuk menguji ketepatan/keakuratan estimasi parameter model adalah RMSE, bias, SE dan korelasi. Berikut adalah hasil perhitungan koefisien kriteria ketepatan pada tiap parameter di masing-masing skenario tes.

Tabel 30. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=300; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,034636 | 1,109970 | 0,075334 | 0,161684 | 0,178373 |
| 2 | 0,809734 | 0,828997 | 0,019262 | 0,145964 | 0,147229 |
| 3 | 0,954706 | 0,952530 | -0,002176 | 0,166573 | 0,166587 |
| 4 | 0,505483 | 0,471013 | -0,034469 | 0,077686 | 0,084990 |
| 5 | 1,352648 | 1,237470 | -0,115178 | 0,205963 | 0,235980 |
| 6 | 1,073110 | 1,034043 | -0,039067 | 0,195906 | 0,199764 |
| 7 | 1,369896 | 1,362033 | -0,007863 | 0,210868 | 0,211015 |
| 8 | 1,289136 | 1,422880 | 0,133744 | 0,320296 | 0,347098 |
| 9 | 1,071314 | 1,244203 | 0,172890 | 0,242406 | 0,297744 |
| 10 | 0,750666 | 1,082820 | 0,332154 | 0,303647 | 0,450031 |

Tabel 30 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini juga didukung oleh nilai bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Tabel 31. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* b untuk $n=300; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -1,947800 | 0,052200 | 0,113054 | 0,124524 |
| 2 | -1,6 | -1,449100 | 0,150900 | 0,160759 | 0,220486 |
| 3 | -1,2 | -1,118237 | 0,081763 | 0,114374 | 0,140594 |
| 4 | -0,8 | -0,708357 | 0,091643 | 0,170991 | 0,194001 |
| 5 | -0,4 | -0,269098 | 0,130902 | 0,097193 | 0,163039 |
| 6 | 0,4 | 0,640273 | 0,240273 | 0,235825 | 0,336667 |
| 7 | 0,8 | 1,048280 | 0,248280 | 0,226379 | 0,335992 |
| 8 | 1,2 | 1,340667 | 0,140667 | 0,270023 | 0,304466 |
| 9 | 1,6 | 1,710533 | 0,110533 | 0,251228 | 0,274469 |
| 10 | 2,0 | 1,709667 | -0,290333 | 0,308687 | 0,423770 |

Berdasarkan Tabel 31 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu dari Tabel 31 juga dapat dilihat bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, yang berarti bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Dari Tabel 32 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (xi) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu juga didukung oleh nilai bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, hal ini dapat diartikan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 10 berjalan sangat baik.

Tabel 32. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* ξ untuk $n=300; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,688888 | 0,691207 | 0,002319 | 0,060597 | 0,060641 |
| 2 | 0,027548 | 0,093547 | 0,065999 | 0,036218 | 0,075284 |
| 3 | 0,582995 | 0,616460 | 0,033465 | 0,050072 | 0,060225 |
| 4 | 1,769432 | 1,805800 | 0,036368 | 0,058840 | 0,069172 |
| 5 | 1,249049 | 1,266767 | 0,017718 | 0,064595 | 0,066981 |
| 6 | 0,204248 | 0,212560 | 0,008312 | 0,043055 | 0,043850 |
| 7 | 0,361367 | 0,394080 | 0,032713 | 0,059660 | 0,068040 |
| 8 | 0,805527 | 0,834497 | 0,028970 | 0,051096 | 0,058737 |
| 9 | 1,075639 | 1,114447 | 0,038808 | 0,060758 | 0,072094 |
| 10 | 0,414484 | 0,448203 | 0,033719 | 0,071379 | 0,078943 |

Tabel 33. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=300; m=10$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,748704 | 0,779295 | 0,030591 | 0,213931 | 0,258001 |
| theta (Θ) | -0,064500 | -0,003670 | 0,060823 | 0,446644 | 0,614440 |

Tabel 33 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-300 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Hal ini juga didukung oleh nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, yang artinya bahwa ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Tabel 34. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=300; m=10$

| Parameter | Korelasi |
|------------------|----------|
| a | 0,891600 |
| b | 0,994411 |
| $\xi(\xi)$ | 0,988036 |
| $\tau(\tau)$ | 0,925497 |
| $\Theta(\Theta)$ | 0,999440 |

Hubungan antara nilai parameter bangkitan dengan rata-rata nilai estimasi parameter bersifat linier, dengan arah koefisien korelasi yang semuanya positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Berdasarkan Tabel 34 dapat diketahui bahwa hampir semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna), sehingga dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (ξ), *speed* peserta tes (τ) maupun kemampuan peserta tes (Θ) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 35. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* a untuk $n=600; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,143216 | 1,242083 | 0,098868 | 0,231247 | 0,251496 |
| 2 | 0,656054 | 0,630800 | -0,025254 | 0,061342 | 0,066337 |
| 3 | 1,411578 | 1,441253 | 0,029676 | 0,232392 | 0,234279 |
| 4 | 0,490147 | 0,484390 | -0,005757 | 0,076743 | 0,076958 |
| 5 | 0,582267 | 0,578507 | -0,003761 | 0,074583 | 0,074678 |
| 6 | 0,482088 | 0,489303 | 0,007216 | 0,080126 | 0,080450 |
| 7 | 1,461318 | 1,443290 | -0,018028 | 0,259111 | 0,259738 |
| 8 | 0,610556 | 0,634503 | 0,023947 | 0,069103 | 0,073134 |
| 9 | 1,253023 | 1,421490 | 0,168467 | 0,299190 | 0,343360 |
| 10 | 0,480220 | 0,553293 | 0,073074 | 0,087562 | 0,114048 |

Tabel 35 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini terlihat jelas dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga pada tabel yang hampir mirip. Selain itu nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati nilai 0, yang berarti ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 10 berjalan baik.

Tabel 36. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* b untuk $n=600; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,058800 | -0,058800 | 0,068991 | 0,090649 |
| 2 | -1,6 | -1,637433 | -0,037433 | 0,106107 | 0,112517 |
| 3 | -1,2 | -1,224600 | -0,024600 | 0,072723 | 0,076771 |
| 4 | -0,8 | -0,772630 | 0,027370 | 0,182093 | 0,184138 |
| 5 | -0,4 | -0,460743 | -0,060743 | 0,187449 | 0,197046 |
| 6 | 0,4 | 0,367737 | -0,032263 | 0,333027 | 0,334586 |
| 7 | 0,8 | 0,820927 | 0,020927 | 0,154347 | 0,155760 |
| 8 | 1,2 | 1,149193 | -0,050807 | 0,217101 | 0,222966 |
| 9 | 1,6 | 1,611800 | 0,011800 | 0,188439 | 0,188808 |
| 10 | 2,0 | 1,677367 | -0,322633 | 0,325909 | 0,458594 |

Berdasarkan Tabel 36 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu juga didukung dari nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) yang mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Tabel 37. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* xi untuk n=600;m=10

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,053424 | 0,066199 | 0,012676 | 0,030063 | 0,032626 |
| 2 | 0,606765 | 0,631979 | 0,025206 | 0,046342 | 0,052753 |
| 3 | 0,112806 | 0,128611 | 0,015805 | 0,033034 | 0,036629 |
| 4 | 0,558029 | 0,577663 | 0,019635 | 0,039851 | 0,044426 |
| 5 | 0,116654 | 0,121544 | 0,004899 | 0,033206 | 0,033565 |
| 6 | 0,297337 | 0,303077 | 0,005739 | 0,038833 | 0,039255 |
| 7 | 0,738549 | 0,753889 | 0,015331 | 0,039818 | 0,042668 |
| 8 | 1,331617 | 1,343633 | 0,012016 | 0,042919 | 0,044561 |
| 9 | 0,613480 | 0,632413 | 0,018933 | 0,031169 | 0,036461 |
| 10 | 1,529282 | 1,547967 | 0,018684 | 0,046475 | 0,050099 |

Dari Tabel 37 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini dapat dilihat dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga di Tabel 37 yang hampir mirip. Selain itu nilai koefisien ketepatan estimasi (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, yang menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 10 berjalan sangat baik.

Tabel 38. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk n=600;m=10

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,778423 | 0,791053 | 0,012629 | 0,215603 | 0,253685 |
| theta (Θ) | 0,062949 | 0,000887 | -0,062062 | 0,442391 | 0,655739 |

Tabel 38 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-600 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Selain itu dari Tabel 38 juga didapatkan informasi bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses

estimasi parameter seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Tabel 39. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=600; m=10$

| Parameter | Korelasi |
|-----------------------|----------|
| a | 0,990945 |
| b | 0,997679 |
| ξ (ξ) | 0,999931 |
| τ (τ) | 0,989448 |
| Θ (Θ) | 0,911380 |

Melalui Tabel 39 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna) dengan arah koefisien korelasi yang semuanya positif. Tanda positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Secara umum dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (ξ), *speed* peserta tes (τ) maupun kemampuan peserta tes (Θ) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 40 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini juga didukung oleh nilai bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 10 berjalan sangat baik.

Tabel 40. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=1200; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0,780827 | 0,827470 | 0,046643 | 0,057999 | 0,074428 |
| 2 | 1,885334 | 1,864600 | -0,020734 | 0,272206 | 0,272995 |
| 3 | 0,999605 | 1,027127 | 0,027522 | 0,091199 | 0,095261 |
| 4 | 0,510208 | 0,520070 | 0,009862 | 0,044027 | 0,045118 |
| 5 | 0,601502 | 0,621953 | 0,020451 | 0,047909 | 0,052092 |
| 6 | 0,714503 | 0,741387 | 0,026883 | 0,082943 | 0,087191 |
| 7 | 0,415220 | 0,428740 | 0,013520 | 0,039813 | 0,042046 |
| 8 | 0,704105 | 0,737397 | 0,033292 | 0,093284 | 0,099046 |
| 9 | 0,470797 | 0,492377 | 0,021580 | 0,057468 | 0,061386 |
| 10 | 1,561728 | 1,586067 | 0,024339 | 0,253623 | 0,254788 |

Tabel 41. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter b* untuk $n=1200; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,025067 | -0,025067 | 0,060070 | 0,065091 |
| 2 | -1,6 | -1,640667 | -0,040667 | 0,040067 | 0,057089 |
| 3 | -1,2 | -1,232767 | -0,032767 | 0,063182 | 0,071173 |
| 4 | -0,8 | -0,877880 | -0,077880 | 0,132061 | 0,153315 |
| 5 | -0,4 | -0,479327 | -0,079327 | 0,071259 | 0,106633 |
| 6 | 0,4 | 0,327107 | -0,072893 | 0,137391 | 0,155530 |
| 7 | 0,8 | 0,714877 | -0,085123 | 0,183145 | 0,201960 |
| 8 | 1,2 | 1,127893 | -0,072107 | 0,188926 | 0,202219 |
| 9 | 1,6 | 1,473740 | -0,126260 | 0,280995 | 0,308058 |
| 10 | 2,0 | 2,084467 | 0,084467 | 0,206793 | 0,223378 |

Berdasarkan Tabel 41 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu dari Tabel 41 juga dapat dilihat bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, yang berarti bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Tabel 42. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* xi untuk $n=1200; m=10$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,640509 | 1,637467 | -0,003042 | 0,032991 | 0,033131 |
| 2 | 1,884588 | 1,898467 | 0,013879 | 0,026130 | 0,029587 |
| 3 | 1,237541 | 1,246833 | 0,009292 | 0,025714 | 0,027341 |
| 4 | 0,111071 | 0,123866 | 0,012795 | 0,024141 | 0,027322 |
| 5 | 1,628819 | 1,633033 | 0,004215 | 0,025890 | 0,026231 |
| 6 | 0,387096 | 0,390653 | 0,003558 | 0,036110 | 0,036285 |
| 7 | 1,536423 | 1,536367 | -0,000559 | 0,026861 | 0,026861 |
| 8 | 0,853944 | 0,865980 | 0,012036 | 0,029376 | 0,031746 |
| 9 | 0,643100 | 0,648627 | 0,005527 | 0,028600 | 0,029129 |
| 10 | 0,726325 | 0,743000 | 0,016675 | 0,031889 | 0,035985 |

Dari Tabel 42 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu juga didukung oleh nilai bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, hal ini dapat diartikan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 10 berjalan sangat baik.

Tabel 43. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=1200; m=10$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,776439 | 0,783279 | 0,006840 | 0,213747 | 0,253254 |
| theta (Θ) | 0,034913 | -0,000515 | -0,035428 | 0,440485 | 0,602331 |

Tabel 43 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-1200 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Hal ini juga didukung oleh nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan

RMSE) mendekati nilai 0, yang artinya bahwa ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 10 berjalan cukup baik.

Tabel 44. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=1200; m=10$

| Parameter | Korelasi |
|------------------|----------|
| a | 0,999478 |
| b | 0,999190 |
| $\xi(\xi)$ | 0,999949 |
| $\tau(\tau)$ | 0,987000 |
| $\Theta(\Theta)$ | 0,960477 |

Hubungan antara nilai parameter bangkitan dengan rata-rata nilai estimasi parameter bersifat linier, dengan arah koefisien korelasi yang semuanya positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Berdasarkan Tabel 44 dapat diketahui bahwa hampir semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna), sehingga dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (ξ), *speed* peserta tes (τ) maupun kemampuan peserta tes (Θ) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 45 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu pada Tabel 45 juga menunjukkan bahwa nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati

nilai 0, yang berarti ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 45. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=300; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,367938 | 1,385930 | 0,017993 | 0,225891 | 0,226606 |
| 2 | 0,950575 | 0,928467 | -0,022109 | 0,131863 | 0,133704 |
| 3 | 1,054002 | 1,094670 | 0,040668 | 0,186590 | 0,190971 |
| 4 | 0,436979 | 0,435680 | -0,001299 | 0,059816 | 0,059830 |
| 5 | 0,630694 | 0,610373 | -0,020320 | 0,070703 | 0,073565 |
| 6 | 1,777428 | 1,657967 | -0,119461 | 0,245250 | 0,272797 |
| 7 | 0,993635 | 1,054353 | 0,060719 | 0,126316 | 0,140152 |
| 8 | 1,018148 | 1,076443 | 0,058296 | 0,188864 | 0,197657 |
| 9 | 0,437110 | 0,468113 | 0,031004 | 0,066354 | 0,073240 |
| 10 | 1,693422 | 1,723767 | 0,030344 | 0,221751 | 0,223818 |
| 11 | 0,440440 | 0,459193 | 0,018753 | 0,071072 | 0,073504 |
| 12 | 1,052516 | 1,033230 | -0,019286 | 0,192449 | 0,193413 |
| 13 | 0,624912 | 0,674097 | 0,049185 | 0,109185 | 0,119752 |
| 14 | 0,714706 | 0,744737 | 0,030031 | 0,132158 | 0,135527 |
| 15 | 0,632627 | 0,634430 | 0,001803 | 0,119882 | 0,119896 |
| 16 | 0,635986 | 0,772410 | 0,136424 | 0,137843 | 0,193939 |
| 17 | 0,925878 | 1,049130 | 0,123252 | 0,245223 | 0,274454 |
| 18 | 1,112853 | 1,214370 | 0,101517 | 0,269143 | 0,287652 |
| 19 | 0,558225 | 0,661967 | 0,103741 | 0,122109 | 0,160228 |
| 20 | 1,038010 | 1,267617 | 0,229607 | 0,307133 | 0,383471 |

Berdasarkan Tabel 46 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini juga didukung oleh nilai koefisien bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, besaran koefisien kriteria ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 46. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* b untuk n=300;m=20

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,056100 | -0,056100 | 0,085815 | 0,102526 |
| 2 | -1,8 | -1,845167 | -0,045167 | 0,119205 | 0,127475 |
| 3 | -1,6 | -1,639533 | -0,039533 | 0,073587 | 0,083534 |
| 4 | -1,4 | -1,440467 | -0,040467 | 0,159803 | 0,164847 |
| 5 | -1,2 | -1,165103 | 0,034897 | 0,176240 | 0,179661 |
| 6 | -1,0 | -0,978133 | 0,021867 | 0,087192 | 0,089892 |
| 7 | -0,8 | -0,849423 | -0,049423 | 0,114287 | 0,124516 |
| 8 | -0,6 | -0,665140 | -0,065140 | 0,115119 | 0,132271 |
| 9 | -0,4 | -0,478469 | -0,078469 | 0,237937 | 0,250542 |
| 10 | -0,2 | -0,247813 | -0,047813 | 0,075640 | 0,089485 |
| 11 | 0,2 | 0,239109 | 0,039109 | 0,236567 | 0,239778 |
| 12 | 0,4 | 0,375380 | -0,024620 | 0,260451 | 0,261612 |
| 13 | 0,6 | 0,513499 | -0,086501 | 0,248956 | 0,263555 |
| 14 | 0,8 | 0,753813 | -0,046187 | 0,324955 | 0,328221 |
| 15 | 1,0 | 1,009787 | 0,009787 | 0,329431 | 0,329577 |
| 17 | 1,4 | 0,962320 | -0,237680 | 0,249681 | 0,344721 |
| 18 | 1,6 | 1,249853 | -0,150147 | 0,251237 | 0,292684 |
| 19 | 1,8 | 1,485700 | -0,114300 | 0,230619 | 0,257390 |
| 20 | 2,0 | 1,471650 | -0,328350 | 0,324830 | 0,461875 |

Tabel 47. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* xi untuk n=300;m=20

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,136575 | 0,144973 | 0,008398 | 0,060294 | 0,060876 |
| 2 | 0,756087 | 0,786883 | 0,030796 | 0,059948 | 0,067395 |
| 3 | 1,197961 | 1,225500 | 0,027539 | 0,055167 | 0,061658 |
| 4 | 1,241069 | 1,253733 | 0,012665 | 0,067222 | 0,068405 |
| 5 | 0,046874 | 0,079197 | 0,032323 | 0,034076 | 0,046967 |
| 6 | 0,103044 | 0,129272 | 0,026228 | 0,042536 | 0,049972 |
| 7 | 0,524574 | 0,533977 | 0,009403 | 0,061064 | 0,061784 |
| 8 | 0,201068 | 0,216893 | 0,015826 | 0,053103 | 0,055411 |
| 9 | 0,578603 | 0,607747 | 0,029144 | 0,066221 | 0,072350 |
| 10 | 1,816635 | 1,849033 | 0,032398 | 0,063206 | 0,071026 |
| 11 | 0,409571 | 0,416543 | 0,006972 | 0,060436 | 0,060837 |
| 12 | 0,192493 | 0,228276 | 0,035783 | 0,065857 | 0,074950 |
| 13 | 0,350134 | 0,365900 | 0,015766 | 0,048729 | 0,051216 |
| 14 | 0,226690 | 0,260187 | 0,033497 | 0,051642 | 0,061555 |
| 15 | 0,685056 | 0,701383 | 0,016327 | 0,047847 | 0,050556 |
| 16 | 0,107608 | 0,123288 | 0,015680 | 0,048466 | 0,050940 |
| 17 | 0,705362 | 0,739513 | 0,034151 | 0,047804 | 0,058749 |
| 18 | 1,313236 | 1,340833 | 0,027597 | 0,055016 | 0,061550 |
| 19 | 1,673432 | 1,693467 | 0,020035 | 0,057995 | 0,061358 |
| 20 | 0,884697 | 0,910770 | 0,026073 | 0,053389 | 0,059415 |

Dari Tabel 47 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*), terbukti dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga pada tabel tersebut yang hampir sama nilainya. Selain itu juga didukung oleh nilai koefisien ketepatan estimasinya seperti bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 20 berjalan sangat baik.

Tabel 48. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=300; m=20$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,75722100 | 0,777587000 | 0,020366 | 0,172417 | 0,195701 |
| theta (Θ) | 0,07999668 | 0,016671107 | -0,063326 | 0,389588 | 0,463836 |

Tabel 48 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-300 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Berdasarkan tabel tersebut juga didapatkan informasi bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 49. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=300; m=20$

| Parameter | Korelasi |
|--------------------|----------|
| a | 0,981938 |
| b | 0,997980 |
| xi (ξ) | 0,999850 |
| tau (τ) | 0,993628 |
| theta (Θ) | 0,976405 |

Melalui Tabel 49 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna). Arah koefisien korelasi yang semuanya positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Dari informasi nilai koefisien korelasi pada Tabel 49 dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (xi), *speed* peserta tes (tau) maupun kemampuan peserta tes (theta) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 50 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini dapat dilihat dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga di tabel yang hampir mirip. Selain dari Tabel 50 juga dapat diketahui bahwa nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati nilai 0, yang berarti ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 50. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=600; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,944382 | 0,965077 | 0,020695 | 0,095514 | 0,097731 |
| 2 | 0,532126 | 0,535507 | 0,003380 | 0,068340 | 0,068424 |
| 3 | 0,703178 | 0,726777 | 0,023599 | 0,072117 | 0,075880 |
| 4 | 0,408241 | 0,411943 | 0,003703 | 0,059469 | 0,059584 |
| 5 | 0,908599 | 0,917003 | 0,008404 | 0,071280 | 0,071774 |
| 6 | 0,992439 | 0,997360 | 0,004921 | 0,091647 | 0,091779 |
| 7 | 1,659499 | 1,745600 | 0,086101 | 0,236988 | 0,252144 |
| 8 | 1,498708 | 1,555100 | 0,056392 | 0,170632 | 0,179709 |
| 9 | 0,804193 | 0,844477 | 0,040284 | 0,098551 | 0,106466 |
| 10 | 0,926516 | 0,976853 | 0,050337 | 0,098889 | 0,110963 |
| 11 | 0,749531 | 0,816680 | 0,067149 | 0,094932 | 0,116280 |
| 12 | 1,217771 | 1,245277 | 0,027505 | 0,174920 | 0,177070 |
| 13 | 0,893436 | 0,929397 | 0,035960 | 0,129194 | 0,134106 |
| 14 | 1,506254 | 1,527187 | 0,020932 | 0,245224 | 0,246116 |
| 15 | 1,526587 | 1,602100 | 0,075513 | 0,271990 | 0,282278 |
| 16 | 1,018507 | 1,194137 | 0,175629 | 0,187765 | 0,257102 |
| 17 | 0,967301 | 1,060977 | 0,093676 | 0,124671 | 0,155942 |
| 18 | 0,602448 | 0,670147 | 0,067699 | 0,092848 | 0,114908 |
| 19 | 0,707045 | 0,835340 | 0,128295 | 0,189782 | 0,229078 |
| 20 | 0,486596 | 0,558043 | 0,071447 | 0,071597 | 0,101148 |

Tabel 51. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter b* untuk $n=600; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,002433 | -0,002433 | 0,090493 | 0,090526 |
| 2 | -1,8 | -1,796600 | 0,003400 | 0,125630 | 0,125676 |
| 3 | -1,6 | -1,613200 | -0,013200 | 0,100361 | 0,101225 |
| 4 | -1,4 | -1,411867 | -0,011867 | 0,167003 | 0,167424 |
| 5 | -1,2 | -1,224267 | -0,024267 | 0,085748 | 0,089115 |
| 6 | -1,0 | -1,034343 | -0,034343 | 0,080443 | 0,087468 |
| 7 | -0,8 | -0,838123 | -0,038123 | 0,057101 | 0,068658 |
| 8 | -0,6 | -0,633613 | -0,033613 | 0,054503 | 0,064034 |
| 9 | -0,4 | -0,432970 | -0,032970 | 0,097597 | 0,103015 |
| 10 | -0,2 | -0,268757 | -0,068757 | 0,079930 | 0,105433 |
| 11 | 0,2 | 0,113384 | -0,086616 | 0,114042 | 0,143206 |
| 12 | 0,4 | 0,332673 | -0,067327 | 0,102489 | 0,122625 |
| 13 | 0,6 | 0,559983 | -0,040017 | 0,159821 | 0,164754 |
| 14 | 0,8 | 0,730060 | -0,069940 | 0,160325 | 0,174916 |
| 15 | 1,0 | 0,884917 | -0,115083 | 0,136309 | 0,178394 |
| 17 | 1,4 | 1,005460 | -0,194540 | 0,199873 | 0,278918 |
| 18 | 1,6 | 1,253133 | -0,146867 | 0,198589 | 0,246997 |
| 19 | 1,8 | 1,377567 | -0,222433 | 0,249305 | 0,334110 |
| 20 | 2,0 | 1,561500 | -0,238500 | 0,369365 | 0,439674 |

Berdasarkan Tabel 51 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu berdasarkan tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa nilai bias, SE dan RMSE-nya mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 52. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter xi* untuk $n=600; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,894496 | 0,895133 | 0,000637 | 0,055102 | 0,055105 |
| 2 | 1,994901 | 2,017133 | 0,022233 | 0,036553 | 0,042783 |
| 3 | 0,893728 | 0,911770 | 0,018042 | 0,038391 | 0,042419 |
| 4 | 0,492904 | 0,508713 | 0,015809 | 0,041641 | 0,044541 |
| 5 | 0,733164 | 0,745343 | 0,012179 | 0,037358 | 0,039293 |
| 6 | 0,214258 | 0,226480 | 0,012222 | 0,036795 | 0,038772 |
| 7 | 0,450249 | 0,453193 | 0,002944 | 0,041486 | 0,041590 |
| 8 | 1,626876 | 1,642967 | 0,016090 | 0,046733 | 0,049425 |
| 9 | 1,458248 | 1,465667 | 0,007418 | 0,044158 | 0,044777 |
| 10 | 1,234032 | 1,261733 | 0,027701 | 0,035125 | 0,044734 |
| 11 | 0,578578 | 0,587777 | 0,009199 | 0,039491 | 0,040548 |
| 12 | 0,830810 | 0,849800 | 0,018990 | 0,038304 | 0,042753 |
| 13 | 0,405864 | 0,421350 | 0,015486 | 0,038479 | 0,041478 |
| 14 | 0,014093 | 0,055933 | 0,041840 | 0,020635 | 0,046652 |
| 15 | 0,700063 | 0,712900 | 0,012837 | 0,054020 | 0,055525 |
| 16 | 0,176215 | 0,186667 | 0,010452 | 0,053113 | 0,054132 |
| 17 | 1,334336 | 1,346800 | 0,012464 | 0,033459 | 0,035705 |
| 18 | 0,513763 | 0,535480 | 0,021717 | 0,036288 | 0,042290 |
| 19 | 0,224596 | 0,241577 | 0,016981 | 0,036291 | 0,040067 |
| 20 | 0,582063 | 0,601553 | 0,019490 | 0,036862 | 0,041698 |

Dari Tabel 52 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini dapat terlihat dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga pada tabel tersebut yang hampir sama nilainya. Berdasarkan Tabel 52 juga dapat diketahui bahwa nilai

koefisien ketepatan estimasi (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 20 berjalan sangat baik.

Tabel 53. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=600; m=20$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,769744 | 0,784401 | 0,014657 | 0,171482 | 0,192336 |
| theta (Θ) | 0,080576 | 0,038196 | -0,042379 | 0,381931 | 0,444646 |

Tabel 53 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-600 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Dari Tabel 53 juga dapat diketahui bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 54. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=600; m=20$

| Parameter | Korelasi |
|--------------------|----------|
| a | 0,992951 |
| b | 0,998970 |
| xi (ξ) | 0,999860 |
| tau (τ) | 0,994600 |
| theta (Θ) | 0,981708 |

Melalui Tabel 54 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna) dengan arah koefisien korelasi yang semuanya positif. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka

hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Berdasarkan Tabel 54 dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (xi), *speed* peserta tes (tau) maupun kemampuan peserta tes (theta) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 55. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=1200; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0,766631 | 0,775147 | 0,008516 | 0,052527 | 0,053212 |
| 2 | 0,589993 | 0,585930 | -0,004062 | 0,038225 | 0,038440 |
| 3 | 0,961274 | 0,977250 | 0,015976 | 0,086034 | 0,087505 |
| 4 | 0,730853 | 0,730683 | -0,000170 | 0,049971 | 0,049971 |
| 5 | 1,459399 | 1,449867 | -0,009532 | 0,112348 | 0,112751 |
| 6 | 1,303265 | 1,311500 | 0,008235 | 0,107460 | 0,107775 |
| 7 | 1,201483 | 1,206100 | 0,004617 | 0,075535 | 0,075676 |
| 8 | 0,693185 | 0,699803 | 0,006619 | 0,056448 | 0,056835 |
| 9 | 1,536690 | 1,524567 | -0,012123 | 0,137525 | 0,138059 |
| 10 | 1,479504 | 1,516700 | 0,037196 | 0,149793 | 0,154342 |
| 11 | 1,339817 | 1,356767 | 0,016950 | 0,165146 | 0,166014 |
| 12 | 0,511067 | 0,498100 | -0,012967 | 0,046485 | 0,048260 |
| 13 | 0,483049 | 0,487817 | 0,004767 | 0,044815 | 0,045068 |
| 14 | 1,075530 | 1,129177 | 0,053647 | 0,121191 | 0,132534 |
| 15 | 0,452804 | 0,450830 | -0,001974 | 0,039705 | 0,039754 |
| 16 | 1,124749 | 1,147137 | 0,022387 | 0,123753 | 0,125761 |
| 17 | 0,747436 | 0,797510 | 0,050074 | 0,092465 | 0,105153 |
| 18 | 0,449318 | 0,473867 | 0,024549 | 0,047392 | 0,053373 |
| 19 | 0,547749 | 0,586363 | 0,038615 | 0,069079 | 0,079139 |
| 20 | 0,638374 | 0,721163 | 0,082789 | 0,118963 | 0,144935 |

Tabel 55 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu pada Tabel 55 juga menunjukkan bahwa nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati nilai 0, yang berarti ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data

dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 56. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter b* untuk $n=1200; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,039067 | -0,039067 | 0,062801 | 0,073961 |
| 2 | -1,8 | -1,813800 | -0,013800 | 0,067598 | 0,068992 |
| 3 | -1,6 | -1,637267 | -0,037267 | 0,058967 | 0,069756 |
| 4 | -1,4 | -1,428300 | -0,028300 | 0,070715 | 0,076167 |
| 5 | -1,2 | -1,251800 | -0,051800 | 0,043127 | 0,067403 |
| 6 | -1,0 | -1,053927 | -0,053927 | 0,039258 | 0,066703 |
| 7 | -0,8 | -0,850770 | -0,050770 | 0,047998 | 0,069867 |
| 8 | -0,6 | -0,623337 | -0,023337 | 0,063057 | 0,067237 |
| 9 | -0,4 | -0,435717 | -0,035717 | 0,043693 | 0,056434 |
| 10 | -0,2 | -0,222703 | -0,022703 | 0,058828 | 0,063057 |
| 11 | 0,2 | 0,211257 | 0,011257 | 0,094654 | 0,095321 |
| 12 | 0,4 | 0,391973 | -0,008027 | 0,132086 | 0,132330 |
| 13 | 0,6 | 0,592027 | -0,007973 | 0,155879 | 0,156083 |
| 14 | 0,8 | 0,759533 | -0,040467 | 0,143757 | 0,149344 |
| 15 | 1,0 | 0,945670 | -0,054330 | 0,228782 | 0,235145 |
| 16 | 1,2 | 1,178000 | -0,022000 | 0,092961 | 0,095528 |
| 17 | 1,4 | 1,313103 | -0,086897 | 0,234168 | 0,249771 |
| 18 | 1,6 | 1,464767 | -0,135233 | 0,290050 | 0,320027 |
| 19 | 1,8 | 1,654200 | -0,145800 | 0,221021 | 0,264779 |
| 20 | 2,0 | 1,735500 | -0,264500 | 0,313702 | 0,410328 |

Berdasarkan Tabel 56 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini juga didukung oleh nilai koefisien bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, besaran koefisien kriteria ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 20 berjalan baik.

Tabel 57. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* ξ untuk $n=1200; m=20$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,161445 | 1,159267 | -0,002178 | 0,035895 | 0,035961 |
| 2 | 1,344779 | 1,355800 | 0,011021 | 0,018557 | 0,021583 |
| 3 | 0,058504 | 0,073562 | 0,015058 | 0,029078 | 0,032746 |
| 4 | 0,200503 | 0,198893 | -0,001609 | 0,033685 | 0,033723 |
| 5 | 1,293318 | 1,293533 | 0,000215 | 0,030719 | 0,030720 |
| 6 | 2,141999 | 2,140567 | -0,001432 | 0,028676 | 0,028712 |
| 7 | 2,717017 | 2,710433 | -0,006583 | 0,023489 | 0,024394 |
| 8 | 1,053168 | 1,058333 | 0,005166 | 0,029080 | 0,029535 |
| 9 | 1,468475 | 1,467400 | -0,001075 | 0,023210 | 0,023235 |
| 10 | 0,481639 | 0,488640 | 0,007001 | 0,024321 | 0,025309 |
| 11 | 0,275745 | 0,276397 | 0,000652 | 0,025279 | 0,025288 |
| 12 | 1,024223 | 1,026073 | 0,001850 | 0,032410 | 0,032463 |
| 13 | 0,347847 | 0,351927 | 0,004079 | 0,025741 | 0,026062 |
| 14 | 0,110887 | 0,119422 | 0,008535 | 0,027183 | 0,028491 |
| 15 | 0,356031 | 0,356147 | 0,000116 | 0,033842 | 0,033842 |
| 16 | 2,358780 | 2,353067 | -0,005713 | 0,027079 | 0,027675 |
| 17 | 0,311475 | 0,314567 | 0,003092 | 0,033276 | 0,033420 |
| 18 | 0,275393 | 0,282703 | 0,007310 | 0,026624 | 0,027609 |
| 19 | 1,532059 | 1,533933 | 0,001874 | 0,023035 | 0,023111 |
| 20 | 0,042432 | 0,058461 | 0,016028 | 0,024542 | 0,029312 |

Dari Tabel 57 dapat dilihat bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*), terbukti dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga pada tabel tersebut yang hampir sama nilainya. Selain itu juga didukung oleh nilai koefisien ketepatan estimasinya seperti bias, SE dan RMSE yang mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 20 berjalan sangat baik.

Tabel 58. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=1200; m=20$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,792395 | 0,795393 | 0,002998 | 0,172357 | 0,193591 |
| theta (Θ) | -0,063920 | -0,036627 | 0,027294 | 0,360074 | 0,485646 |

Tabel 58 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-300 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Berdasarkan tabel tersebut juga didapatkan informasi bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 20 berjalan cukup baik.

Tabel 59. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=1200; m=20$

| Parameter | Korelasi |
|--------------------|----------|
| a | 0,997820 |
| b | 0,999120 |
| xi (ξ) | 0,999983 |
| tau (τ) | 0,994183 |
| theta (Θ) | 0,957144 |

Melalui Tabel 59 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna). Arah koefisien korelasi yang semuanya positif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Dari informasi nilai koefisien korelasi pada Tabel 59 dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b),

time intensity (ξ_i), *speed* peserta tes (τ) maupun kemampuan peserta tes (θ) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 60. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=300; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,420813 | 1,470403 | 0,049591 | 0,238909 | 0,244002 |
| 2 | 0,814819 | 0,860690 | 0,045871 | 0,110227 | 0,119391 |
| 3 | 1,140889 | 1,126173 | -0,014715 | 0,103929 | 0,104966 |
| 4 | 1,097697 | 1,077947 | -0,019751 | 0,127916 | 0,129432 |
| 5 | 0,742975 | 0,726703 | -0,016272 | 0,081223 | 0,082837 |
| 6 | 0,769511 | 0,780673 | 0,011163 | 0,111018 | 0,111577 |
| 7 | 0,533025 | 0,526087 | -0,006939 | 0,085011 | 0,085294 |
| 8 | 0,477875 | 0,493357 | 0,015482 | 0,064293 | 0,066131 |
| 9 | 1,059029 | 1,064143 | 0,005114 | 0,175136 | 0,175211 |
| 10 | 1,446540 | 1,374900 | -0,071640 | 0,196995 | 0,209617 |
| 11 | 1,878304 | 1,713600 | -0,164704 | 0,241057 | 0,291951 |
| 12 | 0,747986 | 0,700473 | -0,047512 | 0,129507 | 0,137947 |
| 13 | 0,429544 | 0,397587 | -0,031957 | 0,061699 | 0,069484 |
| 14 | 0,720490 | 0,751943 | 0,031454 | 0,096389 | 0,101392 |
| 15 | 1,630203 | 1,454633 | -0,175570 | 0,198457 | 0,264972 |
| 16 | 1,420215 | 1,482033 | 0,061818 | 0,307619 | 0,313769 |
| 17 | 0,461385 | 0,445377 | -0,016008 | 0,056279 | 0,058511 |
| 18 | 0,509605 | 0,491940 | -0,017665 | 0,078481 | 0,080445 |
| 19 | 0,617575 | 0,653403 | 0,035828 | 0,125553 | 0,130565 |
| 20 | 0,611963 | 0,591103 | -0,020860 | 0,127431 | 0,129127 |
| 21 | 0,593442 | 0,591717 | -0,001725 | 0,093933 | 0,093949 |
| 22 | 0,478612 | 0,460340 | -0,018272 | 0,086016 | 0,087935 |
| 23 | 1,168548 | 1,162090 | -0,006458 | 0,209590 | 0,209689 |
| 24 | 0,445620 | 0,477900 | 0,032280 | 0,067402 | 0,074733 |
| 25 | 1,313823 | 1,387030 | 0,073207 | 0,224514 | 0,236148 |
| 26 | 1,270896 | 1,286493 | 0,015598 | 0,204333 | 0,204927 |
| 27 | 0,411226 | 0,453443 | 0,042217 | 0,067733 | 0,079813 |
| 28 | 0,645577 | 0,664350 | 0,018773 | 0,124917 | 0,126320 |
| 29 | 0,874638 | 0,869067 | -0,005571 | 0,157031 | 0,157129 |
| 30 | 0,609944 | 0,679263 | 0,069319 | 0,134892 | 0,151661 |
| 31 | 1,442441 | 1,475533 | 0,033092 | 0,223027 | 0,225469 |
| 32 | 1,651907 | 1,757267 | 0,105360 | 0,252085 | 0,273216 |
| 33 | 1,006573 | 1,096637 | 0,090064 | 0,166083 | 0,188931 |
| 34 | 1,187404 | 1,269943 | 0,082540 | 0,271930 | 0,284181 |
| 35 | 1,168198 | 1,289367 | 0,121169 | 0,263519 | 0,290041 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|----------|----------|----------|
| 36 | 0,775669 | 0,968050 | 0,192381 | 0,231473 | 0,300982 |
| 37 | 0,961883 | 1,193070 | 0,231187 | 0,270470 | 0,355811 |
| 38 | 0,641878 | 0,817120 | 0,175243 | 0,108194 | 0,205951 |
| 39 | 0,620973 | 0,727537 | 0,106564 | 0,152730 | 0,186232 |
| 40 | 0,644864 | 0,846687 | 0,201823 | 0,161309 | 0,258366 |

Tabel 60 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini juga didukung oleh nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 61. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter b* untuk $n=300; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,044467 | -0,044467 | 0,124540 | 0,132240 |
| 2 | -1,9 | -1,868867 | 0,031133 | 0,118326 | 0,122354 |
| 3 | -1,8 | -1,873267 | -0,073267 | 0,087117 | 0,113831 |
| 4 | -1,7 | -1,763000 | -0,063000 | 0,095193 | 0,114152 |
| 5 | -1,6 | -1,592667 | 0,007333 | 0,140614 | 0,140806 |
| 6 | -1,5 | -1,532267 | -0,032267 | 0,122655 | 0,126828 |
| 7 | -1,4 | -1,451033 | -0,051033 | 0,205676 | 0,211912 |
| 8 | -1,3 | -1,321393 | -0,021393 | 0,159244 | 0,160675 |
| 9 | -1,2 | -1,247567 | -0,047567 | 0,130552 | 0,138948 |
| 10 | -1,1 | -1,099733 | 0,000267 | 0,048553 | 0,048554 |
| 11 | -1,0 | -1,055953 | -0,055953 | 0,086325 | 0,102873 |
| 12 | -0,9 | -0,885700 | 0,014300 | 0,220562 | 0,221025 |
| 13 | -0,8 | -0,605147 | 0,194853 | 0,242212 | 0,310861 |
| 14 | -0,7 | -0,729110 | -0,029110 | 0,149477 | 0,152285 |
| 15 | -0,6 | -0,640813 | -0,040813 | 0,110366 | 0,117671 |
| 17 | -0,5 | -0,499913 | 8,67E-05 | 0,097629 | 0,097629 |
| 18 | -0,4 | -0,311951 | 0,088049 | 0,193217 | 0,212333 |
| 19 | -0,3 | -0,294005 | 0,005995 | 0,232580 | 0,232657 |
| 20 | -0,2 | -0,224727 | -0,024727 | 0,227620 | 0,228959 |
| 21 | -0,1 | -0,034551 | 0,065449 | 0,293368 | 0,300580 |
| 22 | 0,1 | 0,069176 | -0,030824 | 0,169680 | 0,172457 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 23 | 0,2 | 0,274571 | 0,074571 | 0,280727 | 0,290463 |
| 24 | 0,3 | 0,326820 | 0,026820 | 0,166587 | 0,168732 |
| 25 | 0,4 | 0,409177 | 0,009177 | 0,213309 | 0,213506 |
| 26 | 0,5 | 0,466877 | -0,033123 | 0,148161 | 0,151819 |
| 27 | 0,6 | 0,574867 | -0,025133 | 0,171020 | 0,172857 |
| 28 | 0,7 | 0,512239 | -0,187761 | 0,207674 | 0,279969 |
| 29 | 0,8 | 0,760363 | -0,039637 | 0,247121 | 0,250279 |
| 30 | 0,9 | 0,983950 | 0,083950 | 0,175327 | 0,194389 |
| 31 | 1,0 | 0,899180 | -0,100820 | 0,297761 | 0,314367 |
| 32 | 1,2 | 1,090820 | -0,009180 | 0,156822 | 0,157091 |
| 33 | 1,3 | 1,154560 | -0,045440 | 0,167077 | 0,173146 |
| 34 | 1,4 | 1,259860 | -0,040140 | 0,293649 | 0,296379 |
| 35 | 1,5 | 1,369273 | -0,030727 | 0,288902 | 0,290531 |
| 36 | 1,6 | 1,368107 | -0,131893 | 0,309715 | 0,336629 |
| 37 | 1,7 | 1,315923 | -0,284077 | 0,401721 | 0,492016 |
| 38 | 1,8 | 1,488233 | -0,211767 | 0,313974 | 0,378715 |
| 39 | 1,9 | 1,300593 | -0,499407 | 0,285386 | 0,575197 |
| 40 | 2,0 | 1,552020 | -0,347980 | 0,339839 | 0,486396 |

Berdasarkan Tabel 61 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu Tabel 61 juga menunjukkan bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameternya, seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, hal ini berarti bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesulitan pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 62. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter xi* untuk $n=300; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|----------|----------|----------|
| 1 | 0,146382 | 0,161118 | 0,014736 | 0,063107 | 0,064804 |
| 2 | 1,674795 | 1,698233 | 0,023439 | 0,045769 | 0,051421 |
| 3 | 1,467943 | 1,489333 | 0,021390 | 0,061308 | 0,064932 |
| 4 | 1,101273 | 1,130533 | 0,029260 | 0,043391 | 0,052335 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| 5 | 0,488679 | 0,498223 | 0,009545 | 0,054119 | 0,054954 |
| 6 | 0,469265 | 0,474030 | 0,004765 | 0,058789 | 0,058982 |
| 7 | 1,544713 | 1,553033 | 0,008320 | 0,053370 | 0,054015 |
| 8 | 0,005174 | 0,073365 | 0,068191 | 0,030243 | 0,074597 |
| 9 | 0,276319 | 0,299433 | 0,023114 | 0,053354 | 0,058146 |
| 10 | 0,410380 | 0,440437 | 0,030057 | 0,051747 | 0,059843 |
| 11 | 0,623411 | 0,631180 | 0,007769 | 0,064076 | 0,064545 |
| 12 | 0,058635 | 0,101701 | 0,043066 | 0,037913 | 0,057377 |
| 13 | 0,010999 | 0,065462 | 0,054463 | 0,023043 | 0,059137 |
| 14 | 0,606550 | 0,628557 | 0,022006 | 0,033886 | 0,040404 |
| 15 | 1,697735 | 1,713100 | 0,015365 | 0,061515 | 0,063405 |
| 16 | 0,071854 | 0,091764 | 0,019910 | 0,035012 | 0,040277 |
| 17 | 1,060575 | 1,074837 | 0,014262 | 0,040959 | 0,043371 |
| 18 | 0,572866 | 0,599570 | 0,026704 | 0,050362 | 0,057004 |
| 19 | 0,847496 | 0,874507 | 0,027011 | 0,064135 | 0,069591 |
| 20 | 0,299369 | 0,333023 | 0,033655 | 0,055871 | 0,065224 |
| 21 | 1,173227 | 1,177933 | 0,004707 | 0,055205 | 0,055405 |
| 22 | 0,710617 | 0,743617 | 0,033000 | 0,042212 | 0,053580 |
| 23 | 0,066377 | 0,093223 | 0,026846 | 0,032453 | 0,042118 |
| 24 | 0,620521 | 0,639037 | 0,018515 | 0,067440 | 0,069935 |
| 25 | 0,407624 | 0,433837 | 0,026213 | 0,072614 | 0,077201 |
| 26 | 1,260330 | 1,275733 | 0,015403 | 0,045138 | 0,047694 |
| 27 | 0,298022 | 0,296180 | -0,001842 | 0,051710 | 0,051743 |
| 28 | 2,464407 | 2,472767 | 0,008359 | 0,059564 | 0,060148 |
| 29 | 2,251791 | 2,255500 | 0,003709 | 0,058075 | 0,058193 |
| 30 | 0,986818 | 1,017943 | 0,031125 | 0,044759 | 0,054518 |
| 31 | 1,014953 | 1,025570 | 0,010617 | 0,055064 | 0,056078 |
| 32 | 0,976486 | 1,005490 | 0,029004 | 0,056130 | 0,063181 |
| 33 | 0,412032 | 0,438697 | 0,026665 | 0,066858 | 0,071979 |
| 34 | 0,609310 | 0,632793 | 0,023484 | 0,054062 | 0,058942 |
| 35 | 0,138609 | 0,174394 | 0,035785 | 0,069899 | 0,078527 |
| 36 | 0,344801 | 0,370460 | 0,025659 | 0,056899 | 0,062417 |
| 37 | 0,176215 | 0,194203 | 0,017988 | 0,042825 | 0,046449 |
| 38 | 0,073653 | 0,111478 | 0,037825 | 0,042800 | 0,057119 |
| 39 | 1,131537 | 1,155800 | 0,024263 | 0,057570 | 0,062474 |
| 40 | 1,287061 | 1,300800 | 0,013739 | 0,042754 | 0,044907 |

Dari Tabel 62 dapat dilihat bahwa pada kolom kedua dan ketiga angkanya hampir sama, sehingga dapat dikatakan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu berdasarkan tabel tersebut dapat juga diketahui bahwa nilai

koefisien ketepatan estimasinya seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 40 berjalan sangat baik.

Tabel 63. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=300; m=40$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,746342 | 0,765203 | 0,018861 | 0,127775 | 0,139548 |
| theta (Θ) | 0,057928 | 0,007643 | -0,050285 | 0,333886 | 0,404114 |

Tabel 63 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-600 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Selain itu dari tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 300 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 64. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=300; m=40$

| Parameter | Korelasi |
|--------------------|----------|
| a | 0,977463 |
| b | 0,994710 |
| ξ (ξ) | 0,999806 |
| tau (τ) | 0,997274 |
| theta (Θ) | 0,974981 |

Melalui Tabel 64 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna). Arah koefisien korelasi yang semuanya positif, yang berarti bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Dari tabel tersebut secara umum dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (xi), *speed* peserta tes (tau) maupun kemampuan peserta tes (theta) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 65. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter a* untuk $n=600; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 1,401303 | 1,413867 | 0,012563 | 0,158186 | 0,158684 |
| 2 | 0,702296 | 0,703063 | 0,000768 | 0,051543 | 0,051549 |
| 3 | 1,657746 | 1,578833 | -0,078913 | 0,180082 | 0,196613 |
| 4 | 1,835349 | 1,627233 | -0,208115 | 0,152313 | 0,257898 |
| 5 | 1,334673 | 1,327433 | -0,007240 | 0,139150 | 0,139338 |
| 6 | 1,405276 | 1,361533 | -0,043742 | 0,146472 | 0,152864 |
| 7 | 0,532356 | 0,541340 | 0,008984 | 0,055704 | 0,056424 |
| 8 | 0,603440 | 0,557650 | -0,045790 | 0,051374 | 0,068819 |
| 9 | 0,592632 | 0,579473 | -0,013159 | 0,041491 | 0,043528 |
| 10 | 1,195949 | 1,213467 | 0,017518 | 0,120261 | 0,121530 |
| 11 | 1,955391 | 1,764567 | -0,190824 | 0,235931 | 0,303442 |
| 12 | 1,664998 | 1,557633 | -0,107365 | 0,155840 | 0,189244 |
| 13 | 1,440088 | 1,420900 | -0,019188 | 0,254606 | 0,255328 |
| 14 | 1,274209 | 1,256400 | -0,017809 | 0,127018 | 0,128261 |
| 15 | 0,493491 | 0,471740 | -0,021751 | 0,035960 | 0,042026 |
| 16 | 0,562225 | 0,559020 | -0,003205 | 0,063277 | 0,063358 |
| 17 | 1,280297 | 1,253907 | -0,026390 | 0,154434 | 0,156673 |
| 18 | 0,460293 | 0,413120 | -0,047173 | 0,045983 | 0,065876 |
| 19 | 1,658044 | 1,661533 | 0,003489 | 0,186432 | 0,186465 |
| 20 | 0,940522 | 0,904410 | -0,036112 | 0,055531 | 0,066240 |
| 21 | 1,688052 | 1,651600 | -0,036452 | 0,156196 | 0,160393 |
| 22 | 0,841669 | 0,844657 | 0,002988 | 0,075896 | 0,075955 |
| 23 | 1,132685 | 1,088790 | -0,043895 | 0,098128 | 0,107499 |
| 24 | 0,756640 | 0,752890 | -0,003750 | 0,100821 | 0,100891 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 25 | 1,064086 | 1,048583 | -0,015503 | 0,146940 | 0,147755 |
| 26 | 0,824705 | 0,817327 | -0,007378 | 0,152616 | 0,152794 |
| 27 | 1,309321 | 1,248967 | -0,060355 | 0,206864 | 0,215489 |
| 28 | 1,422993 | 1,370833 | -0,052160 | 0,196089 | 0,202908 |
| 29 | 0,712261 | 0,708553 | -0,003707 | 0,089709 | 0,089785 |
| 30 | 1,526643 | 1,392137 | -0,134506 | 0,204478 | 0,244751 |
| 31 | 1,590451 | 1,572933 | -0,017517 | 0,233341 | 0,233998 |
| 32 | 0,814536 | 0,841277 | 0,026741 | 0,143808 | 0,146273 |
| 33 | 0,620237 | 0,645933 | 0,025697 | 0,070865 | 0,075380 |
| 34 | 1,778621 | 1,705333 | -0,073288 | 0,403670 | 0,410269 |
| 35 | 0,638710 | 0,673670 | 0,034960 | 0,096830 | 0,102948 |
| 36 | 0,979931 | 1,068557 | 0,088626 | 0,170403 | 0,192072 |
| 37 | 1,751979 | 1,699533 | -0,052446 | 0,169373 | 0,177307 |
| 38 | 1,729873 | 1,569033 | -0,160840 | 0,160705 | 0,227366 |
| 39 | 0,563243 | 0,605990 | 0,042747 | 0,055063 | 0,069708 |
| 40 | 0,464389 | 0,527513 | 0,063124 | 0,061590 | 0,088193 |

Tabel 65 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini terlihat dari angka-angka pada kolom kedua dan ketiga di Tabel 65 yang hampir mirip. Selain itu dari tabel yang sama juga menunjukkan bahwa nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 66. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter b* untuk $n=600; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -2,021070 | -0,021070 | 0,064376 | 0,067736 |
| 2 | -1,9 | -1,887100 | 0,012900 | 0,085998 | 0,086960 |
| 3 | -1,8 | -1,779133 | 0,020867 | 0,056222 | 0,059969 |
| 4 | -1,7 | -1,655133 | 0,044867 | 0,096340 | 0,106275 |
| 5 | -1,6 | -1,592567 | 0,007433 | 0,058492 | 0,058962 |
| 6 | -1,5 | -1,468533 | 0,031467 | 0,097463 | 0,102417 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 7 | -1,4 | -1,322133 | 0,077867 | 0,156952 | 0,175206 |
| 8 | -1,3 | -1,228067 | 0,071933 | 0,120526 | 0,140360 |
| 9 | -1,2 | -1,124360 | 0,075640 | 0,083291 | 0,112511 |
| 10 | -1,1 | -1,078980 | 0,021020 | 0,092982 | 0,095328 |
| 11 | -1,0 | -0,970183 | 0,029817 | 0,065333 | 0,071816 |
| 12 | -0,9 | -0,857217 | 0,042783 | 0,036681 | 0,056355 |
| 13 | -0,8 | -0,744430 | 0,055570 | 0,086337 | 0,102674 |
| 14 | -0,7 | -0,666813 | 0,033187 | 0,070801 | 0,078193 |
| 15 | -0,6 | -0,503507 | 0,096493 | 0,194373 | 0,217006 |
| 17 | -0,5 | -0,438877 | 0,061123 | 0,144024 | 0,156458 |
| 18 | -0,4 | -0,399660 | 0,000340 | 0,053795 | 0,053796 |
| 19 | -0,3 | -0,198463 | 0,101537 | 0,105625 | 0,146514 |
| 20 | -0,2 | -0,151405 | 0,048595 | 0,075149 | 0,089492 |
| 21 | -0,1 | -0,091964 | 0,008036 | 0,086104 | 0,086478 |
| 22 | 0,2 | 0,125899 | 0,025899 | 0,064577 | 0,069577 |
| 23 | 0,3 | 0,215629 | 0,015629 | 0,095795 | 0,097061 |
| 24 | 0,4 | 0,440793 | 0,140793 | 0,121913 | 0,186241 |
| 25 | 0,5 | 0,469533 | 0,069533 | 0,146468 | 0,162135 |
| 26 | 0,6 | 0,648883 | 0,148883 | 0,144609 | 0,207553 |
| 27 | 0,7 | 0,715650 | 0,115650 | 0,300576 | 0,322057 |
| 28 | 0,8 | 0,818887 | 0,118887 | 0,263602 | 0,289171 |
| 29 | 0,9 | 0,931787 | 0,131787 | 0,131818 | 0,186397 |
| 30 | 1,0 | 0,976193 | 0,076193 | 0,169275 | 0,185632 |
| 31 | 1,1 | 1,209610 | 0,209610 | 0,278162 | 0,348296 |
| 32 | 1,2 | 1,297733 | 0,197733 | 0,202155 | 0,282781 |
| 33 | 1,3 | 1,276360 | 0,076360 | 0,347593 | 0,355882 |
| 34 | 1,4 | 1,380400 | 0,080400 | 0,251905 | 0,264424 |
| 35 | 1,5 | 1,534933 | 0,134933 | 0,211636 | 0,250991 |
| 36 | 1,6 | 1,470500 | -0,029500 | 0,311691 | 0,313084 |
| 37 | 1,7 | 1,576200 | -0,023800 | 0,289738 | 0,290714 |
| 38 | 1,8 | 1,883033 | 0,183033 | 0,268248 | 0,324743 |
| 39 | 1,9 | 1,966233 | 0,166233 | 0,254501 | 0,303981 |
| 40 | 2,0 | 1,778767 | -0,121233 | 0,286964 | 0,311522 |

Berdasarkan Tabel 66 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) cukup mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu dari tabel tersebut dapat juga diketahui bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter

tingkat kesullitan pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 67. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* ξ untuk $n=600; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 2,496972 | 2,492600 | -0,004372 | 0,063942 | 0,064091 |
| 2 | 0,565950 | 0,568263 | 0,002313 | 0,032447 | 0,032529 |
| 3 | 0,346663 | 0,372270 | 0,025607 | 0,033416 | 0,042100 |
| 4 | 0,071076 | 0,083745 | 0,012668 | 0,030163 | 0,032715 |
| 5 | 0,274535 | 0,252993 | -0,021541 | 0,042989 | 0,048085 |
| 6 | 0,166256 | 0,164000 | -0,002256 | 0,039930 | 0,039994 |
| 7 | 0,234422 | 0,221413 | -0,013009 | 0,034610 | 0,036974 |
| 8 | 1,614631 | 1,603667 | -0,010964 | 0,032661 | 0,034453 |
| 9 | 0,664716 | 0,668793 | 0,004078 | 0,035154 | 0,035389 |
| 10 | 0,290775 | 0,308607 | 0,017832 | 0,032861 | 0,037388 |
| 11 | 0,941116 | 0,918907 | -0,022209 | 0,041764 | 0,047302 |
| 12 | 1,176308 | 1,167900 | -0,008408 | 0,049703 | 0,050409 |
| 13 | 0,365791 | 0,350333 | -0,015458 | 0,040064 | 0,042943 |
| 14 | 0,595344 | 0,586330 | -0,009014 | 0,030991 | 0,032275 |
| 15 | 0,645208 | 0,645600 | 0,000392 | 0,041919 | 0,041921 |
| 16 | 0,177893 | 0,170545 | -0,007347 | 0,048378 | 0,048933 |
| 17 | 0,619647 | 0,598710 | -0,020937 | 0,028163 | 0,035093 |
| 18 | 1,619861 | 1,617833 | -0,002028 | 0,039783 | 0,039834 |
| 19 | 0,359594 | 0,358107 | -0,001488 | 0,041573 | 0,041599 |
| 20 | 0,810306 | 0,827360 | 0,017054 | 0,032640 | 0,036827 |
| 21 | 1,229459 | 1,230000 | 0,000541 | 0,057429 | 0,057431 |
| 22 | 1,374619 | 1,382700 | 0,008081 | 0,033922 | 0,034871 |
| 23 | 0,563279 | 0,566963 | 0,003685 | 0,034787 | 0,034981 |
| 24 | 1,935700 | 1,926267 | -0,009434 | 0,059399 | 0,060144 |
| 25 | 0,575513 | 0,573847 | -0,001666 | 0,039349 | 0,039384 |
| 26 | 0,475988 | 0,478810 | 0,002822 | 0,034787 | 0,034901 |
| 27 | 0,090894 | 0,094430 | 0,003536 | 0,029437 | 0,029648 |
| 28 | 1,471984 | 1,486867 | 0,014883 | 0,053249 | 0,055290 |
| 29 | 1,979227 | 1,962467 | -0,016761 | 0,026545 | 0,031394 |
| 30 | 0,403435 | 0,407053 | 0,003618 | 0,037199 | 0,037375 |
| 31 | 0,569093 | 0,560610 | -0,008483 | 0,049889 | 0,050605 |
| 32 | 1,044285 | 1,050467 | 0,006182 | 0,040774 | 0,041240 |
| 33 | 0,910752 | 0,924517 | 0,013765 | 0,038768 | 0,041139 |
| 34 | 1,526511 | 1,525300 | -0,001211 | 0,031889 | 0,031911 |
| 35 | 0,403619 | 0,401230 | -0,002389 | 0,046089 | 0,046151 |
| 36 | 0,724427 | 0,713957 | -0,010470 | 0,043371 | 0,044617 |
| 37 | 0,993969 | 1,006210 | 0,012241 | 0,037269 | 0,039227 |
| 38 | 0,570661 | 0,575443 | 0,004782 | 0,040459 | 0,040741 |
| 39 | 0,811413 | 0,816560 | 0,005147 | 0,031535 | 0,031952 |
| 40 | 0,290582 | 0,296177 | 0,005595 | 0,035820 | 0,036254 |

Dari Tabel 67 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*), hal ini dapat dilihat dari kolom kedua dan ketiga angka-angkanya hampir sama. Selain itu berdasarkan Tabel 67 juga dapat diketahui bahwa nilai koefisien ketepatan estimasinya (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, yang berarti bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 40 berjalan sangat baik.

Tabel 68. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=600; m=40$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,794181 | 0,794679 | 0,022180 | 0,126115 | 0,141124 |
| theta (Θ) | -0,002883 | 0,005018 | -0,007901 | 0,317346 | 0,382189 |

Tabel 68 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (tau) dan kemampuan peserta tes (theta) dari ke-600 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Berdasarkan tabel 68 juga didapatkan informasi bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 600 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 69. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=600; m=40$

| Parameter | Korelasi |
|--------------------|----------|
| a | 0,994013 |
| b | 0,996896 |
| xi (ξ) | 0,999812 |
| tau (τ) | 0,996026 |
| theta (Θ) | 0,966542 |

Melalui Tabel 69 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna) dengan arah koefisien korelasi yang semuanya positif. Tanda positif pada koefisien korelasi ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Secara umum dari tabel tersebut juga dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (xi), *speed* peserta tes (tau) maupun kemampuan peserta tes (theta) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Tabel 70. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* a untuk $n=1200; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0,498518 | 0,502153 | 0,003635 | 0,040576 | 0,040739 |
| 2 | 0,989378 | 0,979073 | -0,010305 | 0,078901 | 0,079572 |
| 3 | 1,747619 | 1,763700 | 0,016082 | 0,204170 | 0,204802 |
| 4 | 1,209024 | 1,201733 | -0,007291 | 0,097258 | 0,097531 |
| 5 | 0,693941 | 0,696480 | 0,002539 | 0,044957 | 0,045028 |
| 6 | 0,554610 | 0,541510 | -0,013100 | 0,034025 | 0,036460 |
| 7 | 0,885083 | 0,885130 | 0,000471 | 0,064813 | 0,064813 |
| 8 | 0,596149 | 0,595877 | -0,000273 | 0,043257 | 0,043258 |
| 9 | 0,932710 | 0,930520 | -0,002190 | 0,063852 | 0,063889 |
| 10 | 0,724358 | 0,720380 | -0,003978 | 0,059043 | 0,059177 |
| 11 | 1,152037 | 1,124767 | -0,027270 | 0,085564 | 0,089804 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (a) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 12 | 0,456312 | 0,458460 | 0,002149 | 0,041299 | 0,041355 |
| 13 | 0,527030 | 0,515960 | -0,011070 | 0,037947 | 0,039528 |
| 14 | 0,513468 | 0,521460 | 0,007993 | 0,054392 | 0,054976 |
| 15 | 1,773282 | 1,762233 | -0,011049 | 0,170713 | 0,171071 |
| 16 | 1,553882 | 1,571433 | 0,017551 | 0,129820 | 0,131001 |
| 17 | 1,104059 | 1,098260 | -0,005799 | 0,086774 | 0,086968 |
| 18 | 0,847938 | 0,852943 | 0,005005 | 0,078807 | 0,078966 |
| 19 | 1,966501 | 1,961033 | -0,005468 | 0,202600 | 0,202674 |
| 20 | 0,732099 | 0,717600 | -0,014499 | 0,051614 | 0,053612 |
| 21 | 0,734633 | 0,756360 | 0,021727 | 0,052089 | 0,056438 |
| 22 | 1,260703 | 1,311800 | 0,051097 | 0,143719 | 0,152533 |
| 23 | 0,542993 | 0,554737 | 0,011744 | 0,053175 | 0,054456 |
| 24 | 0,596325 | 0,616027 | 0,019702 | 0,055875 | 0,059247 |
| 25 | 1,566512 | 1,657400 | 0,090888 | 0,197551 | 0,217456 |
| 26 | 0,735368 | 0,762500 | 0,027132 | 0,080678 | 0,085118 |
| 27 | 0,424486 | 0,434860 | 0,010374 | 0,041896 | 0,043161 |
| 28 | 0,960340 | 1,043483 | 0,083144 | 0,119065 | 0,145222 |
| 29 | 0,953559 | 0,963973 | 0,010414 | 0,093679 | 0,094256 |
| 30 | 0,673916 | 0,693863 | 0,019948 | 0,070731 | 0,073490 |
| 31 | 1,095121 | 1,146397 | 0,051275 | 0,120588 | 0,131036 |
| 32 | 0,949187 | 0,964837 | 0,015650 | 0,104747 | 0,105910 |
| 33 | 0,588963 | 0,601097 | 0,012134 | 0,070469 | 0,071506 |
| 34 | 0,888980 | 0,903150 | 0,014170 | 0,096708 | 0,097741 |
| 35 | 0,584503 | 0,603790 | 0,019287 | 0,053618 | 0,056981 |
| 36 | 1,179061 | 1,186030 | 0,006970 | 0,127532 | 0,127723 |
| 37 | 1,320797 | 1,393300 | 0,072503 | 0,202263 | 0,214865 |
| 38 | 0,950716 | 1,017830 | 0,067114 | 0,146791 | 0,161406 |
| 39 | 1,379043 | 1,445043 | 0,066001 | 0,231329 | 0,240560 |
| 40 | 0,680731 | 0,734253 | 0,053522 | 0,082378 | 0,098238 |

Tabel 70 menunjukkan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter daya beda (a) mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Hal ini juga didukung oleh nilai bias, SE dan RMSE-nya juga mendekati nilai 0, yang artinya adalah ketepatan proses estimasi parameter daya beda pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 40 berjalan baik.

Tabel 71. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter b* untuk $n=1200; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (b) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | -2,0 | -1,992700 | 0,007300 | 0,056864 | 0,057331 |
| 2 | -1,9 | -1,903567 | -0,003567 | 0,059767 | 0,059873 |
| 3 | -1,8 | -1,795133 | 0,004867 | 0,038198 | 0,038507 |
| 4 | -1,7 | -1,703400 | -0,003400 | 0,056115 | 0,056218 |
| 5 | -1,6 | -1,573500 | 0,026500 | 0,071941 | 0,076666 |
| 6 | -1,5 | -1,463533 | 0,036467 | 0,099412 | 0,105890 |
| 7 | -1,4 | -1,427000 | -0,027000 | 0,055560 | 0,061773 |
| 8 | -1,3 | -1,283500 | 0,016500 | 0,075475 | 0,077257 |
| 9 | -1,2 | -1,186533 | 0,013467 | 0,065810 | 0,067173 |
| 10 | -1,1 | -1,090633 | 0,009367 | 0,061809 | 0,062515 |
| 11 | -1,0 | -0,997467 | 0,002533 | 0,042964 | 0,043038 |
| 12 | -0,9 | -0,879910 | 0,020090 | 0,124491 | 0,126102 |
| 13 | -0,8 | -0,777330 | 0,022670 | 0,084709 | 0,087690 |
| 14 | -0,7 | -0,721207 | -0,021207 | 0,086222 | 0,088791 |
| 15 | -0,6 | -0,609663 | -0,009663 | 0,058564 | 0,059356 |
| 16 | -0,5 | -0,485237 | 0,014763 | 0,051262 | 0,053345 |
| 17 | -0,4 | -0,392193 | 0,007807 | 0,068574 | 0,069017 |
| 18 | -0,3 | -0,319343 | -0,019343 | 0,068668 | 0,071340 |
| 19 | -0,2 | -0,211537 | -0,011537 | 0,049238 | 0,050571 |
| 20 | -0,1 | -0,091217 | 0,008783 | 0,102370 | 0,102746 |
| 21 | 0,1 | 0,068583 | -0,031417 | 0,098596 | 0,103480 |
| 22 | 0,2 | 0,192285 | -0,007715 | 0,073518 | 0,073922 |
| 23 | 0,3 | 0,293290 | -0,006710 | 0,205687 | 0,205796 |
| 24 | 0,4 | 0,388540 | -0,011460 | 0,143499 | 0,143956 |
| 25 | 0,5 | 0,496783 | -0,003217 | 0,069815 | 0,069889 |
| 26 | 0,6 | 0,599010 | -0,000990 | 0,165864 | 0,165867 |
| 27 | 0,7 | 0,698317 | -0,001683 | 0,213321 | 0,213328 |
| 28 | 0,8 | 0,753550 | -0,046450 | 0,141757 | 0,149173 |
| 29 | 0,9 | 0,902213 | 0,002213 | 0,123104 | 0,123124 |
| 30 | 1,0 | 1,013277 | 0,013277 | 0,247251 | 0,247608 |
| 31 | 1,1 | 1,062457 | -0,037543 | 0,147875 | 0,152566 |
| 32 | 1,2 | 1,211547 | 0,011547 | 0,172940 | 0,173325 |
| 33 | 1,3 | 1,285763 | -0,014237 | 0,230370 | 0,230810 |
| 34 | 1,4 | 1,416433 | 0,016433 | 0,154846 | 0,155715 |
| 35 | 1,5 | 1,434100 | -0,065900 | 0,226103 | 0,235510 |
| 36 | 1,6 | 1,598400 | -0,001600 | 0,156184 | 0,156192 |
| 37 | 1,7 | 1,672933 | -0,027067 | 0,170514 | 0,172649 |
| 38 | 1,8 | 1,686733 | -0,113267 | 0,219954 | 0,247405 |
| 39 | 1,9 | 1,854067 | -0,045933 | 0,259895 | 0,263923 |
| 40 | 2,0 | 1,827467 | -0,172533 | 0,232543 | 0,289559 |

Berdasarkan Tabel 71 dapat diketahui bahwa rata-rata nilai estimasi parameter tingkat kesulitan (b) mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu Tabel 61 juga menunjukkan bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameternya, seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, hal ini berarti bahwa ketepatan proses estimasi parameter tingkat kesulitan pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 40 berjalan baik.

Tabel 72. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter xi* untuk $n=1200; m=40$

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| 1 | 0,853967 | 0,845533 | -0,008434 | 0,032919 | 0,033982 |
| 2 | 0,456198 | 0,452843 | -0,003355 | 0,029430 | 0,029621 |
| 3 | 0,291257 | 0,293010 | 0,001753 | 0,029859 | 0,029910 |
| 4 | 0,154825 | 0,146985 | -0,007840 | 0,025476 | 0,026655 |
| 5 | 0,547218 | 0,537120 | -0,010098 | 0,031440 | 0,033022 |
| 6 | 0,089681 | 0,085257 | -0,004425 | 0,029427 | 0,029758 |
| 7 | 0,854944 | 0,851563 | -0,003381 | 0,040647 | 0,040788 |
| 8 | 0,773287 | 0,760233 | -0,013054 | 0,026325 | 0,029384 |
| 9 | 0,068829 | 0,066286 | -0,002543 | 0,024073 | 0,024207 |
| 10 | 1,536313 | 1,521267 | -0,015046 | 0,028729 | 0,032430 |
| 11 | 1,568674 | 1,562600 | -0,006074 | 0,026981 | 0,027656 |
| 12 | 0,846771 | 0,836533 | -0,010237 | 0,033858 | 0,035372 |
| 13 | 0,904828 | 0,897817 | -0,007011 | 0,042889 | 0,043458 |
| 14 | 2,330319 | 2,324000 | -0,006319 | 0,024636 | 0,025434 |
| 15 | 0,734479 | 0,715110 | -0,019369 | 0,026186 | 0,032571 |
| 16 | 0,456977 | 0,440460 | -0,016517 | 0,038578 | 0,041965 |
| 17 | 0,682875 | 0,670793 | -0,012082 | 0,025956 | 0,028630 |
| 18 | 1,071874 | 1,063070 | -0,008804 | 0,029986 | 0,031252 |
| 19 | 1,017417 | 0,997250 | -0,020167 | 0,026439 | 0,033252 |
| 20 | 1,158965 | 1,152633 | -0,006332 | 0,028448 | 0,029144 |
| 21 | 0,831134 | 0,817227 | -0,013907 | 0,038740 | 0,041160 |
| 22 | 0,346020 | 0,349553 | 0,003534 | 0,022596 | 0,022870 |
| 23 | 0,022046 | 0,030763 | 0,008717 | 0,012280 | 0,015060 |
| 24 | 0,811330 | 0,804387 | -0,006944 | 0,028117 | 0,028961 |
| 25 | 0,505067 | 0,489003 | -0,016063 | 0,041965 | 0,044934 |

| Nomor Soal | Bangkitan | Rata-Rata Estimasi (ξ/ξ) | Bias | SE | RMSE |
|------------|-----------|----------------------------------|-----------|----------|----------|
| 26 | 0,110024 | 0,099730 | -0,010294 | 0,028857 | 0,030638 |
| 27 | 0,673225 | 0,647907 | -0,025318 | 0,032026 | 0,040825 |
| 28 | 0,606626 | 0,595520 | -0,011106 | 0,026736 | 0,028951 |
| 29 | 1,159746 | 1,147033 | -0,012713 | 0,034361 | 0,036638 |
| 30 | 0,346203 | 0,343420 | -0,002783 | 0,029242 | 0,029374 |
| 31 | 0,975039 | 0,963897 | -0,011142 | 0,026771 | 0,028997 |
| 32 | 0,405669 | 0,393547 | -0,012122 | 0,031861 | 0,034089 |
| 33 | 0,732110 | 0,724577 | -0,007533 | 0,024331 | 0,025470 |
| 34 | 1,287587 | 1,286200 | -0,001387 | 0,031594 | 0,031624 |
| 35 | 0,630154 | 0,613133 | -0,017020 | 0,025753 | 0,030869 |
| 36 | 2,994443 | 2,973033 | -0,021410 | 0,034388 | 0,040509 |
| 37 | 1,068284 | 1,057513 | -0,010771 | 0,030363 | 0,032216 |
| 38 | 0,369734 | 0,354767 | -0,014967 | 0,025561 | 0,029620 |
| 39 | 0,002268 | 0,026449 | 0,024182 | 0,013148 | 0,027525 |
| 40 | 0,614899 | 0,603507 | -0,011392 | 0,026653 | 0,028986 |

Dari Tabel 72 dapat dilihat bahwa pada kolom kedua dan ketiga angkanya hampir sama, sehingga dapat dikatakan bahwa rata-rata nilai estimasi parameter *time intensity* (ξ) sangat mendekati nilai parameter bangkitannya (*true parameter*). Selain itu berdasarkan tabel tersebut dapat juga diketahui bahwa nilai koefisien ketepatan estimasinya seperti bias, SE dan RMSE mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *time intensity* pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 40 berjalan sangat baik.

Tabel 73. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* tau dan theta untuk $n=1200; m=40$

| Parameter | Rata-Rata Bangkitan | Grand Rata-Rata Estimasi | Rata-Rata Bias | Rata-Rata SE | Rata-Rata RMSE |
|--------------------|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|----------------|
| tau (τ) | 0,815438 | 0,805488 | -0,009950 | 0,136137 | 0,148077 |
| theta (Θ) | 0,004895 | -0,003682 | -0,008578 | 0,359499 | 0,441861 |

Tabel 73 menunjukkan bahwa rata-rata parameter bangkitan (*true parameter*) *speed* peserta tes (τ) dan kemampuan peserta tes (θ) dari ke-1200 peserta tes cukup dekat dengan nilai estimasi parameternya. Selain itu dari tabel tersebut juga dapat diketahui bahwa nilai koefisien kriteria ketepatan proses estimasi parameter (bias, SE dan RMSE) mendekati nilai 0, hal ini menunjukkan bahwa ketepatan proses estimasi parameter *speed* peserta tes dan kemampuan peserta tes pada data dengan banyaknya peserta tes 1200 dan banyaknya butir soal 40 berjalan cukup baik.

Tabel 74. Uji Ketepatan Estimasi *Parameter* (Korelasi) untuk $n=1200; m=40$

| Parameter | Korelasi |
|-----------------------|----------|
| a | 0,997567 |
| b | 0,999646 |
| ξ (ξ) | 0,999907 |
| τ (τ) | 0,997385 |
| θ (θ) | 0,962611 |

Melalui Tabel 74 dapat diketahui bahwa semua besarnya koefisien korelasi mendekati 1 (korelasi sempurna). Arah koefisien korelasi yang semuanya positif, yang berarti bahwa semakin tinggi nilai koefisien korelasi maka hasil estimasi parameternya juga semakin mendekati parameter bangkitannya (*true parameter*). Dari tabel tersebut secara umum dapat disimpulkan bahwa semua besaran estimasi parameter tersebut baik daya beda (a), tingkat kesulitan (b), *time intensity* (ξ), *speed* peserta tes (τ) maupun kemampuan peserta tes (θ) layak digunakan sebagai ukuran *person parameter* dan *item parameter* dalam model.

Secara menyeluruh untuk mengetahui bagaimana hubungan antara banyaknya peserta tes dan banyaknya butir soal terhadap perbedaan hasil estimasi parameter model simultan maka perlu dibuat tabel perbandingan untuk masing-masing kriteria ketepatan estimasi parameter (bias, SE, RMSE dan korelasi) seperti berikut ini

Tabel 75. Perbandingan Rata-Rata Bias terhadap banyaknya n dan m

| n | m | Rata-Rata Bias | | | | |
|------|----|----------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | a | b | xi | Tau | Theta |
| 300 | 10 | 0,053463 | 0,095683 | 0,029839 | 0,030591 | 0,060823 |
| | 20 | 0,042543 | -0,079183 | 0,02283 | 0,020366 | -0,063326 |
| | 40 | 0,030288 | -0,059924 | 0,022702 | 0,018861 | -0,05029 |
| 600 | 10 | 0,034845 | -0,052718 | 0,014892 | 0,012629 | -0,06206 |
| | 20 | 0,053081 | -0,09152 | 0,015737 | 0,014657 | -0,042379 |
| | 40 | -0,03001 | 0,054302 | -0,00062 | 0,02218 | -0,0079 |
| 1200 | 10 | 0,020336 | -0,052762 | 0,007488 | 0,00684 | -0,035428 |
| | 20 | 0,016705 | -0,055533 | 0,00317 | 0,002998 | 0,027294 |
| | 40 | 0,016688 | -0,011221 | -0,008744 | -0,00995 | -0,008578 |

Tabel 76. Perbandingan Rata-Rata SE terhadap banyaknya n dan m

| n | m | Rata-Rata SE | | | | |
|------|----|--------------|----------|----------|----------|----------|
| | | a | b | xi | Tau | Theta |
| 300 | 10 | 0,203099 | 0,194851 | 0,055627 | 0,213931 | 0,446644 |
| | 20 | 0,16148 | 0,200748 | 0,055001 | 0,172417 | 0,389588 |
| | 40 | 0,154708 | 0,197547 | 0,0514 | 0,127775 | 0,333886 |
| 600 | 10 | 0,14714 | 0,183619 | 0,038169 | 0,215603 | 0,442391 |
| | 20 | 0,132318 | 0,146853 | 0,040014 | 0,171482 | 0,381931 |
| | 40 | 0,135124 | 0,155836 | 0,039378 | 0,126115 | 0,317346 |
| 1200 | 10 | 0,104047 | 0,136389 | 0,02877 | 0,213747 | 0,440485 |
| | 20 | 0,086743 | 0,123155 | 0,027786 | 0,172357 | 0,360074 |
| | 40 | 0,095382 | 0,120791 | 0,029191 | 0,136137 | 0,359499 |

Tabel 77. Perbandingan Rata-Rata RMSE terhadap banyaknya n dan m

| n | m | Rata-Rata RMSE | | | | |
|------|----|----------------|----------|----------|----------|----------|
| | | a | b | xi | tau | Theta |
| 300 | 10 | 0,231881 | 0,251801 | 0,065397 | 0,258001 | 0,614400 |
| | 20 | 0,176700 | 0,227202 | 0,060349 | 0,195701 | 0,463836 |
| | 40 | 0,172453 | 0,230291 | 0,058170 | 0,139540 | 0,404114 |
| 600 | 10 | 0,157448 | 0,202184 | 0,041303 | 0,253685 | 0,655739 |
| | 20 | 0,146424 | 0,179274 | 0,044214 | 0,192363 | 0,444646 |
| | 40 | 0,148147 | 0,181649 | 0,041000 | 0,141120 | 0,382180 |
| 1200 | 10 | 0,108435 | 0,154445 | 0,030362 | 0,253254 | 0,602331 |
| | 20 | 0,090728 | 0,139412 | 0,028659 | 0,193591 | 0,485646 |
| | 40 | 0,099314 | 0,124725 | 0,031695 | 0,148077 | 0,441861 |

Tabel 78. Perbandingan Korelasi terhadap banyaknya n dan m

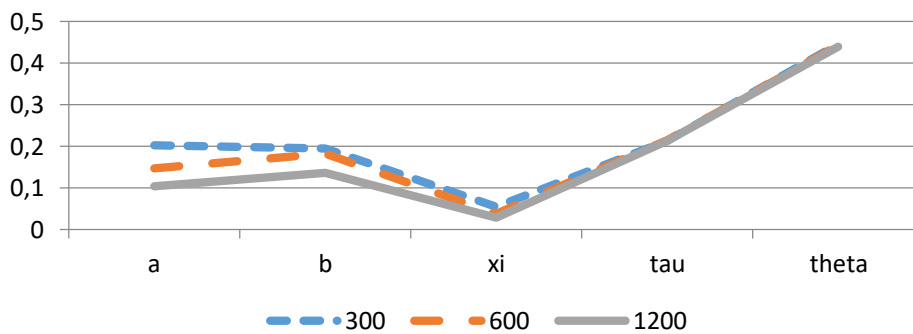
| n | m | Korelasi | | | | |
|------|----|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | a | b | xi | tau | Theta |
| 300 | 10 | 0,891603 | 0,994411 | 0,999440 | 0,988036 | 0,925497 |
| | 20 | 0,981938 | 0,997980 | 0,999850 | 0,993628 | 0,976405 |
| | 40 | 0,977463 | 0,994710 | 0,999806 | 0,997274 | 0,974981 |
| 600 | 10 | 0,990945 | 0,997679 | 0,999931 | 0,989448 | 0,911380 |
| | 20 | 0,992951 | 0,998970 | 0,999860 | 0,994600 | 0,981708 |
| | 40 | 0,994013 | 0,996903 | 0,999812 | 0,996026 | 0,966542 |
| 1200 | 10 | 0,999478 | 0,999190 | 0,999949 | 0,987000 | 0,960477 |
| | 20 | 0,997820 | 0,999120 | 0,999983 | 0,994183 | 0,957144 |
| | 40 | 0,997567 | 0,999646 | 0,999907 | 0,997385 | 0,962611 |

Gambar 31 dan Gambar 32 adalah grafik yang digunakan untuk melihat bagaimana perbandingan SE dan RMSE antar jumlah peserta tes dan jumlah butir soal. Berdasarkan kedua gambar tersebut, dapat diketahui bahwa secara umum banyaknya peserta tes (n) tidak berpengaruh secara signifikan terhadap perbedaan hasil estimasi *person parameter* (tau dan theta) pada model simultan. Hal ini dapat dilihat dari garis untuk n=300, n=600 dan n=1200 pada grafik yang hampir berhimpitan (nilai SE atau RMSE yang saling berdekatan). Artinya, hasil estimasi *person parameter* tidak terpengaruh oleh banyaknya peserta tes (n) yang dilibatkan dalam proses, hasil estimasi *person parameter* tetaplah stabil/ konsisten, atau dengan kata lain metode estimasi *Bayesian* yang diaplikasikan dalam penelitian ini adalah metode estimasi yang tepat karena hasil estimasi parameternya *robust*

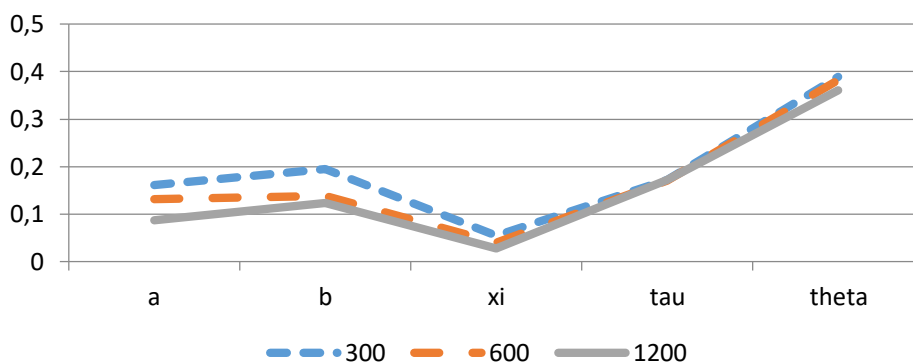
terhadap banyaknya jumlah peserta tes. Kondisi *robust* semacam ini berlaku untuk semua *person parameter* di tiap grafik dengan banyaknya m yang berbeda, baik itu parameter tau atau theta. Untuk hasil estimasi *item parameter*-nya (a , b dan ξ) dipengaruhi oleh jumlah peserta tes (n), semakin banyak peserta tesnya (n) maka hasil estimasi parameternya semakin tepat/akurat. Secara umum dapat disimpulkan bahwa *person parameter* tidak dipengaruhi oleh banyaknya peserta tes, artinya sedikit atau banyak peserta tes yang dilibatkan dalam proses maka hasil estimasi *item parameter*-nya tetaplah stabil/konsisten, sedangkan *item parameter* dipengaruhi oleh banyaknya peserta tes, dimana semakin banyak peserta tes, maka hasil estimasi *item parameter* semakin mendekati nilai parameter sebenarnya.

Gambar 33 dan 34 menunjukkan bahwa untuk *person parameter* (tau dan theta) semakin banyak jumlah soal (m) maka semakin rendah nilai SE atau RMSE-nya (estimasi semakin tepat/akurat), baik pada n sedikit maupun n banyak. Hal ini ditunjukkan oleh posisi garis yang semakin besar nilai m -nya makin posisi garisnya semakin rendah. Selanjutnya untuk *item parameter* (a , b dan ξ) hasil estimasinya cenderung stabil/konsisten pada n sedikit maupun n banyak. Hal ini ditunjukkan oleh garis SE atau RMSE yang saling berhimpitan antara $m=10$, $m=20$ dan $m=40$. Secara umum dapat disimpulkan bahwa *item parameter* tidak dipengaruhi oleh banyaknya butir soal tes, artinya banyak atau sedikit butir soal tes yang dilibatkan dalam proses maka hasil estimasi *item parameter*-nya tetaplah stabil/konsisten, sedangkan *person parameter* dipengaruhi oleh banyaknya butir soal tes, dimana semakin banyak butir soal tes, maka hasil estimasi *person parameter* semakin mendekati nilai parameter sebenarnya.

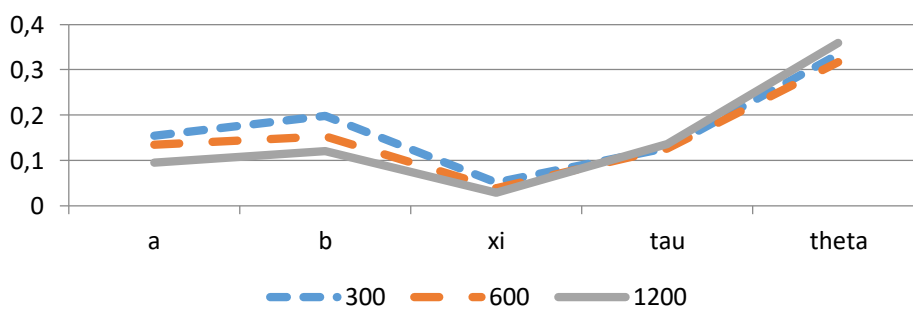
Perbandingan SE Berdasarkan n pada $m=10$



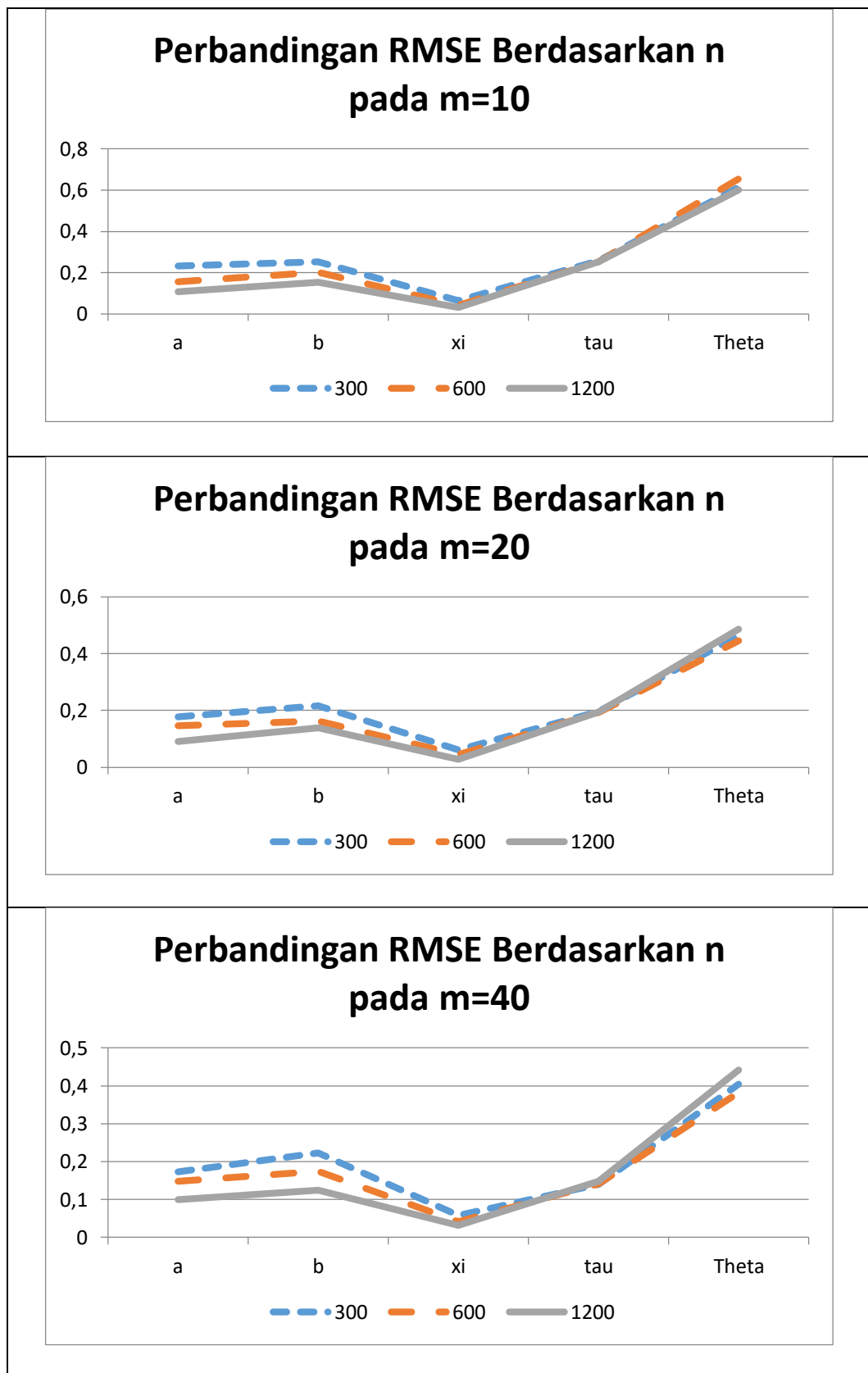
Perbandingan SE Berdasarkan n pada $m=20$



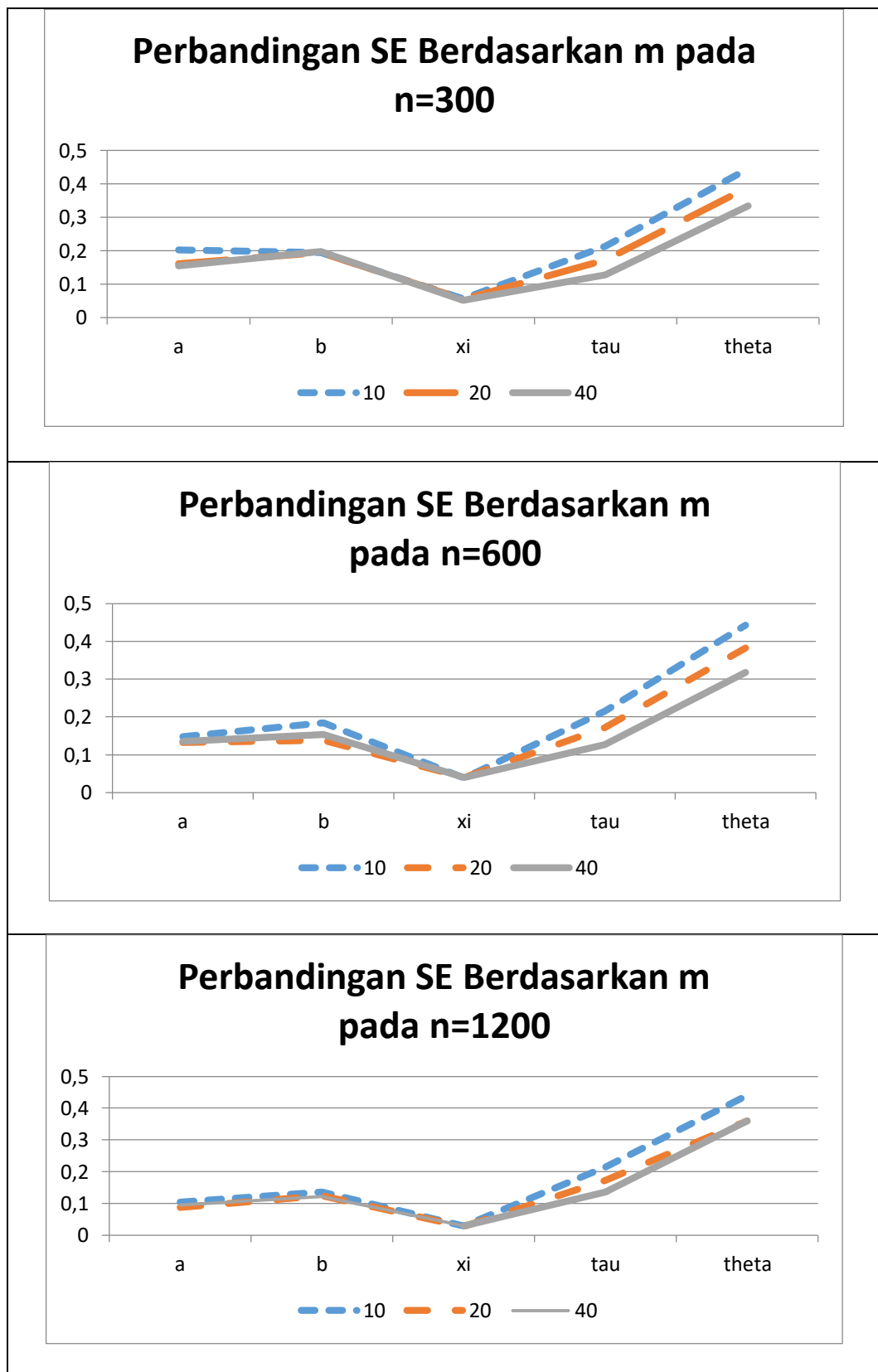
Perbandingan SE Berdasarkan n pada $m=40$



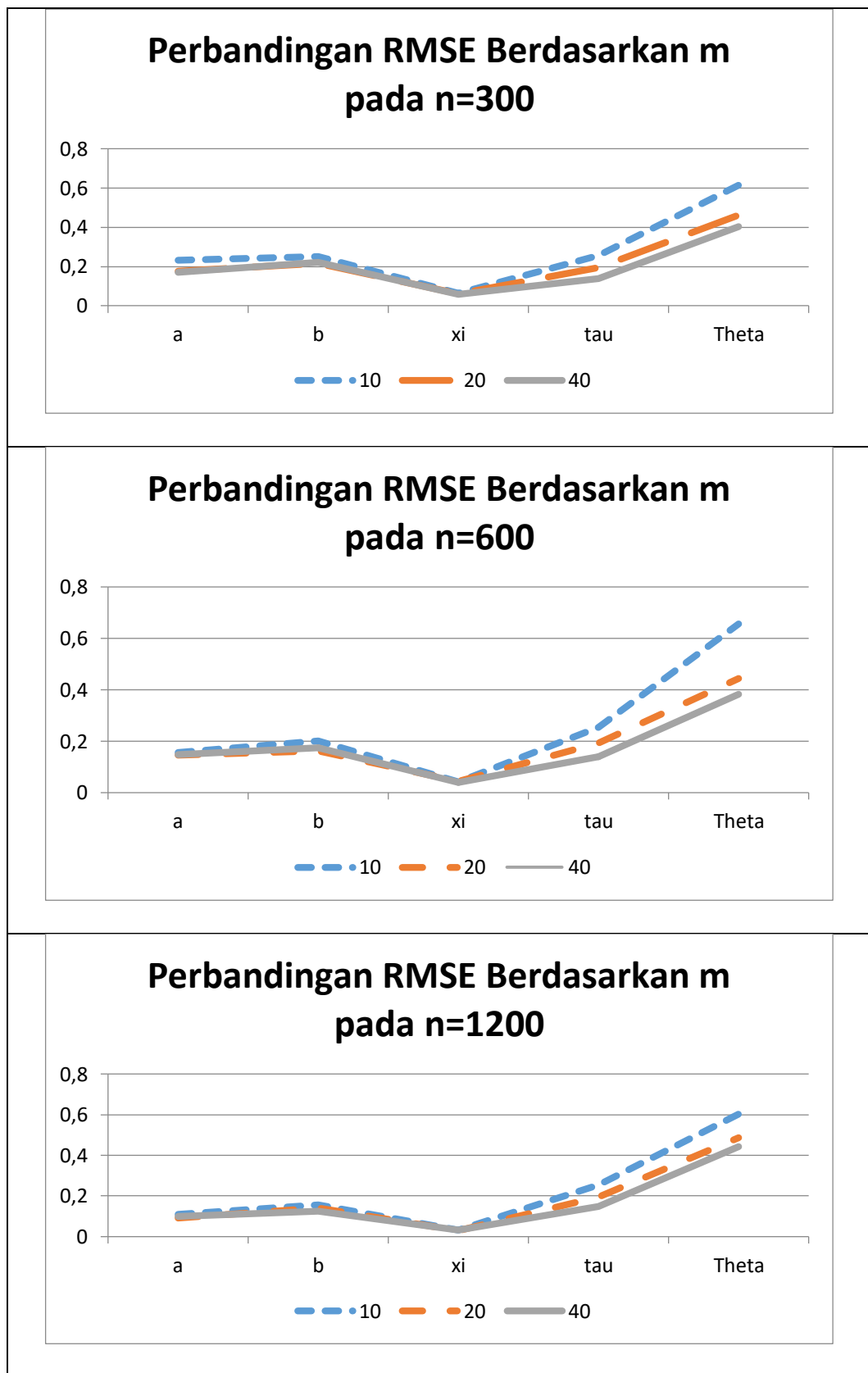
Gambar 31. Perbandingan SE Berdasarkan n pada $m=10$, $m=20$ dan $m=40$



Gambar 32. Perbandingan RMSE Berdasarkan n pada $m=10$, $m=20$ dan $m=40$



Gambar 33. Perbandingan SE Berdasarkan m pada n=300, n=600 dan n=1200



Gambar 34. Perbandingan RMSE Berdasarkan m pada n=300, n=600 dan n=1200

E. Perbandingan Ketepatan/Keakuratan Model yang Mempertimbangkan Waktu Respon dan IRT dengan Data Bangkitan (Simulasi)

Penelitian tentang pemodelan waktu respon ini pada awalnya bermaksud untuk memperbaiki konsep *Item Response Theory* (IRT) pada tes dengan sistem terkomputerisasi. Setiap tes selalu dibatasi waktu (dicatat atau tidak), sehingga seharusnya ada variabel waktu yang dilibatkan dalam pemodelan yang digunakan untuk mengungkap kondisi *real* dalam suatu tes. Dari kajian penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa pemodelan waktu respon dapat memperbaiki hasil estimasi parameter kemampuan peserta tes khususnya pada model IRT yang tidak memperhitungkan waktu respon sebagai indikator kemampuan peserta tes (Abdelfattah & Johanson, 2007: 85; Oshima, 1994: 200; Schnipke & Pashley, 1997: 7; Sinharay, 2018: 457).

Perbandingan ketepatan/keakuratan model ini dilakukan untuk membuktikan bahwa pada saat waktu respon diperhitungkan sebagai bagian dari kemampuan peserta tes (θ), maka akan ada peningkatan keakuratan estimasi parameter kemampuan peserta tes (θ), sehingga dari perbandingan model dengan kriteria keakuratan seperti SE dan RMSE ini akan didapatkan model untuk tes terkomputerisasi yang lebih realistis penerapannya. Selain dibandingkan dengan model IRT 2 parameter, model waktu respon 2 parameter (simultan) yang merupakan hasil pengembangan dalam penelitian ini, juga akan dibandingkan dengan model waktu respon 1 parameter (simultan) yang dikembangkan oleh Hidayah et al. (2016). Perbandingan dengan model simultan dari Hidayah et al. (2016) perlu juga dilakukan karena model dalam penelitian ini dikembangkan

dengan cara memperbaiki kelemahan model tersebut, sehingga diharapkan Model Logistik 2 Parameter dengan variabel random yang merupakan hasil pengembangan dalam penelitian ini mempunyai tingkat akurasi prediksi lebih baik.

Perbandingan model pertama kalinya dilakukan dengan data bangkitan hasil simulasi dengan replikasi sebanyak 30 kali dan iterasi sebanyak 1500 (untuk masing-masing model). Tabel 79 dan Tabel 80 berikut adalah hasil perbandingan keakuratan hasil estimasi parameter model dengan kriteria SE dan RMSE.

Berdasarkan Tabel 79 dan Tabel 80, hasil perbandingan model dapat dimaknai bahwa untuk *item parameter* dari kriteria keakuratan dengan SE dan RMSE belum bisa disimpulkan secara umum model mana yang dapat mengestimasi *item parameter* lebih akurat dibandingkan 2 model lainnya karena tiap kriteria menghasilkan keputusan model terbaik yang berbeda. Untuk keakuratan parameter b berdasarkan kriteria SE, model simultan dari Hidayah et al. (2016) lebih unggul. Untuk parameter a berdasarkan kriteria RMSE, model hasil pengembangan lebih unggul dibandingkan 2 model lainnya.

Pada dasarnya yang menjadi tujuan utama dari pengembangan pemodelan waktu respon selama ini adalah untuk meningkatkan keakuratan hasil estimasi parameter kemampuan peserta tes (θ/Θ). Dengan meningkatnya keakuratan dari hasil estimasi parameter kemampuan peserta tes, maka penyelenggara tes semakin mudah untuk memetakan kemampuan sebenarnya dari peserta tes sehingga keputusan seorang peserta tes ini lulus/gagal lebih mudah diambil.

Untuk *person parameter* baik theta maupun tau, hasil perbandingan model menunjukkan bahwa dari kedua kriteria tersebut model hasil pengembangan lebih

unggul dari model lainnya. Nilai SE dan RMSE yang lebih rendah (mendekati 0) menunjukkan bahwa model hasil pengembangan mempunyai proses estimasi parameter model yang lebih akurat dibandingkan 2 model lainnya.

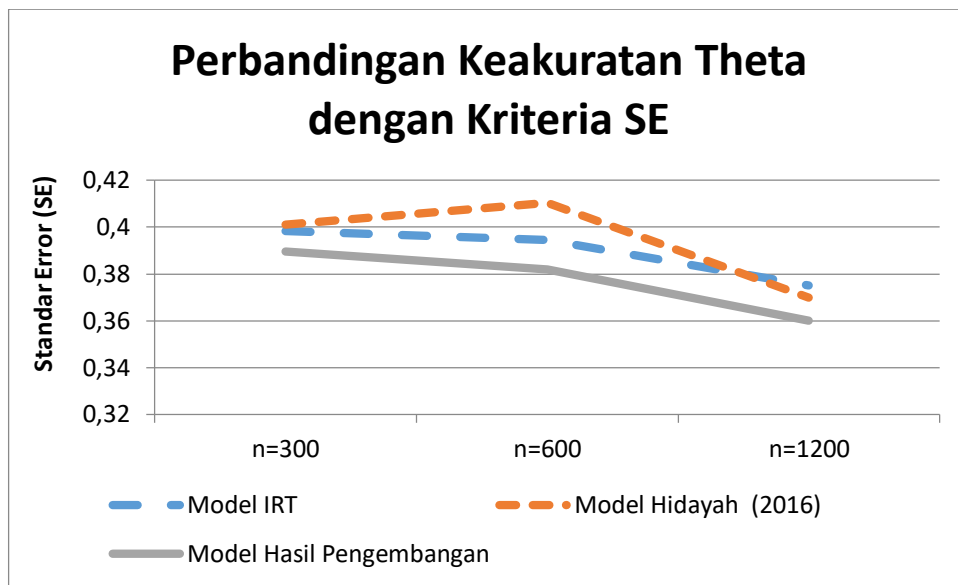
Tabel 79. Perbandingan Rata-Rata SE terhadap banyaknya n dan model

| n | Model | Rata-Rata SE | | | |
|------|----------------------|--------------|----------|----------|----------|
| | | a | b | Tau | Theta |
| 300 | IRT | 0,158559 | 0,234908 | - | 0,398317 |
| | Hidayah et.al (2016) | - | 0,182735 | 0,352495 | 0,401218 |
| | Hasil Pengembangan | 0,161480 | 0,200748 | 0,172417 | 0,389588 |
| 600 | IRT | 0,121132 | 0,164711 | - | 0,394590 |
| | Hidayah et.al (2016) | - | 0,148394 | 0,201577 | 0,410335 |
| | Hasil Pengembangan | 0,132318 | 0,146853 | 0,171482 | 0,381931 |
| 1200 | IRT | 0,086534 | 0,119379 | - | 0,374974 |
| | Hidayah et.al (2016) | - | 0,100352 | 0,176659 | 0,369873 |
| | Hasil Pengembangan | 0,086743 | 0,123155 | 0,172357 | 0,360074 |

Tabel 80. Perbandingan Rata-Rata RMSE terhadap banyaknya n dan model

| n | Model | Rata-Rata RMSE | | | |
|------|----------------------|----------------|----------|----------|----------|
| | | a | b | Tau | Theta |
| 300 | IRT | 0,496936 | 1,139822 | - | 1,244588 |
| | Hidayah et.al (2016) | - | 0,209987 | 0,196194 | 0,503576 |
| | Hasil Pengembangan | 0,176700 | 0,227202 | 0,195701 | 0,463836 |
| 600 | IRT | 0,342505 | 1,124059 | - | 1,245815 |
| | Hidayah et.al (2016) | - | 0,154104 | 0,204518 | 0,486143 |
| | Hasil Pengembangan | 0,146424 | 0,179274 | 0,192363 | 0,444646 |
| 1200 | IRT | 0,465018 | 1,118343 | - | 1,158567 |
| | Hidayah et.al (2016) | - | 0,122063 | 1,067623 | 0,785633 |
| | Hasil Pengembangan | 0,090728 | 0,139412 | 0,193591 | 0,485646 |

Untuk membantu memperjelas hasil perbandingan model secara visual, berikut adalah grafiknya.



Gambar 35. Grafik Perbandingan Keakuratan Theta dengan Kriteria SE

Berdasarkan hasil perbandingan model yang nampak pada Gambar 31, dapat disimpulkan bahwa model hasil pengembangan yaitu Model Logistik 2 Parameter dengan variabel respon yang dikembangkan secara simultan dengan konsep *joint distribution* adalah model yang paling tepat/akurat dalam mengungkap kondisi tes yang memperhitungkan waktu respon sebagai indikator kemampuan peserta tes jika dibandingkan model IRT dan model simultan dari Hidayah et al. (2016), sehingga tujuan untuk menghasilkan model yang dapat meningkatkan keakuratan estimasi parameter kemampuan peserta tes (θ/Θ) tercapai. Model hasil pengembangan juga terbukti dapat memperbaiki model simultan dari Hidayah et al. (2016) sehingga didapatkan model baru yang lebih realistis.

F. Perbandingan Kecocokan Model Model yang Mempertimbangkan

Waktu Respon dan IRT dengan Data Empiris

Pemilihan model yang tepat dan cocok akan dapat mengungkapkan keadaan tes yang sebenarnya. Oleh karena itu perbandingan tingkat kecocokan antar model perlu dilakukan. Kecocokan untuk masing-masing model baik itu model IRT, model simultan dari Hidayah et al. (2016) dan model yang dikembangkan dalam penelitian ini, dapat dilihat berdasarkan kriteria *Deviance Information Criterion* (DIC). Model dengan nilai DIC terkecil adalah model yang paling tepat diterapkan (Spiegelhalter et al., 2002, 2014) pada kondisi *real*, data berasal dari hasil Tes Potensi Akademik (TPA) dengan subtes Analogi untuk tes seleksi masuk Program Pascasarjana UNY tahun 2017 yang berbasis komputer (CBT). Berikut ini adalah nilai DIC untuk model IRT dan model simultan.

Tabel 81. Perbandingan Nilai DIC Model

| Model | Deviance (Dbar) | Complexity (pD) | DIC |
|----------------------|-----------------|-----------------|---------|
| IRT | 10797,6 | 544,347 | 11541,9 |
| Hidayah et.al (2016) | 11059,3 | 642,873 | 11702,2 |
| Hasil Pengembangan | 10946,9 | 524,617 | 11471,5 |

Berdasarkan Tabel 81 jika dilihat dari nilai DIC terendah, model yang paling cocok untuk mengungkapkan kondisi tes sebenarnya adalah model hasil pengembangan, yaitu Model Logistik 2 Parameter dengan variabel random waktu respon. Hal ini sesuai dengan tujuan awal dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan model yang paling tepat dan cocok untuk menggambarkan keadaan *real*. Apabila dicermati dari urutan nilai DIC terendahnya, data empiris cenderung

lebih cocok dengan pemodelan yang melibatkan parameter daya beda (model 2 parameter), sehingga dapat disimpulkan bahwa daya beda adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan perbedaan kecocokan model yang signifikan antara model 1 parameter dan model 2 parameter.

Tabel 82 dan Tabel 83 menyajikan hasil estimasi *item parameter* dan *person parameter* model Model Logistik 2 Parameter dengan variabel random waktu respon untuk data empiris dengan jumlah peserta tes 717 dan jumlah butir soal 21 (hanya diambil butir soal yang waktu responnya cocok dengan pola distribusi *Lognormal* saja dan lolos uji asumsi IRT).

Untuk parameter daya beda (a), hasil estimasi *item parameter* pada Tabel 82 menunjukkan nilainya berada pada rentang 0,2676 sampai dengan 1,345 sehingga daya beda (a) dapat dikategorikan baik karena menurut Hambleton & Swaminathan (1985: 37) butir yang baik berada a antara 0 sampai 2, artinya butir soal sudah cukup dapat membedakan peserta tes yang berkemampuan tinggi dan berkemampuan rendah. Berdasarkan hasil estimasi *item parameter* pada Tabel 82 juga dapat diketahui bahwa, tingkat kesulitan butir soal (b) berada pada rentang yang sangat jauh yaitu -4,274 sampai dengan 3,499 sehingga tingkat kesulitan butir soal (b) dapat dikategorikan sangat mudah sampai dengan sangat sulit, namun nilai b pada pada Tabel 81 dominan bernilai negatif, artinya soalnya banyak yang mudah untuk dikerjakan oleh peserta tes. Suatu butir soal dikatakan baik apabila nilai b berada pada rentang -2 sampai dengan 2 (Hambleton & Swaminathan, 1985). Jika dilihat dari kriteria besarnya hasil estimasi parameter a antara 0 sampai dengan 2 dan b antara -2 sampai dengan 2, maka butir soal nomor 12, 14, 17, 18, 19 dan 21

tergolong baik atau ideal. Dari keseluruhan prosentase soal yang tergolong baik atau ideal berdasarkan kriteria a dan b hanya 28% saja, hal ini menunjukkan bahwa perbaikan terhadap kualitas butir soal Tes Potensi Akademik (TPA) dengan subtes analogi perlu dilakukan.

Selanjutnya untuk *item parameter, time intensity* (xi) nilainya berada pada rentang 0,087 sampai dengan 2,816, artinya waktu ideal yang dibutuhkan untuk mengerjakan ke-21 butir soal tersebut tidak terlampau jauh. *Mean* dari *time intensity* (xi) adalah 1,213 apabila dikonversikan maka *time intensity* (xi) nya adalah 72,78 detik, artinya adalah kurun waktu ideal yang dibutuhkan untuk mengerjakan masing-masing soal Tes Potensi Akademik (TPA) dengan subtes analogi adalah 72,78 detik. Sebagai informasi tambahan, parameter *time intensity* pada penelitian ini masih didefinisikan secara umum, padahal sebenarnya ada banyak faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya nilai *time intensity* seperti tingkat kesulitan soal, kompleksitas soal dan banyaknya kata dalam soal, namun sayangnya penelitian ini masih belum bisa mengakomodasi semua parameter tersebut dalam model yang dikembangkan.

Tabel 83 menyajikan rata-rata nilai estimasi *person parameter* yang terdiri dari parameter *speed* (tau) dan parameter kemampuan (theta) dari masing-masing peserta tes yang berjumlah 717 orang. *Speed* peserta tes (tau) bervariasi pada rentang 0,1544 sampai dengan 2,571 dengan rata-rata sebesar 0,604662, *speed* peserta tes dalam mengerjakan soal dapat dikategorikan sedang sampai dengan tinggi. Kemampuan peserta tes (theta) membentang pada rentang -2,805 sampai

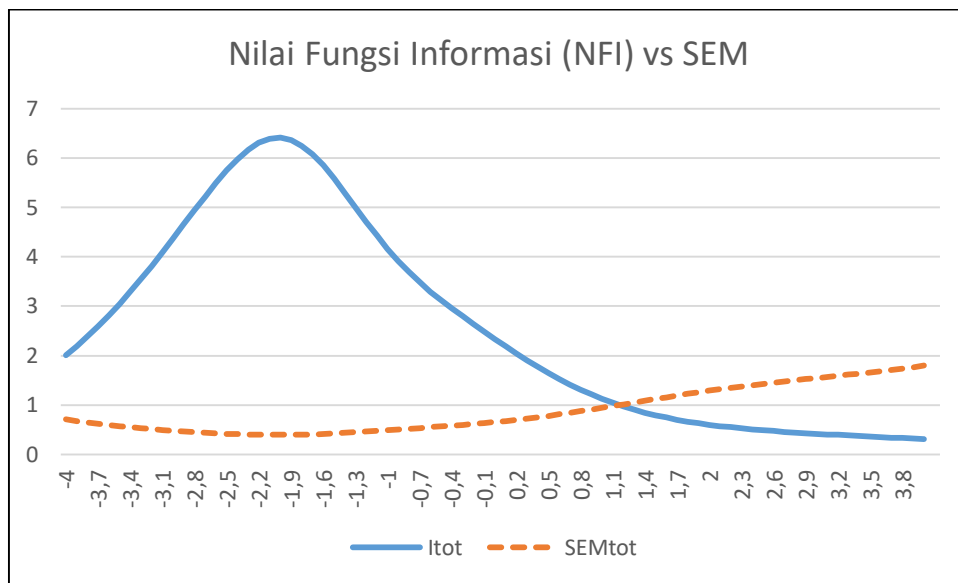
dengan 1,74 dengan rata-rata sebesar 0,063429, yang artinya kemampuan peserta tes dapat dikategorikan cukup rendah sampai dengan sedang.

Tabel 82. Hasil Estimasi *Item parameter* untuk Data Empiris

| Nomor Item | Parameter | | |
|------------|-----------|----------|------------|
| | a | b | $\xi(\xi)$ |
| 1 | 0,4899 | -3,74100 | 0,816 |
| 2 | 0,3000 | -4,27400 | 0,927 |
| 3 | 0,2676 | 3,49900 | 2,560 |
| 4 | 0,3682 | -4,05400 | 0,916 |
| 5 | 0,7721 | -3,92600 | 0,609 |
| 6 | 0,9789 | -3,53500 | 0,349 |
| 7 | 0,7387 | -2,18300 | 1,489 |
| 8 | 1,3450 | -2,49900 | 1,531 |
| 9 | 0,7485 | -3,01700 | 0,658 |
| 10 | 1,1840 | -2,95400 | 0,768 |
| 11 | 1,2140 | -2,41700 | 1,934 |
| 12 | 0,4869 | -1,97800 | 1,285 |
| 13 | 0,6909 | -2,67600 | 0,087 |
| 14 | 0,4630 | -0,80400 | 1,984 |
| 15 | 0,4886 | 2,60800 | 2,816 |
| 16 | 0,4798 | -2,61500 | 0,774 |
| 17 | 0,6631 | -1,11000 | 1,128 |
| 18 | 1,0310 | -0,93890 | 1,076 |
| 19 | 0,3342 | -1,77300 | 1,964 |
| 20 | 0,6997 | -2,94900 | 0,293 |
| 21 | 0,2574 | 0,01397 | 1,508 |
| Mean | | | 1,213 |

Tabel 83. Rata-Rata Estimasi *Person parameter* untuk Data Empiris

| Parameter | Estimasi |
|--------------------|----------|
| Tau (τ) | 0,604662 |
| Theta (Θ) | 0,063429 |



Gambar 36. Fungsi Informasi dan kesalahan Baku Pengukuran

Gambar 36 menunjukkan fungsi informasi dan kesalahan baku pengukuran untuk Tes Potensi Akademik (TPA) pada subtes analogi. Dari grafik tersebut dapat dimaknai bahwa tes ini dapat memberikan informasi yang akurat pada peserta tes dengan estimasi kemampuan (θ) antara -4 sampai dengan 1,1. Bahkan tes ini dapat memberikan informasi yang akurat untuk peserta tes dengan kemampuan (θ) kurang dari -4. Selain itu, tes ini juga memberikan informasi tertinggi pada peserta tes dengan estimasi kemampuan (θ) sebesar -2,2. Hal ini menunjukkan bahwa Tes Potensi Akademik (TPA) pada subtes analogi ini cocok untuk peserta tes dengan kemampuan rendah sampai dengan sedang.

G. Keterbatasan Penelitian

Model yang dikembangkan dalam penelitian ini tidak dapat mengakomodasi semua parameter yang seharusnya diperhitungkan dalam tes

terkomputerisasi. Selain itu proses analisis statistika dalam pengujian model simultan 2 parameter yang dikembangkan memiliki beberapa keterbatasan, yaitu :

1. Parameter *time intensity* pada model simultan 2 parameter ini masih didefinisikan secara umum (*fixed variable*). Sebenarnya parameter *time intensity* ini bisa dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti tingkat kesulitan soal, kompleksitas soal dan banyaknya kata dalam soal, namun penelitian ini masih belum mengakomodasi semua parameter tersebut dalam satu model karena adanya keterbatasan yang dimiliki oleh peneliti.
2. Pengujian kecocokan distribusi waktu respon dilakukan dengan cara membandingkan nilai *Anderson Darling* (AD) pada sejumlah butir soal dari tes *real*, sehingga keputusan yang didapatkan terkait kecocokan distribusi waktu respon hanya berlaku untuk kondisi data yang sesuai dengan kondisi dari tes *real*, yang datanya didapatkan oleh peneliti.
3. Pemilihan model yang tepat dan cocok akan dapat mengungkapkan keadaan yang sebenarnya. Hal ini terkait dengan pemilihan distribusi *prior* pada proses estimasi dengan menggunakan metode *Bayesian*. Pemilihan distribusi *prior* ini adalah subjektivitas dari peneliti, jadi antara peneliti satu dengan peneliti lain bisa mendefinisikan suatu parameter dengan distribusi *prior* yang berbeda-beda sesuai dengan pengetahuan yang dimiliki oleh peneliti. Kesimpulan yang didapatkan terkait model yang dihasilkan hanya berlaku untuk kondisi data yang sesuai dengan distribusi yang dipilih oleh peneliti.

4. Kriteria kecocokan modelnya terbatas menggunakan ukuran DIC (*Deviance Information Criterion*), sebagai ukuran kecocokan model yang sering digunakan dalam penerapan metode *Bayesaian*.