

PENGEMBANGAN MODEL WAKTU RESPON UNTUK MEMAHAMI PROSES KOGNITIF PESERTA TES

Noer Hidayah*

Abstract

The popular measurement theory is Item Responds Theory (IRT). IRT measures the parameter of item test and examinee based on the examinee responds, true or false answer. In computer based test, beside responds of the examinee, there is another variable that should be notice, that is the time for item responds. Responds time shows how long examinee can administer item test. The information about responds time in test can be the valuable information source for test administrator , for instance when we analyze the speeded test, calibrate test items, detect about the cheating, and design a test. The responds time can also be used to measure the item parameters of a test (item difficulties and item slowness) and examinee parameters of a test (ability and speedness). Relating with those purpose, the responds time be modelled based on the basic distribution. Researcher choose the lognormal distribution as time responds distribution, because of the easy intepretation. The responds time is dependent variable, and independent variable are item difficulty, item slowness, ability dan speedness. The method used to estimate parameters is Bayesian, Markov Chain Monte Carlo.

Keywords; Teori respon butir, pola respon, waktu respon, distribusi lognormal

I. PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Konsep pengukuran merupakan elemen penting dalam bidang pendidikan dan psikologi. Pengukuran dilakukan sebagai upaya memahami karakteristik atau *trait* seseorang. Menurut Allen & Yenn, pengukuran adalah pemberian angka terhadap individu dengan cara yang sistematis sedemikian hingga angka tersebut dapat menunjukkan karakteristik seseorang.¹

Salah satu teori pengukuran yang berkembang pesat adalah teori respon butir. Teori respon butir dianggap sebagai teori modern. Dengan teori respon butir dapat diukur kemampuan peserta tes dan karakteristik soal tes. Berdasarkan pola respon atau pola jawaban peserta tes yang bersifat dikotomis, dapat diestimasi seberapa tinggi kemampuan peserta tes, tingkat kesulitan soal, daya beda soal dan faktor tebakan. Informasi tersebut sangat dibutuhkan untuk melihat kualitas soal.

Dalam sebuah tes, selain pola respon peserta tes, variabel lain yang seharusnya

diperhatikan adalah waktu respon peserta tes. Waktu respon menunjukkan seberapa lama seorang peserta tes dapat menyelesaikan soal. Timothy dan Jerome menyebutkan tiga ukuran yang paling utama dalam performance kognitif adalah jawaban peserta test (respon), waktu response dan tingkat kepercayaan peserta tes (confidence) terhadap jawaban yang diberikan.²

Banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah tes dapat menjadi sumber informasi dalam tes. Dengan mencatat waktu yang dibutuhkan dapat diperoleh pengetahuan baru yang lebih banyak tentang proses kognitif dibandingkan jika hanya menggunakan *item response theory*. Misalnya dapat diketahui tentang hubungan antara kesulitan dan intensitas waktu dalam proses kognitif, hubungan antara kemampuan *latent* (intelegensi) dengan kecepatan, dan bagaimana format tes mempengaruhi kesulitan. Informasi tentang waktu respon dalam sebuah tes dapat menjadi sumber informasi yang berharga bagi pelaksana tes, misalnya ketika menganalisis

* Dosen Tarbiyah STAIN Kediri.

¹Allen & Yenn, *Introduction to Measurement theory*. Monterey, CA: Brooks/ Cole Publishing Company, 1979.

²Timothy j. Pleskac dan Jerome Busemeyer, *A Dynamic and stochastic theory of choice, response time and confidence*, Indiana University, USA.

tes yang bersifat *speeded*, mengkalibrasi butir soal tes, mendeteksi adanya cheating dan mendesain sebuah tes.³

Waktu respon merujuk pada kecepatan peserta tes dalam menyelesaikan soal. Semakin cepat peserta tes dalam menyelesaikan soal, semakin sedikit waktu yang dibutuhkan, dan demikian pula sebaliknya. Waktu respon peserta tes dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya strategi pacing, tingkat kesulitan soal dan kemampuan peserta tes. Strategi pacing berkaitan dengan strategi yang digunakan oleh siswa dalam menyelesaikan soal tes. Siswa yang bijaksana akan mengatur strategi ketika menyelesaikan soal tes.

Luce (1986) menyatakan waktu respons merupakan variabel dependent yang dipertimbangkan dalam memahami perilaku peserta tes dalam psikologi kognitif, sehingga waktu respon dipengaruhi oleh variabel-variabel yang lain. Hubungan antara faktor-faktor yang mempengaruhi waktu respon dapat ditangkap dengan sebuah model statistika. Model statistik adalah representasi ideal dan sederhana dari realitas yang bersifat kompleks. Model statistik membantu dalam mendeskripsikan dan memahami proses tertentu atau menjelaskan atau memprediksi hasil yang akan datang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model waktu respon yang dapat menggambarkan keterkaitan antara variabel-variabel yang mempengaruhinya. Dalam teori psikologis pemodelan waktu respon telah lama dibahas, namun hanya sedikit yang mengembangkan. Pengembangan model yang dilakukan oleh para ahli adalah menyatakan rata-rata dan varians distribusi tersebut sebagai fungsi dari proses psikologis peserta tes. Penelitian ini memfokuskan pengembangan model waktu respon berdasarkan distribusi lognormal.

³R. H. K, Entink, Van der Linden. and Jean Paul Fox. A Box-Cox normal model for response times, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 62, 2009, hlm. 621-640

B. Masalah Penelitian

Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimanakah model waktu respon lognormal?
2. Bagaimanakah cara mengestimasi parameter dalam model waktu respon lognormal?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan penjabaran diatas, tujuan penelitian adalah:

1. Memformulasikan model waktu respon lognormal berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya.
2. Mengetahui cara mengestimasi parameter dalam model waktu respon lognormal?

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan, yaitu mengembangkan sebuah model waktu respon. Model yang diperoleh diharapkan memiliki sifat statistic yang baik, sehingga parameter yang dihasilkan lebih tepat atau mendekati kenyataan.

Secara teori, penelitian ini diharapkan memberikan sumbangan terhadap

pengembangan teori sehingga memperluas pemanfaatannya. Secara praktis hasil penelitian ini dapat memperbaiki praktek pengukuran khususnya dalam memberikan penilaian terhadap kemampuan peserta tes dan parameter soal tes.

E. Asumsi dan Batasan Masalah

Pengembangan model membutuhkan asumsi-asumsi tertentu agar model yang diperoleh dapat dioperasionalkan baik secara teoritis maupun secara matematis. Beberapa asumsi yang digunakan untuk membangun model dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Waktu respons merupakan variabel *dependent*, sehingga waktu respon dipengaruhi oleh variabel yang lain.
2. Waktu respon dimodelkan secara matematis dengan mempertimbangkan

variabel yang mempengaruhinya. Variabel independent yang dipilih adalah tingkat kesulitan soal, kemampuan peserta tes, strategi yang digunakan oleh peserta tes dan faktor kelambatan soal tes.

3. Pemodelan waktu respon berdasarkan pada distribusi lognormal, yaitu dengan memodelkan rata-rata dari distribusi lognormal tersebut.
4. Model tidak mempertimbangkan perbedaan kemampuan atau penguasaan peserta tes dalam mengoperasikan komputer. Dengan kata lain, peserta tes dianggap telah menguasai atau dapat memanfaatkan komputer dengan baik.

F. Landasan Teori

Perkembangan teknologi memungkinkan tes dilakukan dengan menggunakan komputer. *Computer Adaptive Test* (CAT) dan *Computer Based Test* (CBT) merupakan dua bentuk tes yang menggunakan komputer. Dengan menggunakan CAT dan CBT akan dapat dihasilkan dua informasi yang berkaitan dengan hasil tes, yaitu pola respon peserta tes dan waktu respon. Pola respon peserta tes menunjukkan pola jawaban benar-salah dan waktu respon menunjukkan berapa lama peserta tes menyelesaikan sebuah soal. Pencatatan waktu respon terhadap sebuah soal akan menghasilkan estimasi besarnya kecepatan (*speed*) peserta tes dalam menyelesaikan sebuah soal dan perkiraan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah soal (*time intensity*). Informasi tentang kecepatan setiap peserta tes dan intensitas waktu tersebut sangat penting bagi lembaga penyelenggara tes, khususnya dalam menilai kemampuan peserta tes dan mengkonstruksi sebuah test.

Teori tentang respon butir telah berkembang secara pesat dan diaplikasikan secara luas. Sedangkan teori tentang waktu respon meskipun telah berkembang, tetapi perkembangannya dan aplikasinya tidak sebanyak teori respon butir. Meskipun teori tentang waktu respon telah lama digulirkan, tetapi teori

ini cenderung diabaikan dalam psikometri.

Wang menyebutkan ada tiga keuntungan yang diperoleh dalam pengembangan model *latent trait* yang melibatkan waktu respon yaitu : (1) waktu respon atau kecepatan peserta tes dapat memberikan informasi tambahan tentang kemampuan peserta tes yang sebenarnya, sehingga waktu tes dapat digunakan sebagai prediksi dan dapat meningkatkan validitas kriteria dalam menilai kemampuan peserta tes. (2) estimasi kemampuan peserta tes dapat diperbaiki dengan memodelkan secara simultan antara waktu tes dan respon peserta tes. (3) pengembangan model yang melibatkan waktu respon akan memperkaya keilmuan dalam teori psikologi kognitif.⁴

Waktu respon dalam sebuah soal tes tergantung pada beberapa faktor, diantaranya pada kecepatan menjawab peserta tes dan karakteristik soal. Dengan kata lain kedua *latent trait* tersebut menentukan seberapa banyak waktu yang dibutuhkan untuk menjawab sebuah soal tes. Oleh karena itu waktu respon diasumsikan sebagai variabel random dan dianggap memiliki distribusi. Pemodelan waktu respon didasarkan pada distribusi yang sesuai.

Waktu respon (yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah kejadian) memiliki karakteristik : (1). Waktu respon harus bernilai positif. (2) Besarnya waktu respon yang lebih singkat lebih sering terjadi dalam sebuah kejadian dibandingkan dengan waktu respon yang lama.⁵ Dengan kata lain besarnya probabilitas waktu respon yang lama sangat kecil jika dibandingkan dengan probabilitas waktu respon yang singkat. Distribusi yang digunakan untuk memodelkan waktu respon harus memenuhi karakteristik tersebut. Beberapa bentuk distribusi yang

4 Wang, C., *Semi-Parametric Models For Response Times And Response Accuracy In Computerized Testing*, Disertasi, University Of Illinois, 2012.

5 Lindsey, *Introduction to Applied Statistics : a modelling approach*, 2nd edition, New York : Oxford university Press Inc, 2004.

sesuai adalah distribusi lognormal, distribusi Weibull dan distribusi Gamma⁶. Distribusi tersebut memiliki nilai positif dan bentuk yang *positive skewed*.

Pengembangan waktu respon telah banyak dilakukan oleh para peneliti, diantaranya :

1. Wang mengembangkan distribusi Weibull satu parameter sebagai distribusi waktu respon dengan alasan distribusi tersebut sangat sederhana⁷. Distribusi Weibull satu parameter dinyatakan sebagai berikut :

$$f(t_{ij} | \theta_i, \rho_i, \delta_j) = \lambda t_{ij} e^{-\lambda t_{ij}^2} \quad (1)$$

Mean dan varian ditentukan oleh skala parameter λ . Jika mean dan varian lebih besar maka λ akan lebih kecil.

Distribusi Weibull satu parameter memiliki fungsi hazard sebagai berikut:

$$h(t_{ij}) = \lambda t_{ij} \quad (2)$$

λ ditentukan sebagai berikut :

$$\lambda = \rho_i (\theta_i - b_j)^2$$

Distribusi waktu respon Weibull dapat dinyatakan kembali dalam bentuk:

$$f(t_{ij} | \theta_i, \rho_i, \delta_j) = \rho_i (\theta_i - b_j)^2 t_{ij} \exp\left(\frac{-\rho_i (\theta_i - b_j)^2 t_{ij}^2}{2}\right) \quad (3)$$

2. Ingrisone memilih distribusi Weibull dua parameter sebagai pengembangan dari distribusi Weibull satu parameter. Distribusi dua parameter merupakan distribusi yang bersifat lebih umum dibandingkan dengan distribusi Weibull satu parameter. Distribusi dua parameter memiliki parameter skala (*scale*) dan bentuk (*shape*).⁸

Ingrisone menjabarkan distribusi Weibull dua parameter sebagai berikut :

$$f(t_{ij} | \theta_i, \rho_i, b_j) = \frac{\gamma}{\beta} t_{ij}^{(\gamma-1)} \exp\left(-\frac{t_{ij}^\gamma}{\beta}\right), \quad (4)$$

$0 \leq t < \infty$, $\gamma > 0$ dan $\beta > 0$

γ merupakan parameter bentuk dan β merupakan parameter skala.

3. Thissen mengembangkan model waktu respon berdasarkan distribusi lognormal.⁹ Modelnya sebagai berikut:

$$\log(t_{ij}) = v + s_i + u_j - bz_{ij} + \varepsilon_{ij},$$

$$\varepsilon_{ij} \square N(0, \sigma^2) \quad (5)$$

Dimana :

v = rata-rata keseluruhan waktu respon,
 b = parameter regresi yang merefleksikan hubungan antara kemampuan efektif dan kemudahan (tingkat kesulitan) dengan *latency*. v merupakan rata-rata keseluruhan waktu respon,

$z_{ij} = a_j \theta_i + c_j$ dimana θ_i menyatakan kemampuan efektif dari peserta ke- i ,

a_j = parameter daya beda atau slope dari soal ke- j .

c_j = tingkat kesulitan soal ke- j .

s_i = parameter kecepatan peserta tes dan

u_j = parameter kelambatan soal yang tidak berkaitan kemampuan peserta tes.

4. Van der Linden juga mengembangkan model lognormal untuk model waktu respon. Model waktu respon dinyatakan sebagai berikut¹⁰:

$$f(t_i | \tau, \alpha_i, \beta_i) = \frac{\alpha_i}{t_i \sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{1}{2} \left[\alpha_i (\ln t_i - (\beta_i - \tau))\right]^2\right\} \quad (6)$$

Rata-rata dari distribusi diatas adalah $\mu_i = \beta_i - \tau > 0$, $\beta_i \in (-\infty, \infty)$, $\tau \in (-\infty, \infty)$

memiliki struktur yang sama dengan model eksponensial diatas. Perbedaan hanya pada tanda τ . τ menyatakan parameter kecepatan peserta tes. Semakin

⁶Law, dan Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*, Canada: McGraw- Hill, Inc, 1991.

⁷Tianyou Wang, *A model for the joint distribution of item response and response time using one-parameter Weibull distribution* (CASMA Research Report 20). Iowa City, IA : Center for Advance Studies in Measurement and Assessment, 2006.

⁸James Ingrisone, *Modeling The joint Distribution of Response Accuracy and Reponse Time*, Disertasi, Florida State University, 2008, hlm. 27-31.

⁹Thissen. D., *Latent Trait Scoring of Timed Ability Tests*, University of Kansas, <http://www.psych.umn.edu/psyla/bs/catcentral/pdf%20files/cat79session6.pdf>, tanggal download 25 Nopember 2012.

¹⁰Van Der Linden, *A lognormal model for Response Times on Test Items*, *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 31, 2006, hlm. 181 - 204.

besar τ , maka semakin sedikit waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah soal. Sedangkan β_i menunjukkan parameter yang disebut dengan intensitas waktu yaitu waktu yang dibutuhkan oleh peserta tes untuk menyelesaikan sebuah soal.

G. Metodologi Penelitian

Jenis penelitian ini adalah penelitian pengembangan, yaitu mengembangkan sebuah model matematis yang menyatakan hubungan antara waktu respon dengan variabel-variabel yang mempengaruhinya. Hasil penelitian berupa model statistik yang menangkap proses psikologis peserta tes dalam menyelesaikan tes. Pada dasarnya penelitian ini merupakan penelitian literatur.

Pengembangan model dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

Tahap 1 : Memformulasikan model waktu respons dengan respons butir berdasarkan distribusi lognormal. Formulasi model didasarkan pada kajian teori yang terkait.

Tahap 2 : Mengestimasi parameter model dengan pendekatan Bayesian Markov Chain Monte Carlo.

Langkah-langkah dalam estimasi dengan pendekatan Bayesian adalah sebagai berikut.

- Menentukan parameter dalam model
- Menentukan likelihood data
- Menentukan distribusi prior dari setiap parameter yang ada dalam model
- Menentukan distribusi posterior pdf prior x fungsi likelihood
- Menentukan distribusi bersyarat penuh dari masing-masing parameter
- Mengestimasi parameter dengan Metode Markov Chain Monte Carlo menggunakan algoritma Gibbs Sampler

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data simulasi. Data simulasi merupakan data yang dibangkitkan berdasarkan skenario tertentu yang memenuhi prasyarat dalam

model. Studi simulasi dilakukan dengan membangkitkan data berdasarkan algoritma yang dihasilkan dalam model matematis. Variabel yang digunakan sebagai dasar membangkitkan data adalah jumlah sampel dan banyaknya butir soal.

Parameter yang ada dalam model waktu respon diolah dan dianalisis dengan metode estimasi Bayesian Markov Chain Monte Carlo. Dalam metode estimasi Bayesian, harus ditentukan distribusi prior dan distribusi likelihood yang mendasari data. Implementasi model menggunakan program Winbugs 1.4.

II. HASIL PENELITIAN

Waktu respon sebagai *random variable* dalam statistika dinyatakan bentuk distribusi. Waktu respon secara empiris memiliki bentuk *skewed* dan bernilai positif. Beberapa bentuk distribusi yang memenuhi karakteristik waktu respon tersebut adalah distribusi Lognormal, distribusi Weibull dan distribusi Gamma. Distribusi yang dipilih dalam penelitian ini adalah distribusi lognormal karena distribusi ini mudah diinterpretasikan. Distribusi lognormal untuk memodelkan waktu respon juga digunakan oleh Schnipke and Scrams (1997), Thissen (1983), dan Van der Linden (2006). Akan tetapi struktur distribusi lognormal yang dikembangkan oleh para ahli tersebut berbeda-beda. Demikian halnya struktur distribusi lognormal dalam penelitian ini.

Distribusi bermaksud menggambarkan pola hubungan antara waktu respon dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Waktu respon dalam hal ini dianggap sebagai variabel terikat, dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dianggap sebagai variabel bebas.

Waktu respon peserta tes dipengaruhi oleh banyak faktor. Halkins, Jones & Pradhan (1996) menemukan adanya hubungan yang positif antara waktu respon dengan tingkat kesulitan soal, daya beda soal dan banyaknya kata dalam sebuah soal. Jika tingkat kesulitan soal, daya beda soal dan banyaknya kata dalam sebuah soal semakin meningkat maka waktu

respon juga semakin meningkat. Bridgeman & Cline (2000) meneliti hubungan antara waktu respon dengan tingkat kesulitan soal, tipe soal, dan konten soal (aritmetika, algebra, geometri dan analisis data). Zenisky & Baldwin (2006) meneliti hubungan antara waktu respon dengan tingkat kesulitan soal, tingkat kompleksitas soal, konten soal dan perbedaan kelompok (peserta tes dengan Bahasa Inggris sebagai bahasa pertama dan peserta tes dengan Bahasa Inggris sebagai bahasa kedua).

Berdasarkan penelitian diatas, faktor-faktor yang mempengaruhi waktu respon yang digunakan dalam penelitian ini adalah tingkat kemampuan peserta tes (θ_i), kecepatan peserta tes (ρ_i), tingkat kesulitan soal tes (b_j) dan faktor kelambatan soal tes (v_i). Hubungan antara lognatural rata-rata waktu respon peserta tes dan faktor-faktor yang mempengaruhinya dinyatakan dalam model matematika berikut.

$$\mu_{\ln t_{ij}} = \frac{v_j}{\rho_i (\theta_i - b_j)^2} \quad (7)$$

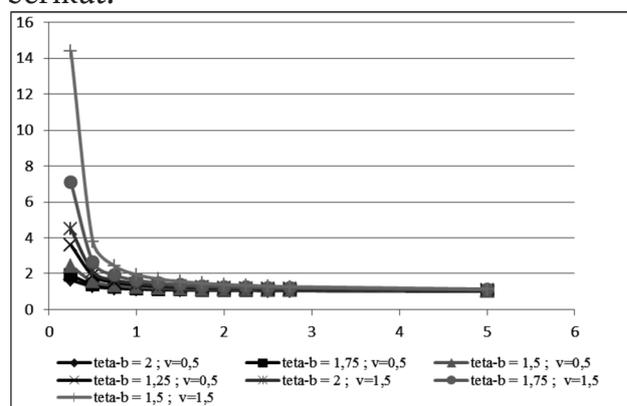
v_j adalah parameter kelambatan soal tes, yaitu parameter dalam soal tes yang menentukan banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan soal tes. Semakin besar parameter kelambatan soal tes, maka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan soal semakin panjang. Parameter ini diluar parameter tingkat kesulitan soal, misalnya banyaknya kata-kata dalam sebuah soal, soal dalam bentuk grafik/gambar dsb.

ρ_i adalah kecepatan peserta tes. $0 < \rho_i < \infty$. Model diatas menggambarkan semakin besar tingkat kecepatan peserta tes menyelesaikan soal, maka waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan soal semakin sedikit. Kecepatan mengerjakan soal tes berkaitan dengan strategi yang digunakan oleh peserta tes. Sebuah soal tes dapat dikerjakan dengan berbagai macam strategi, dan pemilihan strategi ini sangat menentukan banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan soal tes. Semakin baik strategi yang digunakan akan mengakibatkan waktu respon semakin pendek. Peserta tes

yang bijak akan memikirkan dan memutuskan strategi dengan cepat. Beberapa peserta tes mungkin menggunakan waktu secara efektif dengan memulai bekerja dengan cepat. Peserta tes mungkin juga akan mengabaikan atau mengakhirkan soal-soal yang sulit dan tidak mungkin diselesaikan, dan akan menyelesaikan soal-soal yang dapat dijawab dengan benar.

θ_i adalah tingkat kemampuan peserta test dan b_j adalah tingkat kesulitan soal test. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan soal dipengaruhi oleh perbedaan antara kemampuan peserta tes dan tingkat kesulitan soal. Semakin tinggi selisih antara kemampuan peserta tes dengan tingkat kesulitan soal menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan soal akan semakin pendek, atau dengan kata lain pada tingkat kesulitan soal yang sama, peserta tes dengan kemampuan tinggi membutuhkan waktu yang lebih pendek dalam menyelesaikan soal tes dibandingkan dengan peserta tes dengan kemampuan rendah. Peserta tes membutuhkan waktu paling lama untuk soal tes yang memiliki tingkat kesulitan sama dengan kemampuannya. Hal ini sesuai dengan penemuan dalam penelitian Wang and Zhang (2006).

Hubungan antara waktu respon dan faktor-faktor yang mempengaruhinya digambarkan dalam kurva karakteristik waktu respon berikut.



Gambar 1. Kurva karakteristik waktu respon

Lognatural waktu respon memiliki distribusi normal atau dengan kata lain waktu respon memiliki distribusi lognormal, sehingga dapat dinyatakan dengan

$$\ln t_{ij} \square N\left(\frac{v_j}{\rho_i(\theta_i - b_j)^2}, \sigma^2\right) \quad (8)$$

atau

$$f(t_{ij} | \theta_i, \rho_i, v_j, b_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2 t_{ij}}} \exp\left(-\frac{\left[\ln t_{ij} - \frac{v_j}{\rho_i(\theta_i - b_j)^2}\right]^2}{2\sigma^2}\right) \quad (9)$$

Data yang digunakan untuk menguji model diatas adalah data simulasi. Data dibangkitkan berdasarkan distribusi lognormal. Metode estimasi parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Bayesian Markov Chain Monte Carlo. Dalam metode Bayesian harus ditentukan distribusi likelihood dan distribusi prior dari parameternya.

Distribusi likelihood ditentukan berdasarkan data. Data dalam penelitian ini berupa waktu respon, dimana nilai waktu respon selalu lebih besar dari nol. Oleh karena itu distribusi likelihood yang dipilih dalam penelitian ini adalah distribusi lognormal, dengan rata-rata merupakan fungsi tertentu dan varians sama dengan tau.t (τ_t).

Distribusi prior menggambarkan adanya informasi awal parameter. Informasi tersebut dinyatakan dalam bentuk distribusi. Distribusi prior didasarkan pada kepercayaan peneliti. Oleh karena itu disribusi prior dianggap subjektif. Distribusi prior yang digunakan dalam penelitian ini adalah: b_j berdistribusi normal, $N(0,1)$, d_j berdistribusi beta, $Beta(5,10)$, θ_i berdistribusi normal dengan $\mu_\theta, \tau_\theta, \mu_\theta$ berdistribusi normal (0, 0.01), τ_θ berdistribusi gamma (0.1, 0.001), ρ_i berdistribusi normal, $N(0,1)$, tau.t berdistribusi gamma (0.1, 0.001). Implementasi metode Bayesian Markov Chain Monte Carlo dilakukan dengan menggunakan bantuan software WinBUGS14. Program dengan WinBUGS sebagaimana tabel 1.

Tabel 1. Program WinBUGS14 untuk estimasi parameter.

```

model{
for (i in 1:100){
theta[i]~dnorm(mu.theta, tau.theta)
rho[i]~dnorm(0, 1)

for (j in 1:11){
t [i,j]~ dlnorm(mu[i,j],tau.t)
mu[i,j]<-d[j]/(rho[i]*(theta[i]-b[j]))
}
}
# priors
for (j in 1:11){
b[j]~dnorm(0,1)
d[j]~dbeta(5,10)
}

tau.t~dgamma(0.1, 0.001)
mu.theta~dnorm(0, 0.01)
tau.theta~dgamma(0.1, 0.001)
}

list(t = structure(
.Data = c(93, 51, 29, 101, 106, 80, 10, 79, 180, 180, 40,
72, 59, 146, 103, 179, 43, 180, 170, 180, 167, 111,
48, 92, 59, 150.....127, 125, 60, 106),
.Dim = c(100, 11)))

```

Hasil estimasi parameter berdasarkan program diatas adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil estimasi tingkat kesulitan soal

Soal ke-	Tingkat kesulitan soal tes					
	Rata-rata	sd	MC error	2.50%	median	97.50%
1	1.505	0.01608	0.002538	1.478	1.503	1.538
2	1.518	0.01835	0.003026	1.492	1.515	1.558
3	1.508	0.01955	0.003223	1.479	1.506	1.547
4	1.526	0.01654	0.002722	1.5	1.525	1.563
5	1.52	0.01696	0.002792	1.493	1.517	1.556
6	1.509	0.01973	0.00324	1.478	1.507	1.553
7	1.528	0.01466	0.002326	1.504	1.527	1.561
8	1.523	0.01895	0.003184	1.497	1.517	1.563
9	1.503	0.01724	0.002861	1.479	1.499	1.54
10	1.519	0.02056	0.003466	1.49	1.514	1.559
11	1.525	0.01814	0.003024	1.498	1.523	1.56

Hasil estimasi tingkat kesulitan soal tes dalam tabel 3 di atas menunjukkan bahwa

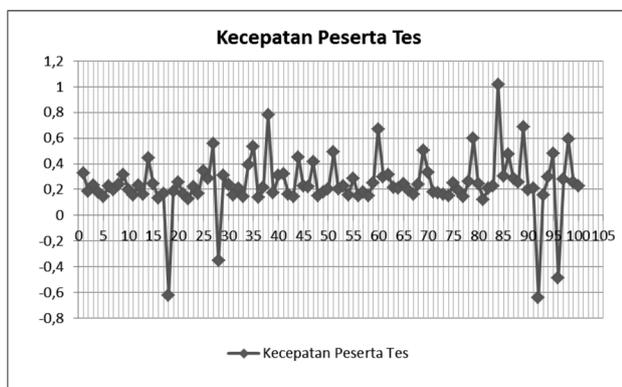
kesebelas soal tes memiliki tingkat kesulitan yang hampir sama. Tingkat kesulitan soal berada pada level sedang dan cenderung sulit, dengan nilai estimasi sekitar 1,5.

Tabel 3. Estimasi tingkat kelambatan soal tes

Kelambatan soal tes						
Soal ke-	mean	sd	MC error	2.50%	median	97.50%
1	0.5176	0.01855	0.002522	0.484	0.5168	0.5562
2	0.5032	0.01835	0.002528	0.4739	0.501	0.5455
3	0.5326	0.0194	0.002703	0.4944	0.5323	0.5743
4	0.49	0.01954	0.002836	0.4548	0.488	0.531
5	0.5072	0.01832	0.00267	0.473	0.5055	0.5452
6	0.5127	0.01878	0.002702	0.4779	0.5126	0.5516
7	0.4967	0.02012	0.002943	0.462	0.4943	0.5378
8	0.5181	0.01989	0.002983	0.4829	0.5181	0.5582
9	0.5323	0.01977	0.002896	0.4937	0.5305	0.571
10	0.5096	0.01988	0.002925	0.474	0.5071	0.5509
11	0.5009	0.02068	0.002993	0.4682	0.4981	0.5478

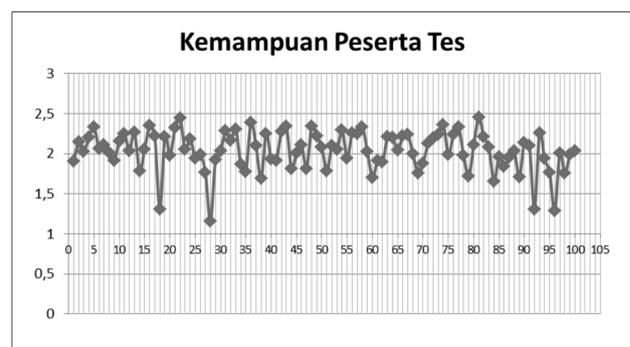
Berdasarkan tingkat kelambatan soal tes (yaitu faktor yang menentukan waktu untuk menyelesaikan soal tes) sebagaimana dalam tabel 4 diatas, dapat diketahui bahwa keselebas soal juga memiliki tingkat kelambatan yang hampir sama. Tingkat kelambatan soal tes berada pada level sedang, dimana nilai estimasi parameternya berada pada nilai sekitar 0,5 (dekat dengan nilai nol).

Estimasi kecepatan peserta tes dalam menyelesaikan soal tes digambarkan dalam bentuk grafik, sebagaimana dalam gambar 2.



Gambar 2. Grafik Kecepatan Peserta Tes

Berdasarkan gambar 2 terlihat sebagian peserta tes menyelesaikan soal tes dengan kecepatan yang hampir sama yaitu pada level sedang dengan nilai estimasi kecepatan sekitar 0,2. Terdapat 4 peserta tes yang menyelesaikan soal tes dengan lambat, yaitu peserta nomer 18, 28, 92 dan 96. Keempat peserta tes tersebut memiliki nilai estimasi kecepatan negatif atau masing-masing memiliki estimasi kecepatan sebesar -0.3541, -0.6229, -0.6406, -0.4866. Peserta tes yang menyelesaikan tes dengan kecepatan tinggi ada empat orang yaitu peserta tes nomer 38, 60, 84 dan 89, dengan nilai estimasi kecepatan masing-masing sebesar 0,781, 0,6699, 0,06851 dan 1,019.



Gambar 3. Grafik kemampuan peserta tes

Berdasarkan grafik diatas, dapat diketahui bahwa sebagian besar peserta tes memiliki tingkat kemampuan yang cenderung tinggi. Akan tetapi terdapat empat peserta tes yang memiliki tingkat kemampuan dibawah rata-rata, yaitu peserta tes nomer 18, 28, 92, 96 dengan tingkat kemampuan masing-masing peserta tes adalah 1,309, 1,159, 1,312 dan 1,286.

III. KESIMPULAN

Penelitian ini merupakan penelitian dasar yang memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan sebagai penyempurnaan penelitian ini. Beberapa saran berikut dapat digunakan sebagai dasar penyempurnaan untuk penelitian berikutnya.

1. Distribusi prior dalam metode Bayesian sangat sensitive. Pemilihan distribusi prior berbeda menghasilkan estimasi parameter yang berbeda. Distribusi prior lain dapat dipilih, kemudian hasilnya dibandingkan dengan hasil penelitian ini.

2. Untuk mengetahui apakah sebuah model statistika sesuai atau cocok dengan data hasil penelitian, maka perlu dilakukan uji kecocokan model. Penelitian ini belum menguji kecocokan atau kebaikan model. Oleh karena itu uji kecocokan model dapat dieksplorasi pada penelitian berikutnya.
3. Distribusi waktu respon yang lain juga dapat dipilih untuk memodelkan waktu respon, misalnya distribusi Weibull, distribusi Gamma atau distribusi Poisson. Membandingkan beberapa model waktu respon diperlukan untuk memilih model mana yang paling baik dan paling sesuai dengan data yang dimiliki.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen & Yenn, *Introduction to Measurement theory*. Monterey, CA: Brooks/Cole Publishing Company, 1979.
- James Ingrisone, *Modeling The joint Distribution of Response Accuracy and Reponse Time*, Disertasi, Florida State University, 2008.
- Law, dan Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*, Canada : McGraw- Hill, Inc, 1991.
- Lindsey, *Introduction to Applied Statistics: a modelling approach, 2nd edition*, New York: Oxford university Press Inc, 2004.
- R. H. K, Entink, Van der Linden. and Jean Paul Fox., A Box-Cox normal model for response times, *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 2009.
- Ranger & Kuhn, A Flexible Latent Trait Model for Response Time in Test, *Psychometrika*, 77, No 1, 2012.
- Thissen. D., Latent Trait Scoring of Timed Ability Tests, University of Kansas, <http://www.psych.umn.edu/psylabs/catcentral/pdf%20files/cat79session6.pdf>, tanggal download 25 Nopember 2012
- Tianyou Wang, *A model for the joint distribution of item response and response time using one-parameter Weibull distribution* (CASMA Research Report 20). Iowa City, IA : Center for Advance Studies in Measurement and Assessment, 2006.
- Timothy j. Pleskac dan Jerome Busemeyer, *A Dynamic and stochastic theory of choice, response time and confidence*, Indiana University, USA
- Van Der Linden, A lognormal model for Response Times on Test Items, *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 31, 2006.
- Verbic, & Tomic, Test Item Response Time and the Response likelihood, Institute for Education Quality and Evaluation
- Thissen. D., (1983), Latent Trait Scoring of Timed Ability Tests, University of Kansas, <http://www.psych.umn.edu/psylabs/catcentral/pdf%20files/cat79session6.pdf>, tanggal download 25 Nopember 2012
- Roskam, E.E., *Models for Speed and Time Limit Test*, dalam W. J. Van der Linden & R.K. Hambleton (eds.), *Handbook of Modern Item Response Theory* (pp. 169 – 185), New York: Springer. 1997.
- Natesan, P., A Review of Bayesian Item Response Modeling: Theory and Applications, *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 36, No. 4, 2011.
- Jean & Fox, P. *Bayesian Item Response Modeling : Theory and Applications*, New York: Springer. 2010.
- Ntzoufras, I., *Bayesian Modeling Using WinBUGS*, New Jersey :A John Wiley & Sons, Inc. 2009.
- Levy, R., Review Artikel : The rise of Markov Chain Monte Carlo Estimation for Psychometric Modeling, *Journal of Probability and Statistics*, ID 537139, 2009.
- Casella, G. dan George I. E. “Explaining the Gibbs Sampler”, *the American Statistician*, 46, 1992.

- Wang, C., *Semi-Parametric Models For Response Times And Response Accuracy In Computerized Testing*, Disertasi, University Of Iillinois, 2012.
- Entink, R. K., Kuhn, J.T., Hornke, L.F., Fox, J.P., *Evaluating Cognitive Theory: A Joint Modeling Approach Using Responses and Response Times*, *Psychological Methods*, 14 (1), 2009.