

Simulasi Diskrit untuk Pengaturan jumlah Gate pada Commuter Line Jabodetabek Rute Perjalanan Bogor - Jakarta Kota

Winnie Septiani¹, Pudji Astuti², Fitria Helmanila³

Universitas Trisakti

Jl. Kyai Tapa No.1 Grogol – Jakarta Barat

email: ¹winnie_septiani@yahoo.com; ²pudjiastuti21@gmail.com; ³fitriahelmanila@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membangun model simulasi diskrit untuk pengaturan jumlah gate masuk dan gate keluar pada sistem e-ticketing commuter Jabodetabek rute perjalanan Bogor-Jakarta Kota. Kejadian diskrit yang terjadi dalam antrian gate masuk dan gate keluar commuter Line diantaranya adalah kedatangan penumpang dalam gate masuk dan gate keluar dan tingkat pelayanan penumpang dalam sistem. Berdasarkan hasil analisis rasio penumpang serta utilitas gate pada 24 stasiun diperoleh empat kelompok stasiun dan empat kelompok waktu. Evaluasi kinerja sistem dilakukan berdasarkan : jumlah penumpang dalam sistem (LS), jumlah penumpang dalam antrian (Lq), waktu tunggu penumpang dalam sistem (Ws) dan waktu tunggu penumpang dalam antrian (Wq) menggunakan aplikasi software WinQsb program Queueing Analysis. Hasil evaluasi usulan pengaturan jumlah gate masuk dan gate keluar menunjukkan nilai utilitas gate yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi sebelumnya. Diharapkan usulan ini dapat meningkatkan efektifitas sistem e ticketing commuter jabotabek.

Kata kunci: jumlah gate, simulasi diskrit, sistem e-ticketing, utilitas

Abstract

The purpose of the present study is to to develop discrete simulation models for setting the number of gate entry and exit gate in the e-ticketing system commuter Jabodetabek travel route Bogor - Jakarta Kota. Discrete event that occurred in the queue gate entrance and exit gate of which is the Line commuter passenger arrival in the gate entrance and exit gate and passenger service level in the system. Based on the analysis of passenger and utility ratio of gates at 24 station, there were four groups of stations and four groups of the time. The performance evaluation system was based on: number of passengers in the system (LS), the number of passengers in the queue (Lq), waiting time in the system (Ws) and the waiting time in the queue (Wq) used a software application program WinQsb Queueing Analysis. Results of the evaluation of the proposal setting the number of gate entry and exit gate showed utility value higher than the previous condition. The proposal was expected to improve the effectiveness of e ticketing system commuter Jabotabek

Keywords: commuter line, dicrete simulation, e-ticketing system, number of gate, utilities

1. Pendahuluan

PT KAI Commuter Jabodetabek merupakan salah satu perusahaan penyedia jasa layanan transportasi publik yang menghubungkan kota Jakarta dengan wilayah sekitarnya (Bogor, Depok, Tangerang dan Bekasi) sebagai wilayah padat pemukiman dan wilayah penyangga kota Jakarta. KA Commuter Jabodetabek memiliki 6 rute perjalanan dan penelitian dikhususkan pada rute perjalanan Bogor - Jakarta Kota, karena rute ini merupakan rute terpanjang dengan jumlah penumpang terbanyak dari jumlah total penumpang KCJ per hari.

PT KAI Commuter Jabodetabek memberlakukan sistem e-ticketing dengan melakukan pemasangan perangkat gate elektronik dalam rangka peningkatan infrastruktur dan sistem otomatisasi kontrol penumpang. Sistem e-ticketing diberlakukan sebab tiket kertas yang diterapkan rawan terjadi kebocoran, banyak penumpang naik tanpa membeli tiket. Pengaturan gate diatur berdasarkan dua kategori waktu yaitu Kategori waktu pagi (04.00-13.59) dan kategori siang - malam (14.00-23.00). Berdasarkan pengamatan awal di lapangan dalam hal pengaturan gate menunjukkan bahwa perlu adanya evaluasi lebih lanjut karena sering menimbulkan antrian penumpang pada jam sibuk di beberapa stasiun. Salah satu dugaan penyebabnya adalah pengaturan jumlah gate yang tidak sesuai dengan jumlah penumpang.

Permasalahan dan kejadian yang ada dalam sistem ini termasuk ke dalam event diskrit. Dalam Simulasi event diskrit perubahan status terjadi pada titik-titik diskrit dalam waktu yang dipicu oleh kejadian (event) (Altiok & Melamed, 2007). Kejadian diskrit yang terjadi dalam antrian *gate* masuk dan *gate* keluar *commuter Line* diantaranya adalah kedatangan penumpang dalam *gate* masuk dan *gate* keluar dan tingkat pelayanan penumpang dalam sistem. Tingginya tingkat kedatangan penumpang dan rendahnya tingkat pelayanan akan menyebabkan terjadinya kegagalan sistem berupa panjangnya antrian atau lamanya waktu menunggu dalam sistem.

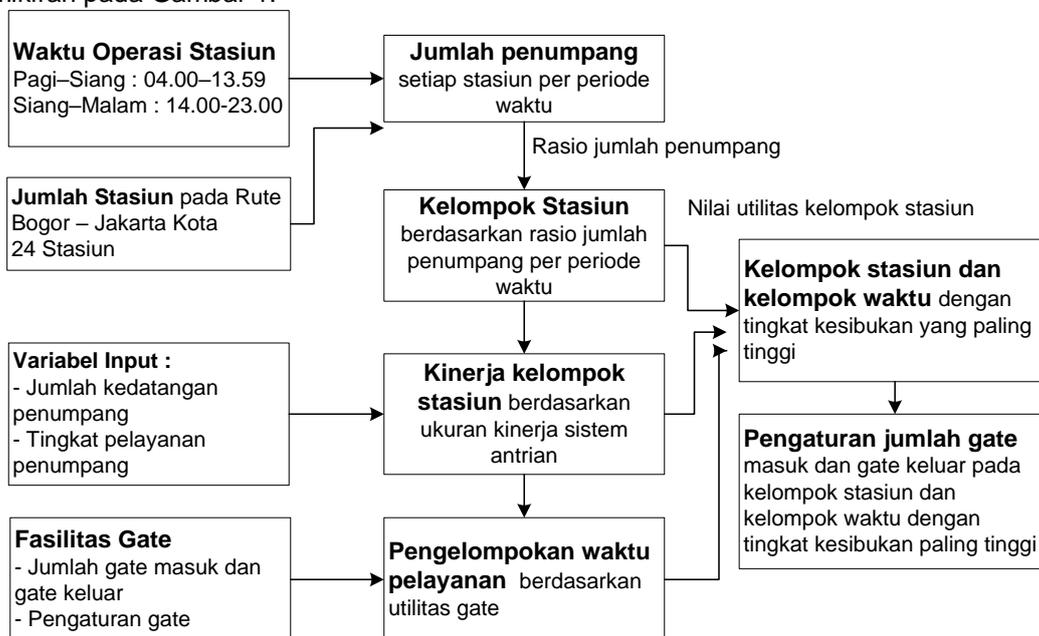
Penelitian ini bertujuan untuk membangun model simulasi diskrit untuk pengaturan jumlah *gate* masuk dan *gate* keluar pada sistem *e-ticketing* pada *commuter* Jabodetabek rute perjalanan Bogor - Jakarta Kota. Tujuan terbagi dalam 4 tujuan khusus yaitu analisis kelompok stasiun berdasarkan rasio jumlah penumpang, evaluasi kinerja sistem, analisis kelompok waktu kritis berdasarkan tingkat utilitas dan usulan pengaturan jumlah *gate* masuk dan *gate* keluar.

Beberapa batasan dalam perancangan model diantaranya simulasi dilakukan untuk hari kerja senin - jumat, setiap penumpang dilayani oleh satu fasilitas pelayanan *gate* dengan kapasitas *gate* yang tidak terbatas, peraturan pelayanan pada fasilitas *gate* rute Bogor - Jakarta Kota adalah *First Come First Serve* (FCFS). Dalam perhitungan antrian, digunakan software *WinQsb Queueing Analysis* sehingga permasalahan dapat ditemukan dengan cepat dan Tepat, tiral dan error dapat dilakukan tanpa melibatkan sistem nyata secara langsung. Diharapkan usulan pengaturan jumlah *gate* masuk dan keluar yang efektif dapat meningkatkan utilitas dan panjang antrian penumpang.

2. Metodologi

2.1 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini disusun berdasarkan dasar pemikiran teoritis dan praktis sesuai dengan kondisi di lapangan. Variabel utama yang berpengaruh terhadap kinerja sistem *e-ticketing Commuter Line* adalah jumlah penumpang, tingkat pelayanan, waktu operasi stasiun dan fasilitas *gate* (Astuti et al, 2014). Keterkaitan antar faktor dalam sistem disusun dalam kerangka pemikiran pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Pengumpulan data dilakukan melalui pengamatan langsung di 24 stasiun serta wawancara dengan pimpinan, manajer hubungan komunikasi, karyawan dan penumpang pengguna layanan jasa kereta *commuter* rute Bogor - Jakarta Kota. Data Primer yang digunakan untuk penelitian ini adalah jumlah penumpang dan waktu pelayanan, sedangkan

data sekunder yang diperoleh dari PT KAI adalah data mengenai jumlah fasilitas *gate* masuk dan *gate* keluar.

Penelitian tersusun atas beberapa tahapan penelitian sebagai berikut :

1. Analisis kelompok stasiun pada rute perjalanan CL Bogor - Jakarta Barat
 - Identifikasi jumlah penumpang pada setiap stasiun.
 - Pengujian data penumpang dengan menggunakan uji Barlet dan uji Anova (Walpole et al, 2007).
 - Perhitungan rasio Jumlah penumpang pada setiap stasiun.
 - Analisis pembagian waktu operasi saat ini.
 - Penentuan kelompok stasiun berdasarkan rasio jumlah penumpang.
2. Evaluasi kinerja kelompok stasiun
Evaluasi kinerja dilakukan berdasarkan Altiok & Melamed (2007) : jumlah penumpang dalam sistem (LS0, jumlah penumpang dalam antrian (Lq), waktu tunggu penumpang dalam sistem (Ws) dan waktu tunggu penumpang dalam antrian (Wq). Simulasi kinerja sistem dilakukan menggunakan aplikasi software WinQsb program *Queueing Analysis* (Winarno & Wing, 2008).
3. Analisis kelompok waktu kritis berdasarkan utilitas *gate* masuk dan *gate* keluar.
 - Perhitungan jumlah fasilitas *gate* masuk dan *gate* keluar per stasiun.
 - Penentuan kelompok waktu operasi kritis.
 - Analisis pengaturan *gate* berdasarkan tingkat kesibukan kelompok stasiun dan kelompok waktu.
4. Usulan Pengaturan *gate* masuk dan *gate* keluar
 - Pemilihan kelompok stasiun dan kelompok waktu dengan tingkat kesibukan yang tertinggi, yang diukur dengan nilai utilitas.
 - Penyusunan skenario perubahan jumlah *gate* masuk dan *gate* keluar.
 - Simulasi perubahan jumlah *gate*.
 - Evaluasi kinerja perubahan jumlah *gate*.

3. Hasil dan Pembahasan

4.1 Analisis Kelompok Stasiun pada Rute Perjalanan CL Bogor - Jakarta Barat

- Waktu Pelayanan Fasilitas Gate

Waktu pelayanan didefinisikan sebagai waktu penumpang untuk melakukan perekaman tujuan pada *e-ticketing gate*. Waktu pelayanan penumpang dalam melakukan *tap in* dan *tap out* adalah konstan selama 6 detik. Ada dua kategori waktu yaitu Kategori waktu Pagi - Siang : 04.00-13.59 dan Kategori waktu Siang-Malam : 14.00-23.00.

- Route Perjalanan

Jaringan operasi KRL *commuter Line* menghubungkan wilayah ibukota dengan kota-kota di sekelilingnya mulai dari Jakarta - Bogor, Jakarta - Bekasi, Jakarta - Tangerang dan Jakarta - Serpong serta jalur perjalanan yang melingkari kota Jakarta. Jalur-jalur yang aktif terdiri dari :

1. Rute Merah : Bogor/Depok - Manggarai - Jakarta Kota
2. Rute Orange : Bogor/Depok - Tanah Abang - Pasar Senen - Jatinegara
3. Rute Biru : Bekasi - Jatinegara - Manggarai - Jakarta Kota
4. Rute Hijau : Parung Panjang - Serpong - Tanah Abang
5. Rute Coklat : Tangerang - Duri
6. Rute Pink : Jakarta Kota - Kampung Bandan - Tanjung Priok

Penelitian ini dikhususkan pada route perjalanan Bogor - Jakarta Kota yang terdiri dari 24 stasiun yaitu (1) Bogor, (2) Cilebut, (3) Bojong Gede, (4) Citayam, (5) Depok, (6) Depok Baru, (7) Pondok Cina, (8) Universitas Indonesia, (9) Universitas Pancasila, (10) Lenteng Agung, (11) Tanjung Barat, (12) Pasar Minggu, (13)Pasar Minggu Baru, (14) Duren Kalibata, (15) Cawang, (16) Tebet, (17) Manggarai, (18) Cikini, (19) Gondangdia, (20) Juanda, (21) Sawah Besar, (22) Mangga Besar, (23) Jayakarta, (24) Jakarta Kota.

- Perhitungan Rasio Jumlah Penumpang

Rasio jumlah penumpang dihitung berdasarkan perbandingan jumlah penumpang per jam dengan jumlah fasilitas *gate* di setiap stasiun. Pengujian ragam data jumlah penumpang dilakukan dengan menggunakan Uji Barlett dan Uji One way Anova.

Berdasarkan perhitungan dan analisis rasio penumpang pada setiap stasiun dihasilkan 4 kelompok stasiun seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Penentuan kelompok stasiun berdasarkan rasio jumlah penumpang

Kelompok	Stasiun	Rentang Rasio Jumlah Penumpang (orang per jam per <i>gate</i>)
1	Bogor, Bojong Gede, Depok, Depok Baru, Pondok Cina, Citayam, Cilebut, Universitas Indonesia, Pasar Minggu, Duren Kalibata	4500-6200
2	Cawang, Tebet, Cikini, Gondangdia, Manggarai, Jakarta Kota	3800-4500
3	Jayakarta, Mangga Besar, Sawah Besar, Juanda	3200-3800
4	Universitas Pancasila, Lenteng Agung, Tanjung Barat, Pasar Minggu Baru	0-3200

4.2 Evaluasi Kinerja Kelompok Stasiun

Variabel *input* yang diperhitungkan untuk mengevaluasi kinerja kelompok mesin adalah sebagai berikut :

1. Jumlah penumpang *gate* masuk dan *gate* keluar (orang per jam)
2. Jumlah *gate* : banyaknya *gate* pada setiap stasiun.
3. Tingkat kedatangan penumpang per jam (orang per jam) : Banyaknya penumpang yang datang untuk mendapatkan pelayanan dari fasilitas *gate* masuk dan *gate* keluar per jam.
4. Tingkat Pelayanan (orang per jam) : Banyak penumpang yang dapat dilayani pada satu *gate* selama satu jam
5. Waktu pelayanan : waktu yang dibutuhkan dalam melakukan pelayanan perekaman pada tiket elektronik

Struktur antrian *gate* pada rute Bogor - Jakarta Kota merupakan struktur antrian *single channel-single server* karena memiliki satu jalur antrian dan satu fasilitas pelayanan, sehingga model antrian yang digunakan adalah model antrian (M/M/1) : FIFO/ ∞/∞). Langkah awal dalam pengukuran kinerja sistem dengan *software WinQsb* adalah dengan memasukkan variabel tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan. Kinerja sistem ditentukan berdasarkan 4 indikator , dengan menggunakan rumusan perhitungan Taha (1996). Contoh perhitungan kinerja stasiun Bojong Gede pada puul 07.00-07.59 adalah sebagai berikut :

1. Jumlah penumpang dalam sistem (L_s) : banyaknya penumpang dalam sistem antrian *gate* masuk dan *gate* keluar, yang terdiri dari jumlah penumpang yang sedang dilayani dan jumlah penumpang di dalam antrian.

$$L_s = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)}$$

$$L_s = \frac{\lambda}{(600 - 592)} = 74 \text{ penumpang}$$

2. Jumlah penumpang dalam antrian (L_q) : jumlah penumpang yang ada dalam antrian *gate* masuk dan *gate* keluar pada setiap stasiun.

$$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$L_q = \frac{592^2}{600(600 - 592)} = 73,01324$$

3. Waktu penumpang dalam sistem (W_s) : waktu rata-rata penumpang berada dalam sistem.

$$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$$

$$W_s = \frac{1}{600 - 592} = 0,125 \text{ jam} \approx 7,5 \text{ menit}$$

4. Waktu menunggu dalam antrian (W_q) : waktu-rata-rata penumpang dalam antrian.

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$$

$$W_q = \frac{592}{600(600-592)} = 0,12333 \text{ jam} \approx 7,5 \text{ menit}$$

Pengukuran kinerja dihitung dengan menggunakan *software* WinQsb, contoh hasil keluaran sistem dengan menggunakan pada pengukuran kinerja sistem awal di Stasiun Bogor dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Indikator Kinerja Sistem Antrian Model Awal pada Station Bogor

No	Performance Measure	Result
1	System : M/M/1	From Formula2
2	Customer arrival rate (λ) per hour =	597.0000
3	Service rate per server (μ) per hour =	600.0000
4	Overall system effective arrival rate per hour =	597.0000
5	Overall system effective service rate per hour =	597.0000
6	Overall system utilization =	99,555
7	Average number of customers in the system (L) =	199.0002
8	Average number of customers in the queue (L_q) =	198.0052
9	Average number of customers in the queue for a busy system (L_b) =	199.0002
10	Average time customers spends in the system (W) =	0.3333 hours
11	Average time customers spends in the queue (W_q) =	0.3317 hours
12	Average time customers spends in the queue for a busy system (W_b) =	0.3333 hours
13	The probability that all servers are idle (P_0) =	0.5000 %
14	The probability an arriving customer waits (P_w) or system is bussy (P_b) =	99.5000 %
15	Average number of customers being balked per hour =	0

4.3 Analisis Kelompok Waktu Kritis Berdasarkan Utilitas *gate* masuk dan *gate* keluar

Pengelompokan waktu berdasarkan utilitas *gate* terbagi menjadi tiga kelompok yaitu Kelompok 1 : 04.00-09.59, Kelompok 2 : 16.00-20.59 dan Kelompok 3 : 10.00-15.59; 21.00-23.00. Hasil pengelompokan waktu berdasarkan utilitas *gate* masuk dan *gate* keluar dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Pengelompokan Waktu Kritis berdasarkan Utilitas *Gate* Masuk

Kelompok Stasiun	Utilitas pada Ketiga Kelompok Waktu		
	Kelompok Waktu satu (04.00-09,59)	Kelompok Waktu dua (16.00-20.59)	Kelompok Waktu tiga (10.00-15.59; 21.00-23.00)
1	92,8%	21,7%	21,7%
2	38,4%	77,2%	12,4%
3	22,3%	58,4%	11,9%
4	57,3%	22,2	13%

Tabel 4. Tabel Pengelompokan Waktu Kritis berdasarkan Utilitas Gate Keluar

Kelompok Stasiun	Utilitas		
	Kelompok Waktu satu (04.00-09,59)	Kelompok Waktu dua (16.00-20.59)	Kelompok Waktu tiga (10.00-15.59; 21.00-23.00)
1	53,4%	86,7%	27,5%
2	77,2%	29,9%	12,4%
3	58,4%	23,8%	11,9%
4	22,2%	55,2%	11,8%

5. Usulan Pengaturan Gate Masuk dan Gate Keluar

Pengaturan jumlah *gate* ditentukan berdasarkan kelompok stasiun yang memiliki urutan kesibukan tertinggi. Kelompok stasiun yang memiliki kesibukan tertinggi adalah kelompok stasiun satu pada dua kelompok waktu, yaitu kelompok waktu satu (04.00-09.59) dan Kelompok waktu dua (16.00-20.59). Pengaturan jumlah *gate* dilakukan berdasarkan pengukuran kinerja sistem antrian dengan menggunakan *software WinQsb* untuk mencapai keseimbangan utilitas, L_s , L_q , W_s dan W_q .

Tabel 5. Hasil Evaluasi Pengaturan Jumlah Gate Masuk dan Gate Keluar pada Kelompok Stasiun 1

Stasiun	Kondisi Aktual		Utilitas	Kelompok 1		Utilitas	Kelompok 2		Utilitas
	Gate in	Gate out		Gate in	Gate out		Gate in	Gate out	
Bogor	10	9	86	12	7	100%	7	12	99%
Bojong Gede	6	4	80%	7	3	100%	3	7	96%
Depok	4	4	80%	5	3	100%	3	5	96%
Depok Baru	7	6	86%	8	5	99%	5	8	96%
Pondok Cina	4	3	78%	5	2		2	5	96%
Citayam	4	4	78	5	3	97%	3	5	95%
cilebut	4	4	79%	5	3	98%	3	5	95%
Universitas Indonesia	2	2	-	2	2	-	2	2	-
Pasar Minggu	3	3	75	4	2	99%	2	4	95%
Duren Kalibata	4	3	79	5	2	99%	2	5	100

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis, diperoleh beberapa kesimpulan berikut :

1. Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis rasio penumpang pada setiap stasiun diperoleh empat kelompok stasiun. Masing-masing kelompok stasiun terbagi menjadi tiga kelompok waktu yaitu kelompok 1 : 04.00-09.59, kelompok 2: 16.00-20.59, Kelompok 3 : 10.00-15.59 ; 21.00-23.00.
2. Hasil analisis kinerja tiga kelompok stasiun dan tingkat kesibukan pada tiga kelompok waktu menunjukkan perlu adanya evaluasi pengaturan jumlah *gate* masuk dan *gate* keluar pada *commuter line* rute Bogor - Jakarta Kota. Kelompok stasiun dan kelompok waktu yang paling tinggi tingkat kesibukannya yaitu kelompok stasiun satu pada kelompok waktu 1 (04.00-09.59) dan kelompok waktu 2 (16.00-20.59). Kelompok stasiun satu terdiri dari Stasiun Bogor, Bojong Gede, Depok, Depok Baru, Pondok Cina, Citayam, Cilebut, Universitas Indonesia, Pasar Minggu dan Duren Kalibata.
3. Dihasilkan usulan pengaturan jumlah *gate* masuk dan *gate* keluar dengan nilai utilitas *gate* yang lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi sebelumnya.

Referensi

- [1] Altiok T, Melamed B. Simulation Modelling and And Analysis wih Arena, Burlington: Elsevier. 2007.
- [2] Astuti P, Retnaningrum D, Adisuwiryo S, Septiani W. Optimisasi Penjadwalan Kereta Api Commuter Jabodetabek Lintas Jakarta - Bogor Dengan Pendekatan Integer Linear Programming. Seminar Nasional Teknik Industri Badan Kerjasama Penyelenggara Pendidikan Tinggi Teknik Industri (BKSTI) 2014. Bukittinggi. 2014; 61-66.
- [3] Chang YL. WinQSB: Decision Support Software for MS/OM, Newyork: John Wiley & Son.
- [4] Harrel C, Ghosh B.K, Bowden R.O, Simulation using promodel, 2nd ed, Boston : Mc Graw Hill. 2004
- [5] Kendal KE, Kendal JE. Systems Analysis and Design. 8th edition, Upper Sadle River: Pearson Education Inc. 2011.
- [6} Moengin P, Septiani W, Herviana S. A Discrete-event Simulation Methodology to Optimize the Number of Beds in Hospital. the World Congress on Engineering and Computer Science 2014. San Francisco :2014; Vol II.
- [7] Taha HA. Riset Operasi Jilid 2. Binarupa Aksara. Jakarta. 1996.
- [7] Winarno W, Wing. AnaLisis Manajemen Kuantitatif dengan WinQSB, Yogyakarta : UPP STIM YKPN. 2017.
- [8] Walpole, Ronald E, Raymon HM, Sharon LM, Keying Y. Probability & Statistic for Engineers & Scintist. 8th edition, New Jersey :Pearson Education, 2011.