

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka berisi tentang konsep-konsep dan teori-teori yang mendukung penelitian serta mendasari metode-metode yang dipakai dalam pemecahan masalah.

Dalam tinjauan pustaka dimuat uraian sistematis tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu dan yang ada hubungannya dengan penelitian yang akan dilakukan. Fakta-fakta yang dikemukakan adalah sejauh mungkin diambil dari sumber aslinya. Semua sumber yang dipakai sebagai acuan harus disebutkan.

Tinjauan pustaka disusun untuk memecahkan masalah penelitian dan untuk merumuskan hipotesis. Tinjauan pustaka dapat berupa uraian kualitatif model matematis, atau persamaan-persamaan yang langsung berkaitan dengan permasalahan yang diteliti. Juga dibuat hipotesis yang memuat pernyataan singkat yang disimpulkan dari tinjauan yang merupakan jawaban sementara terhadap permasalahan yang dihadapi.

2.1. Sistem

Gordon (1984), menyatakan bahwa sistem sebagai sekumpulan komponen yang saling berinteraksi dan beroperasi didalam suatu batasan. Ada 5 unsur didalam sistem, yaitu elemen-elemen atau bagian-bagian, adanya interaksi atau hubungan antar elemen-elemen atau bagian-bagian tersebut menjadi suatu keputusan, terdapat tujuan bersama sebagai hasil akhir dan berada dalam suatu lingkungan yang kompleks.

Karena luasnya definisi tentang suatu sistem maka dibahas definisi sistem secara umum yaitu sekumpulan obyek yang bergabung dalam suatu interaksi atau saling ketergantungan (interdependensi) yang teratur (Setiawan, 1991).

Pada sebuah sistem terdapat obyek-obyek yang berbeda dan masing-masing memiliki sifat-sifat spesifik serta terdapat interaksi-interaksi tertentu yang terjadi dalam sistem yang menyebabkan terjadinya suatu sistem.

2.2. Model

Model didefinisikan sebagai suatu representasi atau formalisasi dalam bahasa tertentu (yang disepakati) dari suatu sistem nyata (<http://sipoel.unimed.in/file.php/44/COURSE/BAB1.doc>) Sistem nyata disini adalah sistem yang sedang berlangsung dalam kehidupan yang dijadikan titik penelitian dan dipermasalahkan. Model dapat digunakan untuk menangkap suatu sistem, tetapi tidak terperinci sehingga selalu lebih tidak kompleks bila dibandingkan dengan kenyataannya.

1. Kegunaan Model

- a. Untuk mendeskripsikan beberapa bagian dari suatu sistem nyata, yakni sistem yang dipelajari.
- b. Memberi pengertian terhadap struktur dan fungsi dari suatu sistem.
- c. Untuk meramalkan perilaku dari suatu sistem secara keseluruhan yang merupakan bagian dari kondisi-kondisi yang bervariasi.
- d. Menentukan atau mengendalikan perilaku dari suatu sistem untuk pencapaian tujuan agar lebih efektif.

2. Keuntungan Penggunaan Model

- a. Dapat menganalisa dan mengadakan percobaan dari situasi-situasi yang kompleks atau tidak mungkin.
- b. Memberi gambaran dan penyelidikan tentang penghematan.
- c. Jumlah waktu yang digunakan untuk menganalisa problem dapat dikurangi.
- d. Perhatian dapat dipusatkan pada karakteristik yang pokok saja pada problem.

2.3. Teori Antrian

Teori antrian atau waiting line theory diciptakan oleh para ahli matematika dan insinyur berkebangsaan Denmark yang bernama A. K. Erlang, pada tahun 1909. Dimana dia mengembangkan model antrian untuk menentukan jumlah yang optimal dari fasilitas telephonr switching yang digunakan untuk melayani permintaan yang ada. Setelah perang dunia ke II hasil penelitian Erlang dipeluas penggunaannya antara lain dalam teori antrian (Supranto, 1987)

Adapun masalah-masalah yang dapat diselesaikan dengan teori antrian ini adalah bagaimana sebuah perusahaan dapat menentukan waktu serta fasilitas atau pelayanan yang sebaik-baiknya, supaya dapat melayani pelanggan secara efisien.

2.3.1. Pengertian Teori Antrian

Menurut Siagian (1987) antrian ialah suatu garis tunggu dari satuan yang memerlukan layanan dari satu atau lebih fasilitas layanan. Garis tunggu ini merupakan suatu permasalahan yang biasa terjadi apabila kebutuhan akan suatu fasilitas pelayanan melebihi kapasitas kemampuan yang tersedia

2.3.2. Konsep Dasar Teori Antrian

Tujuan dasar model antrian adalah untuk meminimumkan total dua biaya, yaitu biaya langsung penyediaan fasilitas pelayanan dan biaya tidak langsung yang timbul karena para individu harus menunggu untuk dilayani. Bila suatu sistem mempunyai jumlah fasilitas yang lebih optimal, ini berarti membutuhkan investasi modal yang berlebihan, tetapi apabila jumlahnya kurang dari optimal, maka hasilnya adalah tertundanya pelayanan. Model antrian yang akan dibahas untuk sistem pengolahan yang menguntungkan untuk menghilangkan antrian. Elemen-elemen pokok dalam sistem antrian meliputi : Sumber masukan (input), pola kedatangan (arrival pattern), disiplin antrian, kepanjangan antrian, tingkat pelayanan, dan keluar (exit).

a. Sumber Masukan (Input)

Sumber masukan dari suatu sistem antrian dapat terdiri atas suatu populasi, orang, barang, atau kertas kerja yang datang pada sistem untuk dilayani. Bila populasi relatif besar, sering dianggap bahwa hal itu merupakan besaran yang tak terbatas.

Anggapan ini hampir umum karena perumusan sumber masukan yang tak terbatas lebih sederhana daripada sumber yang terbatas. Suatu populasi dinyatakan “Besar” bila populasi tersebut lebih besar dibandingkan dengan kapasitas sistem pelayanan.

b. Pola Kedatangan

Individu-individu dari populasi memasuki sistem disebut pola kedatangan (arrival pattern). Individu-individu mungkin datang dengan tingkat kedatangan (arrival rate) yang konstan atau acak atau random (yaitu berapa banyak individu –individu per periode waktu) bila pola kedatangan individu – individu mengitu suatu distribusi poisson, maka waktu antar kedatangan atau interarrival time (yaitu waktu antar kedatangan setiap individu) adalah random dan mengikuti suatu distribusi eksponensial (exponential distribution)

c. Disiplin Antrian

Disiplin antrian menunjukkan pedoman keputusan yang digunakan untuk menyeleksi individu – individu yang memasuki antrian untuk dilayani terlebih dahulu (prioritas). Menurut Siagian (1987), bentuk disiplin pelayanan yang biasa digunakan yaitu: First-Come-First-Served (FCFS) yaitu yang pertama kali datang pertama kali dilayani, Last-Come-First-Served (LCFS), Service In Random Order (SIRO), Priority Service (PS)

d. Kepanjangan Antrian

Banyak sistem antrian dapat menampung jumlah individu yang relatif besar tetapi ada beberapa sistem yang mempunyai kapasitas terbatas. Bila kapasitas antrian menjadi faktor

pembatas besarnya jumlah individu yang dapat dilayani dalam sistem secara nyata, berarti sistem mempunyai kepanjangan antrian yang terbatas (Finite). Sebagai contoh sistem yang mempunyai antrian terbatas adalah jumlah tempat parkir atau stasiun pelayanan atau jumlah tempat tidur dirumah sakit. Secara umum antrian terbatas lebih kompleks dari pada sistem antrian tak terbatas (infinite)

e. Tingkat Pelayanan

Waktu yang digunakan untuk melayani individu – individu dalam suatu sistem disebut waktu pelayanan (service time). Waktu ini mungkin konstan tetapi juga sering acak (random). Bila waktu pelayanan mengikuti distribusi eksponensial atau distribusi acak, waktu pelayanan akan mengikuti suatu distribusi poisson

f. Keluar (exit)

Sesudah seorang (individu) telah selesai dilayani dia akan keluar (exit) dari sistem.

2.4. Sistem dan Struktur Antrian

Banyak perbedaan sistem-sistem dan struktur-struktur antrian yang terdapat dalam masyarakat yang semakin kompleks. Perbedaan-perbedaan dalam jumlah antrian, fasilitas pelayanan, dan hubungan yang terjadi dapat menghasilkan bentuk atau susunan yang bervariasi tidak terbatas.

2.4.1. Sistem Antrian

Pada umumnya, sistem antrian dapat diklasifikasikan menjadi sistem-sistem yang berbeda dimana teori antrian dan simulasi sering ditetapkan secara luas. Klasifikasi sistem antrian menurut Hiller dan Lieberman (1980) adalah sebagai berikut :

1. Sistem pelayanan komersil

Sistem pelayanan komersil merupakan aplikasi yang sangat luas dari model-model antrian seperti restoran, kafetaria, toko-toko, salon, supermarket dan sebagainya.

2. Sistem pelayanan bisnis-industri

Sistem pelayanan bisnis-industri mencakup lini produksi, sistem pergudangan dan sistem-sistem informasi komputer.

3. Sistem pelayanan transportasi
4. Sistem pelayanan sosial

Sistem-sistem pelayanan sosial merupakan sistem-sistem pelayanan yang dikelola oleh kantor-kantor dari jabatan-jabatan lokal maupun nasional, seperti kantor tenaga kerja, kantor pos, rumah sakit, puskesmas dan sebagainya.

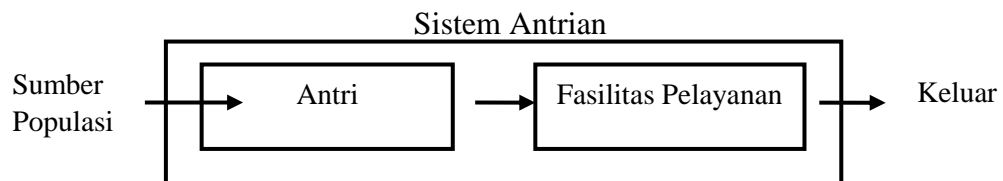
2.4.2. Struktur-struktur Antrian

Atas dasar pelayanannya, dapat diklasifikasikan fasilitas-fasilitas pelayanan dalam susunan saluran atau channel (single atau multiple) dan phase (single atau multiple) yang akan membentuk suatu struktur antrian yang berbeda-beda. Istilah saluran atau channel menunjukkan jumlah jalur (tempat) untuk memasuki sistem pelayanan, yang juga menunjukkan jumlah fasilitas pelayanan. Istilah berarti jumlah stasiun-stasiun pelayanan, dimana para pelanggan harus melaluinya sebelum pelayanan dinyatakan lengkap.

1. Single Channel Single Phase

Sistem ini adalah yang paling sederhana. Single channel berarti bahwa hanya ada satu jalur untuk memasuki pelayanan atau ada satu fasilitas pelayanan. Single phase menunjukkan bahwa hanya ada satu stasiun pelayanan atau sekumpulan tunggal operasi yang dilakukan. Setelah menerima pelayanan individu-individu keluar dari sistem.

Contoh untuk model struktur ini adalah pembelian tiket kereta api antar kota yang dilayani oleh satu loket, seorang pelayan toko dan sebagainya.

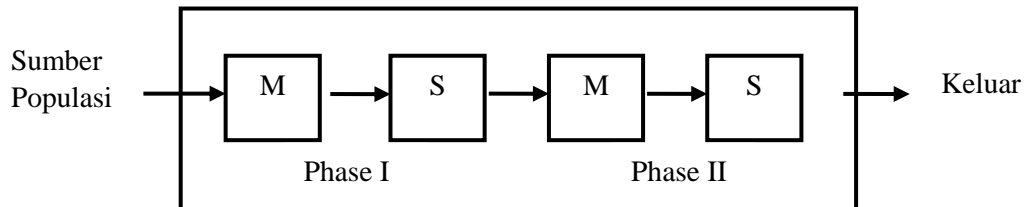


Gambar 2.1 Model Antrian Single Phase Channel-Single Phase

2. Single Channel-Multiphase

Istilah multiphase menunjukkan ada dua atau lebih pelayanan yang dilaksanakan secara berurutan (dalam phase0phase).

Sebagai contoh pencucian mobil, tukang cat mobil dan lain-lain.



Gambar 2.2 Model Antrian Single Channel-Multiphase

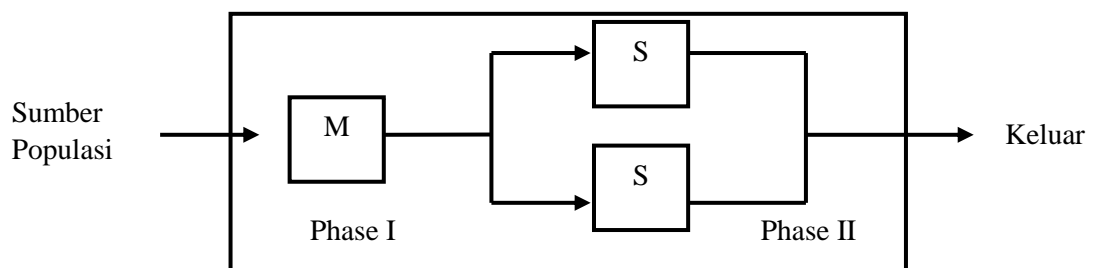
Keterangan :

M = Antrian

S = Fasilitas Pelayanan (Server)

3. Multi Channel – Single Phase

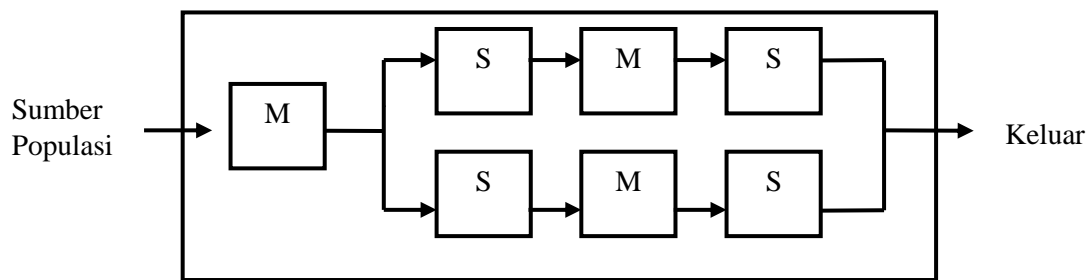
Sistem ini terjadi apabila ada dua atau lebih fasilitas pelayanan yang dialiri oleh antrian tunggal. Contoh : pembelian tiket yang dilayani oleh lebih dari satu loket pelayanan, potong rambut oleh beberapa tukang potong, dan sebagainya.



Gambar 2.3 Model Antrian Multi Channel-Single Phase

4. Multi Channel – Multi Phase

Sistem ini mempunyai beberapa fasilitas pelayanan pada setiap tahap, sehingga lebih dari satu individu dapat dilayani pada satu waktu. Contohnya pelayanan kepada pasien rumah sakit dari pendaftaran, diagnosa, penyembuhan sampai pembayaran.



Gambar 2.4 Model Antrian Multi Channel-Multi Phase

2.5. Pengertian Notasi dan Lambang Lambang Model Antrian

Format singkatan guna melukiskan notasi model populasi antrian dengan fasilitas pelayanan yang paralel ditulis dalam simbol $(a/b/c) : (d/e/f)$.

Simbol – simbol a,b c,d,e dan f merupakan unsur- unsur dasar dari model antrian dengan pengertian sebagai berikut :

- A : Distribusi kedatangan
- B : Distribusi waktu pelayanan (atau keberangkatan)
- C : Banyaknya fasilitas pelayanan ($c = 1,2 \dots$)
- D : Peraturan pelayanan (misal FCFS, LCFS dan lain –lain)
- E : Jumlah maksimum antrian yang diijinkan dalam sistem
- F : Ukuran sumber input

Simbol pengganti untuk a dan biasanya digunakan notasi – notasi sebagai berikut:

- M : Distribusi kedatangan dan kepergian adalah poisson distribusi antara kedatangan dan waktu pelayanan eksponensial
- D : Waktu antar kedatangan dan diketahui dengan pasti dan konsisten
- Ek : Distribusi waktu antara kedatangan dan waktu pelayanan

GI : Distribusi kedatangan general independent

G : Distribusi kepergian general distribusi

Simbol pengganti d digunakan notasi :

GD : Jika disiplin antrian yang digunakan adalah FCFS, LCFS, atau SIRO dimana:

FCFS : First Come, First Served

LCFS : Last Come, First Served

SIRO : Service Random Order

Simbol e diganti dengan bilangan positif yang menyatakan jumlah server, simbol e dan f menyatakan jumlah terbatas atau tidak terbatas didalam sistem dan populasinya. Sedangkan terminology dan notasi yang digunakan dalam perhitungan model antrian adalah sebagai berikut:

Keadaan sistem : Jumlah langganan (unit) yang menunggu pelayanan

Panjang antrian : Jumlah langganan (unit) yang menunggu pelayanan = keadaan sistem dikurangi jumlah unit yang dilayani

E_n : Keadaan dimana ada n calling unit pada sistem antrian

$P_n(t)$: Kemungkinan bahwa tepat ada n calling unit pada sistem antrian pada saat t

S : Jumlah pelayanan (untuk saluran pelayanan paralel) pada sistem antrian

λ_n : Tingkat kedatangan rata-rata (Ekspektasi jumlah kedatangan persatuan waktu) dari calling unit baru jika ada n unit dalam sistem
Jika λ_n adalah konstan untuk semua n maka dapat ditulis sebagai λ , jika μ_n konstan untuk semua $n \geq 1$, maka dapat ditulis sebagai μ .

Disini $\mu_n = S\mu$ jika $n \geq S$, sehingga seluruh pelayanan (seluruh S) sibuk. Dalam hal ini $1/\alpha$ menyatakan ekspektasi waktu pelayanan.

$P = \lambda/S\mu$ Adalah faktor penggunaan (utilitas) untuk fasilitas pelayanan, yaitu ekspektasi perbandingan dari waktu sibuk para pelayan

Jika suatu sistem antrian telah mulai berjalan, keadaan sistem (Jumlah unit dalam sistem), sangat dipengaruhi oleh state (keadaan) awal dan waktu yang telah dilalui. Dalam keadaan seperti ini sistem dikatakan dalam kondisi transien. Tetapi, lama kelamaan keadaan sistem akan independent terhadap

state awal tersebut, dan juga terdapat waktu yang dilaluinya. Keadaan sistem seperti ini dikatakan berada dalam kondisi steady state. Teori antrian cenderung memusatkan pada kondisi steady state, sebab kondisi transient lebih sukar dianalisa.

Notasi – notasi berikut ini digunakan untuk sistem dalam kondisi steady state.

- P_n : Kemungkinan bahwa ada n calling unit dalam sistem antrian
- L : Ekspektasi panjang garis atas (jumlah pelanggan dalam sistem)
- L_q : Panjang antrian atau jumlah pelanggan dalam antrian
- W : Waktu menunggu dalam sistem (termasuk pelayanan)
- W_q : Waktu menunggu dalam antrian (tidak termasuk pelayanan)

2.6. Model – model Antrian

1. Model antrian (M/M/1) : (FCFS/ ∞/∞)

Model ini biasanya hanya punya satu fasilitas pelayanan serta tidak ada batasan untuk sumber input dan mengkombinasikan proses kelahiran murni dengan kematian murni.

$P_0 = P_0 (\lambda/\mu)$, karena $p = \lambda/\mu$, maka:

$P_n = (1-p).p^n$, sehingga diperoleh:

$L_q = p^2 / (1-p) = \lambda^2 / (\mu(\mu-\lambda))$ sehingga pdf untuk t adalah:

$F(t) = \mu (1-p).e^{-\mu(1-p)t}$

Ini adalah distribusi eksponensial dengan parameter $\mu(1-p)$ karena itu,

$W = E(T) = 1 / \mu (1-p) = 1 / (\mu - \lambda)$

Jika kedatangan ini tidak ada pelanggan dalam sistem maka akan langsung dilayani sehingga:

$P\{T=0\} = P_0 = 1-p$

Tetapi jika sebaliknya, maka harus menunggu selama n waktu pelayanan eksponensial hingga mulai dilayani, maka:

$P\{T>1\} = p e^{-n(1-p)t}$

Dengan demikian maka:

$W_q = E(T) = \lambda / (\mu - \lambda)$

2. Model Antrian (M/M/c) : (FCFS/∞/∞)

Model ini mengasumsikan bahwa kedatangan terjadi menurut distribusi poisson dengan parameter λ dan bahwa waktu pelayanan masing –masing unit mempunyai distribusi eksponensial dengan rata – rata $(1/\mu)$. Jadi distribusi waktu pelayanan sama tanpa memperhatikan pelayanan mana dari jumlah S pelayanan yang melakukan pelayan untuk unit.

Jika $\lambda < S\mu$ (tingkat kedatangan rata –rata lebih kecil dari tingkat pelayan rata –rata maksimum), maka hasil stedy statenya adalah:

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda/\mu) p}{S! (1-p)^2}$$

$$W_q = L_q / \lambda$$

$$W = W_q + 1/\mu$$

$$L = \lambda (W_q + 1/\mu) = L_q + \lambda / \mu$$

2.7. Penentuan Distribusi Data

Langkah pertama dalam memilih distribusi data untuk input stimulasi adalah menentukan secara umum distribusi yang kelihatan cocok, misalnya Weibull, Beta, Gamma, atau poisson tanpa menghiraukan terlebih dahulu nilai parameternya. Dalam hal ini prior knowledge akan sangat membantu, didalam sistem nyata dimana seringkali informasi pendahuluan seperti ini dijumpai sehingga pendugaan distribusi menjadi lebih sulit.

Beberapa cara yang digunakan sebagai pedoman dalam menduga distribusi yang sesuai untuk data, antara lain dengan :

1. Histogram

Histogram adalah cara menduga secara grafis Plot distribusi padat probabilitas yang bersesuaian dengan data tertentu $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$. Fungsi padat suatu distribusi cenderung mempunyai bentuk tertentu, sehingga dapat menjadi petunjuk yang mendekati pada penafsiran distribusi yang diharapkan.

Histogram mudah dibuat dan dapat diterapkan pada semua distribusi sehingga mudah diinterpretasikan. Namun ada kelemahan

yaitu sulit untuk menentukan interval untuk memperoleh histogram yang mulus

2. Kalmogorov – Smirnov Test

Prosedur uji kalmogorov –Smirnov membandingkan fungsi distribusi kumulatif hasil pengamatan untuk satu variable dengan distribusi teoritis tertentu, seperti normal, uniform, weibull atau beta. Nilai Z dari kalmogorov –Smirnovtest, dihitung dari perbedaan terbesar dalam nilai mutlak antara fungsi distribusi kumulatif, teoritis, dan pengamatan. Uji kesesuaian ini menguji apakah pengamatan apakal berasal dari suatu distribusi tertentu

Jika $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ adalah data yang telah diurutkan dari kecil ke besar menurut order statistic $X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_n$. Dimana X_1 merupakan variable acak yang independent dengan distribusi sesuai dengan pendugaan dinotasikan dengan $F(X)$.

Sedangkan distribusi empiris dinotasikan dengan :

$$F_n(x_i) = i/n \text{ untuk } i=1,2,3,\dots,n$$

Perbedaan terbesar antara distribusi pendugaan dengan distribusi empiris dapat dihitung sebagai berikut :

$$D_+ = \text{Maks } | \{ F_n(x_i) - F(x_i) \} |$$

$$D_- = \text{Maks } | \{ F(x_i) - (i - 1)/n \} |$$

$$D_n = \text{Maks } | \{ D_+ - D_- \}$$

Pengujian hipotesa Dilakukan dengan menetapkan hipotesa awal dan hipotesa alternatif sebagai berikut:

$H_0 = F(x)$, distribusi sesuai dengan

$H_1 = H_0$

Dengan ketentuan, bahwa hipotesa awal (H_0) ditolak bila: $D_n > d_n$

Dimana d_n dapat dari tabel Kalmogorov – Smirnov. Penentuan distribusi dugaan tersebut dapat dilakukan secara statistik sesuai bila H_0 diterima.

3. Chi – Square

Jika $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ adalah data yang telah diurutkan dari kecil ke besar menurut order statistik $X_1 < X_2 < X_3 \dots < X_n$. Dimana

X^2 adalah variable acak yang independent dengan distribusi sesuai dengan pendugaan dinotasikan dengan $F(x)$. Statistik untuk uji ini adalah X^2 , yaitu hasil pengurangan jumlah dari kuadrat O_j dan E_j dengan n dapat ditulis :

$$X^2 = \sum \frac{(O_j - E_j)^2}{E_j} - n$$

Dimana:

O_j : Jumlah Observasi yang terletak pada kelas j

C : Banyak kelas

E_j : Ekspektasi jumlah observasi pada kelas j

N : Jumlah Kelas

Dengan uji hipotesa : $H_0 : F(x)$ berdistribusi sesuai dengan $H_1 : H_0$

H_0 ditolak jika, $x > c - 1$, $1 - \alpha$, dan $c - 1. 1 - \alpha$ diperoleh dari tabel Chi –Square

4. Uji Hipotesa Distribusi

Ada dua metode pengujian hipotesa distribusi, yaitu Kalmogorov – Smirnov dan chi – Square, kedua metode diatas berlaku sesuai kondisi data yang akan diuji

a. Kalmogorov – Smirnov Test

Metode ini digunakan untuk data kontinue, kurang layak digunakan untuk pengujian data yang diskret sebab akan menghasilkan “LOW POWER”

b. Chi – Square

Metode ini berkaitan dengan data diskret, berdasarkan pada data kelompok dan asumsi $n \rightarrow \infty$, sehingga untuk pengujian distribusi kontinu mengalami kesukaran pada penentuan range intervalnya

1. Distribusi Weibull

Fungsi pada probabilitas Weibull

Jika x adalah waktu antar kedatangan konsumen dalam pembayaran rekening listrik, dimana bila mempunyai distribusi weibull maka fungsi probabilitas adalah :

$$F(x | \alpha, \beta) = \begin{cases} \alpha \beta^{-\alpha} x^{\alpha-1} \exp(-(x/\beta)^\alpha) & : x > 0 \\ 0 & \end{cases}$$

Dimana:

α : Parameter bentuk (Shape Parameter), $\alpha > 0$

β : Parameter skala (Skala Parameter), $\beta > 0$ fungsi distribusi weibull

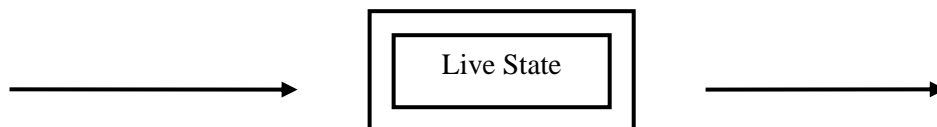
2.8. Activity Cycle Diagram

Didalam simulasi discrete event, bermacam-macam entity berinteraksi selama waktu simulasi berlangsung dan interaksi ini dapat digambarkan dalam suatu diagram pada pembangunan model sistem simulasi.

Activity cycle diagram adalah metode permodelan interaksi dari entity pada sistem dengan struktur antrian yang besar dan dominan (Averill and Kelton, 1991), penggunaan ACD dihubungkan dengan pendekatan tiga phase, metode event based, metode process based gambaran ACD dengan menggunakan 2 (dua) simbol dasar. Komponen ACD antara lain adalah :

a. Live State

Live State merupakan kondisi dimana entitisedang berada dalam proses / dilayani server, serta aktivitas entiti yang merupakan katagori event aktif dalam sistem. Selain live state ini diperuntukkan untuk entiti namun juga dapat di identifikasi sebagai pergerakan, perpindahan elemennin entiti selama memindahkan dan memproses entiti. Penentuan distribusi probabilitas dalam live state ditentukan dari sampel aktivitas sistem.

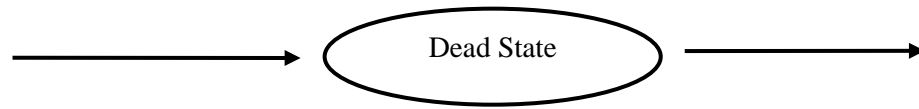


Gambar Simbol Live State ACD

b. Dead State

Merupakan tate dimana entiti tidak sedang mengalami proses pelayanan dalam server, serta menggambarkan kondisi antrian –

antrian entiti dalam sistem. selain entite, dead state juga dapat dikenakan pada elemen non etiti atau dalam kondisi set up, break down, serta kondisi failure dan shift.



Gambar simbol Dead State ACD

Simbol ACD tersebut menggambarkan ACD kondisi sistem dari tiap kelas entiti dan menggambarkan secara grafis interaksi antara kelas entiti, tiap kelas entiti ditetapkan mempunyai siklus hidup dimana terdiri dari state yang berurutan. Entiti mengalami pergerakan antar state dalam sistem. Penggambaran ACD termasuk pembuatan daftar state yang ada selma waktu simulasi dimana setiap kelas entiti dilewati, dan umumnya digambarkan sebagai alternatif dead and live State. Model ACD secara lengkap merupakan kombinasi dari semua kondisi state yang ada.

2.9. Simulasi Sistem

Simulas disini merupakan simulasi waktu pelayanan yang melibatkan faktor – faktor antrian yang menentukan kapasitas pelayanan untuk tiap loket. Terdapat kondisi suatu saat server mengalami idle, busy, inactive, dan failed. Utilitas server diperoleh dan diperbandingkan antara tingkat kesibukan dan kondisi availabel dan resources yang diamati

Simulasi mampu menganalisis sistem strokasik kompleks dan untuk memodelkan sistem yang tidak dapat diselesaikan menggunakan pendekatan pemrograman matematika ataupun pendekatan gueveing network. Model simulasi tidak menyediakan nilai – nilai optimal untuk pengukuran informasi. Model simulasi menghasilkan sampel – sampel yang mewakili ukuran performan dan dengan menggunakan point – point sampel tersebut untuk memperkirakan nilai tengah ukuran performan. Pendekatan simulasi

dapat disesuaikan untuk berbagai sistem dapat menghasilkan estimasi dari banyak macam ukuran performan dan dapat mengevaluasi kelakukan yang berbeda – beda dari waktu (time variant behaviour).

2.9.1 Definisi Simulasi

- a. Menurut Setiawan (1991) simulasi adalah proses merencanakan suatu model dari sebuah sistem nyata dan melakukan eksperimen dengan model tersebut dengan tujuan memahami tingkah laku sistem, atau mengevaluasi berbagai strategi untuk mengoperasikan sistem tersebut.
- b. Simulasi adalah suatu metodologi untuk melaksanakan percobaan dengan menggunakan model dari suatu sistem nyata (Siagian, 1987)
- c. Menurut Hasan (2002) simulasi merupakan suatu model pengambilan keputusan dengan mencontoh / menggunakan gambaran sebenarnya dari suatu sistem kehidupan dunia nyata tanpa harus mengalaminya pada keadaan yang sesungguhnya.
- d. Simulasi sebagai metode istri riset operasional yang dipergunakan untuk menyelesaikan masalah yang bersifat stokastik. Simulasi memilih kemampuan memperpresentasikan prilaku dinamis darisuatu sistem ke dalam suatu model simulasi ini bertujuan untuk mengevaluasi suatu model sistem secara numerik, sedangkan menurut Schroeder (1997) simulasi adalah teknik ynag didapat digunakan untuk memformulasikan dan memecahkan model – model dari golongan yang luas

2.9.2. Kelebihan dan Kekurangan Simulasi

Kelebihan simulasi bila dibandingkan dengan penelitian secara langsung adalah :

- a. Waktu

Eksperimen langsung membutuhkan waktu yang lama, sedangkan simulasi dengan menggunakan komputer lebih cepat dan praktis, sehingga lebih mempercepat analisa kinerja sistem.

- b. **Kontrol**
 Pengendalian dalam simulasi lebih mudah dilakukan serta mudah dalam, melakukan perubahan pada variabel – variabel kontrol dalam sistem
- c. **Replikasi**
 Dengan menggunakan simulasi maka dapat dilakukan perulangan atau replikasi yang dapat mengurangi panjang antrian dengan menentukan jumlah fasilitas (loket) dan server yang optimal tanpa mengulang permodelan awal lagi
- d. **Alternatif dan Perbandingan**
 Penggunaan simulasi dapat memunculkan berbagai alternatif perbaikan yang akan lebih sulit diperoleh jika hanya menggunakan eksperimentasi langsung, dan dari alternatif yang dimunculkan dapat diperoleh perbandingan sistem terbaik
- e. **Biaya**
 Biaya yang digunakan untuk eksperimentasi langsung menjadi besar sedangkan dengan simulasi maka biaya dapat ditekan dan lebih murah
- f. **Keamanan**
 Dengan melakukan simulasi secara komputerisasi maka tidak diperlukan eksperimen langsung, yang memiliki kemungkinan terjadi kecelakaan

Sedangkan kekurangan dari pendekatan simulasi sistem adalah :

- a. Representasi sistem nyata tergantung validasi model
- b. Ketepatan permodelan sangat mempengaruhi penilaian performen sistem
- c. Pada sistem yang kompleks, membutuhkan banyak biaya untuk observasi
- d. Pada sistem yang kompleks, membutuhkan banyak waktu untuk permodelan
- e. Keterbatasan memodelkan variabel yang bersifat kualitatif
- f. Case sensitife pada parameter input dalam model stokastik

- g. Estimasi terbanyak hanya bisa didapatkan dari sampel berukuran besar
- h. Output simulasi hanyalah merupakan perkiraan statistik
- i. Output simulasi bukan nilai performan optimal
- j. Output simulasi perlu di dokumentasikan dahulu sebelum menjadi dss.

2.9.3. Penggunaan Simulasi

Simulasi digunakan bila dijumpai kondisi khusus sebagai berikut ini :

- a. Belum ada pendekatan formulasi matematika dari suatu sistem
- b. Terdapat penyelesaian matematika tersedia dan memungkinkan namun analisis lebih memilih pendekatan simulasi yang simpel namun memberikan output lebih banyak
- c. Terbatasnya teknik matematika standar untuk menganalisa suatu model, bila interaksi antara variabel sistem tidak lancar faktor acak merupakan karakteristik dari sistem
- d. Model analitis dari sistem belum dikembangkan
- e. Terdapat metode analitis namun melalui prosedur matematika yang sangat kompleks
- f. Simulasi mampu menyediakan metode penyelesaian yang lebih akurat
- g. Biaya perancangan, pengujian dan pengoperasian simulasi lebih kecil dari pada analisa pada eksperimental dan formulasi matematika

2.9.4 Langkah – langkah Dalam Studi Simulasi

1. Formulasi masalah dan tujuan

Langkah – langkah dalam studi kusus simulasi adalah mengidentifikasi masalah serta tujuan yang akan dicapai dalam simulasi menentukan bentuk model yang akan digunakan. Performan yang akan dihasilkan serta alternatif yang dapat dimunculkan.

2. Pengumpulan data dan pendefinisian model
Aktivitas pengumpulan data untuk simulasi dari tiap – tiap elemen penyusunannya sesuai dengan prosedur operasi pada sistem.
3. Permodelan sistem
Merancang model sesuai karakteristik sistem nyata untuk kemudian menjadi dasar dalam membentuk sistem
4. Validasi awal
Pengujian validasi dari model untuk memprediksi perilaku sistem secara komprehensif dengan asumsi yang dipakai membuat model telah benar, lengkap dan konsisten
5. Membuat program Komputer dan verifikasi
Membuat program simulasi dari model dan sistem nyata serta melakukan verifikasi kesesuaian dengan kondisi nyata dengan trace pada running program dan detail perpindahan entiti
6. Run percobaan
Running program simulasi untuk mengetahui kemungkinan terjadi penyimpangan dalam simulasi yang sudah dirancang baik pergerakan entiti ataupun ketidaksesuaian logika sistem
7. Validasi akhir
Merupakan pengecekan terhadap nilai output yang dihasilkan oleh simulasi dibandingkan dengan nilai pada sistem nyata.
8. Eksperimentasi
Tahap menjalankan simulasi sistem dengan berbagai bentuk parameter, untuk menghasilkan output yang memiliki variasi kecil dan bebas bias
9. Menganalisa data output
Data output simulasi merupakan input untuk estimasi ukuran kinerja dari tiap konfigurasi sistem yang diteliti, yang berupa data statistik dengan interpretasi dan implementasi

10. Dokumentasi, presentasi dan implementasi

Berdasarkan analisa output dan model simulasi yang telah dibentuk maka berikutnya adalah dokumentasi, serta presentasi hasil pada pengambil keputusan dan kemudian dapat diimplementasikan

2.9.5. Pengumpulan Data Simulasi

Untuk dapat melakukan analisa terhadap sistem dengan menjalankan simulasi model maka terlebih dahulu dipersiapkan data – data yang diperlukan sebagai input simulasi. Data tersebut dapat dibagi menjadi data primer, data sekunder, dan data tambahan. Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengumpulan langsung dari lapangan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari rekaman kejadian dimasa lalu. Data tambahan merupakan data yang dibangkitkan dengan pendekatan statistik dikarenakan tidak semua data bisa diperoleh dilapangan, namun merupakan estimasi.

Data primer merupakan data yang paling utama dalam simulasi serta banyak menentukan output program simulasi. Pertimbangan utamanya adalah akuransi dan aktualitas data akan lebih safe jika data dikumpulkan sendiri dari pada mendapatkan dari sumber – sumber yang tidak jelas. Selain itu dengan mengukur langsung maka aktivitas data dapat dijamin serta pemahaman terhadap sistem termasuk karakteristik entiti akan meningkat.

2.9.6. Klasifikasi Simulasi

Menurut Sandi Setiawan (1991) simulasi dibedakan menjadi 2 klasifikasi utama yaitu simulasi sistem diskret dan simulasi sistem kontinyu

a. Simulasi sistem diskret

Simulasi sistem diskret memiliki sejumlah nilai untuk mempresentasikan state dari sistem. Nilai untuk mempresentasikan aspek sistem disebut state description. Nilai state discription selalu berubah selama simulasi. Sejumlah

keadaan akan menyebabkan perubahan nilai pada state description dari sistem dinamakan discrete event

b. Simulasi sistem kontinyu

Simulasi sistem kontinyu merupakan sistem dimana aktivitas predomanan menyebabkan perubahan yang halus pada atribut dari entiti – entiti sistem mode matematika dikendalikan dengan fungsi – fungsi kontinyu.

2.9.7. Pengumpulan Data Simulasi

Untuk dapat melakukan analisa terhadap sistem dengan menjalankan simulasi model maka terlebih dahulu dipersiapkan data-data yang diperlukan sebagai input simulasi. Data tersebut dapat dibagi menjadi data primer, data sekunder dan data tambahan. Data primer merupakan data yang diperoleh dari pengumpulan langsung dari lapangan. Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari rekaman kejadian dimasa lalu atau historis. Data tambahan merupakan data yang dibangkitkan dengan pendekatan statistik dikarenakan tidak semua data bisa diperoleh dilapangan, namun merupakan estimasi.

2.10. Verifikasi

Menurut Averill and Kelton (1991) verifikasi merupakan pengecekan terhadap penghasil variabel acak pada sub routine program simulasi apakah rata-rata dari variabel acak yang dihasilkan sesuai dengan rata-rata dari data yang ada, dilakukan dengan menggunakan running sob routine pada kondisi steady state kemudian dilakukan perbandingan dengan data sebenarnya yang diambil dari sistem. Dengan berdasar dari pada flow chart yang telah ada maka dapat dibuat suatu program simulasi dalam bentuk program computer. Dan setelah program itu selesai maka dilakukan proses verifikasi / validasi untuk memastikan bahwa program tersebut dapat mewakili kondisi yang ada pada sistem nyata. Dengan kata lain perlu dicek apakah distribusi probabilitas dari variable random yang dihasilkan dari program tersebut sudah sesuai dengan distribusi data atau keadaan sebenarnya.

2.11. Referensi Penelitian Sebelumnya

Heri M. Kholik, Mohammad Lukman, **Analisa Minimasi Biaya Dalam Optimasi Penambahan Server Pada Antrian Pada Loker Keluar Jalan Tol (Study Kasus Jalur Tol Gempol)**, Skripsi, Program Studi Teknik Industri UMM, 2004.

Layanan utama jalan tol adalah kemudahan dan usaha minimasi antrian dalam pelayanan loket atau Gate masuk atau keluar pintu tol. Pada saat tertentu jumlah antrian server atau pintu layanan tiket masuk atau keluar sistem jalan tol sangat panjang bisa mencapai lebih dari satu kilometer atau waktu tunggu antrian mendekati satu jam (padahal dalam kondisi normal lama perjalanan dari tol Waru sampai Gempol maksimum ditempuh dalam waktu 30 menit. Antrian pada server keluar gempol secara keilmuan adalah didasarkan pada teori antrian dikembangkan tahun 1909 oleh ahli matematika dan insinyur berkebangsaan Denmark yang bernama A. K. Erlang. Banyak penyebab terjadinya antrian pada server atau pintu layanan tiket masuk atau keluar sistem jalan tol antara lain : jumlah kendaraan yang melebihi jumlah loket, kecepatan operator loket jalan dalam melayani konsumen jalan tol akan menambah lama waktu pelayanan (pengguna tidak membayar dengan uang pas), adanya kerusakan pada komputer atau fasilitas lainnya, adanya kendaraan yang mogok pada pintu jalan tol dan lain sebagainya.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah jika dilakukan penambahan empat server dibuka untuk pelayanan masih terjadi antrian dengan waktu tunggu sebesar 175,2 detik atau 2,92 menit atau dibulatkan menjadi 3 menit. Jika server ditambah menjadi 5 waktu tunggu selama 88 detik, Jika server ditambah menjadi 6 waktu tunggu selama 68 detik dan jika ditambah menjadi 7 waktu tunggu selama 63 detik. Total cost (TC) minimum adalah **32,407.68** per jam untuk fasilitas pelayanan optimal sebanyak 5 buah fasilitas pelayanan dengan tingkat kegunaan fasilitas pelayanan $p=0.66$, artinya bahwa fasilitas penambahan server ini akan memberikan sumbangan pengurangan antrian sebesar 66 %.