

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 PT Jogja Tugu Trans**

##### **3.1.1 Sejarah Singkat PT Jogja Tugu Trans**

PT Jogja Tugu Trans adalah perusahaan konsorsium dari 5 (lima) koperasi angkutan perkotaan DIY, yaitu KOPATA, ASPADA, PUSKOPKAR (div.angkutan perkotaan DIY), Kop. PEMUDA, DAMRI (div.bus kota Yogyakarta). Berdiri dengan Akta No. 12/2 Juni 2007 merupakan operator bus Trans Jogja, menurut Kesepakatan Bersama Nomor : 18/KES.BER/GUB/2007 yang telah ditandatangani pada tanggal 21 Agustus 2007 antara Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta (Gubernur DIY, Sri Sultan Hamengku Buwono X) dengan PT Jogja Tugu Trans (Direktur Utama, Poerwanto Johan Riyadi).

Pada tanggal 29 Desember 2007, DPRD merancang Rancangan MoU dengan nomor surat Nomor : 53/K/DPRD/2007, setelah mendapat draft system tentang Pengelolaan Sistem Pelayanan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum Wilayah Perkotaan dengan “*Buy The Service System*”. Memorandum of Understanding (MoU) Nomor : 4/PERJ/GUB/II/2008 | Nomor : 31/JTT/II-2008, sebagai sebuah perjanjian kerja sama tentang Pengelolaan Sistem Pelayanan Angkutan Orang di Jalan dengan Kendaraan Umum Wilayah Perkotaan dengan *Buy The Service System* antara Pemerintah DIY dengan PT Jogja Tugu Trans akhirnya ditandatangani dan disahkan pada hari Rabu tanggal 6 Februari 2008 di Yogyakarta oleh Gubernur DIY. Setelah itu maka beroperasilah bus Trans Jogja.

Dinas perhubungan berperan sebagai regulator (pembuat aturan) teknis dan rute perjalanan bus Trans Jogja yang dimuat dalam MoU, dan pelaksanaan pengadaan shelter bus Trans Jogja. Semenjak MoU disahkan, maka mulailah proses pengelolaan Trans Jogja. Dinas perhubungan bertanggung jawab atas pengadaan, pelayanan, perbaikan langsung dari shelter Trans Jogja serta pernah membawahi langsung perekrutan pekerja dan hubungan produksi di shelter.

Sebagai komponen dari sistem transportasi terpadu bagi Kota Yogyakarta dan daerah-daerah pendukungnya, sistem ini menghubungkan enam titik penting moda perhubungan di sekitar kota:

- Stasiun KA Jogjakarta,
- Terminal Bus Giwangan sebagai pusat perhubungan jalur bis antarpropinsi dan juga regional,
- Terminal Angkutan Desa Terminal Condong Catur,
- Terminal Regional Jombor di sebelah utara kota,
- Bandar Udara Adisucipto, dan
- Terminal Prambanan.

Kecuali Giwangan dan Stasiun Yogyakarta, titik-titik terletak di wilayah Kabupaten Sleman. Terdapat pula halte yang berada di dekat obyek wisata serta tempat publik penting, seperti sekolah, universitas, rumah sakit, bank, Samsat, serta perpustakaan). Perencanaan Trans Jogja cukup mendesak karena sistem transportasi Yogyakarta dan sekitarnya sebelumnya dinilai tidak efisien. Pada tahap perencanaan banyak tantangan muncul dari pengelola bus yang telah ada serta para pengemudi becak. Penerapan sistem ini semula direncanakan pada tahun 2007, namun bencana gempa bumi Yogyakarta pada bulan Juni 2006 menyebabkan pergeseran waktu pelaksanaan. Pada saat awal peluncuran, terdapat enam trayek bis yang dilayani secara melingkar dari dan kembali ke terminal awal mulai dari jam 06.00 hingga 22.00 WIB. Saat ini terdapat 74 armada bus berukuran sedang dengan 34 tempat duduk dan 67 halte khusus (Wikipedia).

### **3.1.2 Data Kendaraan Trans Jogja**

Kendaraan Trans Jogja yang dioperasikan seluruhnya berjumlah 74 kendaraan yang 6 diantaranya digunakan sebagai pengganti apabila ada kendaraan yang sedang mengalami perbaikan kerusakan, sehingga apabila ada yang sedang mengalami kerusakan jam operasional Trans Jogja tidak terganggu. Dari seluruh kendaraan yang dioperasikan terdiri dari tiga merk, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Jenis dan Jumlah Kendaraan

<b>Merk</b>	<b>No. Lambung</b>	<b>Tahun Pembuatan</b>	<b>Jumlah</b>
<b>Hyundai</b>	1-34	2008	34
<b>Mitsubishi</b>	35-54	2008	20
<b>Hino</b>	55-74	2012	20
<b>Total</b>			74

### 3.1.3 Kegiatan Pemeliharaan Kendaraan

Untuk mewujudkan kenyamanan serta keselamatan bagi pengguna Trans Jogja, perusahaan melakukan pemeliharaan rutin. Kegiatan pemeliharaannya meliputi pemeliharaan rutin seperti pelumasan baik pada mesin, gardan, rem/kopling dan lain-lain serta perbaikan yang dilakukan pada setiap kendaraan setelah ada keluhan dari pengemudi Trans Jogja. Apabila ada kendaraan yang mengalami kerusakan maka akan digantikan dengan kendaraan cadangan yang telah disediakan. Kemudian berkaitan dengan biaya yang muncul dalam proses pengelolaan Trans Jogja ini, ada informasi mengenai pendapatan perusahaan. Dari hasil wawancara penulis dengan Kepala Seksi Operasional dan Pengendalian Trans Jogja, diperoleh informasi bahwa pendapatan PT. Jogja Tugu Trans adalah berasal dari biaya operasional kendaraan yang dibayarkan pemerintah per kilometer pencapaian jarak tempuh Trans Jogja. Berdasarkan Keputusan Gubernur DIY Nomor 418/KEP/2015 Tentang Penetapan Besaran Biaya Operasional Kendaraan (BOK) Trans Jogja, BOK per kilometer Hyundai sebesar Rp 6.452,83, untuk Mitsubishi sebesar Rp 6.836,26, dan untuk Hino sebesar Rp 6.953,22.

PT. Jogja Tugu Trans memiliki target pencapaian kilometer jarak tempuh Trans Jogja. Jadi apabila ada kerusakan yang terjadi pada kendaraan Trans Jogja tentunya akan mengurangi target pencapaian angka kilometer dan ini mengakibatkan berkurangnya biaya operasional kendaraan yang diperoleh perusahaan sebagai pendapatannya.

## 3.2 Pemeliharaan

### 3.2.1 Pengertian Pemeliharaan

Pemeliharaan atau *maintenance* adalah kegiatan memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan produksi dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau pergantian yang diperlukan agar terdapat suatu pengadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Assauri, 1993).

Sistem merupakan sekumpulan elemen yang saling berhubungan melalui berbagai bentuk interaksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan yang berguna. Pemeliharaan diarahkan untuk menjamin kelangsungan dan kelancaran fungsional suatu sistem produksi dengan kebutuhan dan fasilitas produksi berada pada kemampuan produksi optimal. Sehingga dari sistem ini diharapkan menghasilkan output yang dikehendaki (Gaspersz, 1992).

Sistem pemeliharaan dapat dipandang sebagai bayangan dari sistem produksi, dimana apabila sistem produksi beroperasi dengan kapasitas yang sangat tinggi maka pemeliharaan akan menjadi lebih intensif. Dalam suatu proses produksi sistem pemeliharaan memegang peranan penting dalam menjaga kelangsungan kegiatan produksi agar tetap efektif dan efisien. Sehingga perlu dipertimbangkan secara cermat mengenai pemilihan bentuk pemeliharaan yang akan diterapkan dikaitkan dengan penggunaan kebutuhan produksi, waktu, biaya, keterandalan tenaga pemeliharaan dan kondisi peralatan yang dikerjakan. Terdapat dua prinsip utama dalam sistem pemeliharaan, yaitu :

1. Menekan (memperpendek) periode kerusakan (*breakdown period*) sampai batas minimum dengan mempertimbangkan aspek ekonomis.
2. Menghindari kerusakan (*break down*) tidak terencana, kerusakan secara tiba-tiba (Gaspersz, 1992).

Setiap komponen atau mesin akan mengalami keausan, korosi dan kelelahan sejalan dengan waktu. Dimana ketiga kerusakan tersebut akan menyebabkan kerusakan pada mesin atau peralatan. Setiap bentuk kerusakan harus dicegah melalui tindakan pemeliharaan yang teratur. Kerusakan pada mesin atau peralatan ini pada dasarnya tidak dapat dihindari. Sehingga tindakan pemeliharaan dilakukan untuk menghindari kerusakan yang terjadi (Mustofa, 1997).

Penggunaan strategi pemeliharaan yang baik adalah suatu cara untuk mencapai performance produktivitas yang optimal. Karena dengan pemilihan strategi pemeliharaan yang tepat dapat memberikan hasil yang optimum terhadap kesiapan mesin (*availability*) dalam menunjang proses produksi dengan biaya total produksi yang ekonomis. Beberapa kendala yang dihadapi dalam penentuan strategi pemeliharaan, yaitu :

1. Adanya kebutuhan tenaga kerja terampil dan ahli teknik yang berpengalaman.
2. Instrumentasi yang cukup mendukung.
3. Kerja sama yang baik diantara bagian pemeliharaan.
4. Faktor umur peralatan dan mesin.

### **3.2.2 Tujuan Pemeliharaan**

Menurut Sofjan Assauri (1993) tujuan utama pemeliharaan:

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan di luar batas serta menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya pemeliharaan serendah mungkin.
5. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.
6. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan yang sebaik mungkin dan total biaya yang rendah.

### **3.2.3 Bentuk Pemeliharaan**

Menurut Sofjan Assauri (1993), kegiatan pemeliharaan yang dilakukan dalam suatu perusahaan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

### 1. Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance*)

Merupakan kegiatan pemeliharaan dan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada saat proses produksi. Pada umumnya tindakan pemeliharaan preventif dilakukan secara terjadwal, meliputi penggantian komponen, penggantian cairan pelumas ataupun penyetelan antara subsistem. Pemeliharaan dilakukan pada tingkat pemeliharaan ringan, sedang dan berat. Pemeliharaan preventif penting dilaksanakan pada industri dengan proses produksi yang berlangsung secara kontinyu atau dengan waktu yang cukup lama. Dengan tindakan preventif yang terencana dengan baik maka kegiatan produksi dapat berjalan dengan efektif dan efisien.

Usaha mendasar yang dilakukan adalah memberikan perhatian khusus terhadap peralatan *critical unit*. Sebuah peralatan produksi dikategorikan ke dalam golongan unit kritis, apabila :

- Kerusakan unit fasilitas atau peralatan tersebut dapat membahayakan kesehatan atau mengancam keselamatan pekerjanya.
- Kerusakan unit fasilitas atau peralatan ini dapat mempengaruhi kualitas dari produk.
- Kerusakan unit fasilitas tersebut dapat menimbulkan kemacetan dalam produksi.
- Investasi modal yang ditanamkan dalam unit fasilitas tersebut cukup besar.

Pada unit-unit yang tidak tergolong dalam unit kritis, pada umumnya dapat diberikan pemeliharaan rutin guna meningkatkan kondisi operasinya. Namun, sebaiknya pemeliharaan preventif dilaksanakan pada semua peralatan atau mesin. Secara umum, dianggap lebih ekonomis tindakan mencegah daripada memperbaiki kerusakan pada suatu komponen mesin.

### 2. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif merupakan kegiatan pemeliharaan dan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan atau kelainan pada fasilitas atau peralatan sehingga tidak dapat berfungsi dengan baik. Kegiatan

ini sering disebut kegiatan perbaikan atau reparasi. Perbaikan yang dilakukan karena adanya kerusakan yang dapat terjadi akibat tidak dilakukannya pemeliharaan pencegahan ataupun telah dilakukan pemeliharaan pencegahan tetapi sampai pada waktu tertentu fasilitas atau peralatan produksi yang ada mengalami kerusakan.

Oleh karena itu, kebijaksanaan untuk melakukan pemeliharaan korektif saja tanpa pemeliharaan pencegahan, akan menimbulkan akibat-akibat yang dapat menghambat ataupun memacetkan kegiatan produksi apabila terjadi suatu kerusakan yang tiba-tiba pada fasilitas produksi yang digunakan. Tindakan yang diambil tergantung dari jenis kerusakan mesin, yaitu penggantian, perbaikan kecil (*repair*) dan perbaikan besar (*overhaul*).

Berdasarkan tingkat pemeliharannya, penentuan tingkat pemeliharaan pada dasarnya berpedoman pada bobot pekerjaan yang meliputi kerumitan, macam dukungan serta waktu yang diperlukan untuk pelaksanaannya. Tiga tingkatan dalam sistem pemeliharaan, yaitu :

1. Pemeliharaan tingkat ringan

Bersifat preventif, bertujuan untuk mempertahankan sistem dalam keadaan siap operasi dengan cara sistematis dan periodik memberikan inspeksi, deteksi dan pencegahan awal. Peralatan yang digunakan adalah peralatan pendukung secukupnya serta personil dengan kemampuan yang tidak memerlukan tingkat spesialisasi tinggi. Kegiatannya menyiapkan sistem *servicing* dan perbaikan ringan.

2. Pemeliharaan tingkat sedang

Bersifat korektif, bertujuan untuk mengembalikan dan memulihkan sistem keadaan siap dengan memberikan perbaikan atas kerusakan yang menyebabkan menurunnya tingkat keandalan. Kegiatannya terbatas pada *parts, subassemblies*, modifikasi, perbaikan dan pengetesan motor, kalibrasi dan pencegahan korosi. Kegiatan meliputi pemeriksaan periodik bagi sistem, inspeksi komponen sistem, modifikasi materiil, perbaikan dan pengetesan sistem, tes dan kalibrasi/pengukuran, pencegahan dan pengendalian korosi.

### 3. Pemeliharaan tingkat berat

Bersifat restoratif, dilaksanakan pada sistem yang memerlukan “*major overhaul*” atau suatu pembangunan lengkap meliputi assembling, membuat suku cadang, modifikasi dan testing. Kegiatan pemeliharaan meliputi pulih balik, perbaikan yang rumit yang memerlukan pembongkaran total, perbaikan, pemasangan kembali, pengujian serta pencegahan korosi dan pengecatan. Pemeliharaan tingkat berat bertujuan untuk menjamin keutuhan fungsi struktur sistem dengan menyelenggarakan pemeriksaan mendalam terhadap item dan bagian rangka sistem tertentu pada interval yang ditetapkan.

### 3.3 Kerusakan

Kerusakan adalah suatu kondisi sistem yang menyimpang dari persyaratan standar yang telah ditentukan bagi sistem tersebut untuk melakukan fungsinya dengan sempurna. Menurut Mustofa (1997) ada dua jenis kerusakan, yaitu:

#### 1. Kerusakan Fungsional

Merupakan suatu kondisi dimana mesin/peralatan tidak mampu melaksanakan fungsinya sesuai standar performansi yang ditentukan.

#### 2. Kerusakan Potensial

Merupakan suatu kondisi ditemukannya indikasi dini adanya penyimpangan yang akan menimbulkan kerusakan fungsional..

### 3.4 Klasifikasi Kondisi Kerusakan

Untuk menentukan tingkat kerusakan mesin maka sistem mesin dikelompokkan sesuai dengan kondisi kerusakannya. Sehingga dapat dihitung nilai probabilitas transisi dari suatu proses Markov. Dasar penentuan kondisi kerusakan dilihat dari tingkat kerusakan yang terjadi pada kondisi riilnya pada saat dilakukan pemeliharaan terhadap mesin pada suatu periode tertentu dan sesuai dengan kebijakan dari perusahaan yang bersangkutan. Untuk menentukan periode yang akan digunakan didasarkan pada waktu kerusakan yang sering terjadi atau dengan melihat periode terpendek terjadinya kerusakan setelah dilakukan pemeriksaan. Dalam Chrissetyo (2006), kondisi mesin dapat digolongkan menjadi 4 yaitu:

1. Kondisi baik, kondisi dimana mesin dapat beroperasi sesuai dengan ketentuan-ketentuan. Kondisi ini disebut status 0.
2. Kondisi kerusakan ringan, kondisi dimana mesin dapat beroperasi dengan baik, tetapi terkadang terjadi kerusakan kecil. Dimana waktu perbaikan yang diperlukan relatif singkat dan biaya relatif murah. Kerusakan ringan biasanya diikuti dengan pembongkaran 2-3 unit yang kotor, dilakukan pembersihan ataupun dilakukan penggantian. Kondisi ini disebut status 1.
3. Kondisi kerusakan sedang, kondisi dimana mesin dapat beroperasi tetapi keadaannya mengkhawatirkan. Waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan memakan waktu yang relatif lama. Kondisi ini disebut status 2.
4. Kondisi kerusakan berat, mesin tidak dapat digunakan untuk beroperasi sehingga proses produksi terhenti. Perbaikan pada kondisi ini diperkirakan lebih dari satu hari dan membutuhkan biaya relatif mahal, dan juga diikuti dengan penggantian komponen (*overhaul*). Kondisi ini disebut status 3.

### 3.5 *Markov Chain*

Sebelum membahas metode untuk menentukan kemungkinan transisi akan diuraikan lebih dulu tentang pengertian dasar proses stokastik, karena metode *Markov Chain* merupakan kejadian khusus dari proses stokastik. Apa yang dimaksud dengan proses adalah runtutan perubahan (peristiwa) dalam perkembangan sesuatu, rangkaian tindakan, atau pengolahan yang menghasilkan produk sedangkan stokastik memiliki makna mempunyai unsur peluang atau kebolehjadian.

Proses stokastik  $(X_t ; t \in T)$  adalah suatu himpunan variabel acak / random  $(X_t)$  yang tertentu dalam suatu ruang sampel yang sudah diketahui, dimana  $t$  merupakan parameter waktu (indeks) dari sekumpulan data / suatu himpunan  $(T)$  yang telah diketahui. Seringkali  $T$  merupakan suatu kelompok bilangan non negatif dan  $(X_t)$  menyatakan karakteristik yang dapat diukur dari sesuatu pada waktu  $t$ . Karena  $(X_t)$  adalah variabel random maka tidak dapat diketahui dengan pasti pada status manakah satu proses akan berada pada waktu  $t$ , bila  $t$  menunjukkan saat terjadinya status di waktu yang akan datang. Dimana  $t = 0, 1, 2, \dots$  (Siagian, 1987).

Suatu proses stokastik dikatakan sebagai proses *Markov Chain* bila perkembangannya dapat disebut sebagai deretan peralihan-peralihan diantara nilai-nilai tertentu yang disebut sebagai status peluang yang mempunyai sifat bahwa bila diketahui proses berada pada status tertentu, maka kemungkinan berkembangnya proses di masa yang akan datang hanya tergantung pada status saat ini dan tidak tergantung dari cara bagaimana proses itu mencapai status tersebut.

Suatu proses stokastik dikatakan memiliki sifat Markovian jika memenuhi syarat sebagai berikut :

$$P(X_t = j | X_t = i) = P(X_t = j | X_t = i, X_{t-1} = i_{t-1}, \dots, X_1 = i_1, X_0 = o_0) = P_{ij},$$

dimana  $t = 0, 1, 2, \dots$  (William W. Hines, 1990).

Dengan kata lain dapat dikatakan bahwa proses Markov apabila diketahui proses saat ini, maka masa depan proses tidak tergantung pada proses masa lalunya, tetapi hanya tergantung pada status proses saat ini

Secara umum suatu proses *Markov Chain* adalah proses stokastik dimana setiap variabel random  $X_t$  hanya tergantung pada variabel yang mendahuluinya yaitu  $X_{t-1}$ , dan hanya mempengaruhi variabel random berikutnya yaitu  $X_{t+1}$ . Sehingga istilah Chain disini adalah menyatakan adanya kaitan (mata rantai) antara variabel-variabel random yang saling berdekatan.

Dalam Ross (2007) dituliskan bahwa peluang bersyarat  $P(X_{t+1} = j | X_t = i)$  disebut sebagai peluang transisi.  $P_{ij}$  adalah peluang bahwa proses akan berada di keadaan  $j$  dari keadaan  $i$  ;

$$P_{ij} \geq 0, i, j \geq 0; \sum_{j=0}^{\infty} P_{ij} = 1, i = 0, 1, \dots$$

Perhatikan

$$P(X_{t+1} = j | X_t = i, X_{t-1} = i_{t-1}, X_0 = i_0) = P(X_{t+1} = j | X_t = i) = P_{ij}$$

Disebut peluang transisi satu langkah. Misalkan P menyatakan matriks peluang transisi satu langkah  $P_{ij}$  maka:

$$P = \begin{pmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} & \cdots \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ P_{i0} & P_{i1} & P_{i2} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{pmatrix}$$

Matriks peluang transisi satu langkah seperti tersebut di atas, sedangkan untuk matriks  $n$ - langkah adalah sebagai berikut:

$$P_{ij}^n = \mathbb{P}(X_{t+n} = j / X_t = i) \text{ dengan } n = 1, 2, 3, \dots$$

Jadi,  $P_{ij}^n$  adalah peluang bersyarat bahwa random  $X_t$ , yang dimulai dari status  $i$  akan berada pada status  $j$  setelah  $n$  langkah. Untuk  $n=0$ ,  $P_{ij}^n$  maka  $P(X_0 = j / X_0 = i)$  sehingga mengakibatkan bernilai 1 jika  $i = j$  dan 0 ketika  $i \neq j$ . Dimana  $P_{ij}^n$  harus memenuhi syarat sebagai berikut :

$$P_{ij}^n \geq 0, \text{ untuk semua } i \text{ dan } j, \text{ dan } n = 0, 1, 2, \dots$$

$$\sum P_{ij}^n = 1, \text{ untuk semua } i \text{ dan } n = 0, 1, 2, \dots$$

Matriks peluang transisi satu langkah maupun  $n$ -langkah merupakan matriks stokastik, yang memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Memiliki jumlah baris dan kolom sama, atau matriks bujursangkar.
- Jumlah unsur-unsur di setiap baris adalah satu.
- Tidak selalu memiliki jumlah unsur-unsur di setiap kolom sama dengan satu.
- Nilai setiap unsurnya diantara nol dan satu

### 3.5.1 Kelas Keadaan

Keadaan  $j$  dikatakan "dapat diakses" dari keadaan  $i$  ( $i \rightarrow j$ ) jika  $P_{ij}^n > 0$  untuk suatu  $n \geq 0$ . Keadaan  $j$  dapat diakses dari keadaan  $i$  jika dan hanya jika, dimulai pada keadaan  $i$ , proses akan pernah masuk ke keadaan  $j$ . Dua keadaan  $i$  dan  $j$  yang dapat diakses satu sama lain dikatakan dapat berkomunikasi ( $i \leftrightarrow j$ ).

Jenis keadaan:

- Keadaan  $i$  berkomunikasi dengan keadaan  $i$  untuk semua  $i \geq 0$
- Jika keadaan  $i$  berkomunikasi dengan keadaan  $j$ , maka keadaan  $j$  berkomunikasi dengan keadaan  $i$
- Jika keadaan  $i$  berkomunikasi dengan keadaan  $j$  dan keadaan  $j$  berkomunikasi dengan keadaan  $k$ , maka keadaan  $i$  berkomunikasi dengan keadaan  $k$ .

Dua keadaan yang saling berkomunikasi dikatakan berada dalam kelas yang sama. *Markov Chain* dikatakan tidak dapat direduksi jika hanya terdapat satu kelas keadaan, yaitu jika semua keadaan saling berkomunikasi satu sama lain.

Sebuah keadaan yang tidak bisa berpindah ke keadaan yang lain dikatakan sebagai keadaan *absorbing*.

Untuk setiap keadaan  $i$ , misalkan  $f_i$  peluang bahwa dimulai dari keadaan  $i$  proses akan pernah kembali ke keadaan  $i$ . Keadaan  $i$  dikatakan *recurrent* jika  $f_i = 1$  dan dikatakan *transient* jika  $f_i < 1$ . Jika waktu kembali yang pertama dari keadaan  $i$  hanya dapat berupa kelipatan dari integer  $d > 1$ , keadaan tersebut disebut periodik. Keadaan yang memiliki periode 1 disebut aperiodik.

Jika keadaan  $i$  *recurrent*, maka keadaan tersebut akan dikatakan *positive recurrent* jika, dimulai dari keadaan  $i$ , waktu harapan hingga proses kembali ke  $i$  adalah hingga. Pada *Markov Chain* yang memiliki keadaan hingga, semua keadaan *recurrent* adalah *positive recurrent*. Suatu keadaan yang *positive recurrent* dan aperiodik disebut ergodik.

### 3.5.2 Peluang Jangka Panjang

Dalam Ross (2007), limit peluang  $\pi_j$  adalah peluang jangka panjang (*long-run proportion of time*) bahwa suatu proses akan berada di keadaan  $j$ . Jika *Markov Chain* tidak dapat direduksi, maka terdapat solusi untuk  $\pi_j = \lim_{n \rightarrow \infty} P_{ij}^n$ , dimana  $j \geq 0$ , dengan  $\sum \pi_j = 1$ , jika dan hanya jika *Markov Chain* bersifat *positive recurrent*. Jika solusinya ada, maka solusi tersebut tunggal dan  $\pi_j$  adalah proporsi jangka panjang bahwa *Markov Chain* berada dalam keadaan  $j$ . Jika *Markov Chain* aperiodik, maka  $\pi_j$  adalah limit peluang bahwa rantai akan berada di keadaan  $j$ .

### 3.5.3 Markov Decision Processes

Dalam Hillier dan Lieberman (2001), *Markov Decision Processes* merupakan cara untuk mendeskripsikan atau memodelkan operasi dalam sebuah sistem untuk mengoptimalkan pengoperasian sistem tersebut menggunakan *Markov Chain*. Dalam prosesnya, setelah tersusun matriks peluang transisi dari suatu sistem, maka setiap peluang jangka panjang atau *steady state* yang terbentuk dapat digunakan untuk membuat keputusan dari beberapa tindakan alternatif yang ditentukan untuk setiap status yang ada. Kemudian dari alternatif tindakan yang ada, dipilih tindakan yang optimal didasarkan pada biaya ekspektasi rata-rata yang

timbul karena dilakukannya tindakan tersebut. Pemodelan suatu operasi dengan *markov decision processes* adalah sebagai berikut:

1. Status  $i$  pada *discrete time markov chain* tersedia pada tiap transisi ( $i = 0, 1, \dots, n$ ).
2. Setelah dilakukan pengamatan terhadap sistem, sebuah tindakan  $k$  dipilih dari  $K$  alternatif tindakan yang mungkin ( $k = 1, 2, \dots, K$ ). Alternatif tindakan yang dibuat disesuaikan dengan sistem.
3. Setiap tindakan  $d_i = k$  dibuat pada status  $i$ , setiap tindakan yang diambil menimbulkan biaya ( $C_{ik}$ ).
4. Tindakan  $d_i = k$  pada status  $i$  menentukan peluang transisi pada transisi berikutnya dari state  $i$ .
5. Spesifikasi tindakan untuk status yang ada ( $d_0, d_1, \dots, d_n$ ) merupakan kebijakan yang akan diputuskan dalam *markov decision processes*.
6. Tujuan utamanya adalah menemukan kebijakan optimal berdasarkan kriteria biaya yang ditimbulkan dari alternatif tindakan yang ada. Kriteria yang sering digunakan adalah minimasi biaya ekspektasi rata-rata (*expected average cost*)  $E(C)$ , dimana  $E(C) = \sum_j^n C_{jk}\pi_j$ ,

Keterangan :      $E(C)$                  = ekspektasi biaya  
                                   $\pi_j$                                  = peluang status *steady state*  
                                   $C_{jk}$                                  = biaya yang ditimbulkan

Dalam Hillier dan Lieberman (2001), ilustrasi dari *markov decision processes* yang sederhana adalah kondisi sebuah mesin utama pada perusahaan manufaktur yang digunakan dalam suatu proses produksi diketahui menurun dengan cepat baik kualitas maupun outputnya. Kemudian dilakukan inspeksi yang

Tabel 3.2 Status dan Kondisi Kerusakan

Status	Kondisi
0	Baik seperti baru
1	Beroperasi - Kerusakan ringan
2	Beroperasi - Kerusakan sedang
3	Tidak beroperasi – Kualitas produk sangat jelek

Setelah dilakukan pencatatan dan dilakukan analisa statistik, diperoleh matriks peluang perpindahan status kondisi mesin dari bulan ke bulan, yaitu sebagai berikut :

Tabel 3.3 Matriks Peluang Transisi

Status	0	1	2	3
0	0	7/8	1/16	1/16
1	0	3/4	1/8	1/8
2	0	0	1/2	1/2
3	0	0	0	1

Tabel 3.4 Keputusan Dan Tindakan Dalam Pemeliharaan

Keputusan	Tindakan	Status
1	Tidak dilakukan tindakan	0, 1, 2
2	Overhaul (sistem kembali ke status 1)	2
3	Penggantian (sistem kembali ke status 0)	1, 2, 3

Tabel 3.5 Kebijakan Pemeliharaan

Kebijakan	Keterangan	$d_0(P)$	$d_1(P)$	$d_2(P)$	$d_3(P)$
$R_a$	Penggantian pada status 3	1	1	1	3
$R_b$	Penggantian pada status 3, overhaul pada status 2	1	1	2	3
$R_c$	Penggantian pada status 2 dan 3	1	1	3	3
$R_d$	Penggantian pada status 1, 2, dan 3	1	2	2	3

Keterangan:  $d_0(P)$ ,  $d_1(P)$ ,  $d_2(P)$ ,  $d_3(P)$  merupakan keputusan tindakan.