

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab II ini akan dijelaskan tentang teori-teori dan referensi yang mendukung bahasan permasalahan dalam penelitian. Teori-teori ini yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar pemahan materi yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat dan digunakan dalam menganalisis data. Tinjauan pustaka diambil dari jurnal, penelitian terdahulu, buku, dan internet.

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu berkaitan dengan maintenance dan lean. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang akan dijadikan pedoman dalam penyusunan penelitian ini, yaitu:

1. Andarnis (2011), melakukan penelitian tentang Pengukuran Dan Peningkatan Sistem Pemeliharaan Pada PT. Maspion Dengan Menggunakan Konsep *Lean Maintenance* Dengan Tool RCA (*Root Cause Analysis*). Didapatkan hasil mampu mengurangi *Maintenance Lead time* sebesar 22950 detik, sehingga dapat meningkatkan efektifitas peralatan/ *Equipment Effectiveness* (E) sebesar 0,14%.
2. Junita (2014), melakukan penelitian tentang Pengukuran Kinerja Terhadap Sistem Pemeliharaan Menggunakan Metode *Overall Measure Of Maintenance Performance*, menggunakan perspektif *maintenance administration*, perspektif *maintenance effectiveness*, dan perspektif *maintenance cost*. Menggunakan tool KPI (*Key Performance Indicator*), *Analytical Hierarchy Process* (AHP), dan OMAX (*Objective Matrix*). Didapatkan hasil penilaian kinerja pemeliharaan memiliki nilai index total sebesar 4,441. Dari ketiga perspektif, perspektif *maintenance effectiveness* berada pada kategori merah, dan terdapat 3 rekomendasi perbaikan yaitu dengan cara memperbaiki penjadwalan dalam pengurutan pekerjaan, menggunakan model *Always Better Control* (ABC) *Inventory*, melakukan penambahan tugas kepada *machine owner* atau penambahan jumlah teknisi pada departemen *engineering*.
3. Gede (2012), melakukan penelitian tentang implementasi konsep lean pada aktivitas pemeliharaan PT. PJB UP Gresik dengan menggunakan tools *Maintenance Priority Index* (MPI), *Root Causes Anaysis* (RCA), *Value Stream Maintenance Mapping* (VSMM). Sehingga didapatkan dari penelitian merupakan *Waste* yang terjadi pada

perusahaan adalah *waiting*, *transportation* dan *defect*. Perbaikan yang disarankan adalah deskripsi *work order* yang tidak jelas, material yang datang terlambat, dan tidak dilakukan inspeksi kembali saat setelah diperbaiki. Penelitian tersebut menjadikan landasan perbedaan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu yang dibandingkan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1
Penelitian Terdahulu

Tahun	Nama Peneliti	Objek Penelitian	Tools yang Digunakan	Hasil
2011	Rosie Andarnis	Bagian Engineering, Mesin Extruder PT. Maspion PVC	<i>Root Cause Analysis (RCA)</i> , <i>Diagram Pareto</i> , <i>Value Stream Maintenance Mapping (VSMM)</i>	Mengurangi <i>Maintenance Lead Time</i> sebesar 22.950 detik. Sehingga dapat meningkatkan efektifitas peralatan / <i>Equipment Effectiveness (E)</i> sebesar 0,14 %
2014	Erni Junita	Mesin KM05 PT. Essentra Surabaya	<i>Analytic Hierarchy Process (AHP)</i> , <i>Objective Matrix (OMAX)</i> . <i>Key Performance Indicator (KPI)</i>	Penilaian kinerja pemeliharaan memiliki nilai <i>index</i> total sebesar 4,441. Perspektif <i>maintenance effectiveness</i> berada pada kategori merah.
2012	Bima N. Gede	PT. PJB UP Gresik	<i>Maintenance Priority Index (MPI)</i> , <i>Root Causes Anaysis (RCA)</i> , <i>Value Stream Maintenance Mapping (VSMM)</i>	Waste yang terjadi pada perusahaan adalah <i>waiting</i> , <i>transportation</i> dan <i>defect</i> . Dan perbaikan yang disarankan adalah deskripsi <i>work order</i> yang tidak jelas, material yang datang terlambat, dan tidak dilakukan inspeksi kembali saat setelah diperbaiki.
2017	Penelitian Ini	PLTA Sutami	<i>Root Causes Anaysis (RCA)</i> , <i>Key Performance Indikator (KPI)</i> , <i>Analyticsl Hierarchy Process (AHP)</i> , <i>Ojective Matrix (OMAX)</i> , <i>Traffic Light System (TLS)</i>	

Berdasarkan Tabel 2.1, penelitian ini dilakukan pada PLTA Sutami dengan menggunakan konsep dasar *Lean Maintenance* sebagai konsep dasar dan *Overall Measure*

Of Maintenance Performance. Pada konsep OMMP ini terdapat beberapa indikator yang nantinya dilakukan validasi berdasarkan kesesuaian dengan kondisi nyata pada perusahaan. Setelah mengetahui apa saja indikator yang sudah sesuai dengan kondisi perusahaan maka dilakukan pembobotan terhadap indikator tersebut menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Dengan mengetahui bobot tiap indikator, maka setiap indikator tersebut dihitung berdasarkan rumus metode OMMP dan menggunakan *Objective Matrix* (OMAX) sehingga diketahui nilai indikatornya. Untuk mengetahui apakah indikator yang telah dihitung tersebut memerlukan perbaikan atau tidak, maka digunakan *Traffic Light System* (TLS) dengan menggolongkan indikator ke beberapa warna. Diharapkan dari penelitian ini mampu memberikan hasil dan informasi mengenai pengukuran kinerja pemeliharaan di PLTA Sutami.

2.2 Maintenance (Pemeliharaan)

Menurut assauri (2008) *Maintenance* dapat didefinisikan dengan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas atau peralatan dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan. Adapun jenis-jenis *maintenance* adalah:

1. *Preventive Maintenance*

Preventive Maintenance adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan dalam proses produksi (Assauri, 1980). *Preventive maintenance* ini sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif didalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi.

2. *Corrective maintenance*

Merupakan kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan setelah terjadinya suatu kerusakan pada fasilitas atau peralatan yang mengakibatkan fasilitas atau peralatan tidak dapat berfungsi seperti yang diharapkan atas dasar prioritas atau keadaan darurat. Tindakan yang bisa dilakukan meliputi penggantian komponen, perbaikan komponen, serta overhaul (Assauri, 1980).

3. *Predictive maintenance*

Merupakan pemeliharaan yang dilakukan demi mempertimbangkan kondisi komponen dengan mendeteksi indikasi terjadinya kegagalan. Proses mendeteksi indikasi

kegagalan dengan memonitor perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari sistem atau peralatan dari waktu ke waktu.

2.3 Lean

Lean merupakan suatu upaya terus menerus untuk menghilangkan pemborosan atau waste dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk barang maupun jasa agar memberikan nilai kepada pelanggan atau *customer value*. Tujuan *lean* ialah untuk meningkatkan *customer value* melalui peningkatan terus menerus rasio antara nilai tambah terhadap waste (*the value-to-waste ratio*) (Gasperz, 2007).

Secara Lebih luas Vincent Gasperz menyatakan bahwa *lean* merupakan suatu pendekatan sistematis dan sistematis untuk menghilangkan pemborosan atau waste hingga aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah melalui peningkatan terus menerus secara radikal dengan mengalirkan produk (*material, work in process, output*) dan informasi menggunakan *pull system* dari pelanggan internal dan eksternal untuk mengejar keunggulan dan kemampuan.

2.4 Lean Maintenance

Lean Maintenance merupakan reabilitas dan pengurangan kebutuhan untuk pemecahan masalah pemeliharaan dan perbaikan. *Lean Maintenance* berdasar dari melindungi peralatan dan penyebab *downtime* peralatan yang sebenarnya. Setiap *maintenance engineer* atau manager pemeliharaan dapat memulai *lean maintenance* dengan melindungi sistem otomasi, elektronik, hidrolik, dan peralatan dengan kontrol komputer dari penyebab kerusakan, kegagalan, dan *downtime* (Cooper, 1983).

Selain itu *lean* juga dapat diartikan sebagai sebuah proses atau perjalanan dalam mencapai *continuous improvement*. *Lean maintenance* adalah operasi perawatan proaktif dengan melakukan aktivitas perawatan yang terencana dan terjadwal dengan baik melalui total productive maintenance dengan menggunakan strategi perawatan yang dikembangkan dari aplikasi logika keputusan *Reliability Centered Maintenance* (RCM) (Sherif Mostafa dkk; 2015).

2.5 Waste

Waste (pemborosan) sering didefinisikan sebagai segala aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses mengubah *input* menjadi *output* sepanjang *value stream* proses produksi dalam suatu perusahaan (Gasperz, 2007).

Sehingga meminimasi *waste* atau pemborosan dalam proses produksi ataupun jasa merupakan hal yang sangat penting untuk menciptakan proses yang lebih efektif dan efisien.

2.6 Macam-Macam Waste (Pemborosan)

Waste dapat dikategorikan dalam *seven waste*, yaitu *transportation*, *inventory*, *unnecessary motion*, *waiting time*, *over production*, *over processing*, *defect* dan *underutilization employee* Penjelasan pada *waste* dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2
Kategori Waste

Kategori Waste	Keterangan
<i>Transportation</i>	Suatu aktivitas pergerakan pemindahan yang tidak menyebabkan perubahan bentuk benda dan tidak menambah nilai benda yang dipindahkan.
<i>Inventory</i>	<i>Inventory</i> membutuhkan biaya dan tempat penyimpanan, semakin besar <i>inventory</i> , maka semakin besar biaya yang dikeluarkan.
<i>Unnecessary motion</i>	Gerakan pekerja maupun perpindahan barang lebih dari yang dibutuhkan.
<i>Waiting time</i>	Aktivitas menunggu yang berkaitan dengan keterlambatan mesin, peralatan, bahan baku supplies, dan perawatan/ pemeliharaan.
<i>Over production</i>	Produksi barang yang diproduksi melebihi permintaan konsumen.
<i>Over processing</i>	Pengolahan yang tidak efisien karena kurangnya peralatan yang dibutuhkan dalam proses produksi
<i>Defect</i>	Produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi, sehingga perlu melakukan perbaikan

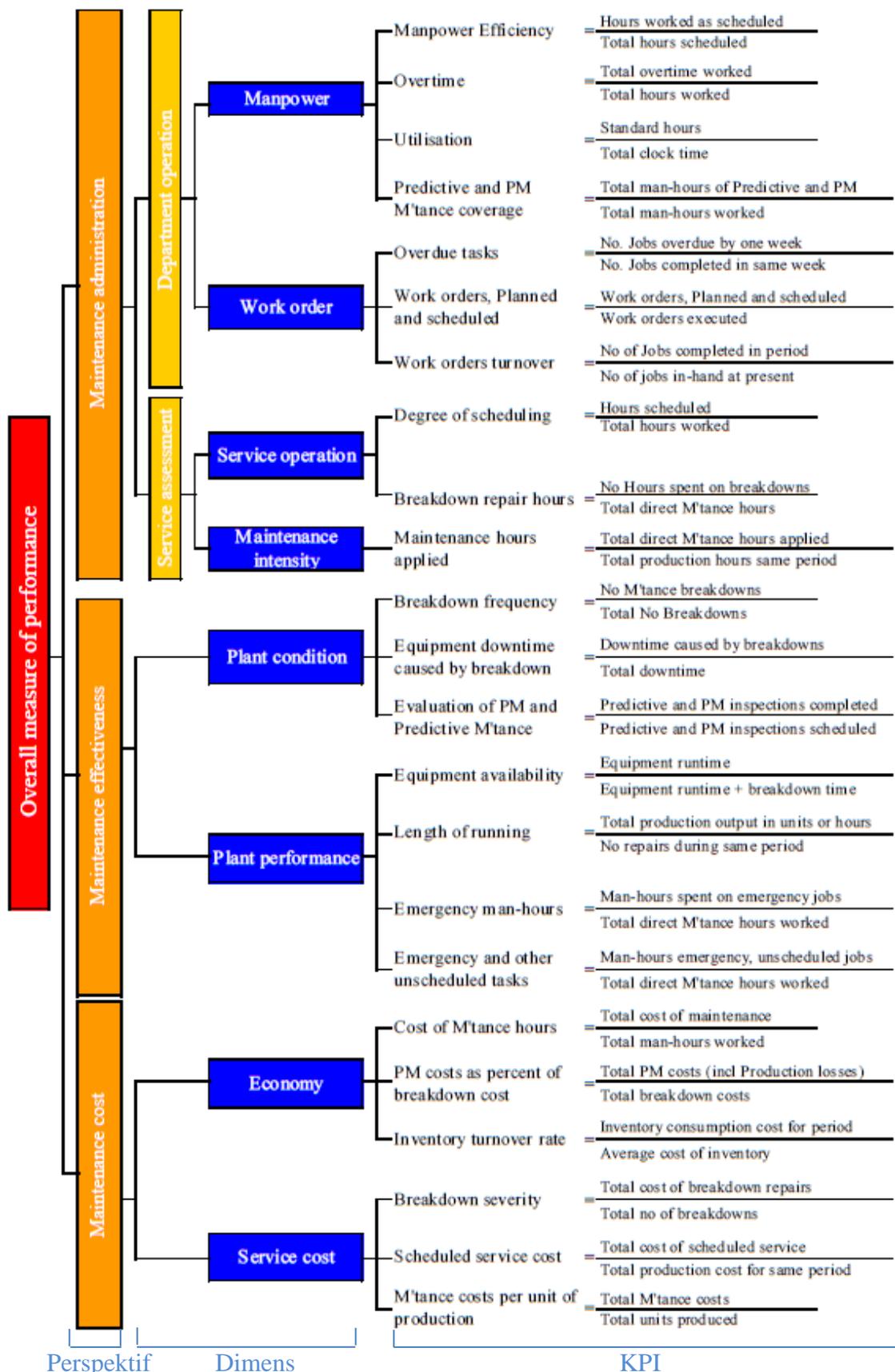
2.7 Pengukuran Kinerja

Penilaian performansi merupakan salah satu prinsip organisasi yang penting dalam menjaga keseimbangan seluruh sistem perusahaan agar berjalan dengan baik. Pengukuran kinerja merupakan suatu alat manajemen yang digunakan untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dan akuntabilitas. Pengukuran kinerja juga digunakan untuk menilai pencapaian dan sasaran perusahaan (Vanany, 2009). Pada persaingan antar manufaktur yang kompetitif saat ini, pentingnya peningkatan tugas pemeliharaan di dalam organisasi yang berusaha untuk memuaskan pelanggan mereka dengan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan, ketersediaan peralatan, keselamatan dan kualitas produk (Al Najjar dan Alsyouf, 2003). Oleh karena itu, perlu dilakukan kontrol performansi dari aktivitas pemeliharaan tersebut. Dengan menilai aktivitas pemeliharaan mampu

mengurangi *non value added* terhadap waktu dan efektivitas dalam memanfaatkan sumber daya. Dalam pengukuran kinerja terdapat penentuan indikator performansi. Indikator performansi yang tepat memiliki peran kunci yang penting dalam menunjukkan secara tepat akar penyebab permasalahan atau kegagalan sehingga meningkatkan kinerja mesin produksi. Indikator performansi yang digunakan untuk mengukur aktivitas pemeliharaan adalah model *Overall Measure of Maintenance Performance* (Davies dan Greenough, 2004).

2.8 Overall Measure of Maintenance Performance (OMMP)

Pemeliharaan merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/ mesin pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang diperlukan agar terdapat kesesuaian keadaan operasi produksi yang memuaskan (Sofyan Assauri, 2004). Oleh karena itu, pemeliharaan turut memberikan kontribusi pada pendapatan, keuntungan, dan pengeluaran perusahaan. Dalam pengukuran efisiensi dan efektivitas serta fungsi performansi pemeliharaan harus mencerminkan semua faktor relevan yang mempengaruhi pengukuran tersebut. Metode pengukuran yang dibutuhkan harus dikembangkan untuk tetap bisa berhubungan dengan organisasi atau perusahaan dalam pengambilan keputusan. *Overall Measure of Maintenance Performance* (OMMP) (Davies dan Greenough, 2004) merupakan hasil rangkuman terhadap dua metode pengukuran fungsi variabel pemeliharaan (Priel, 1962) dan kriteria fundamental dari pengukuran performansi pemeliharaan (Niebel, 1994). Dalam OMMP terdapat tiga perspektif yang memberikan informasi mengenai bagaimana cara mendapatkan data dan kemudahan pemahamannya. Tiga perspektif tersebut yaitu: perspektif administrasi, efektifitas, dan biaya. Konsep pengembangan metode pengukuran untuk pemeliharaan dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konsep overall measure of maintenance performance
 Sumber: Davies dan Greenough (2004)

Berdasarkan Gambar 2.1, konsep pengembangan metode untuk pengukuran pemeliharaan sudah dipisah menjadi beberapa bagian dalam bentuk hierarki untuk memudahkan dalam kegiatan analisisnya. Dari tiga perspektif yang telah dijelaskan sebelumnya, kemudian dibagi menjadi beberapa dimensi, yaitu: *manpower*, *work order*, *service operation*, *maintenance intensity*, *plan condition*, *plant performance*, *economy*, dan *service cost*. Sebagai contoh, untuk dimensi *service operation* yang menunjukkan tingkat pelayanan operasi pada kegiatan pemeliharaan memiliki indikator-indikator KPI yang perlu diperhatikan. Indikator tersebut adalah *degree of scheduling* dan *breakdown repair hour*. *Degree of scheduling* merupakan indikator yang menunjukkan tingkat dari aktivitas perawatan yang terjadwal berdasarkan pada *manhour* yang terencana dan *manhour* aktual. *Breakdown repair hours* merupakan indikator yang digunakan untuk mengukur waktu yang diperlukan untuk melakukan perbaikan kerusakan mesin berdasarkan *manhour* aktual untuk jenis perawatan korektif dibandingkan dengan *manhour* aktual untuk jenis perawatan keseluruhan (Hapsari, 2015).

2.9 Indikator Performansi Metode *Overall Measure Of Maintenance Performance*

Performansi pemeliharaan dapat diukur berdasarkan indikator performansi metode *Overall Measure of Maintenance Performance*. Indikator performansi metode *Overall Measure Of Maintenance Performance* ini dapat mengukur performansi biaya, administrasi dan efektivitas dari aktivitas pemeliharaan. Keunggulan lain dari penggunaan metode ini adalah mudah mendapatkan data untuk mengukur kinerja dari aktivitas pemeliharaan dan memahami hasil dari pengukuran yang dilakukan.

Terdapat tiga perspektif pada metode ini, yaitu: perspektif *Maintenance Administration*, *Maintenance Effectiveness*, dan *Maintenance Cost*. Setiap perspektif memiliki dimensi, dan dimensi tersebut memiliki *Key Performance Indicator* (KPI) yang digunakan sebagai indikator dalam penilaian kinerja maintenance. Berikut ini adalah definisi dari masing-masing perspektif dan *Key Performance Indicator* (KPI) (Thiruvengadam, 2009).

1. *Maintenance Administration*

a. *Manpower Efficiency*

Indikator ini mengukur tingkat efisiensi operator untuk aktivitas pemeliharaan. Tingkat efisiensi dapat diukur dengan membandingkan aktivitas pekerjaan sesuai waktu pemeliharaan berdasarkan jadwalnya dengan keseluruhan jumlah waktu yang dijadwalkan. Perhitungan *manpower efficiency* dapat dilihat pada rumus 2-1.

$$\text{Manpower Efficiency} = \frac{\text{manpower worked as scheduled}}{\text{total hours scheduled}} \quad (2-1)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

b. *Overtime*

Indikator ini merefleksikan kemampuan dari perencanaan atau penjadwalan aktivitas pemeliharaan. Apabila aktivitas pemeliharaan direncanakan atau dijadwalkan dengan baik, maka dipastikan tidak ada pekerjaan yang melewati dari batas yang ditentukan. Namun karena setiap perusahaan memberikan sanksi atau pinalti terhadap jumlah *overtime* yang terjadi, ada indikasi bahwa pekerjaan tersebut menggunakan sumber daya yang besar dari yang direncanakan. Perhitungan *overtime* dapat dilihat pada rumus 2-2.

$$\text{Overtime} = \frac{\text{total overtime worked}}{\text{total hours worked}} \quad (2-2)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

c. *Utilization*

Indikator ini mengetahui seberapa besar pemanfaatan dan penggunaan dari manpower untuk aktivitas pemeliharaan. Perhitungan *utilization* dapat dilihat pada rumus 2-3.

$$\text{Utilization} = \frac{\text{standard hours}}{\text{total clock time}} \quad (2-3)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

d. *Predictive and Preventive Coverage*

Indikator ini membandingkan jumlah waktu pekerjaan *preventive* dan *predictive* dengan total keseluruhan waktu pekerjaan pemeliharaan. Indikator perhitungan ini bertujuan untuk menilai seberapa efektif *manpower* terhadap aktivitas pemeliharaan terencana. Selain itu juga bisa menggambarkan seberapa efektif perencanaan dan penjadwalan aktivitas pemeliharaan di perusahaan. Perhitungan *predictive and preventive coverage* dapat dilihat pada rumus 2-4.

$$\text{Predictive and Preventive Coverage} = \frac{\text{total manhours of predictive \& PM}}{\text{total manhours worked}} \quad (2-4)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

e. *Overdue Tasks*

Indikator ini bertujuan untuk melihat tingkat pekerjaan yang menyimpang dari target jadwal yang ditentukan. Perhitungan *overdue tasks* dapat dilihat pada rumus 2-5.

$$\text{Overdue Tasks} = \frac{\text{no job overdue by one week}}{\text{no job completed in same week}} \quad (2-5)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

f. *Work Orders, planned and scheduled*

Indikator ini menggambarkan seberapa efektif perencanaan dan penjadwalan aktivitas pemeliharaan. Perencanaan dan penjadwalan yang berlangsung dengan efektif mampu meminimalkan penyimpangan jumlah aktivitas pemeliharaan diluar perencanaan dan terjadwal. Perhitungan *work orders, planned and scheduled* dapat dilihat pada rumus 2-6.

$$\text{Work Orders, planned and scheduled} = \frac{\text{work order,planned and scheduled}}{\text{work order executed}} \quad (2-6)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

g. *Work orders turnover*

Indikator ini bertujuan untuk mengetahui perputaran work orders yang didistribusikan. Rendahnya *work orders turnover* akan memperbesar *equipment downtime*. *Work orders turnover* ini menggambarkan seberapa baik penyelesaian dari setiap pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan oleh perusahaan. Perhitungan *work orders turnover* dapat dilihat pada rumus 2-7.

$$\text{Work orders turnover} = \frac{\text{no of job completed in period}}{\text{no of job in-hand at present}} \quad (2-7)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

h. *Degree of Scheduling*

Indikator ini mengukur seberapa tepat waktu dari pekerjaan yang dieksekusi terhadap rencana awalnya. Perhitungan *degree of scheduling* dapat dilihat pada rumus 2-8.

$$\text{Degree of Scheduling} = \frac{\text{hours scheduled}}{\text{total hours worked}} \quad (2-8)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

i. *Breakdown repair hours*

Indikator ini digunakan sebagai ukuran seberapa besar waktu yang digunakan dalam melakukan aktivitas *breakdown maintenance*. Nilai indeks *breakdown repair hours* didapat dari jumlah waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas *breakdown maintenance* dengan jumlah waktu pemeliharaan secara keseluruhan. Nilai *breakdown repair hours* harus diminimalkan agar tidak mengganggu kegiatan produksi dan meningkatkan ketersediaan mesin produksi. Indikator *breakdown repair hours* juga dapat digunakan sebagai gambaran keefektifan dari proses perencanaan atau penjadwalan pemeliharaan yang ada di perusahaan. Perhitungan *breakdown repair hours* dapat dilihat pada rumus 2-9.

$$\text{Breakdown repair hour} = \frac{\text{no hours spent on breakdown}}{\text{total direct maintenance hours}} \quad (2-9)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

j. *Maintenance hours applied*

Indikator ini bertujuan mengetahui seberapa besar dampak pemeliharaan yang dilakukan terhadap jumlah *output* produksi. Membandingkan antara jumlah waktu yang digunakan untuk pemeliharaan dengan jumlah total produksi pada periode yang sama sebagai dampak yang ditimbulkan. Perhitungan *maintenance hours applied* dapat dilihat pada rumus 2-10.

$$\text{Maintenance hours applied} = \frac{\text{total direct maintenance hours applied}}{\text{total production hours same period}} \quad (2-10)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

2. *Maintenance Effectiveness*

a. *Breakdown frequency*

Indikator ini mengukur seberapa besar frekuensi *breakdown* terjadi. *Breakdown frequency* menentukan seberapa besar kualitas dari proses pemeliharaan. Kualitas pemeliharaan dilihat dari dimulainya perencanaan, penjadwalan eksekusi sampai pencatatan atau *record* aktivitas data pemeliharaan. Perhitungan *breakdown frequency* dapat dilihat pada rumus 2-11.

$$\text{Breakdown maintenance} = \frac{\text{no maintenance breakdown}}{\text{total no breakdown}} \quad (2-11)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

b. *Equipment downtime caused by breakdown*

Indikator ini menggambarkan seberapa besar kejadian *downtime* mesin produksi dikarenakan kegagalan yang disebabkan oleh kerusakan sehingga tidak tersedia untuk digunakan. Karena pemeliharaan pada komponen tertentu dilakukan, operasi dari mesin produksi tidak maksimal atau tidak berjalan sama sekali. Nilai indeks indikator ini harus diminimalkan karena berhubungan dengan tingkat ketersediaan mesin produksi dan output yang dikeluarkan. Perhitungan *equipment downtime caused by breakdown* dapat dilihat pada rumus 2-12.

$$\text{Equipment downtime caused by breakdown} = \frac{\text{downtime caused by breakdown}}{\text{total downtime}} \quad (2-12)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

c. *Evaluation of preventive maintenance and predictive maintenance*

Indikator ini menjelaskan seberapa besar penyelesaian pekerjaan pemeliharaan yang terjadwal. Dalam hal ini adalah pekerjaan pemeliharaan *preventive* dan *predictive*. Tingkat penyelesaian ini akan berpengaruh terhadap munculnya pekerjaan yang tidak terjadwalkan. Perhitungan *evaluation of preventive maintenance and predictive maintenance* dapat dilihat pada rumus 2-13.

$$\text{Evaluation of PM \& PM} = \frac{\text{Predictive \& PM inspection completed}}{\text{Predictive \& PM inspection scheduled}} \quad (2-13)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

d. *Equipment availability*

Indikator ini mengukur setiap komponen pada mesin produksi dapat beroperasi normal. Bila komponen penyusun mesin produksi beroperasi normal, diharapkan menghasilkan produksi output sesuai kapasitasnya. Semakin sering mesin produksi beroperasi normal, maka komponen tersebut jarang mengalami kerusakan atau proses perbaikannya dilakukan dalam waktu yang relatif singkat. Perhitungan *equipment availability* dapat dilihat pada rumus 2-14.

$$\text{Equipment availability} = \frac{\text{equipment runtime}}{\text{equipment runtime} + \text{breakdown time}} \quad (2-14)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

e. *Length of running*

Indikator ini menggambarkan tingkat efektivitas pemeliharaan. Sehingga semakin besar efektivitas dari pemeliharaan yang dilakukan maka produktivitas dan ketersediaan mesin produksi akan meningkat. Hal ini ditunjukkan dengan banyaknya output yang dihasilkan dari mesin produksi. Perhitungan *length of running* dapat dilihat pada rumus 2-15.

$$\text{Length of running} = \frac{\text{total productive output in unit or hours}}{\text{no repairs during same period}} \quad (2-15)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

f. *Emergency man-hours*

Indikator ini mengukur perbandingan aktivitas pemeliharaan yang bersifat *emergency* dengan keseluruhan aktivitas pemeliharaan terutama jumlah *man-hours* dari masing-masing aktivitas pemeliharaan tersebut. Faktor indikator perhitungan ini menggambarkan seberapa baik perencanaan, manajemen dan eksekusi pemeliharaan. Hal ini berhubungan dengan target produksi atau kerusakan yang terjadi dimana hal ini dapat mempengaruhi secara langsung ketersediaan mesin produksi. Perhitungan *emergency man-hours* dapat dilihat pada rumus 2-16.

$$\text{Emergency man - hours} = \frac{\text{man-hours spent on emergency jobs}}{\text{total direct maintenance hours worked}} \quad (2-16)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

g. *Emergency and other unscheduled tasks*

Indikator ini hampir sama dengan faktor indikator perhitungan *Emergency man-hours*. Namun indikator ini lebih difokuskan untuk pekerjaan yang tidak terjadwal. Karena hal ini akan berdampak besar terhadap aktivitas produksi bila perencanaan pemeliharaan tidak dilakukan perbaikan. Karena pemeliharaan yang tidak terencana maka tidak dapat dilakukan persiapan secara cepat dan ini akan mempengaruhi

ketersediaan mesin produksi. Perhitungan *emergency and other unscheduled tasks* dapat dilihat pada rumus 2-17.

$$\text{Emergency \& other unscheduled tasks} = \frac{\text{man-hours emergency unscheduled jobs}}{\text{total direct maintenance hours worked}} \quad (2-17)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

3. Maintenance Cost

a. Cost of maintenance hours

Indikator ini menggambarkan seberapa efektif tenaga kerja dalam melakukan aktivitas pemeliharaan dengan besar jumlah biaya pemeliharaan yang dikeluarkan. Karena tenaga kerja termasuk dalam biaya pemeliharaan selain suku cadang pengganti dan alat perkakas. Faktor indikator perhitungan ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja tenaga kerja agar melakukan proses pemeliharaan lebih efisien namun tetap menjaga kualitas dari pemeliharaan yang dilakukan, sehingga biaya yang dikeluarkan tidak semakin membesar. Perhitungan *Cost of maintenance hours* dapat dilihat pada rumus 2-18.

$$\text{Cost of maintenance hours} = \frac{\text{total cost of maintenance}}{\text{total man-hours worked}} \quad (2-18)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

b. Preventive maintenance as percent of breakdown cost

Indikator ini menggambarkan berapa besar perbandingan antara biaya pemeliharaan *preventive* dengan biaya *breakdown*. Pemeliharaan *preventive* termasuk pemeliharaan terencana. Bila pemeliharaan terencana dilakukan secara tepat maka pemeliharaan yang tidak terencana akan berkurang. Sehingga ketersediaan mesin produksi meningkat. Faktor indikator perhitungan ini mengukur perbandingan biaya pemeliharaan, khususnya *preventive* yang termasuk di dalamnya ada biaya kehilangan produksi dibanding dengan keseluruhan biaya *breakdown*. Perhitungan *Preventive maintenance as percent of breakdown cost* dapat dilihat pada rumus 2-19.

$$\text{PM cost as percent of breakdown cost} = \frac{\text{total PM cost (inci production losses)}}{\text{total breakdown cost}} \quad (2-19)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

c. Inventory turnover rate

Indikator ini menggambarkan seberapa besar perputaran suku cadang di gudang, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keseringan penggunaan pada pemeliharaan agar menjaga mesin produksi tetap tersedia. Namun karena suku cadang juga berhubungan dengan nilai investasi, maka perlu suatu pertimbangan

lagi agar tidak membebankan keuangan organisasi. Perhitungan *inventory turnover rate* dapat dilihat pada rumus 2-20.

$$\text{Inventory turnover rate} = \frac{\text{inventory consumption cost for period}}{\text{average cost of inventory}} \quad (2-20)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

d. *Breakdown severity*

Indikator ini mengetahui seberapa besar biaya *breakdown* yang terjadi akibat rendahnya kualitas yang dihasilkan dari aktivitas pemeliharaan. *Breakdown severity* didapat dari membandingkan besar biaya komponen yang mengalami *breakdown* dengan jumlah kejadiannya. Perbandingan ini bisa menggambarkan jumlah biaya yang dikeluarkan per aktivitas. Penurunan indeks nilai indikator ini dapat dilakukan dengan cara mengevaluasi perencanaan dan eksekusi pemeliharaan sehingga beban biaya yang ditanggung tidak lebih besar. Perhitungan *breakdown severity* dapat dilihat pada rumus 2-21.

$$\text{Breakdown severity} = \frac{\text{total cost of breakdown repairs}}{\text{total no of breakdown}} \quad (2-21)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

e. *Scheduled service cost*

Indikator ini bertujuan untuk mengukur jumlah biaya *service* yang direncanakan per biaya unit produksi. Perhitungan *scheduled service cost* dapat dilihat pada rumus 2-22.

$$\text{Scheduled service cost} = \frac{\text{total cost of scheduled service}}{\text{total production cost for same period}} \quad (2-22)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

f. *Maintenance costs per unit of production*

Indikator ini membandingkan biaya pemeliharaan dengan jumlah produksi yang dihasilkan pada periode yang sama. Biaya pemeliharaan dapat mempengaruhi jumlah *output* produksi yang dihasilkan. Karena jumlah biaya pemeliharaan berbanding lurus dengan banyaknya aktivitas pemeliharaan terhadap mesin produksi. Dan semakin banyak aktivitas pemeliharaan berarti mesin produksi tidak beroperasi dengan normal. Sementara *output* yang dihasilkan tergantung dari beroperasinya mesin produksi. Biaya pemeliharaan terdiri dari komponen pengganti, tenaga kerja, alat-alat perkakas. Perhitungan *maintenance costs per unit of production* dapat dilihat pada rumus 2-23.

$$\text{Maintenance costs per unit of production} = \frac{\text{total maintenance cost}}{\text{total units produced}} \quad (2-23)$$

Sumber: Davies dan Greenough (2004)

Berikut merupakan nilai target performansi dari setiap KPI pada pengukuran kinerja sistem pemeliharaan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3
Nilai target Performansi

<i>Key Performance Indicator</i>	<i>Unit Measure</i>	<i>Trend</i>	<i>Benchmark</i>
<i>Maintenance Administration</i>			
<i>Manpower efficiency</i>	<i>Percentage</i>	↑	85%
<i>Overtime</i>	<i>Percentage</i>	↓	<5%
<i>Utilization</i>	<i>Percentage</i>	↑	>80%
<i>Predictive and preventive maintenance coverage</i>	<i>Percentage</i>	↓	60%
<i>Overdue tasks</i>	<i>Percentage</i>	↑	3-5%
<i>Work orders, planned and scheduled</i>	<i>Percentage</i>	↑	>85%
<i>Work order turnover</i>	<i>Percentage</i>	↑	>95%
<i>Degree of scheduling</i>	<i>Percentage</i>	↑	>80%
<i>Breakdown repair hours</i>	<i>Percentage</i>		-
<i>Maintenance hour applied</i>	<i>Index</i>	↑	<i>Industry Specific</i>
<i>Maintenance Effectiveness</i>			
<i>Breakdown Frequency</i>	<i>Percentage</i>	↓	<i>Industry Specific</i>
<i>Equipment downtime caused by breakdown</i>			-
<i>Evaluation of preventive maintenance and predictive maintenance</i>			-
<i>Equipment availability</i>	<i>Percentage</i>	↑	<97%
<i>Length of running</i>			-
<i>Emergency man-hours</i>	<i>Percentage</i>	↓	<20%
<i>Emergency and other unscheduling task</i>			-
<i>Maintenance Cost</i>			
<i>Cost of maintenance hours</i>			-
<i>PM cost of breakdown hours</i>	<i>Dollars</i>	↓	<i>Industry Specific</i>
<i>Inventory turnover rate</i>	<i>Turns/Percentage</i>	↑	<2-3 (200-300)%
<i>Breakdown severity</i>	<i>Dollars</i>	↓	<i>Industry Specific</i>
<i>Scheduled service cost</i>	<i>Dollars</i>	↓	<i>Industry Specific</i>
<i>Maintenance cost per unit of production</i>	<i>Dollars</i>	↓	<i>Industry Specific</i>

Sumber: Thiruvengadam (2009)

2.10 Key Performance Indicator (KPI)

Key Performance Indicator (KPI) menyajikan serangkaian ukuran yang berfokus pada aspek-aspek kinerja organisasi yang paling penting untuk keberhasilan organisasi saat ini dan waktu yang akan datang (Parmenter, 2010). KPI pada dasarnya adalah bagian dari

performance indicators atau indikator kinerja organisasi. Keunggulan KPI dibandingkan dengan indikator-indikator kinerja lainnya adalah, bahwa KPI merupakan indikator kunci yang benar-benar mampu mempresentasikan kinerja organisasi secara keseluruhan. Jumlah indikator kinerja yang dipilih sebagai KPI biasanya tidak banyak, namun demikian hasil pengukuran melalui indikator tersebut dapat digunakan untuk menilai tingkat keberhasilan organisasi dalam mencapai tujuan dan sasaran yang telah ditetapkan.

KPI dapat berbentuk ukuran kuantitatif maupun kualitatif. Namun demikian, dalam praktek penyusunan KPI oleh berbagai organisasi *public* dan *private*, sebagian besar KPI berupa ukuran kuantitatif. Hal ini dikarenakan, ukuran kuantitatif relatif lebih mudah digunakan dalam proses penggalan data maupun pada saat pengukuran dan evaluasi. Sedangkan untuk ukuran kualitatif, biasanya memerlukan kegiatan penelitian sebagai upaya untuk memperoleh data kinerja yang diperlukan. Proses penggalan data untuk ukuran kualitatif ini sering kali memerlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit.

Pemilihan terhadap bentuk KPI, apakah kuantitatif atau kualitatif, tergantung pada kebutuhan dan karakter organisasi. Tidak dapat dipaksakan bahwa semua KPI harus kuantitatif atau harus kualitatif. Adapun pertimbangan utama yang harus menjadi dasar dalam pemilihan KPI adalah bahwa indikator tersebut dapat diukur. Hal ini berarti bahwa untuk setiap KPI baik ukuran kuantitatif atau kualitatif sudah tersedia informasi tentang jenis data-data yang akan digali, sumber data dan cara mendapatkan data tersebut.

Selain kriteria dapat diukur tersebut, KPI juga harus memiliki sejumlah kriteria, kriteria tersebut meliputi:

1. *Clear*: KPI terdefiniskan secara jelas dan tidak memiliki makna ganda.
2. *Relevant*: mencukupi untuk pencapaian tujuan, atau menangani aspek-aspek objektif yang relevan.
3. *Economic*: data atau informasi yang diperlukan akan dapat dikumpulkan, diolah dan dianalisis dengan biaya yang tersedia.
4. *Adequate*: oleh dirinya sendiri atau melalui kombinasi, pengukuran harus menyediakan dasar yang mencukupi untuk menaksir kinerja
5. *Monitorable*: dalam rangka kejelasan dan ketersediaan informasi, indikator harus dapat diterima bagi penilai atau evaluator kinerja yang independen.

Kriteria-kriteria tersebut diatas adalah alat bantu yang efektif untuk memilih KPI. Indikator kinerja yang memenuhi kriteria tersebut, akan menjadi alat ukur yang memadai untuk mengukur perkembangan pencapaian tujuan organisasi. Adapun indikator kinerja

tidak memenuhi keseluruhan kriteria tersebut, lebih baik tidak dijadikan KPI bahkan tidak perlu digunakan sebagai indikator kinerja.

2.11 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan suatu model pendukung keputusan yang dikembangkan oleh Thomas L. Saaty. AHP menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hierarki. Hierarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hierarki suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi sebuah bentuk hierarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis (Vanany, 2009).

2.12 Prinsip-Prinsip Dasar Metode AHP

Prinsip-prinsip dasar metode AHP adalah berpikir analitis dalam pengambilan keputusan dengan berdasarkan pada tiga prinsip pokok sebagaimana dijelaskan di bawah ini (Vanany, 2009):

1. Penyusunan hierarki

Penyusunan hierarki dari masalah yang ada adalah langkah awal untuk mendefinisikan permasalahan yang kompleks ke dalam sub sistem, elemen, sub elemen dan seterusnya. Konsekuensi dari langkah ini adalah semakin banyak level yang digunakan akan semakin jelas dan detail masalah yang hendak dipecahkan. Hierarki keputusan disusun berdasarkan pandangan pihak-pihak yang memiliki keahlian dan pengetahuan di bidang yang bersangkutan. Keputusan yang akan diambil dijadikan sebagai tujuan yang dijabarkan menjadi elemen-elemen yang lebih rinci sehingga mencapai suatu tahapan yang paling operasional atau terukur. Hierarki permasalahan yang terstruktur akan mempermudah pengambilan keputusan untuk menganalisa dan mengambil keputusan terhadap *problem* tersebut.

2. Penentuan prioritas

Penentuan prioritas terdiri dari elemen-elemen kriteria dapat dipandang sebagai bobot atau kontribusi elemen tersebut terhadap tujuan pengambilan keputusan. Metode AHP melakukan analisis prioritas elemen dengan cara perbandingan berpasangan antar dua elemen hingga semua elemen yang ada tercakup.

3. Konsistensi logis

Konsistensi jawaban para responden dalam menentukan prioritas elemen merupakan prinsip pokok yang akan menentukan validitas data dan hasil pengambilan keputusan. Secara umum, responden harus memiliki konsistensi dalam perbandingan elemen. Hasil penelitian yang didapat diterima adalah yang mempunyai rasio konsistensi lebih kecil atau sama dengan 10%. Jika lebih besar dari itu, berarti penilaian yang telah dilakukan ada yang random, dengan demikian perlu diperbaiki.

2.13 Langkah-Langkah dalam Metode AHP

Langkah-langkah AHP dimulai dengan menata elemen masalah dalam membentuk hierarki kemudian membuat perbandingan berpasangan antar elemen. Langkah-langkah dasar AHP dapat dijelaskan sebagai berikut (Saaty, 1988).

1. Menentukan tujuan AHP secara keseluruhan.
2. Mendefinisikan persoalan dan merincikan pemecahan yang diinginkan.
3. Menentukan orang yang memberikan kontribusi dalam pengambilan keputusan.
4. Menentukan kriteria-kriteria yang perlu dipertimbangkan untuk mencapai tujuan AHP.
5. Menentukan sub kriteria yang berada di bawah tingkat bawah kriteria.
6. Menentukan alternatif-alternatif yang digunakan untuk mencapai tujuan.
7. Membuat suatu matriks perbandingan berpasangan antar elemen.
8. Setelah mengumpulkan semua data perbandingan berpasangan kemudian memasukkan nilai-nilai kebalikan beserta entri bilangan 1 sepanjang diagonal utama.
9. Menentukan bobot masing-masing elemen berdasarkan matriks berpasangan dan melakukan uji konsistensi. Rasio konsistensi hierarki yang digunakan harus 10%. Apabila rasio konsistensinya $> 0,1$ maka diperlukan pengumpulan data ulang.

2.14 Skala Penilaian Perbandingan

Perbandingan berpasangan memiliki skala relatif yang dapat dilihat pada Tabel 2.3. Pada Tabel 2.3 ditunjukkan beberapa skala tingkat kepentingan dengan memperhatikan kemampuan manusia dalam membedakan jumlah skala penilaian perbandingan. Semakin banyak skala penilaian perbandingan, maka akan semakin sukar pihak manajer menentukan pilihannya. Jumlah skala penilaian perbandingan ada lima buah. Jumlah ini dianggap jumlah yang proporsional bagi manajer/ responden untuk membedakan antara kriteria yang ada.

Tabel 2.4
Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Intensitas Kepentingan	Intensitas Kepentingan	Penjelasan
1	Kedua elemen samaPenting	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting	pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya
7	Elemen yang satu jelas lebih mutlak penting	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek
9	Elemen yang satu lebih mutlak penting	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen yang lainnya memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan
2, 4, 6, 8	Nilai antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan
Kebalikan (1/3, 1/5, ...)	Jika untuk aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka aktivitas j mempunyai nilai kebalikan	

Sumber: Vanany (2009)

2.15 Perhitungan Konsistensi AHP

Pengukuran konsistensi AHP dilakukan dalam dua tahap yaitu: tahap pengukuran konsistensi setiap matriks perbandingan. Pengukuran ini didasarkan pada *eigenvalue* maksimum yang dihitung dalam *Consistency Index* (CI) seperti pada rumus 2-23.

$$Consistency Index (CI) = \frac{\tau_{max} - n}{n-1} \quad (2-23)$$

Sumber: Thomas L. Saaty (1993)

Keterangan:

n= ukuran matriks

τ = nilai *eigen* sebesar dari matriks ordo n

Jika CI bernilai 0 maka berarti keputusan penilaian tersebut bersifat sama dengan jumlah kriteria yang diperbandingkan. Semakin tinggi nilai CI semakin tinggi pula tingkat ketidak konsistensian dari keputusan perbandingan yang telah dilakukan.

Indeks konsistensi matrik random dengan skala 9 (1-9) beserta kebalikannya disebut sebagai Indeks Random (RI). Berdsarakan perhitungan Thomas L. Saaty (1993) Dengan menggunakan 500 sampel diperoleh nilai rata-rata indeks random (RI) untuk setiap ordo matrik tertentu adalah sebagai berikut:

Tabel 2.5
Indeks Random (RI)

Ordo Matrik	RI	Ordo Matrik	RI	Ordo Matrik	RI
1	0	6	1,24	11	1,51
2	0	7	1,32	12	1,48
3	0,58	8	1,41	13	1,56
4	0,9	9	1,45	14	1,57
5	1,12	10	1,49	15	1,59

Sumber: Saaty, Thomas dan Luis (1994)

Rasio konsistensi CR (*Consistency Ratio*) dirumuskan seperti pada rumus 2-24 yaitu:

$$\text{Consistency Ratio} = \frac{\text{consistency index (CI)}}{\text{Random Index (RI)}} \quad (2-24)$$

Sumber: Thomas L. Saaty (1993)

Apabila rasio konsistensi (CR) 0,10 maka hasil penelitian dapat diterima atau dipertanggung jawabkan. Jika tidak, maka pengambilan keputusan harus meninjau ulang masalah dan merevisi matrik perbandingan berpasangan.

2.16 Objective Matrix (OMAX)

Menurut (Riggs, 1986) metode *Objective Matrix* adalah suatu metode sistem skor yang memperhatikan metrik-metrik pengukuran dari KPI yang ada dengan melakukan konsolidasi metrik tersebut menjadi ukuran tunggal yang sering disebut dengan *current performance*.

Metode OMAX menggabungkan kriteria-kriteria produktivitas ke dalam suatu bentuk yang terpadu dengan berhubungan satu sama lain. Pada Gambar 2.2 diberikan gambaran kerangka kerja metode OMAX.

Kriteria								
<i>Performance</i>								
<i>Score</i>	10							
	9							
	8							
	7							
	6							
	5							
	4							
	3							
	2							
	1							
0								
<i>Score</i>								
<i>Weight</i>								
<i>Value</i>								

Gambar 2.2 Kerangka *Objective Matrix* (OMAX)

Sumber: Vanany (2009)

Pertimbangan menggunakan metode OMAX ini dalam sistem pengukuran kinerja organisasi karena:

1. Relatif sederhana dalam aplikasinya dan mudah dipahami konsepnya karena menggunakan konsep interpolasi.
2. Mudah dilaksanakan dan tidak memerlukan keahlian dan *software* khusus.
3. Datanya mudah diperoleh karena hanya berupa data aktual, data masa lalu, dan target yang hendak diraih.
4. Lebih fleksibel, tergantung pada masalah yang dihadapi.

2.17 Traffic Light System

Traffic Light System berhubungan erat dengan *scoring system*, *Traffic Light System* berfungsi sebagai tanda apakah *score* KPI memerlukan suatu perbaikan atau tidak. Indikator dari *Traffic Light System* ini direpresentasikan dengan beberapa warna berikut (Kardi, 1999).

1. Warna hijau, pencapaian dari suatu indikator kinerja yang sudah tercapai. Diberikan untuk nilai KPI antara level 8 hingga 10.
2. Warna kuning, pencapaian dari suatu indikator kinerja yang belum tercapai meskipun nilai sudah mendekati target. Diberikan untuk nilai KPI antara level 4 hingga 7.
3. Warna merah, pencapaian dari suatu indikator kinerja benar-benar dibawah target yang telah ditetapkan dan memerlukan perbaikan dengan segera. Diberikan untuk nilai KPI antara level 0 hingga 3.

Halaman ini sengaja dikosongkan