

STRATEGI OPTIMALISASI MANAJEMEN OUTAGE PLTN : DESKRIPSI UMUM

Yuliasuti, Sahala M. Lumbaraja *)

ABSTRAK

STRATEGI OPTIMALISASI MANAJEMEN OUTAGE PLTN: DESKRIPSI UMUM.

Optimalisasi manajemen *outage* merupakan faktor penting untuk menekan biaya operasional pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN). Selain itu, optimalisasi manajemen *outage* antara lain bertujuan untuk meminimalisir durasi *outage*, meningkatkan kehandalan kinerja dan keselamatan PLTN. Manajemen *outage* terdiri atas 3 tahap, yaitu, perencanaan, eksekusi, dan *review* setelah *outage*. Beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam tahap perencanaan antara lain, keselamatan dari bahaya nuklir selama dan setelah proses *outage*, kebijakan manajemen dan personil, pemeliharaan dan inspeksi, umpan balik dari pengalaman *outage* sebelumnya, dan aspek ekonomi yang berhubungan dengan proses *outage*. Setiap tahap dalam manajemen *outage* membutuhkan pemantauan kontinu agar optimalisasi *outage* dapat terwujud. Dengan menerapkan strategi manajemen *outage* yang baik, kinerja PLTN semakin meningkat dengan nilai faktor beban yang semakin besar mencapai 93% dan faktor ketidakterersediaan energi hilang tidak terencana kurang dari 2%.

Kata Kunci: PLTN, *outage*, perawatan dan inspeksi.

ABSTRACT

NUCLEAR POWER PLANT OUTAGE MANAGEMENT OPTIMIZATION

STRATEGY: GENERAL DESCRIPTION. *Outage optimization is an important factor to reduce the NPP operational cost. Goals of outage optimization strategy are to minimize outage duration, and increase the performance and safety performance of the NPP. Outage management depends on three main phase preparation and planning, execution, and post outage review. The key issues in outage planning are nuclear safety; management and personnel policy; maintenance and inspection; outage experience feedback; and all economic aspects that relate to the outage process. Continuity control is required in each phase of outage management in order to reach the goal of outage optimization. By implementing a good outage planning strategy, NPP has increased steadily reaching 93% load factor and less than 2% for unplanned energy unavailability.*

Keywords: Nuclear Power Plant, outage, maintenance & inspection.

*) Bidang Manajemen Persiapan PLTN - PPEM

I. Pendahuluan

Ketersediaan energi listrik dalam skala besar dan pengurangan pencemaran lingkungan merupakan tujuan utama pemanfaatan energi nuklir. Energi nuklir di beberapa negara telah terbukti menjadi sumber energi listrik yang ekonomis dan berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi. Sampai tahun 2007, terdapat 435 reaktor komersial yang beroperasi di seluruh dunia dengan total kapasitas terpasang hampir 370000 MWe¹. Berdasarkan data Badan Energi Internasional (*International Energy Agency*) proyeksi kebutuhan energi listrik pada tahun 2030 akan meningkat dua kali lipat sehingga dibutuhkan pembangunan pembangkit listrik baru dengan total kapasitas 4700 GWe².

Kunci utama keberlanjutan pengembangan pembangkit listrik energi nuklir (PLTN) terletak pada tingkat kompetitifnya, baik dari segi keselamatan maupun dari aspek ekonomi. Bila dibandingkan dengan pembangkit listrik konvensional yang ada, keselamatan merupakan faktor utama yang melandasi tiap langkah operasional PLTN. Inovasi desain reaktor yang dilakukan oleh beberapa negara di dunia telah mendorong tingkat keselamatan PLTN dari waktu ke waktu ke arah yang semakin baik.

Kendala utama pengembangan PLTN adalah faktor biaya pembangkitan dan persepsi negatif masyarakat akan bahaya nuklir. Kendala ini dapat diminimalisir dengan cara memperpendek waktu konstruksi, memperpendek durasi outage, meningkatkan faktor keselamatan, dan lain-lain.

Salah satu cara yang dapat dilakukan dalam hal meminimalisir biaya-biaya operasional PLTN adalah dengan mengoptimalkan proses outage instalasi pembangkit. Strategi yang dikembangkan dalam optimalisasi *outage* PLTN antara lain bertujuan untuk menekan durasi *outage* menjadi lebih pendek dan pengaturan yang lebih baik berkaitan dengan seluruh aktivitas dalam proses *outage*. Makalah ini membahas berbagai aspek yang perlu diperhatikan dalam penyusunan strategi optimalisasi *outage* PLTN.

II. Strategi optimasi outage PLTN

Outage adalah periode pergantian bahan bakar pembangkit. Proses *outage* terdiri dari tiga fase, yaitu *shutdown*, eksekusi kerja dan *startup*³. Aktivitas atau kerja yang dilakukan pada proses *outage* antara lain berupa pengisian ulang bahan bakar, pemeliharaan (*maintenance*) dan modernisasi pembangkit.

Manajemen *outage* merupakan faktor penting dalam mencapai kinerja pembangkit yang baik, aman dan ekonomis. Manajemen *outage* PLTN berkaitan dengan aspek kebijakan sistem pembangkit, koordinasi dari sumber daya yang tersedia, keselamatan nuklir, peraturan dan persyaratan teknis, serta semua aktivitas berbahaya

sebelum dan selama *outage*. Pada dasarnya tujuan utama manajemen *outage* PLTN adalah:

- mengembalikan kualitas dan kinerja PLTN,
- memastikan keselamatan pada saat fase *shutdown*,
- meningkatkan kinerja PLTN di masa depan,
- mengimplementasikan modifikasi instalasi PLTN,
- meminimalisir bahaya radiasi dan limbah nuklir PLTN,
- meminimalisir lingkup kerja *outage*, dan atau
- mengoptimalkan durasi *outage*.

Tiap *utility* mengembangkan berbagai strategi *outage* untuk jangka pendek, menengah dan jangka panjang. Salah satu kunci keberhasilan optimalisasi *outage* tergantung pada implementasi dari strategi yang telah disusun. Strategi yang dikembangkan berfokus pada minimalisasi periode *outage*, pencegahan perpanjangan durasi *outage* (*outage extensions*), kepastian keselamatan dan kehandalan operasi PLTN di masa datang, dan minimalisasi dampak radioaktif untuk masing-masing personel.

Manajemen *outage* terdiri dari tahap perencanaan dan persiapan, eksekusi, dan evaluasi. Tahap perencanaan dan persiapan penting untuk memberikan kepastian keselamatan dan ketepatan waktu seluruh aktivitas selama *outage*. Pada tahap eksekusi, segala aktivitas yang dilaksanakan didasarkan pada arahan yang ada di dalam perencanaan. Tahap evaluasi setelah *outage* juga berperan penting dalam memberikan informasi dan *feed-back* yang diperlukan untuk menunjang optimalisasi *outage* berikutnya.

2.1 Tahap Perencanaan dan Persiapan

Berdasarkan lingkup kerja dan tingkat detailnya, jangka waktu perencanaan dapat dibagi menjadi tiga tipe:

- Jangka panjang

Pada perencanaan jangka panjang, penentuan waktu dan durasi *outage* didasarkan pada manajemen bahan bakar, proses penuaan peralatan (*equipment ageing*), kebutuhan *major backfittings*, dan pembaharuan kembali (*refurbishment*). Perencanaan jangka panjang mengoptimalkan faktor ketersediaan (*availability*) energi ke jaringan listrik, total durasi waktu *outage* dan perkiraan biaya. Distribusi pekerjaan pada jenis perencanaan ini bervariasi dari lima sampai sepuluh tahun.

- Jangka menengah

Perencanaan jangka menengah berisi perencanaan-perencanaan yang lebih detail dibandingkan perencanaan jangka panjang dengan jangkauan waktu kerja antara dua sampai lima tahun. Perencanaan tipe ini menyangkut estimasi jumlah tenaga kerja, material dan sumber daya yang dibutuhkan dalam tiap *outage* serta berbagai aktivitas pembaharuan (*refurbishment*) skala menengah agar dapat memenuhi standar industri yang baru atau perubahan persyaratan yang mungkin ada.

- Jangka pendek

Perencanaan jangka pendek memuat rencana detail menyangkut *outage* yang akan dilaksanakan. Perencanaan jenis ini sebaiknya dimulai 4 atau 6 bulan sebelum *outage* berikutnya. Pada perencanaan jangka pendek hal penting yang harus diperhitungkan adalah mobilisasi pekerja, material dan peralatan yang dibutuhkan dalam proses *outage*.

Dalam setiap proses *outage*, rencana detail eksekusi harus disiapkan dengan baik termasuk dokumen-dokumen kerja yang mendukung proses *outage*. Rencana *outage* PLTN harus dapat memastikan keamanan dan keselamatan keseluruhan pembangkit pada setiap fase yang ada dalam proses *outage*.

Terdapat beberapa aspek yang perlu diperhatikan dalam rangka penyusunan strategi pada tahap perencanaan dan persiapan, di antaranya:

1. Keselamatan dari bahaya nuklir

Selama proses *outage* PLTN, ada sebagian sistem pada pembangkit yang tetap aktif beroperasi, antara lain sistem pendingin bahan bakar dan sistem pengungkung keluarnya radioaktif dari sistem pembangkit. Dengan demikian selama *outage*, pembangkit dikategorikan dalam masa operasi aktif. Untuk itu penanganan bahaya nuklirnya pun didasarkan pada penanganan bahaya nuklir yang berlaku ketika instalasi pembangkit aktif beroperasi.

Aturan-aturan yang harus dipenuhi selama masa operasi aktif instalasi PLTN menjadi salah satu tolok ukur penting dalam pengoperasian sistem instalasi. Aturan-aturan ini diformulasikan sedemikian sehingga operator dapat menjaga operasi sistem PLTN tetap berada dalam batasan yang sesuai dengan spesifikasi desain dan pertimbangan keselamatan yang ada. Pembaharuan aturan-aturan tersebut secara berkelanjutan menjadi hal penting untuk dapat mengakomodir informasi baru yang didapat melalui pengalaman yang ada, dan kemungkinan adanya modifikasi pada sistem instalasi pembangkit nuklir.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk memonitor keselamatan sistem PLTN selama *outage* adalah metode analisis keselamatan probabilistik (*Probabilistic*

*safety analysis, PSA) outage*⁴. Dengan metode PSA keselamatan keseluruhan sistem PLTN selama *outage* dapat dianalisis dan dipantau. Pemantauan lebih detail kemudian dituangkan dalam bentuk laporan terkini status sistem instalasi pembangkit. Laporan ini mencakup pemantauan risiko (*risk monitor*), skema status operasional terencana, dan daftar cek *item* yang mempengaruhi keselamatan pada fase *shutdown*.

2. Kebijakan manajemen dan personil

Untuk dapat menunjang tercapainya optimalisasi *outage* diperlukan kebijakan manajemen yang dapat mengakomodir inovasi-inovasi baru yang berkelanjutan meliputi perencanaan jangka pendek, menengah dan panjang, kepemilikan, dan lain-lain. Kebijakan manajemen dapat berjalan optimal bila didukung dengan personil yang berkualitas. Oleh karena itu, salah satu faktor pendukung utama keberhasilan optimalisasi *outage* bergantung pada kehandalan strategi kebijakan yang mengatur masing-masing personil yang bekerja di instalasi PLTN.

Faktor esensial bagi personil yang berpartisipasi dalam proses pemeliharaan atau *outage* harus mempunyai keahlian dan kemampuan yang memadai tentang desain PLTN dan prosedur-prosedurnya. Pelatihan secara berkelanjutan mutlak diperlukan untuk tiap personil agar proses *outage* dapat berjalan dengan baik.

3. Perawatan dan inspeksi

Durasi *outage* tidak hanya ditentukan oleh durasi operasi pergantian bahan bakar, tetapi juga sangat ditentukan oleh aktivitas yang berkaitan dengan perawatan, uji coba dan inspeksi keseluruhan sistem keselamatan.

Program perawatan suatu pembangkit listrik mencakup seluruh pengukuran baik yang bersifat pencegahan ataupun pengulangan, baik secara administratif maupun teknis, bertujuan untuk mendeteksi dan mengurangi degradasi fungsi dari seluruh struktur, sistem dan komponen yang ada pada instalasi⁵. Selain itu, perawatan juga bertujuan untuk memperbaiki kinerja struktur, sistem dan komponen yang tidak berfungsi ke tingkat kinerja normalnya.

Dengan menyusun program perawatan optimal, baik yang bersifat periodik, prediktif, dan terencana, diharapkan dapat menekan durasi *outage* menjadi lebih singkat.

Beberapa tahap yang dapat ditempuh untuk mengoptimalkan perencanaan dan implementasi program perawatan antara lain⁵:

1. Menyusun pendekatan sistematis yang berhubungan dengan evaluasi komponen sistem yang perlu mendapatkan perawatan atau perbaikan.

2. Memantau kinerja dan kondisi sistem, struktur dan komponen agar bekerja sesuai fungsinya masing-masing. Jika kinerja dan kondisinya tidak sesuai dengan fungsi yang ditentukan, maka perlu diambil tindakan pengecekan lebih lanjut. Untuk mendukung optimalisasi program perawatan, program pemantauan bekerja dengan menggunakan asumsi-asumsi berikut ini:

- kepastian parameter sebagai kondisi struktur, sistem dan komponen PLTN,
- perhitungan kemungkinan terjadinya kegagalan,
- kemampuan melacak dan memprediksi kegagalan,
- memastikan operasi berjalan aman,
- memastikan fungsi keselamatan berfungsi dengan baik,
- memastikan pada operasi darurat semua komponen bekerja tidak melebihi batas desain.

3. Evaluasi proses optimalisasi perawatan yang dikaitkan dengan pengalaman operasi, mencakup mode kegagalan baru atau data-data lainnya.

Berbagai tahap optimalisasi perawatan di atas dapat berjalan secara optimal dengan didukung oleh proses komputerisasi yang baik.

4. Umpan balik dari pengalaman *outage* sebelumnya

Umpan balik dari pengalaman *outage* sebelumnya hendaknya tidak hanya berasal dari pengalaman instalasi PLTN itu sendiri tapi juga dapat berasal dari pengalaman instalasi PLTN lainnya.

5. Ekonomi

Studi ekonomi perlu dilakukan untuk menentukan penempatan dan durasi waktu yang optimal untuk berbagai tipe *outage* berdasarkan situasi pasar yang ada, ketersediaan sumber daya, desain instalasi dan persyaratan keselamatan yang berlaku.

Tujuan utama perkiraan biaya ini bukan untuk meminimalisir biaya O&M (*Operation and Maintenance Cost*) atau memaksimalkan faktor ketersediaan (*availability factor*) tetapi lebih kepada mengoptimalkan biaya O&M. Untuk itu diperlukan kemajuan-kemajuan yang berarti dari hari ke hari. Kemajuan ini dapat dicapai dengan berbagai metodologi yang terdiri dari langkah-langkah:

1. Identifikasi, mengidentifikasi berbagai pilihan kemajuan yang ditujukan pada berbagai masalah yang berkaitan dengan instalasi;
2. Evaluasi, justifikasi ekonomis dan menentukan prioritas dari pilihan yang telah diidentifikasi;
3. Implementasi, pemilihan berbagai pilihan ekonomi dan perbandingannya dengan hasil sesungguhnya.

2.2 Tahap Eksekusi/Implementasi

Tujuan yang ingin dicapai dari eksekusi yang baik dan efisien antara lain keselamatan dan keamanan selama *outage* serta ketepatan waktu *outage* sesuai dengan jadwal dan kesesuaiannya dengan anggaran yang telah ditentukan.

Proses eksekusi yang baik sangat bergantung pada kelancaran proses komunikasi antara perencana dan eksekutor. Proses komunikasi ini menjadi penting agar delegasi tanggung jawab masing-masing personil yang terlibat dalam *outage* menjadi jelas.

Pemantauan kerja selama eksekusi *outage* juga merupakan salah satu faktor penunjang utama dalam mencapai optimalisasi *outage*. Pemantauan ini diperlukan untuk menjaga penyampaian informasi kerja tetap berada dalam koridor yang ditentukan. Pemantauan ini dapat dilakukan menggunakan sistem informasi yang terkomputerisasi secara on-line. Beberapa *item* yang termasuk dalam sistem informasi ini antara lain:

- urutan kerja dan izin kerja secara administratif
- rencana kerja
- manajemen suku cadang dan material
- data teknis instalasi
- sejarah operasi dan perawatan instalasi
- kontrol dosis radiasi
- pangkalan data personil
- kontrol akuntansi

Sistem informasi ini harus dapat diakses oleh seluruh personil yang terlibat dalam *outage*. Dengan demikian, penyampaian informasi dapat berjalan lebih cepat dan akurat.

2.3 Tahap Evaluasi

Pada tiap akhir proses *outage*, analisis dari berbagai aktivitas yang berlangsung merupakan hal yang penting sebagai kepastian telah diselesaikannya pekerjaan dan sebagai umpan balik yang akan digunakan pada *outage* berikutnya.

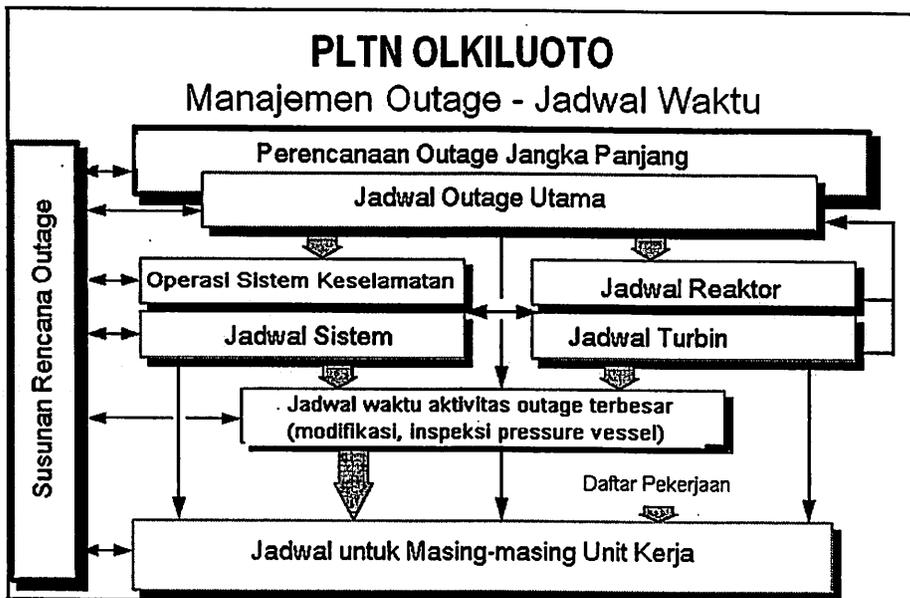
Beberapa hal yang diperhitungkan dalam proses evaluasi *outage* antara lain:

- pencapaian tujuan dan anggaran,
- status teknis unit instalasi setelah *outage*,
- evaluasi dari berbagai masalah dan ketidakpastian,
- berbagai kejadian selama *outage* dan periode pertama setelah *outage*,
- analisis lengkap dari indikator performa eksekusi *outage*,
- evaluasi performa kontraktor,
- identifikasi kemungkinan proses kerja yang memakan waktu lebih sedikit,

- analisis prosedur *shutdown* dan *startup*,
- analisis prosedur kerja, organisasi dan budaya mengutamakan selamat,
- transfer pengalaman *outage* ke unit-unit lainnya, dan
- usulan dan rekomendasi untuk *outage* berikutnya.

III. Pembahasan

Perencanaan *outage* PLTN disusun dalam tiga tingkat dalam waktu bersamaan, yaitu perencanaan jangka panjang, jangka menengah dan jangka pendek yang memuat rencana detail untuk *outage* yang akan dilakukan. Gambar 1 dan Tabel 1 menunjukkan contoh manajemen waktu dan organisasi *outage* yang digunakan PLTN TVO, Finlandia. Pengalaman PLTN TVO dalam penerapan manajemen waktu dan organisasi tersebut mampu meningkatkan nilai faktor beban mencapai 90% selama enam bulan pertama. Bahkan, selama 10 tahun terakhir faktor beban rata-rata mencapai nilai 93% dengan faktor ketidakterersediaan energi hilang tidak terencana kurang dari 2%.



Gambar 1. Manajemen Waktu Outage PLTN TVO3

Perencanaan *outage* jangka panjang bertujuan untuk menentukan aktivitas perawatan terencana, inspeksi dan modifikasi pada waktu yang tepat agar total waktu yang dibutuhkan aktivitas-aktivitas kritis yang ada dalam proses *outage* dapat diperpendek. Program Perpanjangan Operasi PLTN (*Plant Life Extensions Program*) juga diperhitungkan dalam perencanaan jangka panjang. Jadwal *outage* utama berisi perencanaan aktivitas kritis dan lingkup kerja utama *outage*. Setelah jadwal *outage* utama terbentuk maka perencanaan detail aktivitas selama *outage* dapat disusun. Jadwal di luar jadwal utama bergantung dari besar kecilnya aktivitas lingkup kerja

outage. Jadwal-jadwal ini antara lain jadwal reaktor dan turbin, perbaikan komponen dalam lingkup yang besar, modifikasi instalasi PLTN dan jadwal untuk masing-masing unit kerja.

Tabel 1. Karakteristik outage PLTN TVO³

| Rencana Outage OL1/OL2 | |
|---|---|
| Rencana Jangka Panjang | sekitar 10 tahun |
| Rencana Jangka Menengah | Sekitar 3 tahun |
| Rencana Jangka Pendek (detail sebelum outage) | 1-2 tahun |
| Tipe Outage | |
| Pergantian bahan bakar | <ul style="list-style-type: none"> - Durasi 10 hari - Aktivitas yang dilakukan : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pergantian bahan bakar; ▪ Servis tahunan, tes dan inspeksi berdasarkan spesifikasi teknis. |
| Servis outage | <ul style="list-style-type: none"> - Durasi 2-3 minggu - Aktivitas yang dilakukan <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pergantian bahan bakar; ▪ Pemeriksaan utama (major overhauls), servis, dan inspeksi; ▪ Modifikasi. |
| Organisasi outage | |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Manajer Outage (bekerja full-time) ▪ Koordinator Outage pada saat proses outage (Outage Co-ordinator in Operation) ▪ Rapat instalasi PLTN dilakukan oleh Grup Manajemen Outage ▪ Rapat perencanaan outage jangka panjang ▪ Tim Perencana Outage ▪ Tim Eksekusi Outage pada setiap outage tahunan | |

Perencanaan yang baik hanya akan optimal bila alur kerja yang dilakukan oleh masing-masing personil berada pada koridor perencanaan yang telah disepakati. Untuk itu, diperlukan satu unit atau grup khusus yang bertugas menyusun rencana detail alur kerja. Aktivitas grup ini berada di bawah tanggung jawab manajer outage.

Laporan kemajuan outage yang sedang berlangsung dilakukan tiap hari. Laporan ini disiapkan sebelum rapat harian di pagi hari yang kemudian informasi-informasi yang terdapat dalam laporan ini didistribusikan secara luas melalui jaringan atau sistem informasi yang ada. Laporan outage secara keseluruhan disiapkan satu bulan setelah outage yang terakhir.

Dokumentasi tiap proses outage yang ada merupakan faktor penting dalam melihat kelemahan dan kekuatan setiap outage yang dilaksanakan. Unit terpisah dapat dibentuk untuk menganalisis dan memproses lebih lanjut setiap informasi atau umpan

balik yang didapat pada setiap *outage*. Informasi-informasi ini didokumentasikan dan dikumpulkan menjadi satu secara sistematis. Jenis informasi yang diperhitungkan secara matang tentunya merupakan informasi yang berkaitan dengan abnormalitas yang terjadi ketika *outage* berlangsung, dan saran serta kritik yang membangun untuk *outage* berikutnya. Kesalahan-kesalahan yang terjadi akibat kelalaian personil juga merupakan informasi yang dianalisis secara mendalam oleh unit ini. Jika dianggap perlu, unit ini dapat mengajukan proposal modifikasi prosedur berkaitan dengan segala aktivitas *outage*. Proposal ini nantinya dibahas kembali bersama dengan staf perencanaan *outage*.

IV. Kesimpulan

1. Dalam rangka menekan biaya operasional PLTN, optimalisasi *outage* mutlak diperlukan.
2. Optimalisasi *outage* dapat dilakukan dengan menerapkan sistem manajemen *outage* yang terdiri dari strategi, perencanaan, eksekusi dan review setelah *outage* (*post outage review*), sehingga waktu *outage* dapat diperpendek.
3. Pemantauan secara kontinu atas semua aktivitas yang berlangsung selama *outage*, penting dalam mencapai *outage* yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nuclear Power in the World Today: Nuclear Issues Briefing January 2007, 2007 <http://www.uic.com.au/nip07.htm>.
2. WORLD NUCLEAR ASSOCIATION, The New Economics of Nuclear Power, London, 2005.
3. IAEA, IAEA-TECDOC-1315 : Nuclear Power Plant Outage Optimisation Strategy, 2002.
4. BENGTT PERSHAGEN, Light Water Reactor Safety , Pergamon Press, 1989.
5. IAEA, IAEA Safety Standards Series: Maintenance, Surveillance and In-service Inspection in Nuclear Power Plants, 2002.
6. PAULO DE CARVALHO, Managing Planning and Improvisation in a Nuclear Power Plant Short Outage, Nuclear Energy 2006, 2006.
7. IAEA, Technical Report Series : Management Strategies for Nuclear Power Plant Outages, 2006.