

Pengembangan Perangkat Lunak *Reliability Centered Maintenance* Berbasis Web dan Aplikasinya pada Mesin Turbin Uap

Azki Hakim Azhari, ST.¹⁾ dan Dr. Ir. Edy Suwondo²⁾

¹⁾ Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132
azki.hakim@gmail.com

²⁾ Program Studi Aeronotika dan Astronotika, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132
esuwondo@ae.itb.ac.id

ABSTRAK

Reliability Centered Maintenance (RCM) merupakan kerangka kerja terstruktur yang digunakan untuk menentukan perawatan apa saja yang harus dilakukan untuk menjamin aset fisik dapat menjalankan fungsi yang diharapkan pada suatu konteks operasi. Suatu sistem manajemen basis data akan dibutuhkan ketika data dan informasi untuk proses analisis RCM telah demikian banyak. Saat ini, teknologi aplikasi berbasis web tengah berkembang pesat. Ini merupakan peluang untuk mengembangkan aplikasi yang lebih baik untuk mendukung aktifitas perawatan, termasuk proses analisis RCM. Tujuan dari pengembangan aplikasi RCM berbasis web adalah sebagai langkah awal pengembangan aplikasi RCM berbasis web yang nantinya dapat digunakan di institusi pendidikan atau untuk kebutuhan di industri. Pengembangan aplikasi RCM ini meliputi studi literatur untuk menetapkan prosedur RCM dan spesifikasi aplikasi, perancangan basis data untuk memperoleh desain basis data yang baik, perancangan antarmuka aplikasi untuk memperoleh antarmuka yang mudah digunakan, penulisan kode program, dan pengujian dengan studi kasus dan pengujian penggunaan aplikasi untuk memastikan aplikasi yang dikembangkan cukup mudah dan efektif digunakan oleh pengguna. Aplikasi RCM ini dikembangkan dalam bahasa pemrograman PHP, basis data MySQL, dan teknologi web AJAX dan jQuery. Perangkat lunak yang dikembangkan kemudian diaplikasikan pada mesin turbin uap kapasitas 450 HP untuk menghasilkan tugas-tugas perawatan yang harus dilakukan dan intervalnya. Pengembangan lebih lanjut berkaitan dengan analisis keandalan masih diperlukan untuk menyempurnakan perangkat lunak ini.

Keywords: RCM, Reliability, Web-based

1. Pendahuluan

Definisi RCM secara lengkap adalah sebuah proses yang digunakan untuk menentukan apa saja yang harus dilakukan untuk menjamin aset fisik dapat menjalankan fungsi yang diharapkan pada suatu konteks operasi [8]. Lebih lanjut Moubray [8] menjelaskan bahwa keunggulan utama RCM adalah cara pendekatan dengan kriteria yang sederhana, seksama, dan mudah dipahami untuk menetapkan tugas perawatan preventif yang harus dilakukan, seberapa sering tugas tersebut dilakukan, dan siapa yang akan melakukannya. Hal ini dapat dicapai

melalui analisis mendetail terhadap modus kegagalan (*failure modes*) dan penyebab kegagalan (*failure causes*).

Dalam proses RCM, ketika jumlah informasi dan data analisis telah demikian banyak, dibutuhkan basis data (*database*) yang terkomputerisasi sebagai alat bantu dalam proses analisis.

Dewasa ini teknologi web telah berkembang dengan pesat dalam berbagai aplikasi. Teknologi web saat ini memungkinkan untuk membuat sebuah aplikasi web



yang terhubung dengan basis data. Penyusunan alat bantu analisis RCM dalam sebuah aplikasi web akan memberi keunggulan berikut ini.

- Pengumpulan, pemutahiran, dan sortir data dapat dilakukan dengan cepat dan mudah karena dapat dilakukan dari komputer manapun yang terhubung dengan jaringan.
- Hasil pemutahiran data dan informasi dapat dilihat secara real-time dari manapun.
- Eliminasi kendala dan persyaratan instalasi aplikasi.
- Peluang pengembangan lebih lanjut untuk *online reporting* dan *mobile reporting*.

Namun, aplikasi berbasis web juga memiliki kekurangan dibanding aplikasi desktop. Untuk perhitungan dengan formula kompleks dan proses iterasi, aplikasi web bukan pilihan yang cocok. Meski demikian, teknologi aplikasi web memungkinkan untuk dikolaborasi dengan aplikasi desktop melalui suatu antarmuka tertentu.

Perancangan aplikasi RCM ini dimaksudkan sebagai langkah awal untuk membangun aplikasi komputer untuk proses RCM yang dapat digunakan sebagai alat pembelajaran di institusi pendidikan atau disesuaikan sesuai kebutuhan untuk digunakan di industri. Tersedianya *source code* dari aplikasi RCM akan memungkinkan untuk pengembangan lebih lanjut atau penyesuaian mengikuti perkembangan aplikasi RCM.

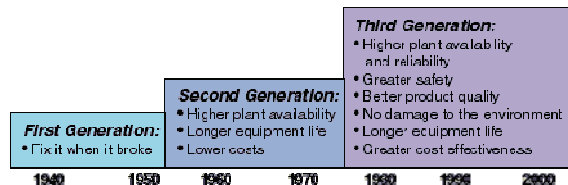
2. Tujuan

Tujuan dilakukannya pengembangan aplikasi RCM berbasis web pada penelitian ini adalah:

- diperoleh gambaran umum persyaratan aplikasi RCM berbasis web
- membuat perangkat lunak aplikasi RCM berbasis web
- melakukan pengujian dan evaluasi dari umpan balik selama pengujian untuk perbaikan dan pengembangan aplikasi tahap selanjutnya
- melakukan analisis aplikasi dari hasil pengujian.

3. Sekilas RCM

Pada awal perkembangannya, konsep perawatan hanya diterapkan dalam hal *corrective maintenance* atau hanya memperbaiki setelah terjadi kerusakan. Moubrey [8] menyebut periode ini sebagai *The First Generation*, yaitu antara tahun 1940 hingga 1950. Gambar 1 menjelaskan periode perkembangan konsep perawatan dari segi ekspektasi dari perawatan itu sendiri.



Gambar 1 Perkembangan ekspektasi dari perawatan [8]

Ekspektasi perawatan pada *Second Generation* dipicu oleh tekanan selama Perang Dunia II dimana mekanisasi meningkat dan *downtime* menjadi perhatian utama. Pada periode ini dikenalkan konsep perawatan pencegahan (*preventive maintenance*) berupa overhaul pada waktu tetap. *Third Generation* dimulai dengan adanya ekspektasi baru, penelitian baru, dan teknik-teknik baru. Seiring berkembangnya teknologi yang diikuti adanya sistem dan proses yang makin kompleks, konsep perawatan yang lebih baik dibutuhkan untuk menjaga efektifitas dan efisiensi alat, sistem, dan proses.

Dewasa ini aktivitas perawatan telah menjadi aktivitas vital suatu industri mengingat perannya yang sangat penting dalam kaitannya dengan keselamatan, produktifitas, kualitas produk, keandalan sistem, pemenuhan regulasi, dan profitability industri tersebut. Kenyataan ini kemudian memunculkan kesadaran dan tantangan baru bagi spesialis perawatan dan operasional di berbagai bidang industri untuk mengembangkan dan menerapkan konsep perawatan yang lebih baik.

RCM pertama kali didokumentasikan dalam sebuah laporan yang ditulis untuk United Airlines oleh F.S. Nowlan dan H.F. Heap untuk perawatan pesawat Boeing 747. Laporan ini diterbitkan oleh Departemen Pertahanan AS pada tahun 1978 dan kemudian diadopsi untuk perawatan di industri. Telah banyak standard dan panduan metodologi RCM yang diterbitkan, yang disesuaikan dengan bidang RCM tersebut diaplikasikan. Contohnya MIL-STD-217 dan NAVAIR 00-25-403 yang digunakan oleh U.S. Naval Air System Command, atau SAE JA1012 dan SAE JA1012 yang dapat digunakan organisasi manapun untuk aset fisik industri secara umum.

Berdasarkan standard SAE JA1011 [15] dan literatur RCM umumnya, suatu proses analisis RCM seharusnya menjawab tujuh pertanyaan dasar berikut ini.

- Apa saja fungsi dari sistem dan standard prestasi sistem yang terkait, dalam konteks operasinya (*functions*)?
- Dalam kasus seperti apa aset/sistem dapat gagal memenuhi fungsi-fungsinya (*functional failure*)?
- Apa saja penyebab terjadinya suatu functional failure (*failure modes*)?
- Apa yang terjadi jika suatu functional failure



tersebut muncul (*failure effects*)?

5. Apa konsekuensi yang mungkin timbul jika terjadi sebuah kegagalan (*failure consequences*)?
6. Apa yang dapat dilakukan untuk mendeteksi dan mencegah terjadinya kegagalan (*preventive tasks and task intervals*)?
7. Apa yang seharusnya dilakukan jika tidak ada tugas perawatan preventif yang sesuai (*default actions*)?

4. Langkah-Langkah Analisis RCM

Terdapat banyak variasi dalam aplikasi RCM. Namun, secara umum analisis RCM akan mengandung beberapa atau seluruh dari 7 langkah utama berikut ini.

1. Persiapan proses analisis.
2. Pemilihan item yang akan dianalisis.
3. Identifikasi fungsi.
4. Identifikasi *functional failure*.
5. Identifikasi modus kegagalan.
6. Identifikasi dan evaluasi efek kegagalan.
7. Pemilihan *task* perawatan.

Langkah kedua hingga ketujuh melibatkan data yang harus dicatat dan disimpan dalam basis data. Langkah-langkah di atas merupakan jalan menuju jawaban atas tujuh pertanyaan yang harus dijawab dalam proses analisis RCM. Penulis berkesimpulan ketujuh langkah tersebut merupakan langkah-langkah yang utama dan relevan untuk diterapkan dalam aplikasi RCM berbasis web.

1. Persiapan proses analisis.

Sebelum analisis RCM dilaksanakan, perlu untuk dilakukan beberapa pekerjaan dan perencanaan awal. Salah satu langkah awal yang harus dilakukan adalah membentuk kelompok kerja (*project group*). Menurut Rausand [12], kelompok kerja yang paling efektif dan efisien adalah kelompok dengan anggota lintas-fungsional terdiri dari orang-orang yang mewakili bidang keahlian masing-masing. Setidaknya kelompok kerja ini terdiri dari satu orang *maintenance function* dan satu dari *operation function*, dapat juga ditambah seorang spesialis RCM.

2. Pemilihan item yang akan dianalisis.

Pada langkah kedua ini terdapat empat poin yang menjadi cakupan, yaitu: lingkup analisis, batas sistem, deskripsi sistem, dan pemilihan item signifikan. Pada lingkup analisis, tim RCM harus memutuskan pada level mana dari aset fisik analisis RCM harus dilakukan. Memilih item atau equipment yang akan dianalisis juga melibatkan kegiatan menentukan batas-batas sistem. Mendefinisikan batas-batas sistem akan membantu dalam menentukan apa saja yang termasuk dan tidak termasuk dalam sistem. Setelah *equipment* atau item yang akan dianalisis telah ditetapkan, selanjutnya adalah mendeskripsikannya. Identifikasi dan dokumentasi

secara detail diperlukan dalam rangka melakukan langkah analisis selanjutnya secara cermat. Pendeskripsian sistem membantu seorang analis memperoleh pemahaman sistem dengan komprehensif. Setelah level analisis telah ditetapkan, selanjutnya perlu menetapkan item yang dianalisis. *Maintenance Significant Item* (MSI) ditetapkan berdasarkan pertimbangan resiko kritis dan biaya perawatan.

3. Identifikasi fungsi.

Karena tujuan utama RCM adalah menjaga aset fisik dapat melakukan fungsinya pada suatu konteks operasi, maka kemudian perlu untuk mendefinisikan fungsi-fungsi sistem secara lengkap.

4. Identifikasi *functional failure*.

Kegagalan fungsional (*functional failure*) definisikan sebagai ketidakmampuan suatu aset memenuhi satu atau lebih fungsi sesuai standard kinerja yang telah ditetapkan. Jadi, kegagalan fungsi ini terkait pada standard kinerja aset yang ditetapkan atau diinginkan oleh pemakai. Tentu saja, standard kinerja yang ditetapkan ini harus dibawah kemampuan bawaan dari aset tersebut.

5. Identifikasi modus kegagalan.

Modus terjadinya kegagalan (*failure mode*) merepresentasikan penyebab spesifik dari kegagalan fungsional. Modus kegagalan didefinisikan sebagai suatu kejadian yang menyebabkan suatu aset gagal menjalankan fungsinya.

6. Identifikasi dan evaluasi efek kegagalan.

Analisis efek-efek kegagalan berkonsentrasi pada apa yang akan terjadi jika suatu modus kegagalan terjadi. Efek kegagalan pada level paling atas disebut sebagai konsekuensi kegagalan. Banyak acuan pelaksanaan proses RCM menyajikan diagram logika yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan mengkategorikan efek-efek kegagalan. MSG-3 Revision 2002.1 [1] mengkategorikan konsekuensi kegagalan menjadi *evident safety effect*, *operational effect*, *economic effect*, *hidden safety effect*, dan *non-safety effect*.

7. Pemilihan *task* perawatan.

Tugas perawatan preventif (*preventive maintenance task*) dilakukan dengan tujuan menghindari konsekuensi-konsekuensi kegagalan, atau setidaknya mengurangnya hingga batas yang dapat diterima. Tugas perawatan pencegahan dilakukan sebelum terjadi kegagalan dalam rangka mencegah aset mencapai kondisi gagalnya.

Tugas perawatan preventif (termasuk didalamnya tugas perawatan periodik) terbagi menjadi:

- *Scheduled restoration*: remanufaktur komponen atau melakukan overhaul pada waktu (atau sebelum)



batas usia pakai yang telah ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi komponen saat itu.

- *Scheduled discard*: mengganti item atau komponen dengan yang baru pada waktu (atau sebelum) batas usia pakai yang telah ditetapkan tanpa memperhatikan kondisi komponen saat itu.

Secara kolektif *Scheduled restoration* dan *Scheduled dischard* saat ini dikenal sebagai perawatan periodik.

- *On-condition maintenance*: mengidentifikasi dan mendeteksi kegagalan potensial (*potential failure*) selama pemakaian sehingga dapat diambil tindakan untuk menghindari konsekuensi kegagalan yang ditimbulkan ketika kegagalan fungsional terjadi.

Ketika tidak dimungkinkan untuk mengidentifikasi tugas perawatan preventif yang efektif, maka tindakan standard (*default action*) dipilih yaitu *failure finding*, *redesign*, atau *run to failure*.

5. Perancangan Basis Data dan Aplikasi RCM

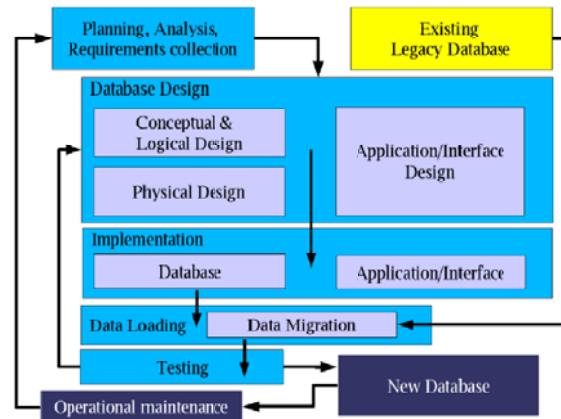
Desain basis data yang baik dimaksudkan agar penyesuaian aplikasi dan pengembangan aplikasi pada tahap selanjutnya tidak mengalami masalah. Sedangkan desain antarmuka yang baik dimaksudkan untuk meningkatkan *usability* agar aplikasi yang dihasilkan cukup mudah digunakan.

Sebelum perancangan basis data dan aplikasi dilakukan, perlu untuk menentukan basis data dan bahasa pemrograman yang digunakan. Aplikasi RCM yang dikembangkan pada penelitian ini menggunakan bahasa pemrograman PHP dan basis data MySQL. Pemilihan ini didasarkan alasan bahwa keduanya memiliki kompatibilitas yang baik dan merupakan produk yang didistribusikan secara gratis.

Proses perancangan basis data merupakan bagian dari proses pengembangan sistem informasi. Dalam hal ini, aplikasi RCM ini juga merupakan suatu sistem informasi. Untuk itu, perlu diketahui dahulu metode klasik yang biasa dipakai dalam pengembangan sistem informasi yang dinamakan SDLC (*System Development Life Cycle*). Meskipun jumlah tahapan dalam SDLC bervariasi, namun pada prinsipnya mengandung langkah utama yang sama. *Life cycle* pengembangan sistem dan basis data tidak jauh berbeda.

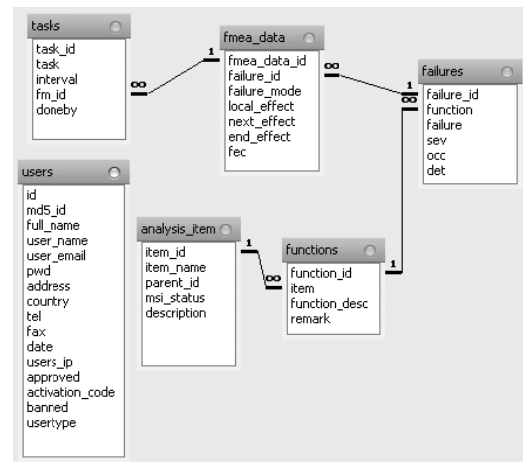
Gambar 2 menunjukkan proses pengembangan sistem informasi dan basis data yang meliputi perencanaan awal, perancangan basis data, implementasi basis data, pengujian, hingga perawatan sistem informasi tersebut selama operasional. Pada perancangan

konseptual, perancangan dilakukan tanpa memperhatikan *Database Management System* (DBMS) yang akan digunakan. Pada perancangan fisik, hasil perancangan konseptual dituangkan dan disesuaikan dengan DBMS yang akan digunakan.



Gambar 2 *Lifecycle* pengembangan sistem informasi dan basisdata [7]

Detail relasi dan desain basis data aplikasi RCM yang dikembangkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Basis data dan *relationship* antar tabel

Setelah desain basis data dibuat, selanjutnya adalah perancangan antarmuka aplikasi dan penulisan kode program. Pada prinsipnya, tujuan perancangan antarmuka aplikasi adalah mendapatkan aplikasi yang mudah digunakan oleh pemakai.

Agar dapat bersaing dengan aplikasi desktop,

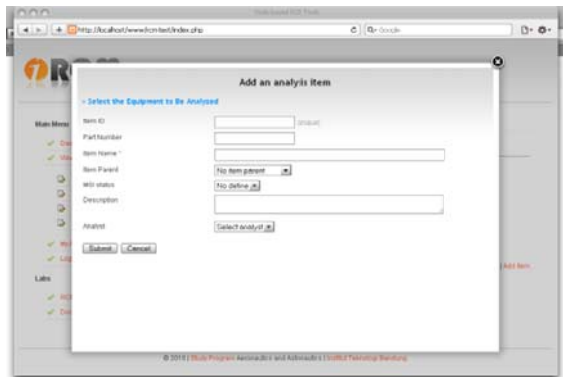


aplikasi web harus dapat menyajikan antarmuka yang sederhana, intuitif, dan responsif. Tiga hal tersebut menjadi fokus dalam perancangan aplikasi RCM berbasis web ini dengan tetap memperhatikan fungsionalitas aplikasi itu sendiri.

Aplikasi web pada dasarnya adalah antarmuka yang menghubungkan pemakai dan basis data. Interaksi antara pemakai dan basis data meliputi 3 aktivitas berikut ini.

- Memasukkan data ke basis data.
- Memanipulasi data dalam basis data.
- Melihat data dalam basis data.

Untuk memasukkan data ke basis data, antarmukanya adalah form dengan tombol submit untuk mengirim data sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Form untuk memasukkan data ke basis data

Pada Gambar 4, antarmuka dirancang dengan form isian ditampilkan dalam jendela pop-up dengan teknologi web AJAX (*Asynchronous JavaScript and XML*) dan jQuery (suatu javascript library). Secara tradisional, setiap skrip dalam bahasa PHP akan dieksekusi ketika halaman yang memuat skrip tersebut diakses atau dibuka dengan browser. Dengan AJAX memungkinkan untuk mengeksekusi suatu skrip tanpa mengakses file skrip tersebut secara langsung. Jendela *pop-up* yang dibuat dengan AJAX dan jQuery seperti Gambar 4 memberi keuntungan sebagai berikut.

- Tidak perlu berpindah halaman ketika skrip *insert* data ke basis data dieksekusi.
- Jendela *pop-up* dapat langsung ditutup dan kembali ke halaman awal tanpa perlu dimuat ulang.

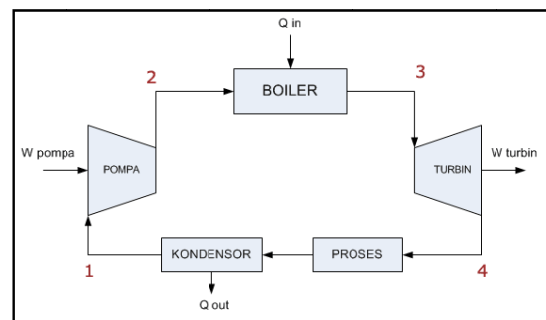
6. Analisis dan Pengujian Aplikasi

Perangkat Pegujian aplikasi dilakukan dengan implementasi RCM pada mesin turbin uap yang keluaran kerja mekaniknya digunakan untuk proses penggilingan di pabrik gula (*steam turbine for mill*). Secara umum analisis RCM untuk mesin turbin uap ini mengacu pada kesimpulan langkah-langkah analisis RCM di atas

(bagian 4).

Turbin uap merupakan peralatan mekanikal yang mengkonversi energi termal dalam uap bertekanan menjadi kerja mekanik yang bermanfaat, dalam hal ini adalah putaran poros turbin. Secara umum, proses pemanfaatan uap pada proses produksi di pabrik gula mengikuti siklus *Rankine*. Gambar 5 menunjukkan proses pemanfaatan uap pada pabrik gula.

Mula-mula air dipompakan menuju ketel uap (*boiler*) untuk kemudian diuapkan. Uap dari ketel lalu dialirkan ke turbin uap. Keluaran dari turbin uap berupa kerja mekanikal dalam bentuk putaran poros digunakan untuk penggilingan setelah melewati roda gigi reduksi. Turbin uap ini adalah tipe *back-pressure*, dimana uap keluaran masih memiliki tekanan dan temperatur tinggi. Uap keluaran dari turbin dimanfaatkan dalam proses produksi gula. Terakhir, uap dikondensasikan dan air dipompakan kembali ke ketel uap.



Gambar 5 Proses pemanfaatan uap

Pengujian aplikasi dilakukan dengan implementasi RCM pada mesin turbin uap untuk penggilingan dengan spesifikasi berikut ini.

- *Model* : SNM HO-163
- *Type* : Horisontal, impuls, *single stage, axial flow*, dan *back pressure* dengan unit roda gigi reduksi.
- *Rated output* : 450 HP
- *Rated speed* : 5026/122
- *Steam inlet pressure* : 15 Kg/cm²G
- *Steam inlet temperature* : 320 OC
- *Exhaust steam pressure* : 0.8 Kg/cm²G
- *Steam consumption* : 5290 Kg/Hr
- *Steam water rate* : 11.76 Kg/HP-Hr

Tabel 1 menunjukkan daftar tugas perawatan hasil analisis RCM pada turbin uap yang telah dikelompokkan berdasarkan interval.

Selain pengujian dengan studi kasus pada mesin turbin uap, pengujian aplikasi iRCM terkait dengan kemudahan penggunaan (*usability test*) juga dilakukan.



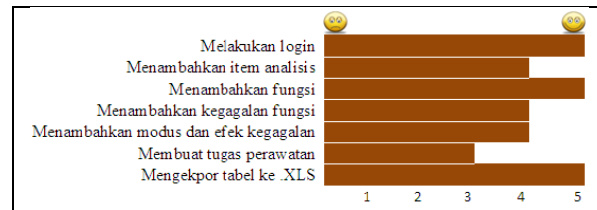
Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah aplikasi ini cukup mudah dan intuitif digunakan oleh pemakai. Tujuan utama dilakukannya pengujian penggunaan adalah diperoleh umpan balik bahwa aplikasi yang dikembangkan secara aktual mudah dan efektif digunakan.

Tabel 1 Daftar beberapa tugas perawatan turbin uap

Frekuensi	Tugas Perawatan
Harian	1. Lakukan pemeriksaan visual kebocoran pelumas. 2. Periksa kondisi/level minyak pelumas.
Mingguan	1. Periksa dan operasikan hand trip, pastikan trip valve beroperasi baik dan tidak berubah posisi saat turbin beroperasi. 2. Periksa (visual) carbon packing untuk memastikan tidak ada kebocoran uap.
Bulanan	1. Periksa dan pastikan bahwa governor berfungsi baik, tidak ada variasi kecepatan pada kondisi beban konstan. 2. Lakukan inspeksi (<i>functional check</i>) memastikan <i>overspeed trip</i> berfungsi baik. 3. Periksa dan pastikan <i>sentinel valve</i> dapat beroperasi baik.
6 Bulanan	1. Periksa kondisi gigi-gigi pada gir dan cek adanya goresan
Tahunan	1. Periksa (<i>visual inspection</i>) kondisi sistem pelumas, minyak pelumas, seal, dan bearing. 2. Inspeksi menyeluruh (misalnya NDT) pada bilah-bilah rotor.

Pengujian penggunaan ini dilakukan dengan memberikan pertanyaan berdasarkan tugas atau instruksi yang diberikan kepada pengguna. Umumnya, pertanyaan yang diajukan adalah seberapa mudah pengguna menyelesaikan tugas tersebut atau seberapa intuitif navigasi dan *tasking* dalam aplikasi. Instruksi-instruksi dalam pengujian ini adalah simulasi penggunaan aplikasi ini sesuai prosedur RCM. Tiap menyelesaikan satu instruksi, pengguna diminta menilai seberapa mudah dan intuitif instruksi tersebut dapat dilakukan dalam skala 1 sampai dengan 5.

Gambar 6 menunjukkan hasil *usability test* aplikasi iRCM. Secara umum pengujian ini menunjukkan bahwa aplikasi iRCM cukup mudah (*user friendly*) digunakan. Pengguna juga menyukai antarmuka dengan pop-up box dan adanya fitur ekspor tabel menjadi spreadsheet yang nantinya dapat dibuka dengan aplikasi MS Excel.



Gambar 6 Hasil *usability test* aplikasi iRCM

7. Kesimpulan dan Saran

Perancangan aplikasi RCM berbasis web pada penelitian ini telah berhasil dilakukan. Gambaran umum persyaratan aplikasi RCM berbasis web ini meliputi hal berikut ini.

- Tujuh langkah dasar proses RCM.
- Aplikasi dapat dikembangkan dengan PHP-MySQL.
- Kebutuhan administrasi (tambah, ubah, hapus, lihat) basis data.
- Halaman login untuk autentifikasi pengguna.

Telah diperoleh suatu aplikasi RCM berbasis web yang dapat digunakan untuk membantu proses RCM. Aplikasi ini kemudian disebut iRCM, berupa kumpulan file (skrip) dalam PHP dan basis data dalam MySQL.

Pengujian dengan implementasi RCM pada mesin turbin uap berhasil dilakukan tanpa kendala dan kesalahan pada kode program. Pada pengembangan tahap selanjutnya diharapkan aplikasi dapat digunakan untuk analisis pada level sistem yang lebih banyak.

Hasil pengujian menunjukkan aplikasi RCM berbasis web yang dikembangkan pada penelitian ini mampu mengakomodasi tujuh langkah proses RCM yang ditetapkan. Sedangkan hasil pengujian penggunaan (*usability test*) menunjukkan aplikasi ini cukup mudah digunakan (*user-friendly*).

Meskipun menu bantuan untuk pemilihan tugas perawatan sudah dibuat, tetapi pengguna akan lebih terbantu jika hanya perlu untuk memasukkan data riwayat kegagalan item yang dianalisis. Hal yang sama berlaku untuk penentuan interval perawatan. Ini menjadi saran untuk penyempurnaan perangkat lunak ini berikutnya.

8. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT Nusantara Turbin dan Propulsi, Bandung, yang telah memberikan informasi dan data yang lengkap untuk keperluan pengujian perangkat lunak yang dikembangkan.



9. Daftar Pustaka

- [1] Air Transport Association of America, Inc. 2002. *ATA MSG-3 Revision 2002.1*.
- [2] Anteon Corporation. 2004. NAVAIR Reliability Centered Maintenance Compliance with SAE JA1011.
- [3] August, Jim PE. 1999. *Applied Reliability-Centered Maintenance*. Oklahoma: PennWell.
- [4] Bae, Chulho. 2009. Development of a Web-based RCM system for the driverless Rubber-Tired K-AGT system. *Journal of Mechanical Science and Technology* vol. 23.
- [5] Idris, Muhammad. 2008. Pengembangan Perangkat Lunak Reliability Centered Maintenance dan Implementasi Studi Kasus Pada Sistem Peralatan Penggalan Kapal Keruk. Tugas Akhir. Institut Teknologi Bandung.
- [6] Kadir, Abdul. 2008. Dasar Perancangan dan Implementasi Database Relasional. Yogyakarta; Penerbit ANDI.
- [7] Moris, Paul J. 2005. *Relational Database Design and Implementation for Biodiversity Informatics*. Academy of Natural Science vol. 7. Philadelphia; PhyloInformatics.
- [8] Moubray, John. 1997. *Reliability-centered Maintenance*, Second Edition. New York City, NY : Industrial Press, Inc.
- [9] NASA Guide. 2000. Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment.
- [10] Nowlan, F. Stanley and Howard F. Heap. 1978. *Reliability-Centered Maintenance*.
- [11] Peltokorpi, Mika. 2009. Feasibility Study of Reliability Centered Maintenance Process: Applying RCM II approach to customer feedback in SW development environment. Final Thesis. TAMK University.
- [12] Rausand, Marvin dan Vatn, Jørn. Reliability-Centered Maintenance (RCM).
- [13] Reliability Centered Maintenance, RCM++. 2005. Realisoft.
- [14] Reliability Hot wire. *The RCM Perspective on Maintenance*. <http://www.weibull.com/hotwire/issue71/hottopics71.htm>, diakses 5 November 2009.
- [15] SAE JA1011. 1999. Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes.
- [16] SAE JA1012. 2002. A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard.
- [17] Shlyakhin, P. *Steam Turbine: Design and Theory*. Moscow: Peace Publisher.
- [18] Wikipedia. *Steam Turbine*. http://en.wikipedia.org/wiki/Steam_turbine diakses tanggal 1 Agustus 2010.



