

ANALISIS KUALITATIF TEKNIK *THERMOGRAPHY* INFRA MERAH DALAM RANGKA PEMELIHARAAN SECARA PREDIKTIF PADA POMPA

ARI SATMOKO

*Pusat Teknologi Reaktor dan Keselamatan Nuklir-BATAN
Kawasan Puspitek Serpong, Tangerang 15310, Banten
Telp, 021.7560912, Faks. 7560913*

Abstrak

ANALISIS KUALITATIF TEKNIK *THERMOGRAPHY* INFRA MERAH DALAM RANGKA PEMELIHARAAN SECARA PREDIKTIF PADA POMPA. Setiap instalasi atau fasilitas industri apapun selalu memerlukan pompa. Kegagalan pompa akan dapat berakibat pada berhentinya suatu proses dan bahkan kecelakaan. Dengan demikian, kesinambungan operasi pompa perlu dijaga setiap saat. Padahal seiring dengan waktu, proses degradasi material dapat menyebabkan cacat yang berujung pada menurunnya efisiensi konversi listrik menjadi mekanik. Fenomena ini dibarengi dengan naiknya suhu operasi. Panas disipasi yang berlebihan dapat merusak atau mengakibatkan kegagalan suatu komponen pompa. Untuk menghindari hal tersebut, pemeliharaan pompa harus tepat. Model pemeliharaan prediktif melalui pemantauan suhu dengan inspeksi *thermography* merupakan model pemeliharaan yang tepat. Bahkan evaluasi lanjutan dari hasil *thermography* dapat mengarah pada pemeliharaan proaktif yang dapat memperpanjang umur operasi suatu peralatan. Dari pengalaman inspeksi, terbukti bahwa teknik *thermography* dapat mendeteksi anomali suatu komponen pompa secara dini. Apabila diikuti dengan perbaikan sesegera mungkin, maka kegagalan komponen dapat dicegah.

Kata kunci: thermography, infra merah, pemeliharaan, prediktif, pompa

Abstract

PREDICTIVE MAINTENANCE IN THE ELECTRICITY NETWORK BY USING THE INFRARED THERMOGRAPHY. All industrial installations or facilities always need a pump. A failure in pump can stop the process and even make an accident. The pump should therefore always be maintained in continuous operation. By time, a material degradation process can make a defect which can lead to the decrease of conversion efficiency from electric to mechanical energy. This phenomenon is accompanied by the operating temperature increase. Heat dissipated in excess could destroy the pump components or lead the pump failed. To avoid it, the maintenance of the pump should be appropriate. The predictive maintenance model by monitoring temperature using *thermography* technique is a good model. Even, more detail evaluation can conduct to proactive maintenance that can lengthen the lifetime of the component. From inspection experiences, it is proved that *thermography* can detect early an anomaly of the pump component. If it is followed by necessary repair as soon as possible, the failure of the component can be prevented.

Keywords: thermography, infrared, maintenance, predictive, pump

PENDAHULUAN

Dalam instalasi pembangkit listrik apapun, termasuk nuklir, pompa merupakan komponen yang sangat vital dalam menjaga

kesinambungan operasi. Kegagalan komponen pompa akan berakibat fatal karena dapat menyebabkan terhentinya suatu proses. Bahkan dalam kondisi darurat, kegagalan pompa dapat menyebabkan kecelakaan yang dapat memakan

korban material maupun manusia. Pada komponen pompa, proses degradasi material dapat menyebabkan cacat pada komponen yang berujung pada berkurangnya efisiensi konversi energi listrik menjadi mekanik, menimbulkan gesekan berlebihan, menimbulkan *overheating*, dan menimbulkan vibrasi dinamik yang bermuara pada peningkatan suhu. Pada giliran berikutnya ketika suhu operasi meningkat, maka umur pengoperasian suatu komponen berkurang.

Proses penuaan yang ditandai dengan degradasi material adalah suatu proses yang tidak bisa dihindari, namun masih dapat dikendalikan. Proses degradasi bersifat lamban dalam arti sebelum menjumpai kegagalan, suatu komponen selalu menunjukkan gejala-gejala abnormal. Gejala inilah yang harus dipantau secara periodik melalui teknik pemeliharaan. Strategi pemeliharaan yang berbasis pada pemantauan kondisi suatu peralatan mulai banyak diterapkan. Berbagai kondisi dapat dipantau misalnya vibrasi/getaran, suhu, unjuk kerja, kondisi kimia, dan lain-lain. Salah satu teknik praktis yang akan dibahas dalam makalah ini adalah teknik *thermography* menggunakan kamera infra merah untuk komponen pompa.

Teknik *thermography* telah banyak digunakan pada area listrik^[1,2,3]. Akhir-akhir ini, teknik *thermography* infra merah mulai dikembangkan untuk memantau kondisi suatu peralatan mekanik. Teknik ini didasarkan pada teknik pemantauan suhu suatu permukaan benda dengan menggunakan detektor infra merah. Dengan teknik ini perbedaan suhu sebesar $0,1^{\circ}\text{C}$ dapat dideteksi^[4]. Penggunaan di bidang mekanik khususnya inspeksi pompa masih merupakan area baru. Beberapa temuan ketidak-normalan pompa atau motor telah dilaporkan namun baru dapat mendeteksi fenomena abnormal yang sudah parah. Dalam kondisi ini, meski pengoperasian motor dapat dikoreksi, namun umur motor sudah jauh berkurang. Dalam makalah ini akan dibahas inspeksi *thermography* terhadap pompa untuk mendeteksi keabnormalan operasi pompa secara dini. Dengan demikian kegagalan pompa dapat dicegah jauh sebelum berada dalam kondisi yang parah.

TEORI

Model Pemeliharaan

Kegagalan suatu komponen merupakan akibat dari suatu proses penuaan material yang berjalan dengan waktu. Proses degradasi ini tidak dapat dihindari, namun dapat dikendalikan melalui kegiatan pemeliharaan yang tepat. Dewasa ini dikenal empat model pemeliharaan: *breakdown maintenance*, pemeliharaan preventif, pemeliharaan prediktif dan pemeliharaan proaktif^[2].

Dalam filosofi *breakdown maintenance*, perbaikan dilakukan setelah mengalami kerusakan. Dalam hal ini kegagalan atau kecelakaan sudah telanjur terjadi. Biaya yang diakibatkan cenderung mahal. Sedangkan, pemeliharaan secara preventif mengacu pada penggantian komponen sesuai perkiraan waktu umur. Strategi seperti ini diperkirakan dapat menghemat biaya sekitar 75% dibanding *breakdown maintenance*^[2]. Namun, model pemeliharaan preventif memiliki kelemahan karena tidak melihat kondisi komponen tersebut dalam keadaan bagus atau tidak. Dewasa ini, dikembangkan pemeliharaan secara prediktif yang didasarkan pada pantauan suatu kondisi atau kinerja suatu peralatan. Dengan pantauan secara rutin, kegagalan suatu kondisi dapat terdeteksi secara dini. Pemeliharaan secara prediktif dapat menghemat biaya sekitar 60% dibanding pemeliharaan secara preventif^[2]. Sedangkan pemeliharaan proaktif mengacu pada suatu kegiatan pemeliharaan yang bertujuan mengantisipasi terjadinya kegagalan. Revisi desain ataupun penambahan komponen dalam rangka memperpanjang umur suatu peralatan merupakan salah satu contoh dalam kategori pemeliharaan secara proaktif.

Suhu dan *Thermography*

Suhu merupakan variabel yang paling mudah dipantau. Hampir semua fenomena alam akan mengakibatkan terjadinya perubahan suhu. Pengukuran suhu dapat dilakukan baik secara kontak maupun non-kontak. Sebagian besar pengukuran dengan metode kontak dilakukan dengan menggunakan termometer dan termokopel. Sedangkan pengukuran non-kontak menggunakan sensor infra merah yang semakin banyak dikembangkan dan mulai banyak digunakan.

Pengukuran non-kontak didasarkan pada teori Plank, bahwa semua benda yang bersuhu di atas 0 K memancarkan sinar infra merah^[2,3]. Besarnya intensitas terutama bergantung pada suhu material. Dengan demikian bila intensitas infra merah pada permukaan sebuah benda dapat ditangkap, maka intensitas tersebut dapat dikonversi menjadi suhu. Suhu di permukaan benda ini akan memiliki pola distribusi tertentu. Dengan diketahuinya pola ini, maka fenomena panas yang terjadi di dalam benda tersebut dapat ditelusuri dan diprediksi. Penelusuran fenomena panas ini bersifat kualitatif. Lingkungan sekitar, sifat-sifat permukaan bahan, jenis bahan dan lain-lain turut memberikan kontribusi pada intensitas pancaran infra merah melalui efek pantulan. Pancaran infra merah dari efek pantulan sulit dibedakan dari pancaran infra merah yang dikeluarkan dari dalam material. Akibatnya radiasi infra merah karena pantulan tersebut bersifat *noise* dan sulit dikoreksi secara numerik. Namun efek pantulan dapat diketahui dengan pola distribusi suhu yang bersifat acak.

Dibanding model kontak, pengukuran non-kontak mempunyai keunggulan-keunggulan berupa tidak mengganggu pengoperasian, memonitor dari jarak jauh, akuisisi lebih cepat dan menghasilkan distribusi atau pola panas pada permukaan sebuah benda. Sekarang ini, telah tersedia kamera yang dapat merekam pancaran infra merah dari suatu permukaan benda. Dengan demikian distribusi atau pola suhu pada suatu permukaan benda dapat dimonitor. PTRKN telah memiliki kamera infra merah jenis ini yang memiliki resolusi 320x240 titik^[4].

Dalam makalah ini, topik yang dibahas adalah teknik *thermography*. Dengan teknik ini suatu pemantauan kondisi dilakukan melalui pengukuran panas dengan mengukur suhu absolut ataupun relatif pada bagian tertentu dari sebuah peralatan. Suhu abnormal yang sering disebut dengan istilah titik panas atau *hot spot* mengindikasikan adanya masalah yang sedang berkembang.

ANALISIS KUALITATIF DAN KUANTITATIF THERMOGRAPHY

Dalam teknik *thermography*, terdapat dua tipe teknik analisis yaitu kualitatif dan kuantitatif. Dalam teknik kualitatif, penekanan difokuskan pada kemampuan untuk

mendapatkan gambar panas berkualitas yang digabungkan dengan kemampuan untuk menganalisis informasi panas yang didapat. Sementara teknik kuantitatif memfokuskan pada kemampuan untuk melakukan pengukuran suhu. Dalam makalah ini, teknik yang dibahas adalah teknik kualitatif dengan analisis lebih memfokuskan pada pola distribusi panas yang dihasilkan dari kamera infra merah. Analisis ditekankan pada efek degradasi suhu dan pencarian penyebab adanya degradasi ini. Analisis ini tidak menitikberatkan pada seberapa besar suhu yang terjadi.

Inspeksi *Thermography* Pada Komponen

Mengingat pompa merupakan komponen yang sangat vital dalam suatu instalasi, maka kesinambungannya perlu dijaga setiap saat. Kegagalan suatu komponen pompa akan dapat berakibat pada berhentinya suatu proses. Untuk menghindari hal tersebut, pengoperasian dan pemeliharaan pompa harus tepat.

Model *breakdown maintenance* merupakan pilihan yang harus dihindari. Kegagalan komponen pompa yang berakibat pada terhentinya suatu proses dapat mengakibatkan kerugian berantai seperti terhentinya proses produksi. Pemeliharaan preventif memang dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan. Namun model pemeliharaan ini tidak dapat mendeteksi suatu kesalahan pada waktu desain, konstruksi maupun pengoperasian. Pemeliharaan preventif juga relatif membutuhkan biaya besar. Disinyalir bahwa di Amerika Serikat, banyak pengeluaran-pengeluaran pemeliharaan yang sebenarnya tidak perlu dilakukan^[2]. Para manager berusaha untuk menghemat biaya melalui efisiensi pemeliharaan. Karena berbagai alasan itulah, pemeliharaan prediktif melalui pemantauan kondisi pada berbagai komponen mulai banyak diterapkan. Berawal dari pembelajaran pengalaman operasional, ada kalanya hasil diagnosa pemeliharaan prediktif dapat pula menghasilkan suatu tindakan antisipatif dengan tujuan untuk menghindari permasalahan serupa. Kegiatan ini sudah termasuk pemeliharaan proaktif. Pemeliharaan prediktif yang diikuti dengan pemeliharaan proaktif ini dapat memperpanjang umur operasi suatu komponen yang tentu saja dapat menambah nilai kompetitif.

Termography berlandaskan pada perubahan suhu. Hal ini mudah diaplikasikan dengan membiarkan arus yang mengalir melalui suatu komponen. Dengan demikian, suhu yang terukur bukan suhu ambient, melainkan suhu komponen yang sedang beroperasi. Semakin besar daya yang diterapkan, semakin besar arus yang mengalir dan semakin banyak panas disipasi. Namun, hubungan suhu, tahanan dan beban listrik tidak linier.

Pengamatan *thermography* dengan kamera infra merah pada komponen pompa yang sedang beroperasi menghasilkan sebuah pola suhu pada permukaan sebuah benda. Peralatan yang mengalami penurunan unjuk kerja akan menghasilkan suatu fenomena anomali. Melalui interpretasi tertentu, sumber panas yang menghasilkan pola penyimpangan suhu tersebut dapat ditelusuri. Dengan diketahuinya penyebab penyimpangan suhu sedini mungkin, perbaikan ataupun perawatan suatu komponen dapat dilakukan jauh sebelum komponen tersebut mengalami kegagalan. Dengan demikian kegagalan komponen atau bahkan kecelakaan yang mungkin akan timbul dapat dicegah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PTRKN memiliki kamera infra merah yang dapat merekam pola atau distribusi suhu suatu permukaan. Dengan menggunakan kamera ini, inspeksi *thermography* dilakukan



a. Pola Distribusi Suhu



b. Gambar Visual

Gambar 1. Pompa Dilihat Dari Sisi Depan

Pada gambar infra merah, pola distribusi suhu yang terlihat kelihatan normal. Hal ini terindikasi dijumpainya distribusi yang cenderung merata dan tidak terpusatkan pada suatu area tertentu. Pada bodi bagian bawah terdapat beberapa area warna merah yang menunjukkan suhu tinggi sekitar 82°C. Bila diinterpretasikan dengan gambar visual, area ini merupakan lubang udara pendingin. Suhu tinggi tersebut dipastikan berasal dari kumparan.

terhadap sebuah pompa air yang telah mengalami penurunan kinerja. Pada awal pengoperasian, air keluaran pompa mampu menjangkau ketinggian 7 m. Namun kondisi sekarang hanya mampu menjangkau ketinggian 3 m. Inspeksi *thermography* dilakukan dengan menghidupkan pompa namun tanpa aliran air.

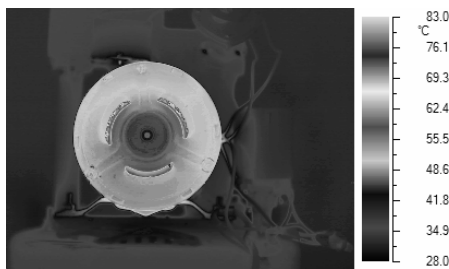
Pompa air merupakan suatu komponen yang digunakan untuk menghisap air dari sisi masukan / *inlet* dan mendorong air melalui keluaran / *outlet*. Air dapat terhisap dan terdorong karena putaran motor yang dilengkapi dengan sudu sehingga fluida akan tertekan secara sentrifugal. Dengan berbagai lekukan geometri, tekanan dalam fluida ini diarahkan pada sebuah keluaran pompa.

Gambar 1 memperlihatkan hasil pemotretan menggunakan kamera infra merah dari sisi depan. Gambar sebelah kiri menampilkan citra infra merah dan sebelah kanan menampilkan citra visual. Pada gambar visual, tabung kuning pada bagian bawah adalah tabung bertekanan. Sedangkan silinder horizontal adalah bodi pompa yang di dalamnya terdapat kumparan untuk membangkitkan medan magnet dan memutar sumbu motor. Sebelah kanan silinder bodi terdapat kipas pendingin kumparan yang disertai dengan tutup bodi. Sedangkan di sebelah kiri merupakan tutup kuning yang di dalamnya terdapat sudu sehingga tercipta gerakan sentrifugal.

Meskipun secara visual, kumparan sama sekali tidak terlihat oleh mata melalui lubang-lubang pendingin, namun kamera infra merah dapat melihat kumparan tersebut.

Meskipun pola distribusi suhu pada bodi cenderung merata dan dapat dianggap wajar, namun suhunya yang berkisar 58°C dapat mengarah pada kondisi *over heating*. Namun kenyataan ini sulit diyakini kebenarannya mengingat belum adanya referensi untuk

menyimpulkan *over heating*. Spesifikasi pompa tidak menyertakan batas suhu yang diijinkan pada bodi. Kesulitan ini sebenarnya dapat diatasi apabila inspeksi dengan kamera infra merah dilakukan secara periodik dan rutin. Bila ini dapat dilakukan, kondisi pompa pada keadaan baru bisa menjadi referensi. Dengan melakukan perbandingan dengan kondisi referensi tersebut kesimpulan normal dan tidak normal suatu pompa dapat disimpulkan dengan lebih mudah.



a. Pola distribusi suhu



b. Gambar visual

Gambar 2. Pompa Dilihat Dari Sisi Kipas Pendingin

Berikutnya adalah pandangan pompa dari sisi tutup kuning (Gambar 3). Tutup ini dibuat dengan berbagai lekukan sehingga ketika sudu di dalamnya berputar, gaya sentrifugal pada fluida mendorong air keluar melalui lekukan-lekukan tersebut. Lekukan-lekukan tersebut terlihat jelas dalam gambar infra merah. Namun meski lekukan tersebut berwarna lebih terang, bukan berarti titik-titik tersebut bersuhu lebih tinggi. Pada titik-titik

tersebut intensitas infra merah lebih tinggi karena adanya pantulan radiasi infra merah dari lingkungan di sekitarnya. Hal ini disebabkan karena geometri lekukan yang bervariasi dari 0° hingga 90° dan secara otomatis memberikan efek pantul dari radiasi di sekelilingnya. Dalam hal ini radiasi infra merah yang ditangkap oleh kamera tidak murni berasal dari suhu material namun karena adanya pantulan dari kondisi di sekelilingnya yang bersifat noise.



a. Pola Distribusi Suhu



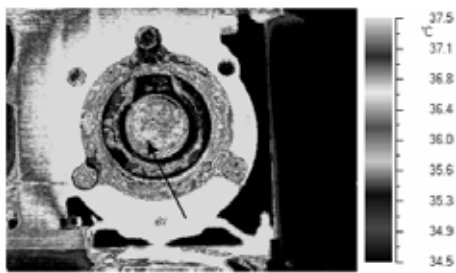
b. Gambar Visual

Gambar 3. Motor Pompa Dilihat Dari Sisi Tutup Kuningan

Pada sisi tutup kuning dalam tampilan rentang suhu antara 27,5° C hingga 47,5° C ini, distribusi suhu cenderung merata dan kelihatannya seperti normal. Evaluasi difokuskan pada tutup kuning tersebut. Ini dapat dilakukan dengan mengatur suhu minimum dan maksimum pada tampilan. Gambar 4 merupakan olahan dari gambar sebelumnya namun dengan memfokuskan

distribusi suhu suhu hanya antara 34,5°C dan 37,5°C. Warna hitam merupakan area bersuhu di bawah 34,5°C dan warna putih bersuhu di atas 37,5°C. Pada rentang ini terlihat adanya semacam cincin suhu (lihat anak panah) berwarna merah dikelilingi kuning. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat sumber panas di titik tersebut. Sumber panas berbentuk lingkaran mengindikasikan bahwa sumber

tersebut berputar. Dapat dipastikan bahwa yang menjadi sumber panas adalah gesekan antara sumbu motor pompa dan tutup kuningan. Dugaan ini dapat diprediksi dengan tentu saja melihat komponen-komponen pompa dari gambar desain. Gesekan inilah yang menyebabkan adanya cincin atau lingkaran suhu. Gesekan ini juga mengakibatkan tidak sempurnanya energi listrik dirubah menjadi energi gerak. Hal ini dapat mengakibatkan panas yang berlebihan pada kumparan yang kemudian dihantarkan ke bodi pompa. Kondisi ini menerangkan kenapa pada Gambar 1 terlintas adanya dugaan panas yang berlebih. Namun demikian, dugaan ini belum dapat diyakini kebenarannya karena tidak adanya referensi sebagai pembanding. Namun justru dari pengalaman inspeksi menggunakan kamera infra merah secara periodik dapat dikembangkan evaluasi terhadap kondisi suatu peralatan.



Gambar 4. Pola Distribusi Suhu Antara 34,5° dan 37,5° C

Inspeksi *thermography* infra merah berakhir dengan hanya memberikan dugaan adanya indikasi tidak normal. Dalam kasus di atas, inspeksi *thermography* telah memberikan indikasi adanya gesekan antara sumbu motor pompa dan tutup kuningan. Indikasi ini mestinya ditindaklanjuti dengan inspeksi lain untuk memastikan kebenaran hasil dugaan teknik *thermography*, misalnya dengan pembongkaran dan bila perlu diteruskan dengan perbaikan.

Dari kasus di atas terlihat bahwa teknik *thermography* dapat mendeteksi anomali suatu proses secara dini. Dalam hal ini, pompa masih dapat bekerja namun telah mengalami penurunan kinerja. Apabila dibiarkan, anomali ini akan berkembang menjadi kegagalan operasi. Dengan ditemukannya anomali secara dini maka perbaikan dapat segera dilakukan dan

sekaligus menghindari kegagalan komponen yang dapat mengarah pada kecelakaan.

Apabila indikasi adanya kondisi abnormal tidak ditindaklanjuti, komponen-komponen yang mengalami titik panas mempunyai probabilitas tinggi untuk mengalami kegagalan. Semakin sering frekuensi inspeksi *thermography* dilakukan semakin dini kerusakan yang ada terdeteksi. Kamera infra merah mempunyai kemampuan mendeteksi perbedaan suhu hingga 0,1°C, dengan demikian banyak fenomena anomali yang dapat terdeteksi.

KESIMPULAN

Mengingat pompa merupakan komponen yang sangat vital, maka kesinambungan operasinya perlu dijaga setiap saat. Kegagalan suatu komponen pompa akan dapat berakibat pada berhentinya suatu proses atau bahkan kecelakaan. Untuk menghindari hal tersebut, pengoperasian dan pemeliharaan pompa harus tepat. Model pemeliharaan prediktif dengan memantau suhu melalui inspeksi *thermography* merupakan model pemeliharaan yang tepat. Dari pengalaman inspeksi, terbukti bahwa teknik *thermography* dapat mendeteksi anomali suatu komponen pompa secara dini ketika masih beroperasi. Apabila diikuti dengan perbaikan sesegera mungkin, maka kegagalan komponen dapat dicegah. Hal ini akan dapat menjaga kesinambungan suatu proses instalasi setiap saat..

DAFTAR PUSTAKA

1. ARI SATMOKO, 2007, "Pemeliharaan Prediktif Pada Jaringan Listrik Dengan *Thermography* Infra Merah", makalah dipresentasikan pada Seminar STTN Yogyakarta.
2. INSTITUTE OF INFRARED THERMOGRAPHY, 2006, "Infrared *Thermography* Certification Course Level 1", Semarang, September 3rd- 6th.
3. XAVIER P.V. MALDAGUE, PATRICK O. MOORE, 2001, "Nondestructive Testing Handbook Volume 3: Infrared and Thermal Testing", American Society for Nondestructive Testing, Third Edition, Columbus.
4. NEC SAN-EI INSTRUMENTS, TH9100 manual operation, NEC