



Karakteristik Penyebaran Panas Menggunakan Metode Termografi pada Pompa Sentrifugal Tingkat Tunggal

Prasetyo^{a)}, Gia Arya Putra, dan Parno Raharjo^{b)}

Program Studi Teknik, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir
Ds. Ciwaruga Bandung 40559, Indonesia

E-mail: ^{a)} prasetyo@polban.ac.id

^{b)} parno_raharjo@polban.ac.id

Received : 3 April 2022 Revision : 11 April 2022 Accepted: 25 Juni 2022

Abstrak: Pompa sentrifugal di industri merupakan mesin yang memiliki tingkat kritis tinggi, maka perlu dilakukan penerapan pemeliharaan prediktif disamping pemeliharaan berkala agar kerusakan dapat diketahui sedini mungkin dan kerusakan lebih jauh dapat dicegah. Salah satu teknik pemeliharaan prediktif yang dapat diterapkan adalah inspeksi penyebaran panas atau termografi. Namun, Penerapan termografi untuk keperluan monitoring kondisi mesin khususnya untuk pompa sentrifugal tingkat tunggal masih kurang, sehingga diperlukan kajian lebih lanjut. Pengujian termografi ini dilakukan pada pompa sentrifugal dengan beban tetap yaitu katup tekan terbuka penuh dan lama operasi pada instalasi sirkulasi tertutup. Percobaan dilakukan selama 120 menit dengan pemindaian pertama dilakukan pada waktu operasi 30 menit, selanjutnya pemindaian dilakukan pada operasi 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, dan terakhir 120 menit. Titik titik pemindaianya yaitu *Motor Body* (MB), *Bearing Motor Drive End* (BMDE), *Coupling* (CPL), *Bearing Pump* (BPUM dan *Pump Body* (PB).

Hasil dari pengujian termografi menunjukkan bahwa kenaikan temperatur secara umum naik secara signifikan. Kenaikan temperatur tertinggi paling cepat terjadi pada bagian *Pump Body* (PB). Panas tertinggi mencapai 52,4°C, dengan perubahan panas dari 36,8°C sampai 52,4°C dalam interval waktu 30-120 menit, serta pada kondisi ini operasi pompa masih dalam kondisi optimal.

Kata kunci: Pemeliharaan prediktif, termografi, penyebaran panas, pemindaian.

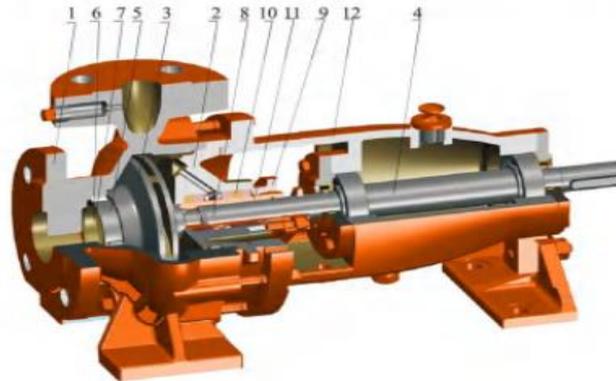
Abstract : *Industrial Centrifugal pump is a machines that have a high critical level, it is necessary to implement predictive maintenance in addition to periodic maintenance so that damage can be detected as early as possible and further damage can be prevented. One of the predictive maintenance techniques that can be applied is heat spread inspection or thermography. However, the application of thermography for the purpose of monitoring engine conditions, especially for single-stage centrifugal pumps is still lacking, so further studies are needed. This thermography test was carried out on a centrifugal pump with a fixed load, i.e. the pressure valve was fully open and the duration of operation was in a closed circulation installation. The experiment was carried out for 120 minutes with the first scan performed at 30 minutes of operation, then scans were performed at 45 minutes, 60 minutes, 75 minutes, 90 minutes, 105 minutes, and lastly 120 minutes. The scanning points are Motor Body (MB), Bearing Motor Drive End (BMDE), Coupling (CPL), Bearing Pump (BPUM), Shaft of Pump (SPUM) and Pump Body (PB).*

The results of the thermography test showed that the increase in temperature in general increased significantly. The fastest increase in temperature occurs in the Pump Body (PB). The highest heat reaches 52.4°C, with heat changes from 36.8°C to 52.4°C in intervals of 30-120 minutes, and in this condition the pump operation is still optimum.

Keywords : *Predictive maintenance, thermography, heat spread, scanning.*

PENDAHULUAN

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang berfungsi untuk mengalirkan cairan dari suatu tempat ke tempat lainnya melalui suatu media perpipaan dengan menambahkan energi pada cairan dan berlangsung secara terus menerus. Pompa Sentrifugal tunggal terdiri dari beberapa komponen, *Casing (1)*, *pump cover (2)*, *impeller (3)*, *Shaft (4)*, *seal ring (5)*, *impeller nut (6)*, *washer (7)*, *shaft sleeve (8)*, *packing gland (9)*, *packing ring (10)*, *packing (11)*, *suspension frame bearing part (12)* dan *Bearing (bantalan)*.



Gambar 1. Komponen pompa sentrifugal [1]

Panas yang terjadi pada instalasi pompa dapat terjadi karena gesekan pada *bearing* yaitu pada saat *bearing* mulai berputar terjadi gesekan antara *ball/roller bearing* dengan *inner ring* dan *outer ring* pada *bearing* sehingga menimbulkan panas pada *bearing* tersebut [2].

Misalignment yang terjadi pada kopling dapat menimbulkan getaran berlebih dan memicu terjadinya gesekan pada kopling sehingga menimbulkan panas [3].

Motor listrik bergerak dengan cara memanfaatkan *electromagnetic force* yang dihasilkan stator untuk menggerakkan rotor. *Electromagnetic force* ini menimbulkan panas.

Pemeliharaan prediktif (*Predictive maintenance*) adalah suatu sistem pemeliharaan pada suatu mesin yang dilakukan setelah kondisi mesin diinspeksi/dimonitor. Inspeksi penyebaran panas dengan termografi adalah salah satu teknik *predictive maintenance* selain inspeksi kinerja, inspeksi vibrasi/noise, inspeksi geometris, inspeksi NDT dan inspeksi pelumas [4].

Termografi adalah suatu sistem pemeriksaan NDT (*Non Destructive Test*) dengan menggunakan Kamera Inframerah untuk memeriksa peralatan listrik (*Electrical*), dan mekanik (*Mechanical*) pada pabrik-pabrik, industri pertambangan, gedung bertingkat, super mall, rumah sakit, bandara, pelabuhan, dan fasilitas umum lainnya. Dengan memonitor temperatur / temperatur pada saat peralatan beroperasi kemudian dibandingkan dengan temperatur operasi normalnya, maka akan dapat dianalisa/dideteksi ada tidaknya penyimpangan (*overheating*) yang umumnya merupakan gejala awal suatu kerusakan peralatan. [5].

Walaupun teknik monitoring untuk keperluan monitoring kondisi suatu mesin, namun sudah ada beberapa yang mengaplikasikannya.

Ari Satmoko melakukan analisis kualitatif teknik termografi infra merah dalam rangka pemeliharaan secara prediktif pada pompa. Analisis dilakukan dengan menghidupkan pompa tanpa aliran air. Dalam analisis ini bertujuan untuk mendeteksi anomali pada komponen pompa yang menyebabkan turunnya kinerja pompa dengan cara melihat pola distribusi panas pada motor pompa dari berbagai titik pengukuran. Pada hasil akhir analisis ini diduga bahwa penyebab turunnya kinerja pompa adalah terjadinya gesekan antara poros motor dengan tutup kuning pada motor pompa yang menimbulkan panas yang berlebihan. [6].

Andhi Kusmanto dan Sri Sukamta melakukan pemeriksaan kondisi peralatan mekanikal dan elektrikal gedung menggunakan metode infrared thermography. Pemeriksaan kondisi peralatan mekanikal dan elektrikal gedung dilakukan dengan variabel objek pemeriksaan yaitu terminasi trafo, fuse, terminasi kabel panel cabang, MCCB panel SDP, MCCB panel AC, kabel penerangan, dan fuse panel utama. Pemeriksaan dilakukan dalam keadaan objek beroperasi. Temperatur hasil pemeriksaan dibandingkan dengan temperatur referensi dari pabrikan, sehingga dapat terlihat kenaikan temperatur yang terjadi pada objek yang diperiksa [5].

Agung Yudhistira Hidayat, Achmad Widodo, dan Gunawan Dwi Haryadi melakukan penelitian untuk mendiagnosis kesehatan bearing pada pompa sentrifugal dengan menggunakan metode K – Mean untuk gambar Termografi dan *signal analysis vibrations*. Penelitian ini berfokus pada pemrosesan gambar termografi berdasarkan segmentasi warna K-Mean yang akan menghasilkan fitur kondisi normal dan abnormal. Diagnosis kesehatan bearing dengan memproses gambar digital, pengelompokan gambar, segmentasi dan ekstraksi.

Ekstraksi pola gambar dilakukan dengan menghitung area titik panas dan kondisi warna dengan fitur ruang warna RGB dan segmentasi kontur aktif untuk memproses dan membedakan antara gambar bantalan normal dan abnormal dengan teknik statistik. Parameter yang dapat digunakan sebagai referensi untuk mengklasifikasikan kondisi adalah standar deviasi, Mean, Variance, Skewness, Kurtosis, Getaran (RMS) dan *fitur Shape* (area). Langkah terakhir adalah menentukan kondisi batas antara normal dan abnormal menggunakan metode logika statistik. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa *bearing* pada pompa sentrifugal dapat dikategorikan abnormal jika $RMS > 7,17$ mm/s, standar deviasi $\geq 317,48$, Mean $\leq 204,73$, Var $\geq 33.734,32$, Skewness ≤ 3 dan Kurtosis $\leq -2,53$ [7].

Imroatus Solihah, Hendro Agus Widodo, dan Rona Riantini melakukan *Infrared thermography test* pada panel di area produksi 1 perusahaan manufacturing kemasan plastic. Pengujian dilakukan pada komponen kontaktor panel listrik. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan antara temperatur hasil pengujian dengan *Standart for Infrared Inspection of Electrical System and Rotating Equipment*, setelah itu akan dilihat selisih temperaturnya untuk menentukan skala prioritas tindakan perawatan [8].

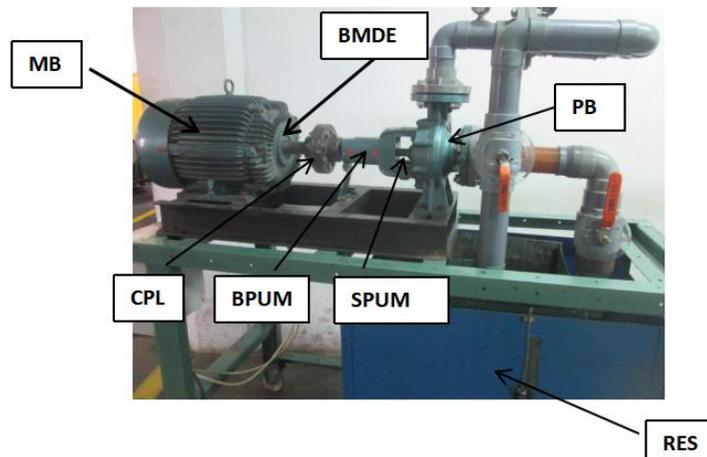
Pengujian termografi pada pompa sentrifugal tingkat pada instalasi sirkulasi tertutup dengan variasi perubahan beban dan lama operasi belum disampaikan, oleh karena itu pembahasan ini disampaikan

Setiap mesin memiliki batas temperaturnya masing-masing, menurut EPRI (*Electric Power Research Institute*), kenaikan temperatur $<5^{\circ}\text{C}$ dikategorikan norma, kenaikan $5^{\circ}\text{C}-10^{\circ}\text{C}$ dikategorikan rendah (*low*), kenaikan $11^{\circ}\text{C}-20^{\circ}\text{C}$ dikategorikan menengah (*medium*), kenaikan $21^{\circ}\text{C}-40^{\circ}\text{C}$ dikategorikan tinggi (*high*) dan $>40^{\circ}\text{C}$ dikategorikan kritis (*critical*) [9].

METODOLOGI

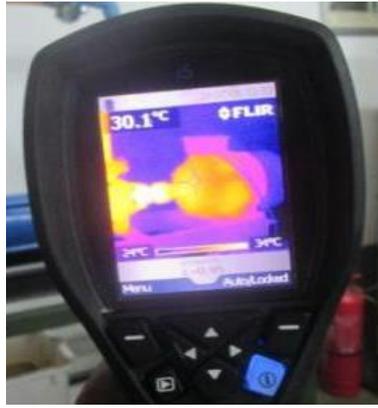
Objek yang digunakan dalam pengujian termografi adalah pompa sentrifugal tingkat tunggal. Yang memiliki daya 7.5 kWatt, putaran 2950 rpm, debit $1,25$ m³/menit dan head 35 m serta dihubungkan dengan kopling.

Pengujian dilakukan dengan 5 variasi beban dengan mengatur tekanan tekan dan putaran motor tetap. Variasi beban dilakukan dengan cara mengatur tekanan tekan. Percobaan dilakukan selama 120 menit dengan pemindaian pertama dilakukan pada waktu operasi 30 menit, selanjutnya pada operasi 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, dan terakhir 120 menit. Titik titik pemindaianya yaitu *Motor Body* (MB), *Bearing Motor Drive End* (BMDE), *Coupling* (CPL), *Bearing Pump* (BPUM), dan *Pump Body* (PB). Titik pemindaianya ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. Titik-titik pemindaian

Pengujian termografi dilakukan dengan menggunakan Flir I5 – *Compact Infrared Camera* dengan kualitas gambar 100 x 100 pixel, bidang *View* : $21^{\circ}(\text{H}) \times 21^{\circ}(\text{V})$, sensitivitas thermal $0,10^{\circ}\text{C}$ dengan temperatur *range* - 4 F sampai 482F (-20°C sampai 250°C), ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 3. Experimental setup

Metode analisa yang digunakan yaitu analisis deskriptif dan analisis kecenderungan (*trending*). Analisis deskriptif suatu metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek yang diteliti melalui data atau sampel yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum [10]

Analisis kecenderungan (*trending*) yaitu analisis yang digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh perubahan nilai *variable dependen*, bila nilai *variable independen* diubah ubah [10]

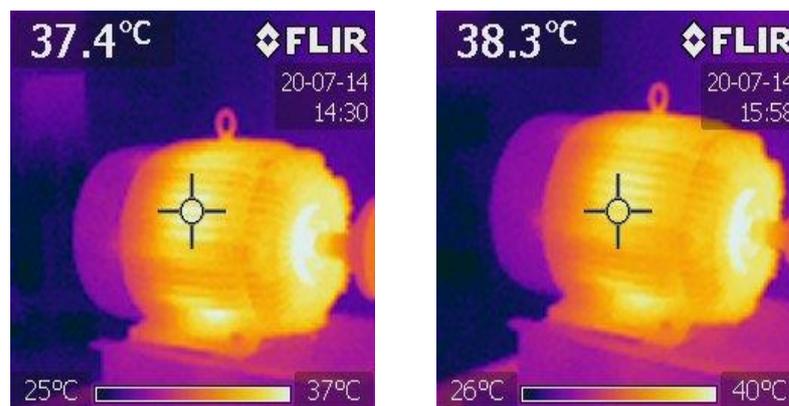
Aplikasi penerapan termografi pernah dilakukan oleh Ali Mahmudi dan kawan kawan pada kotak transmisi roda gigi helix HD 58. Dari hasil penelitian tersebut telah dianalisis bahwa inspeksi termografi menunjukkan terjadi korelasi antara waktu operasi dengan kenaikan temperatur pada instalasi sistem transmisi roda gigi, temperatur tinggi terjadi pada badan motor listrik, diikuti pada bantalan motor listrik sisi penggerak, kopling, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, bantalan pada kotak roda gigi sisi non penggerak dan badan kotak roda gigi, Penyebaran panasnya tertinggi terjadi pada bodi motor kemudian, bantalan motor sisi penggerak, kopling, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, badan kotak roda gigi dan bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak [11].

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil pengujian termografi pompa sentrifugal tingkat tunggal pada katub terbuka penuh

Pengujian termografi pada pompa sentrifugal tingkat tunggal dilakukan pada beban tetap, putaran tetap dengan variasi jam operasi pompa. Pengujian dilakukan pada tekanan isap tetap, tekanan tekan terbuka penuh, pada putaran 2980 rpm, lama operasi 120 menit dengan pemindaian pertama dilakukan pada waktu operasi 30 menit, selanjutnya dilakukan pemindaian setiap interval waktu 15 menit, yaitu pada operasi 45 menit, 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, dan terakhir 120 menit. Titik titik pemindaianya yaitu *Motor Body* (MB), *Bearing Motor Drive End* (BMDE), *Coupling* (CPL), *Bearing Pump* (BPUM) dan *Pump Body* (PB).

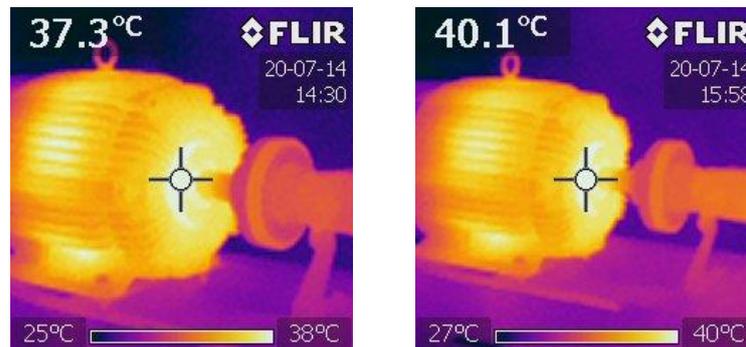
Hasil pemindaian *Motor Body* (MB) pertama dan akhir pengujian ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 4. Hasil pemindaian *Motor Body* operasi pada 30 dan 120 menit

Gambar di atas menunjukkan bahwa rentang temperatur *Motor Body* (MB) dari 37,4°C sampai 38,3°C sehingga terjadi kenaikan temperatur sebesar 2,4 % antara temperatur awal dengan temperatur akhir.

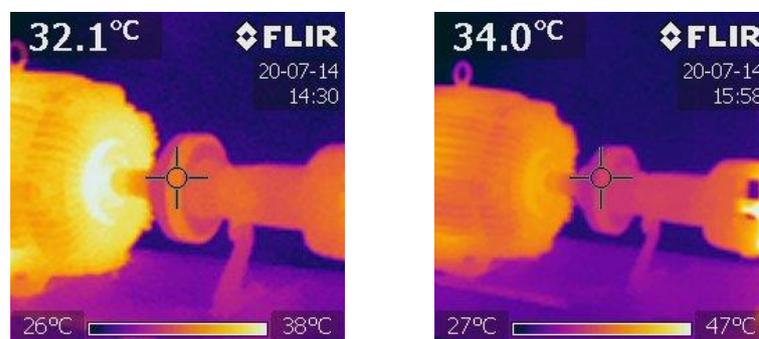
Hasil pemindaian *Bearing Motor Drive End* (BMDE) pertama dan akhir pengujian ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 5. Hasil pemindaian pada *Bearing Motor Drive End* pada 30 dan 120 menit

Gambar di atas menunjukkan rentang temperatur *Bearing Motor Drive End* (BMDE) dari 37,3°C sampai 40,1°C sehingga terjadi kenaikan temperatur sebesar 7,5 % antara temperatur awal dengan temperatur akhir.

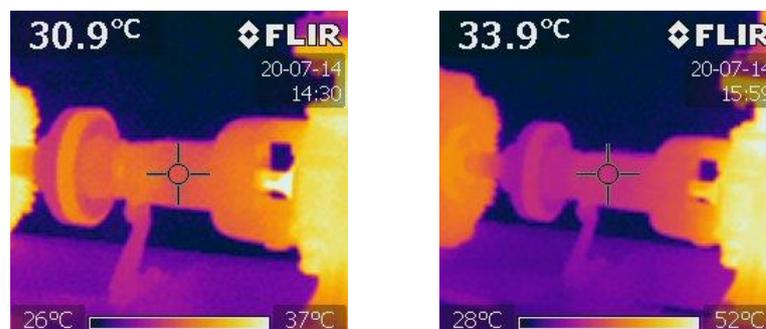
Hasil pemindaian *Coupling* (CPL) pertama dan akhir pengujian ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 6. Hasil pemindaian pada *Coupling* operasi pada 30 dan 120 menit

Gambar di atas menunjukkan rentang temperatur *Coupling* (CPL) dari 32,1°C sampai 34,0°C sehingga terjadi kenaikan temperatur sebesar 5,9 % antara temperatur awal dengan temperatur akhir.

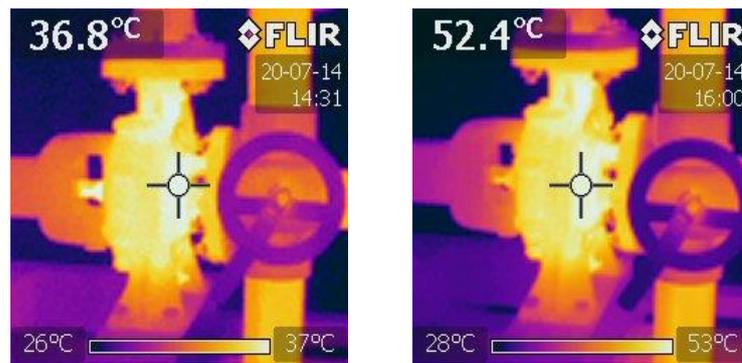
Hasil pemindaian *Bearing Pump* (BPUM) pertama dan akhir pengujian ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 7. Hasil pemindaian pada *Bearing Pump* operasi pada 30 dan 120 menit

Dari Gambar di atas menunjukkan bahwa rentang temperatur *Bearing Pump* (BPUM) dari 30,9°C sampai 33,9°C sehingga terjadi kenaikan temperatur sebesar 9,7% antara temperatur awal dengan temperatur akhir.

Hasil pemindaian *Pump Body* (PB) pertama dan akhir pengujian ditunjukkan seperti gambar berikut.

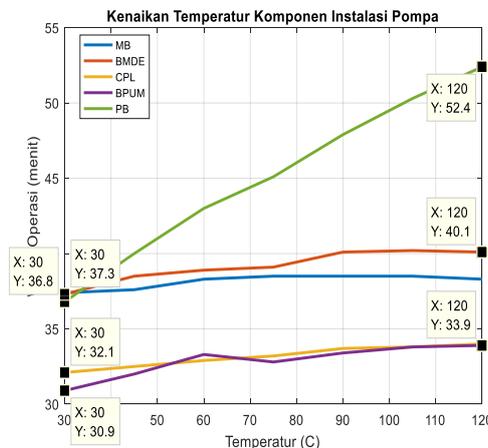


Gambar 8. Hasil pemindaian pada *Pump Body* (PB) operasi pada 30 dan 120 menit

Dari gambar di atas menunjukkan bahwa rentang temperatur *Pump Body* (PB) dari 36,8°C sampai 52,4°C sehingga terjadi kenaikan temperatur sebesar 42,3% antara temperatur awal dengan temperatur akhir.

2. Trending perubahan temperatur yang dioperasikan pada katub buka penuh

Trending perubahan temperatur pada setiap titik pemindaian pertama dalam interval waktu 30-120 menit ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 9. Trending perubahan temperatur pada setiap titik pemindaian operasi pada 30 dan 120 menit

Pada grafik gabungan dianalisis dan disimpulkan: Bentuk trend secara umum naik secara signifikan. Panas tertinggi terjadi pada bagian *Pump Body* (PB), yaitu mencapai 52,4°C. Bagian yang mengalami perubahan panas paling cepat yaitu bagian *Pump Body* (PB), dengan perubahan panas dari 36,8°C sampai 52,4°C dalam interval waktu 30-120 menit.

3. Keterkaitan hasil pemindaian

Dari hasil pemindaian dengan kondisi bukaan katup tekan secara penuh dan pengukuran pada rentan waktu 30-120 menit, menunjukkan dengan adanya penambahan waktu operasi pompa, maka terjadi peningkatan temperatur pada setiap titik pemindaian. Penambahan durasi waktu operasi pompa mengakibatkan bertambahnya waktu terjadinya gesekan pada komponen elemen menggelinding pada *Bearing Pump* (BPUM), *Bearing Motor Drive End* (BMDE) yang mengakibatkan kenaikan temperatur pada titik pengukuran tersebut, serta mempengaruhi kenaikan temperatur pada titik pengukuran *Pump Body* (PB), *Coupling* (CPL), *Motor Body* (MB).

KESIMPULAN

Hasil pengujian termografi dalam interval 30-120 menit operasi menunjukkan bahwa bentuk trend secara umum naik secara signifikan. Kenaikan temperatur tertinggi paling cepat terjadi pada bagian *Pump Body* (PB). Panas tertinggi mencapai 52,4°C, dengan perubahan panas dari 36,8°C sampai 52,4°C dalam interval waktu 30-120 menit. Dari pengujian termografi yang dilakukan selama durasi maksimum 120 menit dengan beban bukaan

katup terbuka penuh, didapatkan kondisi operasi pompa masih dalam kondisi optimal dengan pengukuran temperatur tertinggi pada 52,4°C.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu serta Jurusan Teknik Mesin yang sudah memberikan kesempatan dalam pengembangan diri khususnya dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gorrif Pump, 2020, Gorrif Pump Solution, Pudong, Shanghai.
- [2] Li, Junning, Xue, Jiafan, Ma, Ziantao, 2018, Study on the Thermal Distribution Characteristics of High-Speed and Light Load Rolling Bearing Considering Skidding.
- [3] El-Gazzar, Dalia,M, Mofreh ,A ,Hashim, 2018, Vibration Analysis and Infrared Thermography Technique For Evaluating Misalignment Problem.
- [4] Raharjo, P., 2014, Teknik Pemeliharaan Mesin, Teknik Monitoring Kondisi Mesin, UPT Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- [5] Kusmanto, A dan Sri Sukamta, 2013, Pemeriksaan Kondisi Peralatan Mekanikal dan Elektrikal Gedung Menggunakan Metode Infrared Thermography, Jurnal Teknik Elektro, Vol. 5, No. 1.
- [6] Satmoko, A, 2008, Analisis Kualitatif Teknik Thermography Infra Merah Dalam Rangka Pemeliharaan Secara Prediktif Pada Pompa, Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, Yogyakarta.
- [7] Hidayat, Agung Yudhistira., Achmad Widodo., dan Gunawan D. H, 2018, Fault Diagnostic System Bearing Centrifugal Pump Using K – Means Method For Thermography Image And Signal Analysis Vibrations.
- [8] Solihah, I., Hendro A.W., dan Rona Riantini, 2018, Infrared Thermography Test pada Panel di Area Produksi 1 Perusahaan Manufacturing Kemasan Plastik, Proceeding 2nd Conference on Safety Engineering and Its Applications.
- [9] EPRI, 2003, Standard of Thermography Inspection.
- [10] Sugiyono, 2007, Statistika Untuk Penelitian, CV Alfabeta, Bandung.
- [11] Mahmudi, A., Raharjo, P., 2020, Inspeksi Penyebaran Panas pada Sistem Transmisi Roda Gigi dengan Termografi, ROTASI, Vol. 22 No. 2 (April 2020), Universitas Diponegoro, Semarang.