

Karakteristik Penyebaran Panas pada Sistem Transmisi Roda Gigi dengan Termografi

Ali Mahmudi*, Parno Raharjo

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jln. Gegerkalong Hilir, Ds Ciwaruga Bandung 40012 Kotak Pos 1234

*E-mail: alimahmudi@polban.ac.id

Abstract

Heat distribution monitoring (thermography) is one a predictive maintenance technique that can be used to determine the condition of the machine. Thermography has been widely applied, but generally for the thermal engines and heat exchangers purposes. Thermography for condition monitoring purposes of the rotating equipment including the gear transmission system are still small. Therefore further studies and research are required. The object of research is a gear transmission system that driven by an electric motor. Measurement and data collection is done by using an infrared camera to scan the heat distribution on the main components of the gear transmission system for 120 minutes operation under a load, viscosity of the lubricant and a rotation constant. Data is collected every 15 minutes after the first 30 minutes operation. The descriptive analysis and trending analysis are used in the analysis. The test results indicate that there is a significant temperature increasing on the main components of the gear transmission system. The highest temperature occurs on the driving motor body then followed by on the clutch, drive end motor bearings, drive end gearbox bearings, non drive end gear box bearings, and on the gear box body.

Keywords: *heat distribution, predictive maintenance, thermography, descriptive and trending analysis, infrared.*

Abstrak

Monitoring penyebaran panas (termografi) merupakan salah satu teknik pemeliharaan prediktif yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi mesin. Termografi umumnya digunakan untuk keperluan mesin termal dan penukar panas. Informasi termografi yang digunakan untuk keperluan monitoring kondisi mesin rotasi termasuk sistem transmisi roda gigi adalah sedikit. Oleh karena itu, kajian dan penelitian yang lebih lanjut tentang termografi diperlukan untuk monitoring. Obyek penelitian adalah sistem transmisi roda gigi yang digerakkan oleh motor listrik. Pengukuran dan pengambilan data dilakukan dengan menggunakan kamera infra merah untuk memindai penyebaran panas pada komponen utama sistem transmisi roda gigi yang dioperasikan dalam waktu 120 menit dengan viskositas pelumas dan putaran tetap. Pengambilan data dilakukan setiap 15 menit setelah dioperasikan 30 menit pertama. Analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif dan analisis kecenderungan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terjadi kenaikan temperatur yang signifikan pada komponen utama sistem transmisi roda gigi. Kenaikan temperatur tertinggi terjadi pada badan motor penggerak kemudian diikuti oleh kopling, bantalan motor sisi penggerak, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak, dan badan kotak roda gigi.

Kata kunci: *penyebaran panas, pemeliharaan prediktif, termografi, analisis deskriptif dan kecenderungan, infra merah.*

1. Pendahuluan

Monitoring penyebaran panas atau termografi merupakan salah satu teknik pemeliharaan prediktif yang dapat digunakan untuk menentukan kondisi mesin. Penyebaran panas pada mesin yang tidak biasa menunjukkan adanya gangguan pada mesin tersebut. *Monitoring* penyebaran panas untuk mesin termal dan penukar panas sudah sering diaplikasikan, sedangkan *monitoring* penyebaran panas untuk menentukan kondisi mesin rotasi termasuk transmisi roda gigi adalah sangat jarang. Oleh karena itu, diperlukan pengkajian yang lebih detail. *Monitoring* penyebaran panas dapat dilakukan secara *off line*. *Monitoring* penyebaran panas secara *off line* dilakukan secara serentak dengan cara memindai (*scanning*) pada permukaan mesin dengan alat termografi khusus. *Hot spot* atau titik penyebaran panas yang tinggi dapat dideteksi menggunakan *thermocam* dan dapat ditentukan penyebab panas yang terjadi sehingga dapat ditentukan jenis

kerusakan mesinnya. Tujuan dari penelitian adalah menentukan sumber kerusakan mesin dengan menggunakan termografi.

Inspeksi penyebaran panas atau termografi merupakan teknik pemeliharaan prediktif yang bertujuan untuk menentukan kondisi mesin atau peralatan dengan cara memeriksa atau memonitor kondisi penyebaran panas yang terjadi pada mesin tersebut. Inspeksi penyebaran panas telah banyak diterapkan untuk mesin termal dan penukar panas, tetapi untuk keperluan inspeksi kondisi mesin rotasi khususnya sistem transmisi roda gigi masih sangat sedikit dan terbatas. Higgs dkk. [1] melakukan investigasi tentang penerapan sistem inspeksi kondisi mesin di industri baik di industri minyak dan gas, manufaktur, tambang, transportasi dan pembangkit tenaga listrik di seluruh penjuru dunia. Hasil kajian mereka menunjukkan bahwa inspeksi vibrasi menduduki tingkat pertama diikuti oleh *oil analysis, infrared thermography, human senses, motor current analysis, dye penetrant, ultrasonic crack detection, magnetic particle detection* dan *acoustic emission*.

Termografi infra merah (*infrared thermography*) telah banyak digunakan di industri, akan tetapi informasinya masih sedikit. Penerapan termografi infra merah dilakukan dengan cara memindai (*scanning*) distribusi panas atau temperatur di permukaan mesin dengan menggunakan *thermocouple*. Termografi adalah teknik *monitoring* kondisi yang mengukur pola radiasi emisi panas dari suatu benda yang berbeda seperti mesin atau peralatan industri atau pabrik. Hal ini diterapkan untuk menentukan peningkatan atau pengurangan luasan emisi panas yang menunjukkan adanya kerusakan alat atau mesin tersebut. Metode ini dapat mendeteksi suatu masalah atau kerusakan pada tingkat dini atau awal, sehingga dapat membantu mencegah kerusakan peralatan atau mesin lebih lanjut. Termografi dapat digunakan untuk mendeteksi gejala kerusakan sistem kelistrikan, peralatan mekanik, badan makhluk hidup, dan infra struktur teknik sipil.

Temperatur menjadi salah satu sifat fisik yang perlu diukur pada setiap proses yang menghasilkan panas. Pengukuran temperatur secara umum dilakukan dengan peralatan kontak langsung seperti *thermometer* dan *thermocouple* yang mana terjadi perpindahan panas konduksi dan konveksi. Sedangkan untuk mengukur panas yang dipindahkan secara radiasi digunakan alat ukur panas *non-contact*. Alat ukur *non-contact* memiliki harga yang lebih mahal, akan tetapi memiliki banyak keuntungan, antara lain *non-intrusive*, dapat digunakan dari jarak jauh, dapat digunakan pada obyek atau target yang bergerak, dan panas listrik. *Infrared cameras* dan *detector* adalah peralatan *non-contact* dan diaplikasikan untuk melihat pada rentang yang luas.

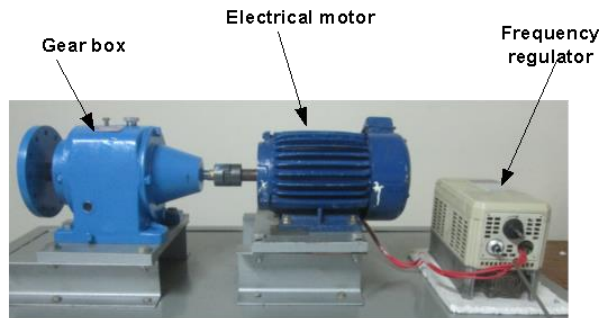
Pada instalasi kelistrikan, panas dapat ditimbulkan oleh ketidaksempurnaan sambungan atau hubungan listrik (*improper faulty electrical contact or connections*). Pada mesin putar, panas dapat ditimbulkan oleh ketidakseimbangan atau kelebihan beban jaringan (*unbalanced or overloaded circuit*) dan keausan bantalan dan kopling (*bearing coupling wear*). Pada konstruksi bangunan, panas dapat timbul karena kerusakan isolasi bangunan (*building isolation*) dan pada mesin penggilingan bahan semen, panas dapat ditimbulkan oleh melemahnya lapisan batu tahan api (*refractory deterioration*) [2]. Pada motor listrik, panas yang berlebihan secara umum disebabkan karena kelebihan beban, kerusakan bantalan, *misalignment*, gesekan berlebihan, temperatur lingkungan yang berlebihan, kekurangan ventilasi, rotor yang terkunci, ketidaksempurnaan kesesuaian beban, variasi arus daya, motor tiga dan satu fasa dan siklus *start/stop* yang berlebihan [3]. Kad [4] menjelaskan bahwa *Infra Red Thermography* dapat digunakan untuk memonitor atau mengevaluasi kondisi penyebaran panas dan kerusakan pada *printed circuit board, MCB electrical system, transformer radiator* dan *electrical motor*.

Fidali [5] melakukan penelitian dengan cara mengamati sebuah *test rig* yang terdiri dari motor yang menggerakkan cakram melalui poros dan bantalan yang dilengkapi dengan sistem pengereman. Dari percobaan tersebut didapati bahwa *thermography image* dapat digunakan untuk mengidentifikasi kondisi atau keadaan suatu mesin dengan efisiensi sangat tinggi dan memungkinkan juga untuk mengklasifikasikan tingkatannya. Chirila dkk. [6] melakukan penelitian atau studi penyebaran pada yang mengenai *rotating electric machine* dengan cara melakukan pembuatan pemodelan penyebaran panas pada motor listrik. Pemodelan tersebut dapat menentukan koefisien pemindahan panas secara konveksi ke lingkungan jika radiasinya dipertimbangkan sebagai panas. Selain itu, koefisien konveksi tidak terjadi perubahan secara *significant*. Raj dkk. [7] melakukan pengukuran penyebaran panas pada *motor bearing* dan *high temperature cracker furnace* dan menyimpulkan bahwa *thermography* memiliki perbedaan yang khusus diantara *NDT technique*. Berdasarkan penelitian mereka didapati bahwa perbedaan diantara *NDT technique* yaitu hasilnya cepat, mudah diadaptasikan, bebas dari radiasi yang tidak aman, berkemampuan penuh menghasilkan *image* dan menyajikan informasi hasil inspeksi secara kualitatif dan kuantitatif.

Moussa [8] melakukan pengujian penyebaran panas pada *rolling bearing* dengan *thermography* pada *test rig* yang digerakkan oleh motor listrik melalui poros. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kondisi *bearing* mulai dari *bearing* yang baik dan *bearing* yang mengalami kerusakan lintasan luarnya, kerusakan lintasan dalamnya, masalah pelumas dan kerusakan *seal*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengukuran penyebaran panas dengan *thermography* dapat digunakan untuk *monitoring* kondisi *bearing*. Percobaan menunjukkan bahwa dengan lima kondisi *bearing* yang diteliti hasilnya bahwa metode tersebut potensial untuk digunakan untuk mendeteksi kerusakan fisik *bearing* dan mendeteksi umur pelumas.

2. Material dan Metode Penelitian

Kotak roda gigi *helix* HD 58 dengan ratio 1:5 digerakkan dengan motor listrik 1.5 Hp dan dilengkapi dengan *frequency regulator* digunakan dalam penelitian ini. Percobaan dilakukan pada beban, pelumas, dan putaran tetap. Obyek penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



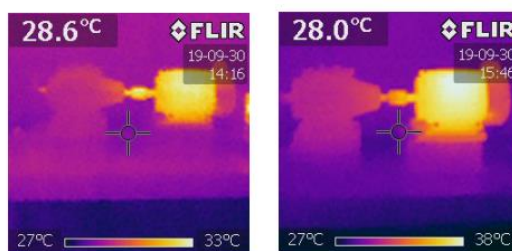
Gambar 1. Sistem transmisi roda gigi

Pengujian dilakukan dengan memindai penyebaran panas menggunakan *FLIR i5 Thermal Imaging Camera* dengan spesifikasi *temperature range* -4°F to 482°F (-20°C to 250°C), *thermal sensitivity* (N.E.T.D): $<0.1^{\circ}\text{C}$ at 25°C , *spectral range* 7.5 to $13\mu\text{m}$, *field of view* $29^{\circ} \times 29^{\circ}$, *minimum focus distance* 0.6 m [9]. Pengambilan data penyebaran panas dengan menggunakan Flir i5 dengan cara memindai (*scanning*) sebaran panas pada bagian-bagian utama sistem transmisi roda gigi. Pengujian dilakukan selama 120 menit dan penyimpanan data dilakukan setiap 15 menit setelah dioperasikan selama 30 menit. Pengujian sistem transmisi roda gigi dioperasikan pada putaran 300 rpm, menggunakan pelumas EP 90, beban 2,850 kg dan *radial misalignment* arah vertikal 0.5 mm. Analisis data dilakukan dengan analisis deskriptif dan kecenderungan. Analisis deskriptif yaitu analisis dengan cara menjelaskan fenomena penyebaran panas yang terjadi pada sistem transmisi roda gigi tersebut yang meliputi motor penggerak, kopling, dan bantalan.

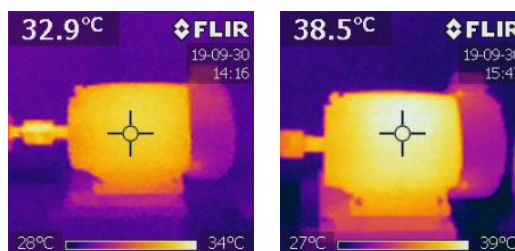
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian dilakukan pada kotak roda gigi, dengan beban cakeram 2,85 kgf (28,5N), dengan putaran input 300 rpm, putaran out put 50 rpm. Pelumas yang digunakan EP 90, dengan *radial misalignment* arah vertikal 0.5 mm. Pengujian dilakukan selama 120, pengambilan data dilakukan setiap 15 menit setelah 30 menit operasi dilakukan.

Pemindaian temperatur dilakukan pada permukaan badan motor penggerak (MB), bantalan motor sisi penggerak (BMDE), kopling (CPL), bantalan kotak roda gigi sisi penggerak (BGDE), bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak (BGNDE) dan badan roda gigi (GAMBARB). Pemindaian temperatur pada keseluruhan sistem transmisi roda gigi setelah dioperasikan 30 dan 120 menit ditunjukkan seperti pada Gambar 2. Dari Gambar 2 didapati bahwa rentang temperatur keseluruhan berkisar dari 27°C sampai dengan 38°C . Gambar 3 menunjukkan temperatur badan motor (MB) yang dioperasikan pada 30 menit dan 120 menit. Dari Gambar 3 teramati bahwa temperatur pada badan motor masing masing 32.9°C pada operasi 30 menit dan 38.8°C pada operasi 120 menit.

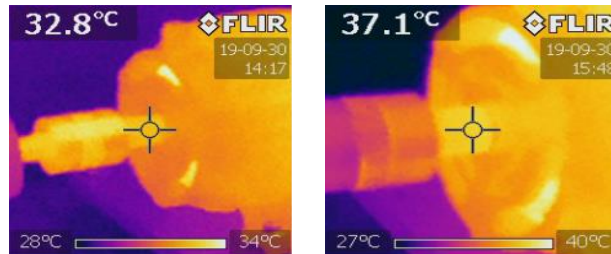


Gambar 2. Pemindaian temperatur pada keseluruhan sistem transmisi setelah operasi 30 menit dan 120 menit

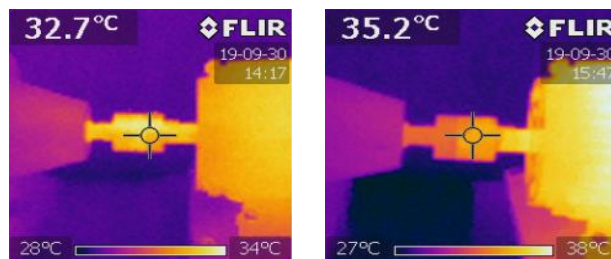


Gambar 3. Pemindaian temperatur badan motor (MB) pada operasi 30 dan 120 menit

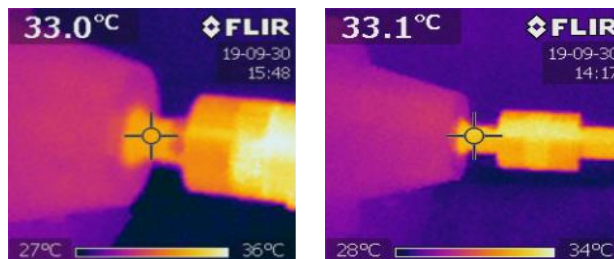
Temperatur bantalan pada bantalan motor sisi penggerak (BMDE) yang dioperasikan pada 30 menit dan 120 menit ditunjukkan seperti pada Gambar 4. Dari Gambar 4 teramati bahwa temperatur pada bantalan motor sisi penggerak 32.8 °C pada operasi 30 menit dan 37.1°C pada operasi 120 menit. Pemindaian temperatur pada kopling (CPL) yang dioperasikan pada 30 menit dan 120 menit ditunjukkan seperti pada Gambar 5. Dari Gambar 5 temperatur pada kopling masing masing 32.7 °C pada operasi 30 menit dan 35.2 °C pada operasi 120 menit. Pemindaian temperatur pada bantalan kotak roda gigi sisi penggerak (BGDE) yang dioperasikan pada 30 menit dan 120 menit ditunjukkan seperti pada Gambar 6.



Gambar 4. Pemindaian temperatur bantalan motor sisi penggerak (BMDE) pada operasi 30 dan 120 menit

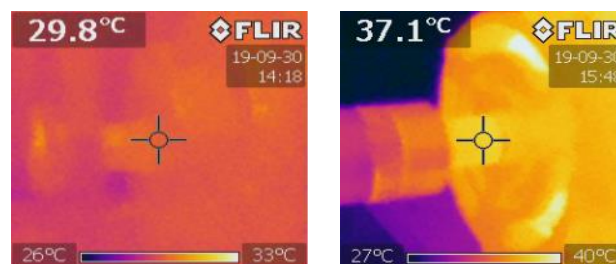


Gambar 5. Pemindaian temperatur kopling (CPL) pada operasi 30 dan 120 menit

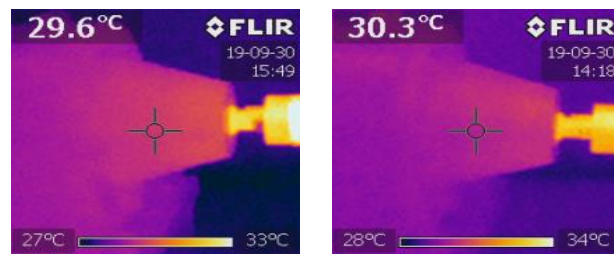


Gambar 6. Pemindaian temperatur bantalan kotak roda gigi sisi penggerak (BGDE) pada operasi 30 dan 120 menit

Temperatur pada bantalan kotak roda gigi sisi penggerak masing masing 33.0 °C pada operasi 30 menit dan 33.1 °C pada operasi 120 menit. Pemindaian temperatur pada bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak (BGNDE) yang dioperasikan pada 30 menit dan 120 menit ditunjukkan seperti pada Gambar 7. Temperatur pada bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak (BGNDE) adalah 29.8 °C pada operasi 30 menit dan 37.1°C pada 120 menit. Pemindaian temperatur pada badan kotak roda gigi (GAMBARB) pada operasi 30 menit dan 120 menit ditunjukkan seperti pada Gambar 8 . Temperatur badan kotak roda gigi (GAMBARB) yang dioperasikan pada 30 menit dan 120 menit selama 30 menit dan 120 menit masing masing 30.3 °C dan 29.6 °C.

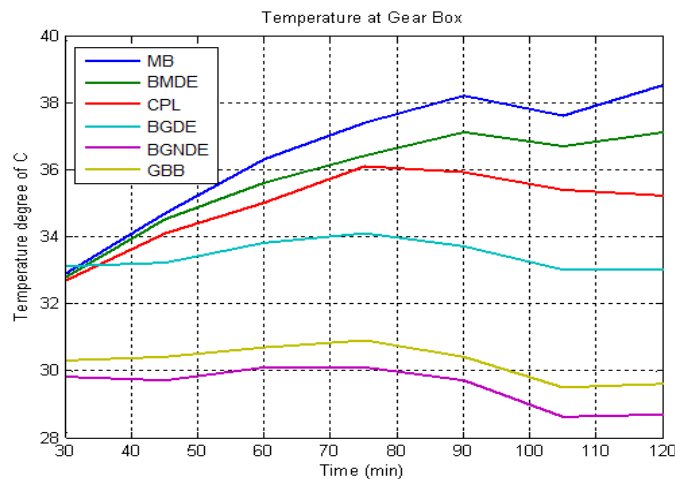


Gambar 7. Pemindaian temperatur bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak (BGNDE) pada operasi 30 menit dan 120 menit



Gambar 8. Pemindaian temperatur badan kotak roda gigi (GAMBARB) operasi 30 menit dan 120 menit

Dari hasil pemindaian temperatur teramati bahwa pola penyebaran panasnya tetap dominan terjadi pada badan motor penggerak (MB), bantalan motor sisi penggerak (BMDE), kopling (CPL), bantalan kotak roda gigi sisi penggerak (BGDE), bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak (BGNDE) dan badan kotak roda gigi (GAMBARB). Temperatur tertinggi mencapai 38.5 °C terjadi pada badan motor penggerak. Kecenderungan kenaikan temperatur pada badan motor penggerak, bantalan motor sisi penggerak, kopling, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak dan badan kotak roda gigi ditunjukkan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Kenaikan temperatur pada komponen sistem transmisi kotak roda gigi selama 120 menit

Dari Gambar 9 teramati bahwa grafik kenaikan temperatur pada komponen sistem transmisi kotak roda gigi yang dioperasikan selama 120 menit menunjukkan bagian yang penting seperti badan motor penggerak (MB), bantalan motor penggerak (BMDE), kopling (CPL), bantalan kotak roda gigi sisi penggerak (BGDE), bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak (BGNDE), dan badan kotak roda gigi (GAMBARB) menunjukkan kenaikan yang signifikan. Grafik juga menunjukkan bahwa temperatur tertinggi terjadi pada badan motor, diikuti bantalan motor sisi penggerak, kopling, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, badan kotak roda gigi dan bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak. Selain itu, grafik juga menunjukkan bahwa pada kopling, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, badan kotak roda gigi dan bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak, temperatur maksimumnya terjadi ketika dioperasikan pada 75 menit. Sedangkan pada badan motor penggerak dan bantalan motor sisi penggerak terus mengalami kenaikan.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pola penyebaran panas tertinggi terjadi pada badan motor listrik penggerak diikuti bantalan motor sisi penggerak, kopling, bantalan kotak roda gigi sisi penggerak, badan kotak roda gigi dan bantalan kotak roda gigi sisi non penggerak. Temperatur tertinggi yaitu 38.5 °C terjadi pada badan motor listrik. Selain dari pada itu temperatur maksimumnya terjadi ketika dioperasikan pada 75 menit, kecuali pada badan motor penggerak dan bantalan motor sisi penggerak yang terus mengalami kenaikan.

Daftar Pustaka

- [1] Higgs, P. A., Parkin, R., Jackson, M., 2004, "A Survey on Condition Inspections System in Industry", Proceeding of ESDA 2004, 7th Biennial ASME Conference
- [2] Raharjo, P, 2014, "Teknik Pemeliharaan, Teknik Monitoring Kondisi Mesin", UPT Penerbit Politeknik Negeri Bandung, Bandung.

- [3] Newport, R, 2002, "*Improving Motor Reliability With Infrared Condition Monitoring*", Electrical Line, Circle 40, Reader Service Card.
- [4] Kad, R, S, 2013, "*IR thermography is a Condition Monitor Technique in Industry*", International Journal of Edvanced Reseach in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, Volume 2, Issue 3, March, ISSN On Line 2278-8875.
- [5] Fidali, M, 2008, "*An Idea of Continuous Thermographic Monitoring of Machinery*", 9th International Conference on Quantitative InfraRed Thermography, Juli 2-5, Krakow, Poland.
- [6] Chirila, A, I, Ghita, C, Craciunescu, A, Deaconu, L,D, Navrapescu, V, Catrinoiu, 2011, "*Rotating Electric Machine Thermal Study*", International Conference on Renewable Energies and Power Quality", Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 13th - 15th April.
- [7] Maria Michael Raj, I, Patel R, D, 2013, "*Thermography Excellent Tool for Condition Monitoring in Industries*", Heavy Water Plant, India, <https://www.ndt.net/article/apcndt2013/papers/097.pdf>
- [8] Moussa, W, 2017, "*A Passive Thermography Approach to Bearing Condition Monitoring*", Journal Material Science, Volume 1, Issue 4, May, Juniper On Line, ISSN: 2575-856X, Pharos University, Alexandria, Egypt.
- [9] Flir i5, FLIR i5 Compact Infrared Camera, "*Manual Operation*".