

KARAKTERISTIK GETARAN PADA KOMPRESOR LOBE KEMBAR KARENA VARIASI PEMBEBANAN

Parno Raharjo, Prasetyo

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung

Email : parno_raharjo@yahoo.com

Abstrak

Kompresor *twin lobe roots* digunakan secara luas khususnya di industri yang berhubungan dengan zat yang berwujud *powder*. Informasi mengenai karakteristik getarannya sangat minim dan perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut. Obyek yang digunakan adalah mesin *twin lobe roots compressor* 5.5 kWatt, dengan putaran 1640 rpm, dengan head 1000 mmaq dan debit 8 m³/men yang dilengkapi dengan pengatur beban. Instrumentasi yang digunakan *accelerometer* yang dilengkapi dengan sistem data akuisisi dan software YE 7600TM. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan 5 macam beban dengan cara pengaturan katup sisi tekan. Analisa yang digunakan adalah analisa *comparative*, *trending* dan *descriptive* dari *amplitude*, *time domain* dan *frequency domain* yang terjadi dengan menggunakan *Mathlab*TM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin tinggi penutupan katup semakin tinggi amplitudo getaran yang terjadi. Frekuensi fundamental motor, kompresor dan 2 *belt pass frequency* teridentifikasi yaitu pada 15.7 Hz, 25 Hz dan 45 Hz. Amplitudo tertinggi terjadi pada 7FFC Sedangkan *gear meshing frequency* dan *bearing false frequency* belum dapat diidentifikasi, sehingga perlu dilakukan pengujian lebih jauh dengan parameter kerusakan komponen.

Kata Kunci : “*twin lobe roots*”, “*frekuensi fundamental*”, “*belt pass frequency*”, “*gear meshing frequency*”.

1. Pendahuluan

Industri khususnya pada industri tepung atau *powder* menggunakan kompresor yang disebut dengan *lobe root compressor* baik *twin lobe roots compressor* maupun *tripel lobe roots compressor* dalam jumlah yang banyak. Kompresor ini berfungsi untuk mengangkat material yang berbentuk tepung atau *powder* sehingga kompresor ini memiliki tingkat kritis tinggi artinya jika mesin ini mengalami kerusakan akan menimbulkan kerugian yang amat besar yang berhubungan dengan berhentinya produksi. Kerusakan kompresor fatal dapat dicegah dengan cara diinspeksi atau dimonitor sehingga gejala kerusakan dapat dideteksi sedini mungkin dan kerusakan fatal dapat dicegah. Teknik inspeksi atau monitoring yang cukup handal untuk mendeteksi gejala kerusakan pada kompresor *lobe* adalah inspeksi getaran.

Informasi mengenai karakteristik getaran pada *Twin Lobe Roots Compressor* masih sangat minim sehingga diperlukan kajian lebih lanjut.

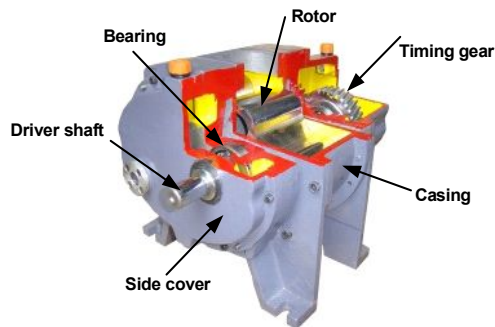
2. Getaran pada *lobe root compressor*

2.1. *Twin lobe roots compressor*

Twin lobe roots compressor termasuk *positive displacement compressor* dengan *double rotors* (Kunt, 2010). Kompresor ini terdiri dari sepasang *lobe*, berputar dalam *casing* dengan bentuk tertentu yang ditutup pada ujung sisinya dengan plat. Salah satu rotor digerakkan tenaga dari luar, sedangkan rotor yang lain digerakkan dengan melalui roda gigi sinkronis. Rotor berputar, udara dihisap melalui sisi masuk ke dalam *casing* silinder dan ditekan melalui sisi ke luar melawan sistem tekanan. Tidak ada perubahan volume dari udara di dalam mesin tetapi hanya pemindahan udara dari sisi hisap ke sisi tekan melawan hambatan sistem tekanan (Leuven *et al.*).

Twin lobe roots compressor dapat digunakan untuk memindahkan bahan yang berbentuk granul, *powder* dan bahan yang sejenisnya (Everest,2004).

Konstruksi dan komponen utama *twin lobe roots compressor* ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 1. Konstruksi *twin lobe roots compressor*

Rotor berfungsi untuk memindahkan udara dari sisi masuk ke sisi keluar. *Bearing* berfungsi untuk mendukung rotor. *Timing gear* berfungsi untuk mensinkronkan putaran rotor penggerak dan rotor yang digerakkan dan berputar berlawanan arah. Sedangkan *casing* sebagai rumah rotor yang merupakan ruangan terjadinya pemindahan gas atau udara.

2.2 Sumber Getaran Pada Twin Lobe Roots Compressor

Getaran pada kompresor merupakan hasil dari pulsation tekanan gas dan gaya inersia yang menyatu dengan komponen komponen yang berputar (Domingorena *et al*, 2004).

Twin lobe roots compressor memiliki bagian utama seperti roda gigi, *bearing* dan rotor selain sistem transmisi serta tekanan yang terjadi pada kompresor merupakan sumber timbulnya getaran. Getaran berlebihan ditimbulkan oleh *unbalance* pada rotor, kerusakan *bearing* dan pelumasannya, kerusakan roda gigi dan pelumasannya, fluktuasi tekanan dalam silinder kompresor, *misalignment* pada transmisi, kerusakan transmisi dan fluktuasi tekanan dalam silinder kompresor yang disebabkan tekanan kerja dan *surgings*.

Penyebab umum kerusakan dalam kompresor berhubungan dengan ketidaksempurnaan pelumas, kerusakan sil dan atau zat atau material asing dari luar serta keausan

bearing. Penyebab terbanyak kerusakan pada kompresor ulir adalah bantalannya yaitu bantalan gelinding dan bantalan luncurnya (KCF Technology).

2.3 Inspeksi Getaran pada Twin Lobe Roots Compressor

Inspeksi atau monitoring getaran merupakan salah satu teknik pemeliharaan prediktif, selain monitoring panca indera, monitoring pelumas, monitoring geometris, monitoring kinerja, monitoring termografi, monitoring emisi akustik dan *Non Destructive Test*.

Higgs dan kawan-kawan (2004) melakukan *survey* tentang penerapan sistem monitoring kondisi mesin di industri baik di industri minyak dan gas, manufaktur, tambang, transportasi dan pembangkit tenaga listrik di seluruh penjuru dunia. Hasil *survey* menunjukkan bahwa monitoring 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* (Higgs *et al*, 2004).

Monitoring atau inspeksi getaran merupakan teknik yang cukup handal untuk memprediksi kondisi mesin putar (Scheffer and Girdhad, 2004).

Smith (2011) menyatakan bahwa pada kompresor ulir membangkitkan pulsation dan getaran pada perkalian dari *pocket passing frequency* (PPF) yang didefinisikan sebagai jumlah *lobe* pada *male* rotor dikalikan dengan kecepatan putar kompresor (Hz). Pulsation maksimum pada ketinggian normal timbul pada 1xPPF dan berkurang pada harmonik yang lebih tinggi, walaupun demikian dalam banyak kasus *amplitude pulsation* tinggi dapat timbul pada harmonik dari PPF (Smith, 2011).

Zargar (2013) melakukan pengukuran dan analisis getaran pada kompresor ulir dengan injeksi pelumas menyampaikan bahwa *ball bearing* dan *journal bearing* keduanya

digunakan pada kompresor dan *gear box*, *male* dan *female gear* menghasilkan amplitudo pada frekuensi tinggi. FFT dan *time waveform* (TWF) adalah salah satu metode yang efektif dalam masalah ini. FFT dan TWF dapat mendeteksi *trending* perubahan *over all vibration*, *unbalance rotor* dan *bending rotor shaft* (Zargar, 2013).

Malikwade dan kawan-kawan (2015) melakukan pengujian getaran pada *root blower* atau *compressor* tetapi hanya mempelajari pengaruh sistem mounting terhadap getaran yang terjadi pada blower melalui analisa amplitudo dan spektrum (Malikwade *et al*, 2015).

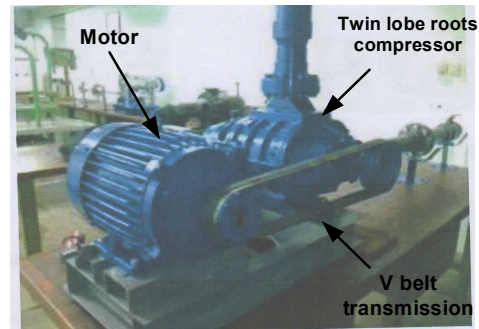
Wang dan kawan kawan (2012) melakukan studi tentang karakteristik noise dan getaran pada *twin screw compressor* dengan kondisi operasi pembebanan yang berbeda. Hasil studi menunjukkan *Sound Pressure Level* (SPL) meningkat ketika beban dinaikkan. Selain dari pada itu terdapat korelasi yang sangat kuat baik spektrum *noise* dan getaran pada harmonik terhadap kecepatan putaran poros pada *male* dan *female rotor* (Wang *et al*, 2012).

Studi mengenai karakteristik getaran pada *twin lobe roots compressor* informasinya masih relatif sedikit namun sudah terdapat informasi yang mirip yaitu karakteristik getaran pada *screw compressor*. Oleh karena itu diperlukan kajian karakteristik getaran lebih lanjut terhadap *twin lobe roots compressor*.

3. Instalasi Pengujian

3.1 Obyek pengujian

Obyek pengujian yang digunakan adalah mesin rotari, sebuah *twin lobe roots compressor* model NICO Root Blower (NRB-4), jumlah lobe 2, 5.5 kWatt, dengan putaran 1640 rpm, dengan *head* 1000 mmaq dan debit 8 m³/men. Kompresor ini digerakkan dengan motor listrik AC 3 fasa dengan putaran 2900 rpm.



Gambar 2. Obyek penelitian *twin lobe roots compressor*

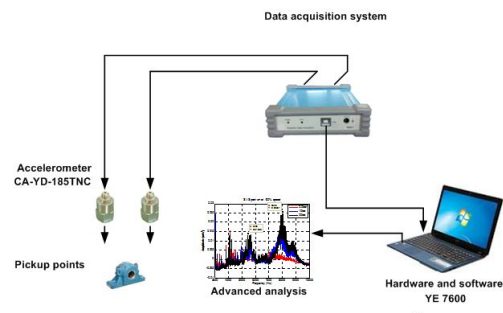
Kompresor ini menggunakan transmisi sabuk V, 3 alur, sabuknya berkode A 62. Diameter puli penggerak 85 mm, diameter puli yang digerakkan 150 mm, putaran kompresor 1640 rpm. Jarak sumbu puli penggerak dengan puli yang digerakkan 600 mm.

Bagian bagian yang penting antara lain Roda gigi sinkrones tipe *spur gear* dengan modul 3, jumlah gigi 41. Bearing yang digunakan pada sisi *drive end* NACHI 5208 dan pada sisi *non drive end* NTN 208.

3.2 Instrumentasi dan Sistem Data Akuisisi

Pengujian untuk mendapatkan karakteristik vibrasi pada digunakan instrumentasi *Accelerometer* yang dilengkapi dengan sistem data akuisisi.

Pengujian getaran pada *twin lobe roots compressor* dengan menggunakan *accelerometer* yang dilengkapi dengan data akuisisi skemanya ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 3. Skema pengukuran getaran pada *twin lobe roots compressor*

Data akuisisi yang digunakan Sinocera YE 6231B *Dynamic Signal Analyzer 4 Channels* dengan *sampling rate* 96.0 kHz setiap *channel*, EPCE supply 4mA dan 24 Volt DC, *maximal sampling rate* 100 kHz per *channel*, *input voltage* -10V to 10V, *operating temperature* 0-60°C (GST, 2005). *Accelerometer* yang digunakan Sinocera CA-YD-185TNC dengan rentang frekuensi 0.5 Hz-5000 Hz sensitifitas 4.96 mV/ms² dan rentang temperatur -20-120°C (GST, 2010). Penyimpanan dan pengolahan data dasar menggunakan YE 7600. Pengolahan data selanjutnya menggunakan MatlabTM.

3.3 Pengambilan dan Analisis Data.

Pengambilan data vibrasi dari obyek pengujian dilakukan dengan menggunakan *accelerometer* yang dilengkapi dengan data akuisisi yang dihubungkan dengan komputer. Pengambilan dan penyimpanan data menggunakan komputer yang telah dilengkapi dengan *software* pengolahan dan pengumpulan data YE 7600TM.

Selanjutnya data yang terkumpul diubah menjadi data *math* untuk diolah dan dianalisis lebih jauh dengan pemrograman MatlabTM.

Titik pengukuran atau *pick up pointnya* antara lain CDE (*drive end of compressor*), poros 1 dan poros 2 pada arah horizontal dan vertikal.

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perubahan beban terhadap perubahan *amplitude*, *time domain* dan *frequency domain*.

Analisa yang digunakan yaitu analisa *amplitude*, *time domain*, *frequency domain* dengan metode *comparative*, *trending* dan *descriptive* atas parameter pengujian seperti yang telah disebutkan di depan.

Pengujian pengaruh beban terhadap karakteristik getaran dilakukan dengan putaran tetap dan 5 variasi pembebanan yaitu pembukaan katup 100%, 89%, 75%, 67% dan 55%.

4. Hasil Pengujian dan Pembahasan

4.1 Hasil Pengujian

Pengujian karakteristik vibrasi pada *twin lobe compressor* dilakukan pada putaran motor 2950 rpm (49.3Hz) dan putaran kompresor 1550 rpm (25.83 Hz). Variasi beban dengan cara mengatur saluran *discharge* yaitu bukaan katup 100%, 89%, 75%, 67% dan 55%.

Titik pengukuran pada kompresor yaitu C1DEH, C1DEV, C2DEH dan C2DEV Analisa yang digunakan adalah analisa sinyal (*time domain*) dan analisa spektrum (*frequency domain*).

Besar frekuensi dan sumber getaran yang terjadi pada kompresor *lobe* kembar ditunjukkan pada tabel berikut.

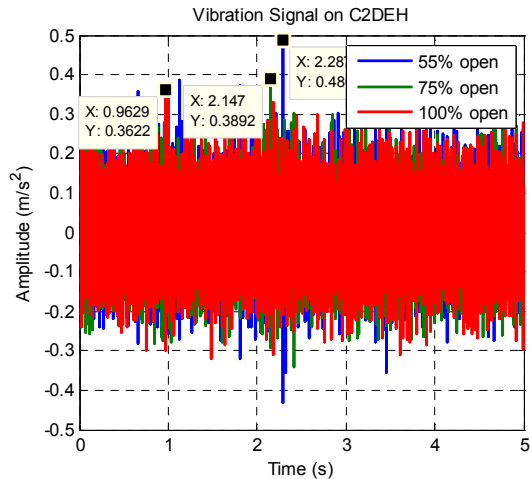
Tabel 1. Sumber Getaran dan Frekuensi

No	Sumber	Frekuensi (Hz)	Keterangan
1	Putaran motor	49.17	N1=2950 rpm
2	Putaran kompresor	25.83	N2=1550 rpm
3	Bearing pada DE		NACHI 5208
	BPFO	96.28	
	BPFI	136.21	
	BPF	126.32	
4	Bearing pada NDE		NNU 208
	BPFI	139.93	
	BPFO	195.89	
	BPF	150.71	
5	Gear Meshing	1059.03	Spur gear 41
6	Belt Pass	7.72	A 62; D ₁ : 85 mm; D ₂ : 150 mm; X= 600 mm.

4.2 Hasil Pengukuran

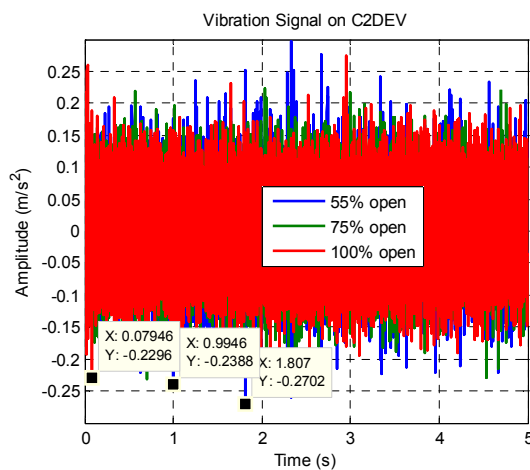
4.2.1 Hasil Pengukuran Sinyal

Hasil pengukuran sinyal pada kompresor poros 2 sisi *drive end* posisi horizontal dengan 3 variasi beban ditunjukkan seperti gambar berikut.



Gambar 4. Sinyal pada C2DEH

Sinyal pada kompresor poros 2 sisi *drive end* arah vertikal dengan 3 variasi beban ditunjukkan seperti gambar berikut.

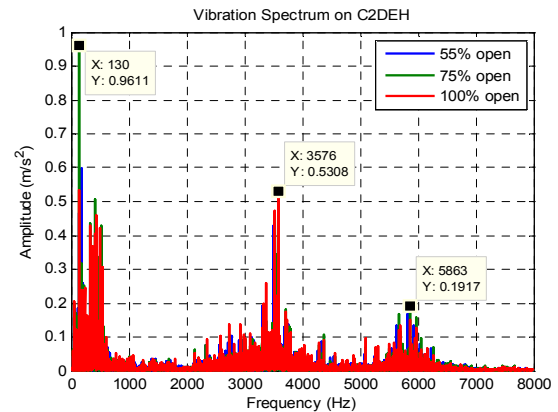


Gambar 5. Sinyal pada C2DEV

Sinyal getaran pada kompresor poros 2 sisi *drive end* pada arah horizontal dan vertikal nampak bahwa sinyal pada 100% open, 75% open dan 55% open berbeda dan juga menunjukkan bahwa semakin kecil bukaan katup semakin besar amplitudo getaran yang terjadi pada kompresor meningkat. Hal ini terjadi karena ketika katup *delivery* ditutup makin tinggi tekanan yang terjadi.

4.2.2 Hasil Pengukuran Spektrum

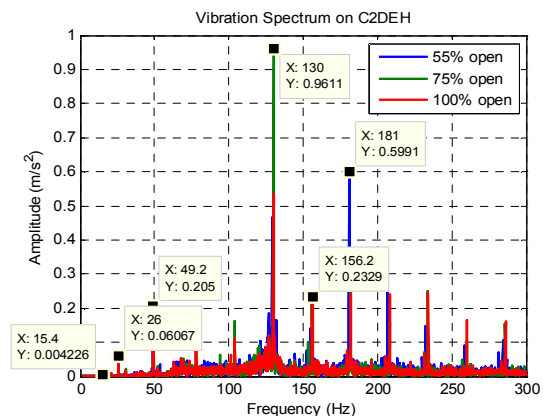
Spektrum pada kompresor poros 2 sisi *drive end* posisi horizontal dengan 3 variasi beban ditunjukkan seperti gambar berikut



Gambar 6. Spektrum C2DEH pada 1-8000 Hz

Spektrum pada C2DEH menunjukkan bahwa amplitudo tinggi terletak pada rentang frekuensi <1000 Hz, 3000 Hz-4000 Hz dan antara 5000 Hz – 7000 Hz.

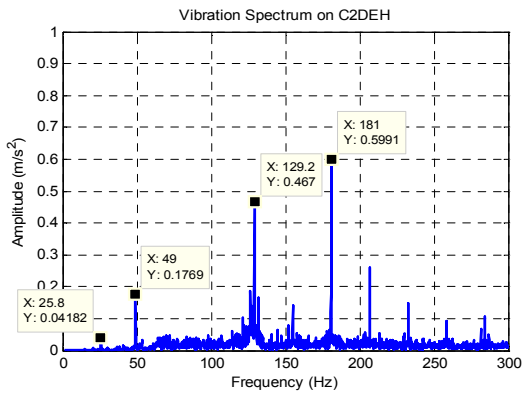
Untuk mengetahui karakteristik frekuensi getaran lebih lanjut, analisis frekuensinya dibagi dalam rentang frekuensi yang lebih sempit sebagai berikut.



Gambar 7. Spektrum C2DEH pada 1-300 Hz

Gambar spektrum pada C2DEH dengan rentang 1-300 Hz menunjukkan bahwa frekuensi fundamental kompresor ditunjukkan pada frekuensi 26 Hz, frekuensi fundamental motor ditunjukkan pada frekuensi 49.2 Hz, sedangkan harmonik dua *belt pass frequency* ditunjukkan pada frequency 15.4 Hz..

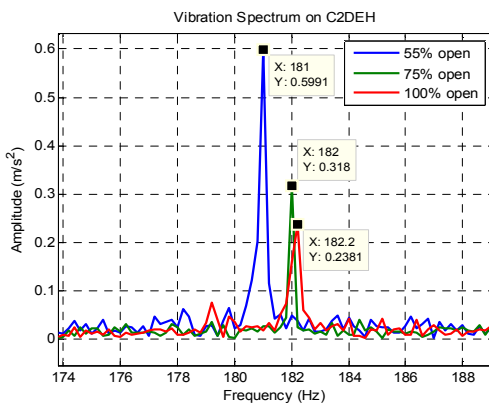
Untuk memperjelas karakteristik frekuensi pada C2DEH, spectrum C1DEH pada penutupan katup 0% rentang 0-300 Hz, ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 8. Spektrum C2DEH pada 1-300 Hz, Katup buka 100%

Gambar spektrum pada rentang 1-300 Hz, posisi katup terbuka penuh juga didapat bahwa frekuensi fundamental harmonik pertama kompresor ditunjukkan oleh 25.8 Hz. Frekuensi fundamental motor ditunjukkan oleh 49.0 Hz. Amplitudo tertinggi terjadi pada 7 frekuensi fundamental kompresor 7FFC: 181 Hz, diikuti pada 5FFC : 129.2 Hz.

Amplitudo tertinggi terjadi pada frekuensi sekitar 7FFC: 181.Hz. Pengaruh beban terhadap amplitudo dan perubahan frekuensi pada frekuensi tersebut ditunjukkan seperti pada gambar berikut.



Gambar 9. Spektrum C2DEH pada 181 Hz

Gambar menunjukkan bahwa pada 7FFC: 181 Hz konsisten bahwa makin tinggi penutupan katup maka makin tinggi amplitudo yang terjadi. Disamping itu penutupan katup juga mempengaruhi pergeseran frekuensi yaitu semakin tinggi penutupan katup terjadi pergeseran

frekuensi yang lebih kecil. Hal ini terjadi karena adanya perlawanan tekanan pada impeler atau *lobe*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan pengukuran, pemaparan dan analisa hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa terjadi perbedaan sinyal pada perbedaan beban. Semakin tinggi beban semakin tinggi amplitudo yang terjadi. Terjadi perbedaan spektrum pada perbedaan beban. Pada spektrum dapat diidentifikasi FFM dan FFC dan harmoniknya, serta 2FFB. Pengaruh beban juga mempengaruhi terjadinya penggeseran frekuensi, semakin tinggi tekanan semakin kecil frekuensinya. Letak frekuensinya amplitudonya konsisten meningkat yaitu pada 7FFC: 181 Hz. *Gear meshing frequency* dan *bearing false frequency* belum dapat diidentifikasi sehingga diperlukan pengujian lebih jauh.

Daftar Pustaka

- Domingorena, A,Renz, H, 2004, *Heating, Ventilator, Aircondition System and Equipment*, Inch Pound Edition, Hand Book, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., Atlanta.
- Everest, 2002, *Pressure and Vacuum System, Everest Blower*, India, www.everestblower.com
- GST, 2005, *USB Data Acquisition System*, YE6231B, Unit 1, 26 Fairholme Rd, Manchester, M20 4NT, UK
- GST, 2010, *General Purpose 26* Fairholme Rd, Manchester, M20 4NT, UK
- Higgs, P. A., Parkin, R., Jackson, M., 2004, *A Survey on Condition Monitoring System in Industry*, Proceeding of ESDA 2004, 7th Biennial ASME Conference Engineering System Design and Analysis, July 19-22, Manchester, UK, pp. 1-16.

- KCF, *Vibration Monitoring of Compressor*, KCF Technology, State College, Pennsylvania, USA.
- Khun, Stephan, 2010, *Compressed Air Manual*, 7th Edition, Atlas Copco Airpower NV, Belgium
- Leuven, G,V, Henneberger, S, Lathan, C, *Theoretical and Experimental Study on Energy Efficiency of Twin Screw Blowers Compared to Rotary Lobe Blower*,
www.plantservice.com/asset/Media/Kloze/white-paper/twin-screw-blower.pdf
- Malikwade, G, V, Patil, S, S, Magdum, A, A, Khandare, A, V, Sawant, S, H, 2015, *Design Optimization for Vibration Level or Root Blower with Load Condition*, International Journal of Science Technology and Management, Volume No. 04, Special Issue No. 01, 354-361, Februari.
- Scheffer. C. and Girdhar. P, 2004, *Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance*, Elsevier, Netherland.
- Smith, D, R, 2011, *Pulsation, Vibration and Noise Issue with Wet and Dry Screw Compressor*, Proceeding of the Turbo machinery Symposium, September 12 -15, Houston, Texas, USA.
- Wang, B,T, Hsieh, C,H, Liu, C,L, 2012, *Noise and Vibration Characteritics Studies of Twin Screw Compressor in Different Operating Conditions*, International Compressor Piezoelectrics, YD-5 4251, Unit 1, Engineering Conference at Purdue, July 16-19;
- Zargar, O,A, 2013, *Hydraulic Unbalance in Oil Injected Twin Rotary Screw Compressor, Vibration Analysis*, Midle East Journal of Scientific Research 17 (10) : 1467-1474.