

VIBRATION ON THE CHEVRON CENTRIFUGAL PUMP

IGB Budi Dharma*, Harjanto**

Department of Mechanical & Industrial Engineering UGM Yogyakarta

Jl.Grafika 2 Kampus UGM Yogyakarta

budi_de@yahoo.com, harjanto2008@gmail.com

Abstrak

Problems with pumping equipment on the Chevron (David Brown Pump-1500 HP) are not only an inconvenience, but can also contribute to loss of production. An efficient chevron operation depends upon trouble free pumping. By keeping pumping equipment in good working order, savings in time and energy costs can be made.

This fact sheet deals with centrifugal pumps, and outlines , common pumping malfunctions with probable causes and procedures for checking and correcting possible faults. Centrifugal type of fluid pumps are very common and generally give reliable service.

Investigations show that most troubles with centrifugal pumps result from faulty conditions on the suction side. Except for mechanical trouble, nine times out of ten this is where to look for the cause. Most pump troubles can be rectified on the field by the manager. However, at times, there will be problems or failures which you may not be able to fix. One of the easy to monitoring the problem of pumping is to monitoring the vibration. In fact, vertical, horizontal and axial vibration change by capacity, aligning, unsatisfied installation, fail or damage parts of pump.

Key word: Centrifugal pump, vibration, monitoring

Dr. Ir. IGB Budi Dharma: Staff Lecturer , Mechanical & Industrial Engineering Dept- UGM.

Ir. G.Harjanto: Staff Lecturer, Mechanical & Industrial Engineering Dept- UGM.

1. Pendahuluan

Pumpa sentrifugal merupakan salah satu peralatan yang dipakai untuk mengubah energi mekanik (dari mesin penggerak pompa) menjadi energi tekan fluida yang dipompa.

Pada umumnya pompa digunakan untuk :

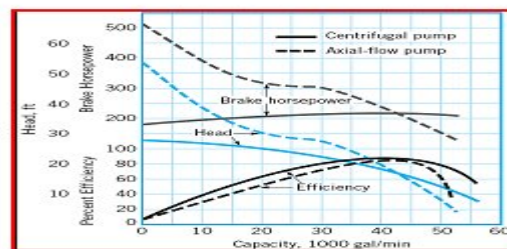
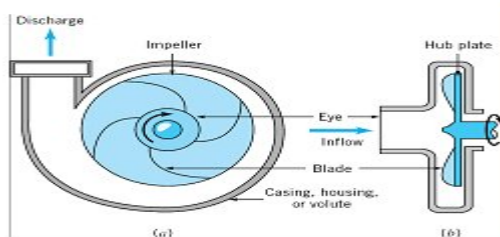
- Memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain yang lebih tinggi elevasinya.
- Memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain yang lebih tinggi tekanannya.
- Memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat lain dengan jarak tertentu ataupun.
- Untuk sirkulasi.

Pumpa sentrifugal digerakkan oleh motor, daya dari motor diberikan kepada poros pompa untuk memutar

impeler yang dipasang pada poros tersebut. Zat cair yang ada didalam impeller akan ikut berputar karena dorongan sudu-sudu.

Karena timbul gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran diantara sudu-sudu dan meninggalkan impeler dengan kecepatan yang tinggi.

Zat cair yang keluar dari impeler dengan kecepatan tinggi ini kemudian melalui saluran yang penampangnya makin membesar (volute/difuser), sehingga terjadi perubahan dari head kecepatan menjadi head tekanan. Maka zat cair yang keluar dari flens pompa head totalnya bertambah besar.



Gambar 1 : Impeler pompa sentrifugal dan unjuk kerja pompa



Multistages Pump



Gambar 2 : impeller pompa sentrifugal (Union Pump Chevron)

Prinsip-prinsip dasar pompa sentrifugal ialah sebagai berikut:

- gaya sentrifugal bekerja pada impeller untuk mendorong fluida ke sisi luar sehingga kecepatan fluida meningkat
- kecepatan fluida yang tinggi diubah oleh casing pompa (*volute* atau *diffuser*) menjadi tekanan atau head

Selain pompa sentrifugal, industri juga menggunakan pompa tipe *positive displacement*. Perbedaan dasar antara pompa sentrifugal dan pompa *positive displacement* terletak pada laju alir *discharge* yang dihasilkan oleh pompa. Laju alir *discharge* sebuah pompa sentrifugal bervariasi bergantung pada besarnya head atau tekanan sedangkan laju alir *discharge* pompa *positive displacement* adalah tetap dan tidak bergantung pada head-nya.

Pada pompa bertingkat banyak, apabila pompa itu dihubungkan secara paralel maka kapasitasnya akan berlipat sesuai banyak nya pompa, tetapi bila dihubungkan secara seri maka kapasitasnya tetap tetapi tekanannya (head) berlipat. Dalam kasus ini ,pompa berupa pompa seri bertingkat banyak (6 tingkat).

2. Vibrasi pompa

Monitoring vibrasi pompa merupakan salah satu teknik / cara paling umum digunakan untuk:

1. Mengetahui kondisi *rotating equipment* dan stabilitas sruktur dalam suatu sistem (*Assess Internal Machine Condition*)
2. Untuk memonitor tentang: keausan (wear), imbalance, misalignment, mechanical looseness, bearing damage, belt flaws, kavitasi, fatigue dll
 - a. Melokalisir / memperkirakan Worn Bearings and Gears
 - b. Melokalisir Misalignment
 - c. Membalansing rotor
3. Melokalisir *Electrical Problems* dalam mesin
4. Mengevaluasi resonansi mekanis

5. Dapat diaplikasikan pada semua rotating equipment seperti: motor, pompa, turbin, kompresor, engines, bearing, gearboxes, poros dll

Vibrasi pada pompa perlu diperhatikan karena vibrasi memiliki pengaruh terhadap unjuk kerja pompa:

1. Umur seal mekanis berhubungan langsung dengan gerakan poros. Vibrasi dpt menyebabkan seal aus dan lepas, bellows seals menjadi fatigue. Gerakan poros dpt menyebabkan komponen seal kontak langsung dengan sisi dalam dari *stuffing box* atau bagian stationary lainnya. Vibrasi dpt juga membuat komponen lainnya seperti baut dan mur menjadi kendur.
2. Packing sensitif terhadap gerakan radial poros. Hal ini dapat menimbulkan aus, panas dan kebocoran pada sleeve.
3. Bearing dirancang untuk menahan beban radial dan aksial. Bearing tidak dirancang untuk vibrasi yang dapat menyebabkan suatu brinneling (denting) pada bearing (bearing races).
4. Dimensi dan toleransi kritis seperti setting clearance utk wear ring dan impeller akan dipengaruhi oleh vibrasi.
5. Komponen pompa dapat rusak akibat vibrasi, seperti wear ring, bushing dan impeller.
6. Bearing seals sangat sensitif terhadap gerakan radial poros. Kerusakan ada poros akan mempercepat kerusakan pada seal. Labyrinth seals memiliki toleransi sangat kecil, sehingga gerakan berlebihan akan memiliki pengaruh terhadap toleransi ini.
7. Baut dan mur pengikat pompa dan motor penggeraknya dapat kendur.

Vibrasi mekanis dapat disebabkan oleh

1. Unbalanced rotating components. Kerusakan impeller dan non-concentric shaft sleeve merupakan bentuk paling umum.
2. Poros melengkung (bent atau warped shaft)

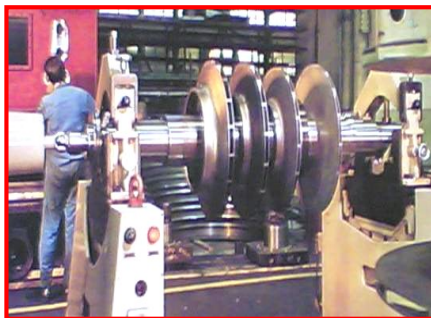
3. Pompa dan penggeraknya misalignment
4. Pipa mendapat peregangan (pipe strain). Hal ini dapat terjadi akibat kekurangan telitian pada design atau akibat panas timbul.
5. Massa dari base pump terlalu kecil
6. Panas timbul pada bebrbagai komponen, khususnya poros
7. Rubbing parts
8. Keausan atau kelonggaran pada bearing
9. Baut kendur
10. Komponen kendur / longgar
11. Komponen yang berhubungan langsung dengan rotating component
12. Damaged parts.

Vibrasi *hidrolik* dapat disebabkan oleh

1. Pompa bekerja diluar BEP-nya (*best efficiency point*)
2. Penguapan produk
3. Impeller vane berputar terlalu dekat dengan pump cutwater.
4. Sirkulasi internal
5. Udara masuk dalam sistem dalam bentuk pusaran (vortex)
6. Terjadi Aliran turbulen dalam sistem
7. Water hammer

Sumber lain yang dapat menyebabkan vibrasi :

1. Vibrasi harmonik dengan equipment di sekitarnya
2. Pompa beroperasi pada kecepatan kritis (putaran kritis)
3. Seal “**slip stick**” pada permukaannya. Hal ini dapat terjadi bila pompa dioperasikan pada non-lubricating fluid, gas atau dry solid
4. Discharge recirculation line mengarah pada permukaan seal



Gambar 3 : Testing Rotor pompa sentrifugal

3. Inspecting & Monitoring

Vibrasi pompa dapat dideteksi melalui :

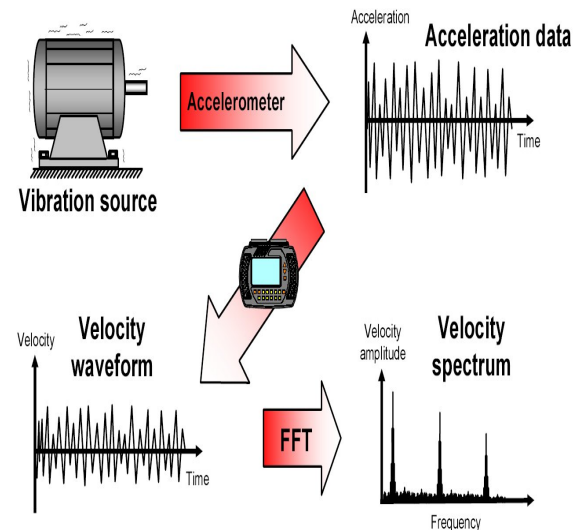
1. FREKUENSI
2. AMPLITUDO
3. KECEPATAN (*VELOCITY*)
4. PERCEPATAN (*ACCELERATION*)

5. SPIKE ENERGY
6. EMISI AKUSTIC
7. DEFLEKSI

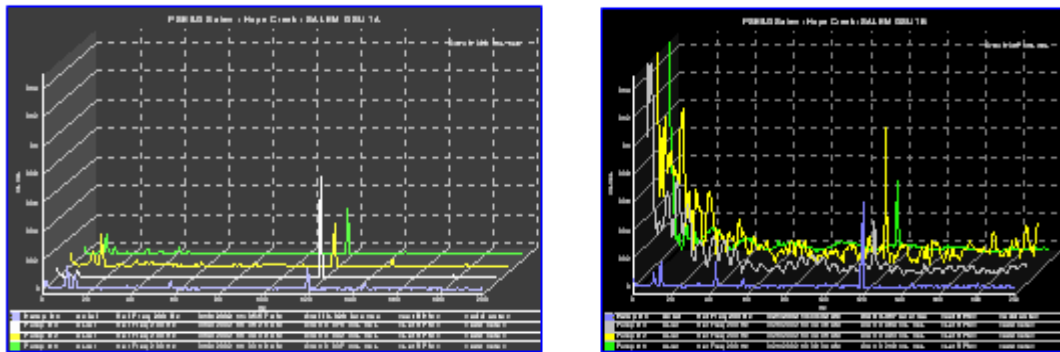
Dalam kebanyakan kasus, vibrasi dideteksi lewat *PERCEPATAN*. Data pembacaan vibrasi dapat menunjukkan apakah alat sudah mengalami kerusakan atau belum. Dengan demikian rekaman data vibrasi dari saat ke saat (on-line) sangat diperlukan untuk diagnosa kegagalan equipment.

TECHNOLOGIES	APPLICATIONS												
	Motor, Turbine Generator	Turbines	Pumps	Electric Motors	Diesel Generators	Condensers	Heavy Equipment/Cranes	Circuit Breakers	Valves	Heat Exchangers	Electrical Systems	Transformers	Tanks, Piping
Vibration analysis	●	●	●	●	●	●	●						
Lubricant, Fuel Analysis	●	●	●	●	●	●	●					●	
Wear Particle Analysis	●	●	●	●	●	●	●						
Bearing Temp. Analysis	●	●	●	●	●	●	●						
Performance Monitoring		●	●	●	●	●				●		●	
Ultrasonic Monitoring	●	●	●	●	●	●			●	●	●	●	
Ultrasonic Flow			●		●				●	●			
Infrared Thermography	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Non-destructive Testing					●					●			●
Visual Inspection	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Insulation Resistance	●			●				●			●	●	23

Gambar 4 : Daftar analisis untuk beberapa penggunaan



Gambar 5: Pengubah vibrasi menjadi spectrum frekuensi



Gambar 6 : Rekaman vibrasi dari beberapa pompa

Agar pompa dapat beroperasi dengan baik, terdapat prosedur proteksi standar yang diterapkan pada pompa sentrifugal. Beberapa standar minimum paling tidak terdiri dari:

1. **Proteksi terhadap aliran balik.** Aliran keluaran pompa dilengkapi dengan *check valve* yang membuat aliran hanya bisa berjalan satu arah, searah dengan arah aliran keluaran pompa.
2. **Proteksi terhadap overload.** Beberapa alat seperti *pressure switch low*, *flow switch high*, dan *overload relay* pada motor pompa dipasang pada sistem pompa untuk menghindari *overload*.
3. **Proteksi terhadap vibrasi.** Vibrasi yang berlebihan akan mengganggu kinerja dan berkemungkinan merusak pompa. Beberapa alat yang ditambahkan untuk menghindari vibrasi berlebihan ialah *vibration switch* dan *vibration monitor*.
4. **Proteksi terhadap minimum flow.** Peralatan seperti *pressure switch high* (PSH), *flow switch low* (FSL), dan *return line* yang dilengkapi dengan *control valve* dipasang pada sistem pompa untuk

melindungi pompa dari kerusakan akibat tidak terpenuhinya *minimum flow*.

5. **Proteksi terhadap low NPSH available.** Apabila pompa tidak memiliki NPSHa yang cukup, aliran keluaran pompa tidak akan mengalir dan fluida terakumulasi dalam pompa. Beberapa peralatan *safety* yang ditambahkan pada sistem pompa ialah *level switch low* (LSL) dan *pressure switch low* (PSL)

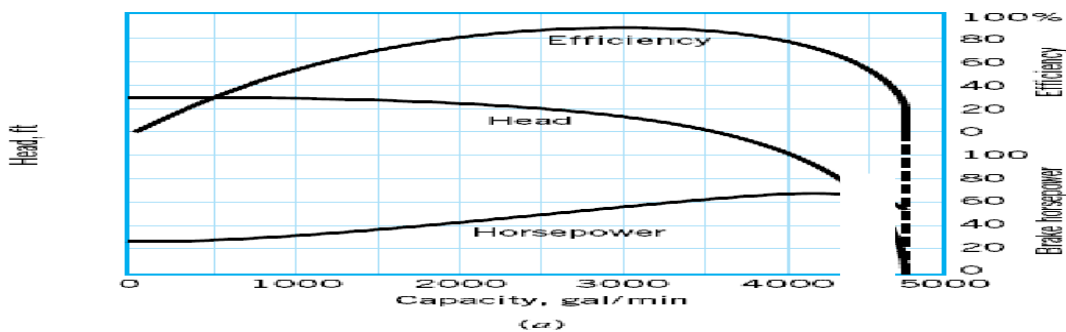
4. Pembahasan

Pompa yang dibahas vibrasinya, adalah pompa air yang digunakan oleh perusahaan minyak Chevron di Duri provinsi Riau. Pompa ini mempunyai kapasitas serta daya yang besar.

Tipe pompa : David Brown Pump Type
6 X 8 x 11 E DB34D 6

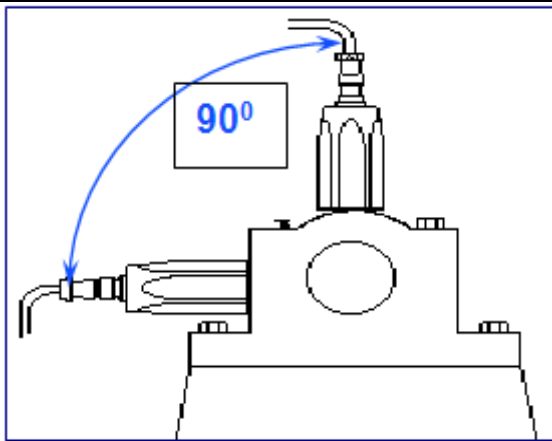
STAGES

Kapasitas : 1490 US gpm
Head : 3349 ft
Power : 1494 HP/SAE (1510,53
HP test – dev-1,10647%)
Efficiency: 81 % (80,1837% test –
dev-0.8163%)
NPSH : 22 ft (21.8729 ft test –
dev- 0.5'

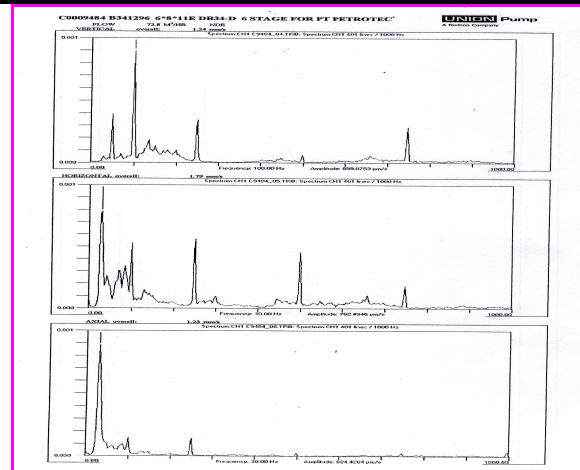


Gambar 7 : Unjuk kerja pompa sentrifuga

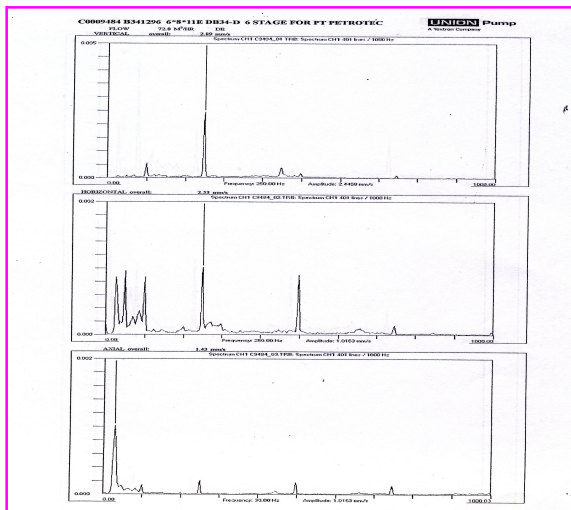




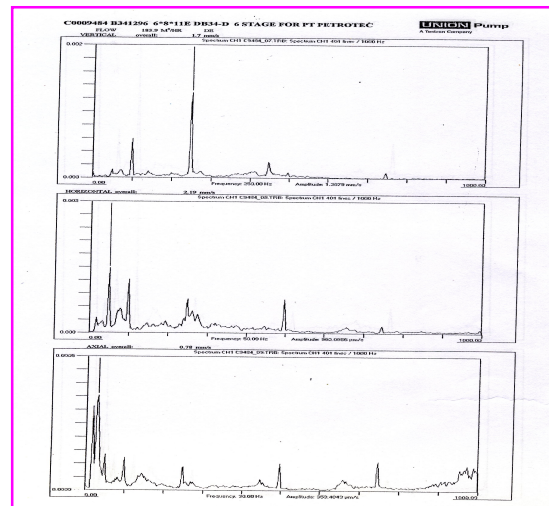
Gambar 9 : Sensor vibrasi arah vertikal dan horisontal



Gambar 11: Rekaman vibrasi vertical-horisontal-aksial kapasitas medium



Gambar 10: Rekaman vibrasi vertical-horisontal-aksial kapasitas rendah

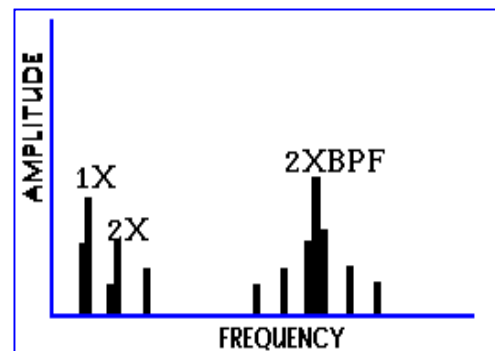


Gambar 12 : Rekaman vibrasi vertical-horisontal-aksial kapasitas besar

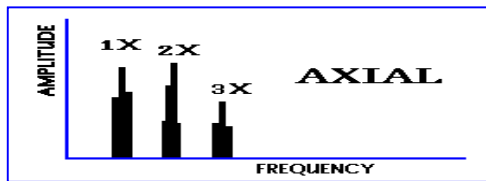
Signature Vibration Analysis

Vibrasi yang timbul pada frekuensi dan bagaimana hubungannya dengan frekuensi fundamental-nya

- Berapa amplitudo pada tiap puncak
- Bagaimana hubungan antara satu puncak dengan puncak lainnya
- Jika harga puncak cukup significant, apa penyebabnya ?



Aksial

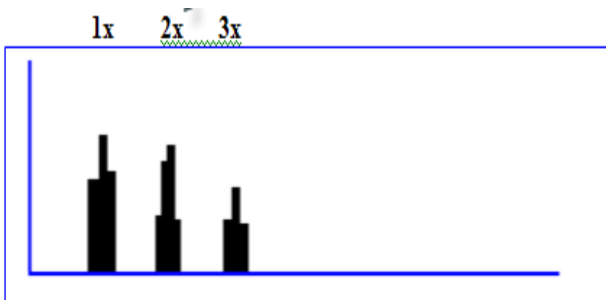


Gambar 13: Patron /pola frekuensi dan amplitude pada arah aksial

Analisis :Memiliki sifat vibrasi tinggi pada arah aksial.

- Sudut phase 180^0 berubah melalui kopling.
- Vibrasi aksial tinggi 1 kali dan 2 kali (pada umumnya).
- Umumnya frekuensi-amplitudo dominan 1, 2 atau 3X RPM.
- Symptoms dapat mengindikasikan masalah pada kopling.

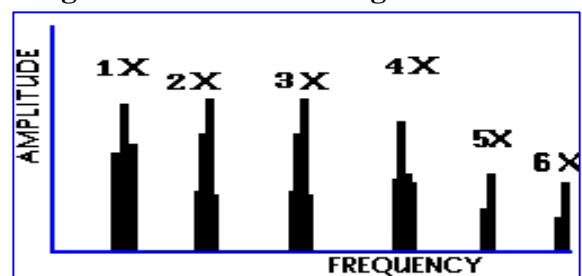
Radial



Gambar 14: Patron/pola frekuensi-amplitudo pada arah radial

- Vibrasi radial tinggi dengan sudut phase 180^0 .
- Kondisi berbahaya - dapat memberi vibrasi harmonik yang lebih tinggi.
- Pada putaran 2X RPM lebih tinggi dari 1X RPM
- Symptoms sama dengan *angular misalignment*
- Design kopling dapat mempengaruhi bentuk spectrum dan amplitudo

Misalignment –Sleeve bearing



Gambar 15 :Patron/pola frekuensi –amplitudo akibat misalignment

- Keausan pada *sleeve bearing* akan menimbulkan banyak vibrasi harmonik
- *Minor unbalance* atau *misalignment* akan menyebabkan amplitudo tinggi ketika *clearance* terlalu besar.



Gambar 16 : Cara pengukuran vibrasi pada pompa

Signature Vibration Analysis adalah salah satu cara untuk mengetahui kondisi (kerusakan, keausan, kelonggaran) dari pompa pada saat beroperasi. Vibrasi yang terekam dalam bentuk FFT dianalisis dengan pola/patron seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Patron/pola frekuensi-amplitudo untuk analisis gangguan/kerusakan pada pompa masih ada beberapa lagi, tetapi patron/pola yang ditampilkan hanya 3-4 pola saja.

7. Torishima Pump. 1999. Hand Book. Torishima Pump MFG. Co., Ltd. Japan.
8. WWW.unionpump.com

5. Kesimpulan

Uraian seperti tersebut diatas, merupakan salah satu cara mengetahui kondisi pompa pada saat operasi tanpa mengganggu produktivitasnya.

Dari tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa *inspecting & monitoring* pompa dengan vibrasi sebagai berikut:

1. *Inspecting & Monitoring* operasi pompa menjadi sangat mudah dan cepat
2. Perlu keahlian dalam **membaca** data rekaman dan signature vibrasi.
3. Dapat mengetahui kondisi pompa saat operasi/jalan
4. Dapat digunakan untuk *memprediksi* untuk maintenance atau repair pompa.
5. Diperlukan *diagnostic instrument* yang memadai.

Dalam kesempatan ini tim mengucapkan banyak terima kasih kepada PT Chevron di Duri Riau, atas data-data yang dapat kami peroleh.

6. Pustaka

1. Church, A. H. 1972. Centrifugal Pumps and Blowers. Robert E. Krieger Publishing Company. Huntington, New York, USA.
2. Ludwig, G., Meschkat, S. and Stoffel, B. 2000. Design Factors Affecting Pump Efficiency. Darmstadt University of Technology. Magdalenenstrabe 4, D-64289 Darmstadt, Germany.
3. Prabowo, A. 2002. Evaluation and Improvement of A Locally Made Centrifugal Pump Commonly Used in Indonesia. Unpublished. Thesis. No. AE – 02 – 1. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
4. Prabowo, A., Singh, G., and Kaewprakaisaengkul, C. 2003. Improvement of A Locally Made Centrifugal Pump by Modifying the Geometry of the Impeller. Jurnal Enjiniring Pertanian (Journal of Agricultural Engineering). Vol. I, No. 1, Tahun 2003. Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian, Serpong, Banten, Indonesia.
6. Stepanoff, A. J. 1957. Centrifugal and Axial Flow Pump. John Wiley and Sons. Inc., New York, USA.



