

Karakteristik Getaran dan Efisiensi Kompresor Torak Akibat Perubahan Profil pada *Valve Seat Sisi Discharge*

Yasir Afai Lubis, Bambang Daryanto Wonoyudo

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: bambang@me.its.ac.id

Abstrak—Kompresor torak adalah tipe kompresor yang paling umum ditemui dalam aplikasi industri. Memperpanjang waktu operasi dan pencegahan kerusakan pada kompresor merupakan perhatian utama dalam industri. *Valve* adalah komponen yang paling sering menyebabkan *shutdown* tidak terjadwal sehingga mendapat perhatian utama di antara komponen-komponen kompresor torak. Di sisi lain, penelitian mengenai dampak perubahan geometri komponen-komponen *valve* terhadap getaran kompresor masih sangat sedikit. Pada Tugas Akhir ini diinvestigasi akselerasi getaran pada *silinder head* serta tekanan ruang silinder dengan modifikasi profil *valve seat*. Kedua variabel tersebut diukur pada putaran tertentu serta pada posisi sudut poros engkol yang bersamaan. Kesamaan waktu pengukuran di-trigger oleh *tachometer*. Modifikasi yang dilakukan adalah berupa variasi kedalaman pelat dinamis katup sisi tekan terhadap ruang silinder. Setelah itu, dilakukan analisa tekanan untuk mencari efisiensi volumetris serta karakteristik getaran kompresor dari bentuk *waveform* yang dihasilkan sebagai akibat modifikasi profil *valve seat* sisi tekan. Hasil penelitian menunjukkan pengurangan kedalaman pada lubang *valve seat* sisi tekan akan menurunkan level getaran, terjadinya peningkatan tekanan maksimum ruang silinder dan perbaikan efisiensi volumetris kompresor torak dibandingkan dengan *valve seat* profil normal. Di sisi lain, perubahan dimensi dan massa *moving plate* pada *valve seat* normal akan memperpanjang rentang bukaan katup tekan. Peningkatan tekanan kerja kompresor mengakibatkan peningkatan level getaran, penurunan rentang waktu proses buka-tutup katup tekan dan peningkatan efisiensi volumetris kompresor.

Kata Kunci—*Valve seat*, *waveform*, getaran, tekanan, efisiensi volumetris.

I. PENDAHULUAN

Kompresor torak adalah tipe kompresor yang paling umum ditemui dalam aplikasi industri. Kompresor ini memiliki beberapa keunggulan meliputi kapasitasnya yang besar serta dapat mengompresi gas ke tekanan yang sangat tinggi. Memperpanjang waktu operasi dan pencegahan kerusakan pada kompresor merupakan perhatian utama dalam industri yang bekerja dengan proses pengolahan gas.

Valve adalah komponen yang mendapat perhatian utama di antara komponen-komponen kompresor torak lainnya. Kegagalan *valve* adalah penyebab utama *shutdown* yang tak terjadwal pada kompresor, yaitu sekitar 36%, dibandingkan komponen-komponen lainnya^[1]. Salah satu teknik yang digunakan dalam aktivitas condition monitoring untuk kompresor torak adalah analisis vibrasi.

Permasalahan lainnya adalah terdapatnya rongga pada katup kompresor torak dengan volume yang cukup luas yang terakumulasi dengan rongga *clearance* sehingga mengurangi efisiensi volumetris kompresor. Padahal semakin tinggi tekanan kerja kompresor maka rongga sisa tersebut akan semakin berpengaruh pada kerja yang dihasilkan oleh kompresor torak.

Dari penjelasan di atas, timbul kebutuhan untuk memperbaiki kinerja kompresor dengan fokus pada katup kompresor. Perbaikan kinerja katup kompresor torak *single stage, single acting* dilakukan dengan cara meningkatkan efisiensi serta mengurangi getaran kompresor. Pada tugas akhir ini dilakukan modifikasi bentuk *valve seat* pada *discharge line*. Dipilihnya katup sisi *discharge* dibandingkan dengan sisi *suction* dikarenakan katup pada sisi *discharge* bekerja pada tekanan tinggi sehingga saat divariasikan akan memberikan perbedaan yang besar pada kinerja kompresor.

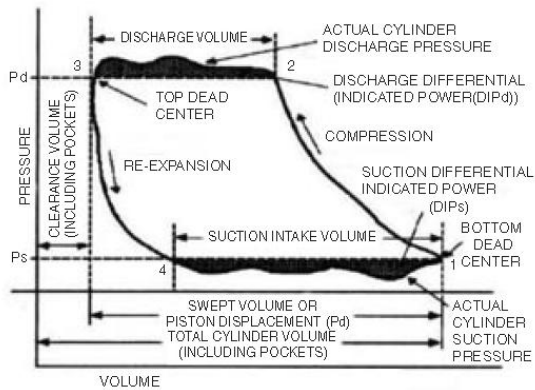
II. URAIAN PENELITIAN

Kompresor torak merupakan jenis kompresor *positive displacement*. *Valve* yang digunakan merupakan jenis *check valve*, yaitu *valve* yang secara otomatis akan terbuka untuk aliran maju dan tertutup saat terjadi aliran berlawanan. Elemen dasar kompresor torak adalah kompresi dengan satu sisi torak dalam satu kali kerja (*single acting*). Jika menggunakan kedua sisi torak (*double acting*) sama saja dengan dua elemen dasar kompresi dengan dikurangi volume lengan piston.

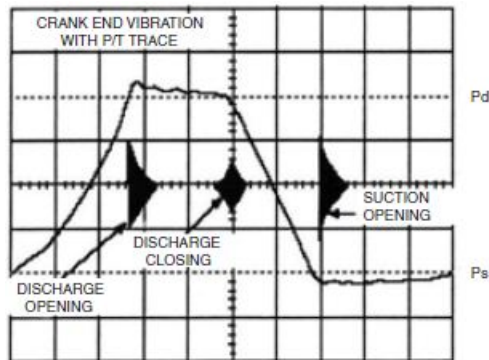
A. Tekanan kompresor

Secara ideal, kompresor mampu mengompresi gas sebesar volume perpindahan torak di dalam kepala silinder. Namun secara aktual, volume gas yang mampu dikeluarkan lebih kecil daripada perpindahan torak. Hal itu disebabkan oleh adanya faktor-faktor yang dapat mengurangi efisiensi kompresor, antara lain adanya perubahan temperatur fluida tekan, tingginya tekanan tangki, serta tersisanya fluida tekan pada ruang *clearance*.

Aliran fluida di dalam kompresor torak terjadi akibat empat proses, yaitu proses tekan, proses buang, proses ekspansi, dan proses hisap. Pada gambar 1, secara ideal, siklus kompresor ditunjukkan oleh kurva 1-2-3-4-1, dimana sumbu horizontal adalah volume silinder dan sumbu vertikal adalah tekanan. Secara aktual, kompresor bekerja dengan adanya luasan tambahan yang berada di luar kurva 1-2-3-4-1. Luasan tersebut menunjukkan daya yang dibutuhkan



Gambar 1 Perbandingan diagram P-V ideal dan aktual^[8]



Gambar 2 Bentuk *time waveform* pada katup serta tekanan silinder kompresor torak^[8]

membuka katup dan mengatasi hambatan aliran keluar-masuk silinder (*valve loss*).

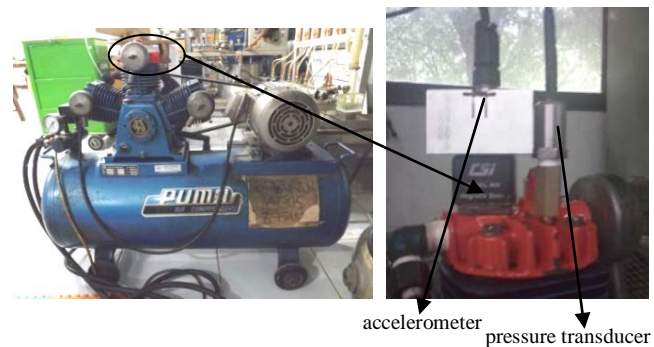
Saat proses ekspansi, piston harus menurunkan udara bertekanan tinggi di rongga *clearance* sampai di bawah tekanan atmosfer untuk dapat menghisap udara masuk. Untuk itu, semakin tinggi tekanan ruang penampungan, dalam artian tekanan buang meningkat, menyebabkan semakin panjang pula langkah piston untuk dapat menghisap udara masuk ke ruang silinder. Artinya, semakin sedikit pula volume udara yang dapat dimampatkan kompresor setiap satuan waktu (Q_s). Efisiensi volumetris adalah perbandingan volume gas yang masuk ke dalam silinder dalam tekanan atmosfer dengan volume langkah torak. Efisiensi volumetris erat kaitannya dengan volume *clearance*.

B. Getaran kompresor

Getaran adalah osilasi mekanik di sekitar titik acuan. Pergerakan membuka dan menutup pada katup hisap dan tekan akibat gaya pegas akan membebani *valve* sehingga menimbulkan getaran pada katup. Sumber-sumber getaran lainnya pada kompresor torak yaitu mekanisme naik-turunnya gerakan torak. Getaran bisa dinyatakan dalam bentuk *time waveform* (*time domain*) ataupun *frequency domain*.

Time waveform adalah sinyal getaran dari sensor berupa jejak perubahan amplitudo saat terjadi perubahan gerak vibrasi dari waktu ke waktu. Sedangkan *frequency domain*, yang biasa digunakan pada *rotating equipment*, merupakan tampilan amplitudo berbanding frekuensi alat.

Katup kompresor torak mengalami getaran yang signifikan akibat aktivitas buka tutup katup, baik katup tekan maupun katup hisap. Pada gambar 2 digambarkan bahwa amplitudo tinggi pada *time waveform* terjadi pada saat katup tekan mengalami proses buka dan tutup. Sedangkan pada katup hisap digambarkan terjadi hanya p



Gambar 3. Kompresor dan sensor penelitian

ada saat katup mengalami proses buka. Untuk itu perubahan geometri pada katup sisi tekan akan lebih berpengaruh terhadap getaran yang dihasilkan katup kompresor.

Pada penelitian ini sensor yang akan digunakan untuk mendeteksi getaran ialah *vibration transducer*. *Transducer* merupakan alat yang mampu mengubah sinyal dari bentuk energi mekanik menjadi bentuk energi elektrik. *vibration transducer* terdiri atas 3 jenis, yaitu *proximity probe*, *velocity pickup*, dan *accelerometer*.

Proximity probe digunakan pada frekuensi maksimal 1000 Hz sampai 1500 Hz. *Velocity pickup* terdiri atas dua jenis, yaitu jenis *piezoelectric* dan *electromechanical*. *Electromechanical velocity pickup* digunakan pada kecepatan menengah dan tinggi dengan frekuensi 10 Hz s/d 1500 Hz. Sedangkan *piezoelectric velocity pickups* memiliki rentang kerja yang sedikit lebih luas, yaitu pada frekuensi 2,5 Hz s/d 2000 Hz.

Accelerometer yang digunakan pada penelitian ini, sering digunakan di atas frekuensi resonansinya hingga melebihi 50 kHz. Untuk mendapatkan sensitivitas amplitudo yang tinggi dibutuhkan *accelerometer* dengan ukuran yang besar dan berat. Alat ini memiliki rentang frekuensi yang sempit. Sebaliknya, *accelerometer* dengan rentang frekuensi yang luas memiliki bentuk yang kecil dan ringan akan tetapi dengan sensitivitas yang rendah. Keunggulan lain dari *accelerometer* yaitu sinyalnya bisa diintegrasikan menjadi bentuk *velocity* dan *displacement* secara elektronik, mampu bekerja pada temperatur yang sangat tinggi, serta memiliki rentang amplitudo dinamik yang luas. Frekuensi operasi *accelerometer* berada di bawah frekuensi natural pertamanya^[5].

C. Spesifikasi alat

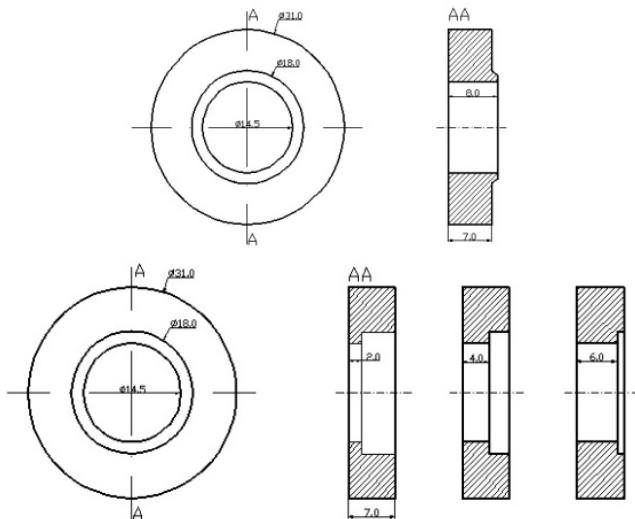
Kompresor torak yang digunakan dalam pengambilan data memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Tipe : PUMA, PU – 32, *single stage, single acting*
- Diameter x langkah : 65 x 50 mm
- Putaran : 540 rpm
- Working Pressure : 3, 4, dan 5 kg/cm² (yang diteliti)
- Penggerak : motor listrik 380 volt, 1430 rpm
- Transmisi : belt

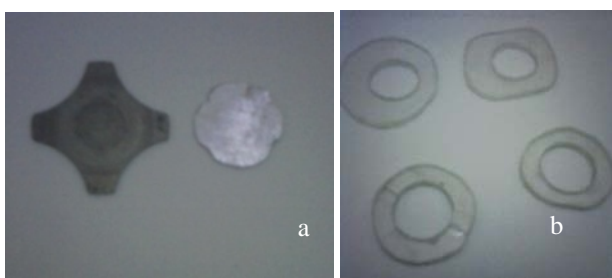
Terdapat dua variabel yang diukur pada eksperimen ini, yaitu:

- Akselerasi getaran pada *silinder head*, serta
- Tekanan ruang silinder.

Kedua variabel tersebut diukur pada putaran tertentu serta pada posisi sudut poros engkol yang bersamaan. Kesamaan waktu pengukuran di-trigger oleh *tachometer*. Data hasil



Gambar 4. Valve seat bawaan pabrik (atas) dan modifikasi (bawah)



Gambar 5 a) valve seat normal (kiri) dan modifikasi (kanan) dan b) dudukan pegas

pengukuran dimasukkan ke data logger kemudian di download ke komputer sehingga bentuk grafis dari profil getaran dan tekanan dapat ditampilkan. Pada gambar 3 diperlihatkan penempatan sensor getaran dan tekanan pada kepala silinder kompresor.

D. Modifikasi katup kompresor

Katup yang digunakan pada kompresor adalah tipe pelat datar. Pada gambar 4 terlihat bentuk dan ukuran valve seat yang digunakan. Valve seat normal (bawaan pabrik) memiliki ukuran kedalaman saluran 8 mm. Sedangkan kedalaman valve seat modifikasi berturut-turut 6 mm (modif 1), 4 mm (modif 2), dan 2 mm (modif 3), dengan dimensi tebal secara keseluruhan sebesar 7 mm. Modifikasi tersebut bertujuan untuk mengurangi volume clearance.

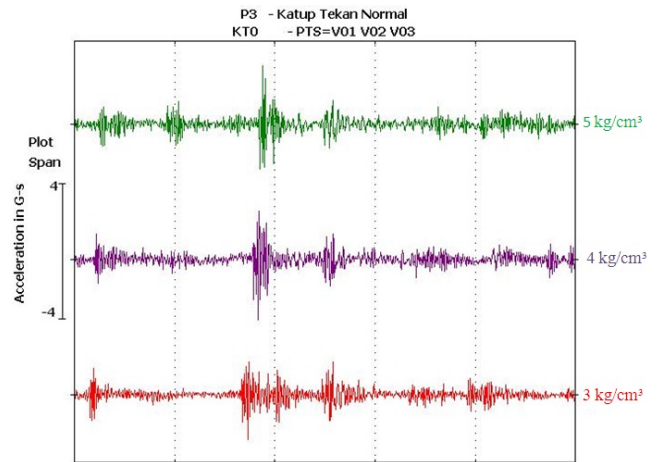
Untuk menyesuaikan rongga pada valve seat sebagai dudukan moving plate dengan diameter 18 mm, moving plate dibentuk semakin kecil. Pada gambar 5 diperlihatkan ukuran moving plate yang semula berbentuk tanda tambah “+” dengan panjang maksimal 27 mm, diperkecil menjadi bentuk lingkaran berdiameter 17,7 mm.

Selain memodifikasi moving plate, komponen lain yang dibutuhkan ialah dudukan pegas. Saluran valve seat yang diperpendek mengakibatkan jarak antara dudukan pegas dan valve seat semakin jauh. Untuk itu, dibutuhkan dudukan pegas tambahan yang dipasang pada kepala silinder sehingga jarak jangkauan pegas tetap sama.

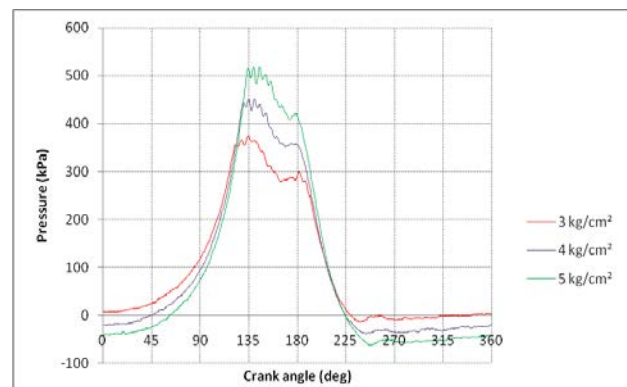
III. HASIL DAN DISKUSI

A. Getaran dan tekanan untuk profil normal

Berikut ini ditampilkan waveform getaran katup kompresor profil normal (bawaan pabrik) pada tekanan tangki 3 kg/cm² sampai dengan 5 kg/cm². Satu putaran



Gambar 6. Waveform getaran valve seat sisi tekan profil normal moving plate normal



Gambar 7. Grafik tekanan valve seat sisi tekan profil normal moving plate normal

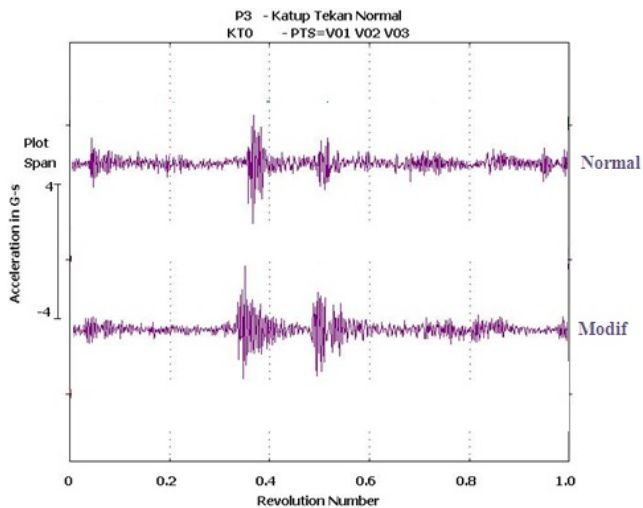
penuh poros engkol dihitung mulai dari Titik Mati Bawah (TMB) sampai kembali lagi ke TMB.

Time waveform getaran pada gambar 6 menunjukkan munculnya getaran berlebih pada saat tertentu. Getaran berlebih itu terjadi pada saat proses buka tutup katup tekan maupun katup hisap. Hal ini terjadi karena dalam proses buka tutup katup terjadi impact antara moving plate dengan valve stop dan valve seat.

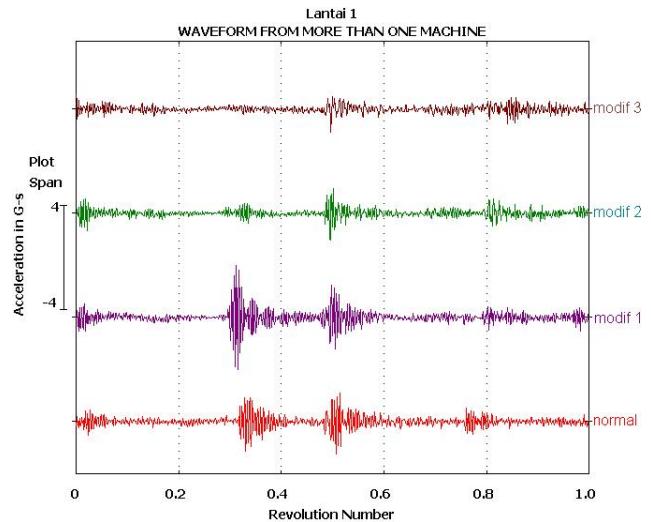
Jika diperhatikan, pada setiap waveform getaran di atas terlihat bahwa getaran pada saat buka tutup katup tekan lebih tinggi dibandingkan pada saat buka tutup katup hisap. Selain itu, peak getaran pada saat buka tutup katup tekan mengalami peningkatan seiring meningkatnya beban kerja. Fenomena ini juga ditunjukkan oleh valve seat modifikasi.

Fenomena lainnya yang terlihat adalah terjadi pergeseran proses buka katup tekan semakin ke kanan. Semakin tinggi tekanan tangki kompresor, piston membutuhkan sudut poros engkol yang lebih tinggi untuk dapat menggapai tekanan silinder yang cukup untuk membuka katup tekan. Akan tetapi, pada proses tutup katup tekan, tidak ada perubahan yang signifikan. Katup tekan tertutup pada daerah titik mati atas (TMA).

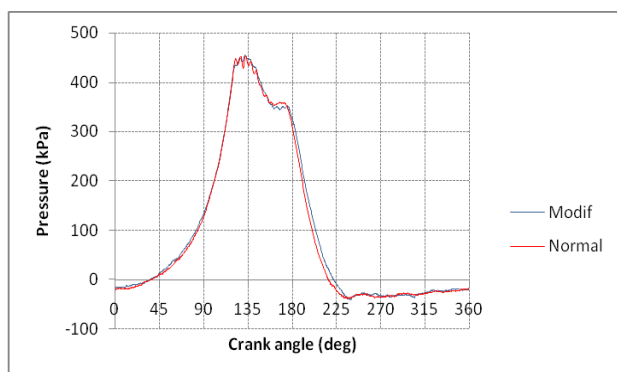
Grafik P-θ pada gambar 7 terlihat bahwa semakin tinggi beban kerja semakin tinggi pula tekanan puncak. Fenomena ini juga ditunjukkan oleh valve seat modifikasi. Grafik yang lebih ramping untuk tekanan tangki yang lebih tinggi menandakan bahwa katup tekan membutuhkan waktu lebih lama untuk terbuka sehingga terjadi pergeseran waktu pembukaan katup tekan. Grafik P-θ juga memperlihatkan bahwa tekanan ruang silinder memasuki tekanan di bawah



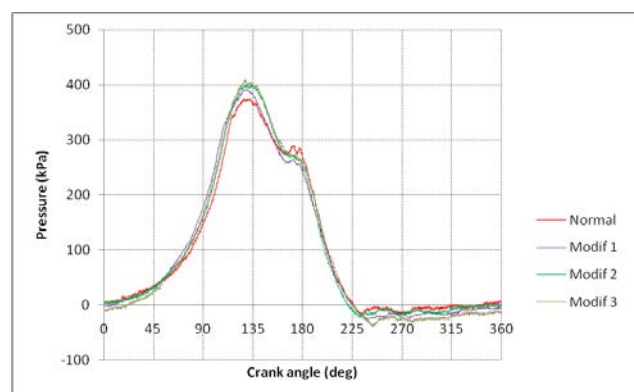
Gambar 8 Waveform getaran valve seat profil normal dengan moving plate normal dan modifikasi pada beban kerja 4 kg/cm²



Gambar 10. Waveform getaran seluruh profil valve seat sisi tekan pada beban kerja 3 kg/cm²



Gambar 9 Diagram tekanan valve seat profil normal dengan moving plate normal dan modifikasi pada beban kerja 4 kg/cm²



Gambar 11. Diagram tekanan seluruh profil valve seat sisi tekan pada beban kerja 3 kg/cm²

nol (minus) saat proses hisap. Tekanan hisap semakin berkurang dengan meningkatnya beban kerja.

Fenomena lainnya ialah grafik tekanan akan bergeser ke kanan seiring meningkatnya tekanan kerja. Hal ini juga ditunjukkan oleh grafik tekanan lainnya (hasil modifikasi). Hal ini terjadi karena tekanan hisapnya berada dibawah tekanan pada beban kerja 3 kg/cm².

B. Pengaruh variasi moving plate pada valve seat normal

Waveform getaran pada gambar 8 menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan antara katup bawaan pabrik dengan katup yang mengalami modifikasi pada moving plate-nya. Pola getaran pada moving plate modifikasi sangat jelas terlihat mengerucut dengan peak yang tinggi. Sedangkan pada moving plate normal memperlihatkan amplitudo yang langsung menurun setelah peak dengan peak yang relatif lebih rendah. Terjadinya bentuk mengerucut pada valve seat modifikasi disebabkan ukuran dan massa moving plate yang lebih kecil dan ringan. Akibatnya, moving plate lebih mudah terdorong gaya fluida dan mengalami fluttering yang lebih lama. Di samping itu, moving plate yang lebih kecil dan lebih ringan mengindikasikan level getaran yang lebih tinggi daripada moving plate bawaan pabrik.

Dari grafik P-θ, pada gambar 9, terlihat bahwa menggunakan moving plate modifikasi menunjukkan grafik yang hampir sama dengan moving plate bawaan pabrik. Grafik ini mengindikasikan bahwa selama tidak mengubah volume silinder, perubahan dimensi moving plate tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan tekanan. Dimana, tekanan merupakan fungsi gaya dan luas

penampang sehingga grafik diatas sudah sesuai secara teoritis.

1) Pengaruh variasi valve seat pada karakteristik getaran discharge line dan tekanan ruang silinder

Secara umum, waveform getaran dan grafik tekanan kompresor dengan valve seat modifikasi memperlihatkan perbedaan jika dibandingkan dengan valve seat normal. Pada waveform getaran, profil modifikasi umumnya terlihat lebih smooth dengan level getaran yang lebih rendah. Hanya saja perbedaan terdapat pada profil modifikasi 1 yang menunjukkan peak yang lebih tinggi dari profil normal. Pada P-θ diagram juga terlihat tekanan puncak profil modifikasi lebih tinggi dari profil normal.

Pada gambar 10, terlihat bahwa katup tekan dengan modifikasi 2 dan 3 memiliki level getaran yang jauh lebih baik daripada profil normal. Grafik yang serupa juga ditunjukkan pada beban kerja 4 kg/cm² dan 5 kg/cm². Hal ini dimungkinkan terjadi karena desain modifikasi 2 dan 3 memiliki profil yang lebih dangkal dibandingkan profil normal dan modifikasi 1. Sedangkan profil modifikasi 1 memiliki bentuk yang sedikit lebih dangkal daripada profil normal menunjukkan peningkatan aselerasi pada proses buka tutup katup tekan.

Amplitudo getaran profil modifikasi 1 terjadi sangat curam dan terjadi berulang kali. Peak yang terbentuk sangat tinggi, melebihi peak pada waveform katup normal dan modifikasi lainnya. Diperkirakan tingginya level getaran diakibatkan adanya turbulensi aliran pada saluran valve seat

sehingga *moving plate* mengalami *fluttering* dengan percepatan tinggi.

Level getaran pada proses buka tutup katup tekan modifikasi 2 terlihat lebih baik pada seluruh beban kerja. Ditambah lagi, *waveform* getaran terlihat lebih halus dengan pola getaran yang lebih landai dibandingkan dengan profil normal. Disamping itu, pola getaran saat proses pembukaan katup tekan terbentuk dengan *peak* relatif rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa level getaran yang tinggi pada proses pembukaan katup tekan, dapat diturunkan dengan desain ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa dengan adanya pengurangan panjang saluran masuk udara (pada *valve seat*) dapat menurunkan level getaran yang terjadi baik untuk *moving plate* bawaan pabrik maupun *moving plate* yang telah dimodifikasi

Time waveform getaran profil-profil modifikasi menunjukkan terbukanya katup tekan lebih awal jika dibandingkan profil normal. Di sisi lain, proses buka tutup katup hisap tidak mengalami perbedaan yang signifikan baik dilihat melalui grafik *time waveform* getaran maupun tekanan.

Semakin membaiknya level getaran pada saat buka tutup katup tekan modifikasi 2 diakibatkan oleh kestabilan gerakan *moving plate*. *Moving plate* terbentur dengan dampak yang lebih sedikit karena tumbukan *moving plate* dengan *valve seat* dan *valve stop* terjadi pada percepatan yang lebih rendah. Rendahnya percepatan tumbukan terjadi akibat sebagian energi kinetik pada *moving plate* telah terdisipasi akibat bergesekan dengan dinding *valve seat*.

Dari grafik P- θ , pada gambar 11, terlihat bahwa penggunaan *valve seat* modifikasi mengakibatkan terjadinya peningkatan puncak tekanan. Grafik tekanan menunjukkan puncak yang lebih tinggi pada tiap beban kerja jika dibandingkan dengan grafik tekanan profil normal. Selain itu, grafik tekanan pada profil modifikasi 1 dan 3 terlihat (sedikit) lebih melebar dibandingkan profil normal dan modifikasi 2 yang relatif sama. Adanya pelebaran ini menandakan tekanan ruang silinder lebih tinggi pada profil modifikasi 1 dan 3 saat proses kompresi terjadi dan terjadi proses *delivery* yang lebih lama.

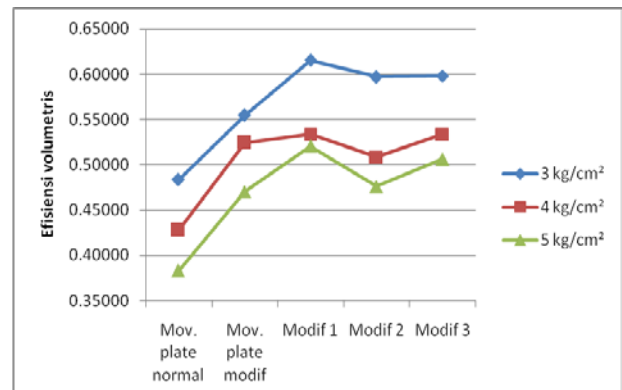
Terjadinya grafik tekanan yang hampir sama pada seluruh *valve seat* dikarenakan luasan saluran pada *valve seat* tidak ada perbedaan dengan *valve seat* normal sehingga grafik tekanan hampir sama. Dimana, tekanan merupakan fungsi gaya dan luas penampang sehingga grafik diatas sudah sesuai secara teoritis.

Peningkatan beban kerja dari 3 kg/cm² ke 5 kg/cm² pada umumnya menaikkan intensitas getaran. Terkait buka tutup katup, peningkatan beban kerja akan memperlambat saat pembukaan katup tekan, dengan saat penutupan katup tekan yang relatif sama.

Jika dibandingkan seluruh variasi profil *valve seat* dan seluruh beban kerja kompresor, intensitas getaran paling rendah didapatkan dengan profil modifikasi 3 dengan beban kerja 3 kg/cm². Besarnya tekanan kerja yang mampu mendorong *moving plate* dengan aselerasi tinggi sehingga berdampak pada besarnya dampak yang terjadi pada katup.

2) Pengaruh variasi valve seat pada efisiensi volumetris kompresor

Valve seat sisi tekan dimodifikasi dengan mengurangi kedalaman lubang saluran fluida sehingga didapatkan total volume *clearance* yang lebih sempit. Modifikasi dilakukan dengan mengurangi kedalaman sebesar 2 mm, 4 mm, dan 6



Gambar 12 Grafik perbandingan nilai efisiensi volumetris pada tiap *valve seat* dan tekanan kerja kompresor

mm dengan masing-masing modifikasi berimbang pada berkurangnya volume *clearance* sebesar 316,747 mm³, 633,495 mm³, dan 950,2425 mm³. Secara teoritik, berkurangnya volume *clearance* ini dapat meningkatkan efisiensi volumetrik kompresor torak.

Dari gambar 12, dapat diamati bahwa terjadi peningkatan efisiensi volumetrik akibat pengurangan volume *clearance*, dari *valve seat* normal dengan *moving plate* normal ke *moving plate* modifikasi. Fenomena ini terjadi pada *valve seat* profil normal ke profil modifikasi 1 dan *valve seat* profil modifikasi 2 ke profil modifikasi 3.

Fenomena unik terlihat pada gambar 12, grafik efisiensi volumetris. Terjadi penurunan efisiensi volumetris pada profil modifikasi 1 ke modifikasi 2, kemudian terjadi peningkatan kembali pada profil modifikasi 2 ke modifikasi 3. Secara teoritis, seharusnya efisiensi volumetris terus mengalami peningkatan seiring berkurangnya volume *clearance*. Akan tetapi, rendahnya nilai efisiensi volumetris pada profil modifikasi 2 dan 3 diperkirakan akibat adanya disipasi energi akibat timbulnya gesekan antara *moving plate* dengan dinding *valve seat*. Akibatnya, fluida membutuhkan tekanan yang lebih tinggi agar tercipta gaya minimal yang dapat mendorong *moving plate* hingga katup discharge terbuka. Dengan demikian, kompresor membutuhkan usaha yang lebih tinggi. Besaran energi yang terdisipasi pada kedua katup diperkirakan hampir sama sehingga tetap terjadi peningkatan nilai efisiensi volumetris dari profil modifikasi 2 ke modifikasi 3. Di sisi lain, adanya gesekan tersebut berdampak pada semakin baiknya getaran yang terjadi pada proses buka tutup katup tekan kompresor.

IV. KESIMPULAN

- *Moving plate* dimodifikasi dengan tujuan menyesuaikan bentuk lubang *valve seat* yang dimodifikasi.
- Terjadi rentang bukaan katup tekan yang lebih lama sebagai akibat pengurangan dimensi dan massa *moving plate*.
- Pada umumnya, terjadi perbaikan pola getaran dengan pengurangan kedalaman pada profil *valve seat* sisi tekan. Level getaran akan lebih tinggi jika pengurangan kedalaman yang dilakukan sebesar 2mm.
- Terjadi tekanan puncak yang lebih tinggi sebagai akibat pengurangan kedalaman pada lubang *valve seat* sisi tekan dikarenakan volume ruang silinder lebih sempit dibandingkan *valve seat* profil normal.
- Pada umumnya terjadi peningkatan level getaran sebagai akibat peningkatan beban kerja kompresor.

- Secara umum terjadi perbaikan efisiensi volumetris kompresor dibandingkan dengan *valve seat* profil normal.
- Adanya disipasi energi menyebabkan nilai efisiensi volumetris pada profil modifikasi 2 dan modifikasi 3 menjadi lebih rendah, meskipun masih lebih tinggi dari profil normal.
- Level getaran yang paling rendah didapat pada pengurangan kedalaman *valve seat* sisi tekan sedalam 6mm pada beban kerja 3 kg/cm².
- Efisiensi volumetris tertinggi tercatat pada pengurangan kedalaman *valve seat* sisi tekan sedalam 2mm pada beban kerja 3 kg/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Foreman, S., Compressor Valves and Unloaders for Reciprocating Compressor – An OEM's Perspective, Dresser-Rand, 2000.
- [2] United Nations Environment Programme, "Compressor and compressed air system", Perth, 2006.
- [3] Sularso dan Tahara, Haruo, Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian, dan Pemeliharaan, Pradnya Paramita, Jakarta, 1983.
- [4] Bloch, Heinz P., A Practical Guide to Compressor Technology, McGraw-Hill, New York, 1996.
- [5] Mitchell, John S., Introduction to Machinery Analysis and Monitoring, Penwell books, Oklahoma, 1993.
- [6] Wovk, Victor, Machinery Vibration : Measurement and Analysis, McGraw-Hill, Boston, 1991.
- [7] Bloch, Heinz P. Dan Hoefner, John J., Reciprocating Compressor Operation and Maintenance, Butterworth-Heinemann, Houston, 1996.
- [8] Hanlon, Paul C., Compressor Handbook, McGraw-Hill, New York, 2001.
- [9] Syamlan, Mahmud A., Studi Eksperimental Karakteristik Vibrasi dan Tekanan Ruang Silinder pada Kompresor Torak Single-Stage, Single-Acting: Efek Perubahan Valve seat pada Discharge Line dengan Tiga Variasi Perubahan Valve seat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [10] Siregar, David, Studi Eksperimental Profil Getaran dan Tekanan Ruang Silinder Kompresor Torak Single-Stage, Single-Acting: Pengaruh Perubahan Profil Valve seat pada Sisi Discharge, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2012.
- [11] Habing, R.A., Flow and Plate Motion in Compressor Valves, Ariel Corporation, Enschede, 2005.