

## DESAIN ELASTOHYDRODINAMIS LUBRICATION SYSTEM DENGAN PENGATUR TEKANAN PADA CAMSHAFT MOTOR BENSIN 4 LANGKAH

**Nana Supriyana**

Program Studi Teknik Mesin  
Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo  
Email: Nana.sttw@gmail.com

**Mastur**

Program Studi Teknik Mesin  
Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo  
Email: Masturpwt@gmail.com

### ABSTRAK

*Camshaft* didesain dengan beberapa pertimbangan seperti durasi bukaan katup, tinggi angkat katup, jarak titik puncak antara *cam lobe intake* dan *cam lobe exhaust*, dengan cara kerja berputar, tertekan dan bergesekan akan menimbulkan hal yang tidak bisa dihindarkan yaitu terjadinya proses keausan permukaan yang bergesekan yang berdampak perubahan pada waktu pemasukan campuran bahan bakar dengan udara dan pengeluaran sisa pembakaran yang pada akhirnya berpengaruh terhadap kemampuan kerja motor secara keseluruhan. Penelitian ini dilakukan untuk mengamati fenomena keausan yang terjadi pada komponen *camshaft* dengan cara membuat desain sistem pelumasan (*elastohydrodynamic lubrication system*) untuk mencapai kondisi *elastohidrodinamis* selalu terjadi walaupun diawal Bergeraknya komponen *camshaft* pada motor bensin sehingga keausan permukaan *camshaft* dapat diminimalisir dan kemampuan kerja motor tetap terjaga. Metode penelitian menggunakan media motor bensin 4 langkah dengan mekanisme katup jenis *single over head camshaft (SOHC)*, kecepatan putar *camshaft* 2000 Rpm, temperatur kerja 78° C serta menggunakan minyak pelumas SAE 10W-40. Hasil penelitian didapatkan bahwa sistem pelumasan modifikasi dengan penambahan dua buah katup pengatur minyak pelumas pada komponen *camshaft* menunjukkan kekasaran *intake cam lobe* sebesar 0,316µm dan kekasaran *exhaust cam lobe* sebesar 0,343µm mempunyai nilai kekasaran lebih rendah dibandingkan dengan sistem pelumasan standar menghasilkan nilai kekasaran sebesar 0,639µm untuk *intake cam lobe* dan 0,433µm untuk *exhaust cam lobe*. Hal ini membuktikan bahwa dengan modifikasi desain dengan penambahan sebuah katup pengatur minyak pelumas dapat meminimalisir atau mengurangi resiko keausan *camshaft*.

**Kata kunci:** *camshaft*, pelumasan, kekasaran, keausan.

### ABSTRACT

*Camshaft is designed with several considerations such as valve opening duration, valve lift height, peak distance between cam in and cam out, by rotating, pressing and rubbing will cause unavoidable that is the process of wearing a rubbing surface that impacts the change on The time of introduction of fuel mixture with air and removal of residual combustion which ultimately affects the overall working capability of the motor. This research was conducted to observe the phenomenon of wear on camshaft component by making an elastohydrodynamic lubrication system to achieve elastohydrodynamic condition always occur even though at the beginning of camshaft component movement on gasoline motor so that the wear of camshaft surface can be minimized so that the working ability of the motor is maintained . Method of research using 4 stroke gasoline engine with single overhead camshaft valve mechanism, camshaft 2000 speed Rpm, working temperature 78° C and using SAE 10W-40 lubricating oil. The results showed that the modified lubrication system with the addition of two lubricating oil valves on the camshaft component showed roughness intake cam lobe of 0.316µm and roughness exhaust cam lobe of 0.343µm had a lower camshaft roughness value than the standard lubrication system resulted in a surface roughness value of 0.639µm for intake cam lobe and 0.433µm for exhaust cam lobe. This proves that by design modification with the addition of a lubricating oil regulator valve can minimize or reduce the risk of camshaft wear*

**Keywords:** *camshaft, lubrication, roughness, wear.*

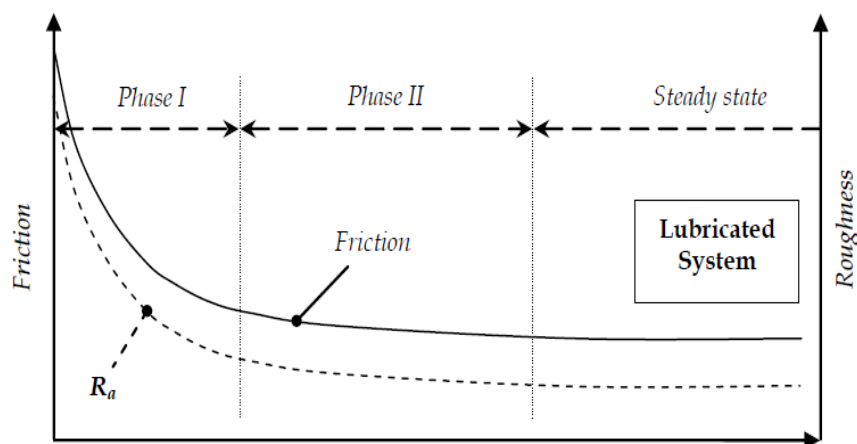
## 1. PENDAHULUAN

Menjadi sebuah tuntutan bahwa produk kendaraan bermotor harus memiliki banyak kriteria untuk dapat diminati orang banyak, diantaranya adalah irit bahan bakar, murah, tenaga bagus serta keawetan komponen kendaraan. Hal terakhir itulah yang harus diperhatikan ketika sebuah kendaraan sudah berada ditangan konsumen, bagaimana perilaku pemakai kendaraan serta proses perawatannya.

Beberapa penerapan teknologi pada komponen kendaraan bermotor bertujuan untuk memaksimalkan kemampuan kerja selalu mengalami perkembangan yang sangat pesat, termasuk komponen poros nok (*Camshaft*) pada motor bakar 4 langkah yang berfungsi mengatur pemasukan campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar maupun mengatur pengeluaran sisa pembakaran keluar dari ruang bakar [1]. *Camshaft* didesain dengan beberapa pertimbangan seperti durasi bukaan katup, tinggi angkat katup, jarak titik puncak *cam lobe* antara *intake cam lobe* dan *exhaust cam lobe*, bekerja dengan berputar, tertekan dan bergesekan akan menimbulkan hal yang tidak bisa dihindarkan yaitu terjadinya proses keausan permukaan akibat gaya gesek yang terjadi hal ini berdampak pada perubahan waktu pemasukan campuran bahan bakar dengan udara dan pengeluaran sisa pembakaran sehingga berpengaruh terhadap kemampuan kerja motor secara keseluruhan.

Posisi komponen *camshaft* yang terletak di bagian atas motor bensin, tempat yang sempit serta temperatur yang tinggi mengakibatkan beberapa kendala untuk menerapkan kondisi pelumasan, hal ini juga sebagai peyumbang terhadap keausan yang terjadi. Beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap fenomena keausan yang terjadi pada komponen *camshaft* yang bertujuan untuk meminimalisir keausan permukaan sehingga kemampuan kerja motor tetap terjaga, dalam penelitian ini mengkaji terkait dengan kondisi pelumasan, jenis pelumas, perubahan permukaan dengan menerapkan modifikasi pada sistem pelumasan menuju kondisi *hidrodinamis* selalu terjadi walaupun diawal Bergeraknya komponen *camshaft* pada motor bensin.

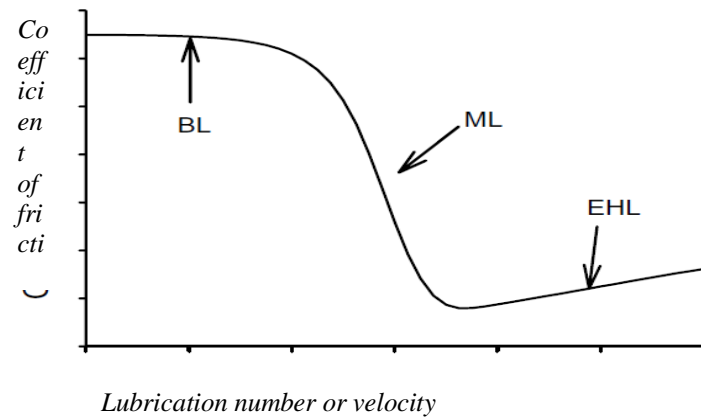
Proses keausan pada komponen yang saling bergerak dan bersinggungan dimulai dari awal komponen permesinan pernah diteliti oleh Jamari [2], disimpulkan bahwa keausan pada komponen mulai terjadi dari awal komponen terpasang dan berjalan seiring dengan waktu pemakaian mencapai kondisi stabil pada beberapa komponen permesinan seperti terlihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. Perubahan Koefisien Gesek Dan Kekasaran Sebagai Fungsi Waktu, Jumlah Kontak Rolling Atau Jarak Sliding [2]**

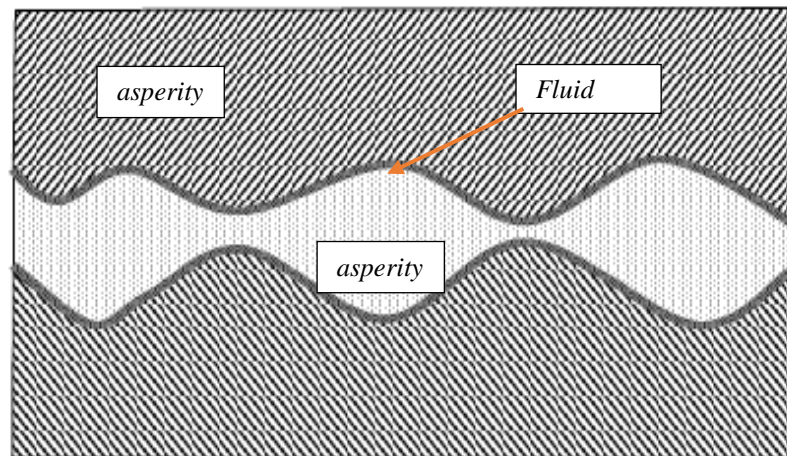
Terjadinya perubahan permukaan logam yang saling bergesekan dan bergerak dengan kondisi salah satu komponen dalam posisi diam sedangkan yang lain bergerak berputar dengan beban tekan yang berbeda, berkurangnya nilai koefisien gesek setelah bergerak sekian waktu, hal ini berakibat pada berkurangnya penyerapan energi pada system tersebut dengan kata lain terjadinya kondisi stabil setelah terjadi proses keausan yang tinggi diawal komponen tersebut dipasang[3]. Kondisi pelumasan *partial elasto hidrodinamis* (PEHL) yang diterapkan sangat berpengaruh terhadap terjadinya keausan, menuju kondisi *elastohidrodinamis* adalah target setiap penerapan system pelumasan pada permesinan, sehingga usia pakai komponen dapat diperpanjang dan maksimal [4].

Pada Gambar 2 terlihat tiga kondisi pelumasan yang terjadi pada sistem pelumasan yaitu *boundary lubrication* (BL), *mixed lubrication* (ML) dan *elastohydrodynamic lubrication* (EHL) [5].



Gambar 2. Kurva Stribeck [5]

Berdasarkan fenomena yang terjadi pada proses pelumasan tersebut maka para ahli bekerja keras untuk menerapkan sistem pelumasan menuju kondisi EHL dimana dengan kondisi ini koefisien gesek yang terjadi sangat minim sehingga proses keausan pada permukaan komponen yang bergerak dan bersinggungan dapat diminimalisir. Penerapan metode pelumasan yang tepat dapat memperpanjang usia pakai suatu komponen seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



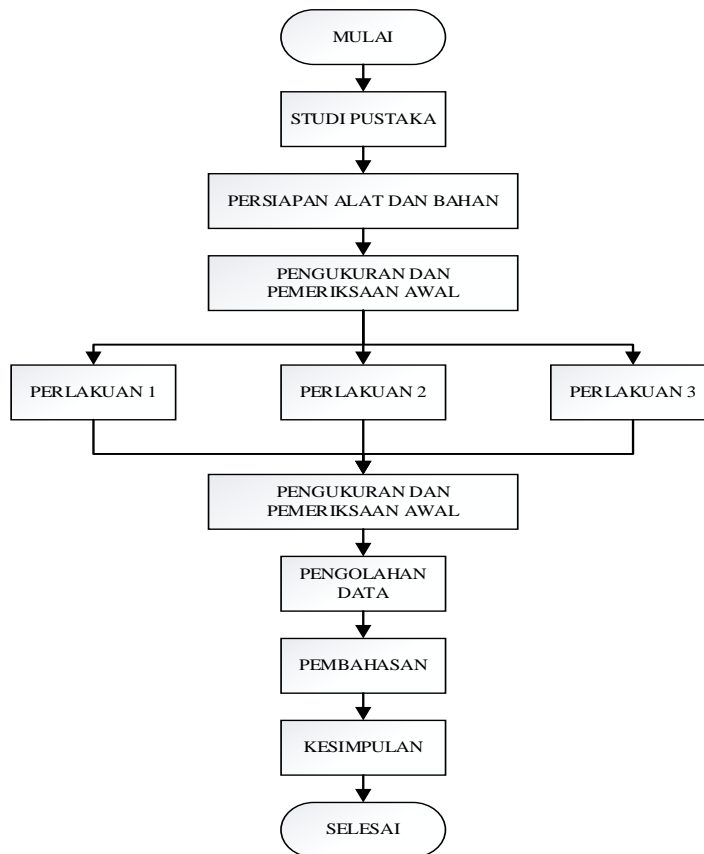
Gambar 3. Hidrodinamic Lubrication

Salah satu jenis kondisi pelumasan yang menjadi target sistem pelumasan. Permukaan yang berkontak terlapsi oleh *fluid film* sehingga tidak terjadi kontak antara *asperity*. Hal ini menyebabkan koefisien gesekan yang terjadi semakin kecil. Tidak adanya kontak antar *asperity* juga menyebabkan tidak terjadinya deformasi plastis pada *asperity*, mengakibatkan tidak adanya keausan (*wear*) yang terjadi. Jenis kontak ini menunjukkan keberhasilan dalam pelumasan, yaitu mengurangi gesekan yang terjadi.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

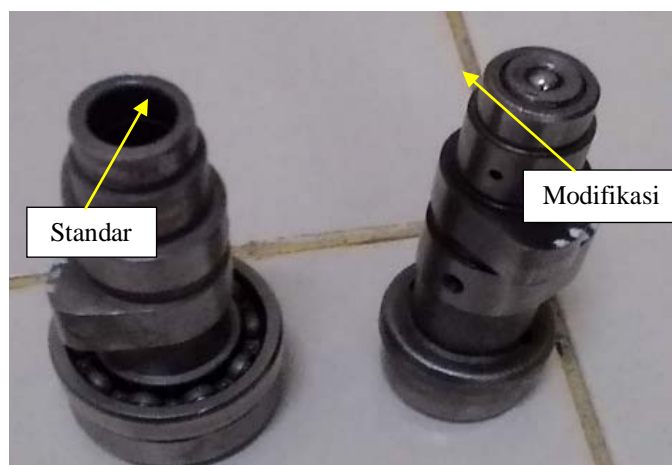
Kegiatan penelitian tentang fenomena yang terjadi pada komponen *camshaft* terutama pada sistem pelumasan menggunakan beberapa alat dan bahan seperti komponen *camshaft* jenis SOHC yang terpasang pada motor bensin 4 langkah 100 cc, minyak pelumas SAE 10W-40, temperatur kerja motor 70° C, putaran *camshaft* 2000 Rpm, waktu *running* 10 menit jeda berhenti 5 menit, pengukuran kekasaran permukaan *camshaft* menggunakan *surface roughness* setelah semua data terkumpul kemudian dilakukan analisa data menggunakan metode deskriptif yaitu menjelaskan beberapa kejadian atau fenomena yang terjadi pada obyek penelitian serta menganalisa dengan melihat hasil penelitian yang pernah dilakukan peneliti lain.

*Flowcart* kegiatan penelitian dimulai dengan studi pustaka dan diakhiri dengan kesimpulan, secara detail dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Flowcart Kegiatan Penelitian**

Pemeriksaan awal sebelum dilakukan pemasangan komponen pengatur tekanan pada *camshaft* adalah melakukan pengecekan aliran minyak pelumas mulai dari pompa pelumas, saluran pelumas sampai dengan komponen *camshaft* dan ditemukan adanya keterlambatan mengalirnya minyak pelumas ke komponen *camshaft* hal ini kemungkinan disebabkan tekanan kerja minyak terlalu rendah dan membutuhkan waktu sekian detik untuk mencapai komponen *camshaft*. Hal ini berakibat terhadap proses pelumasan pada komponen *camshaft* yang sangat minim dan hal ini terjadi setiap kali motor berhenti beroperasi selama  $\pm 10$  menit. Berdasarkan pertimbangan kejadian tersebut penulis menganalisa dan memutuskan untuk menambah suatu komponen yang berfungsi untuk mengatur tekanan minyak pelumas dan menjaga agar posisi minyak pelumas tetap berada di dalam saluran pelumas komponen *camshaft* dan saluran setelah keluar dari pompa minyak pelumas. Pada proses perlakuan 1, 2 dan 3 obyek penelitian berupa komponen *camshaft* dipasang pada *silinder head* dengan perubahan atau modifikasi sistem pelumasan seperti terlihat pada Gambar 5 dan 6.



**Gambar 5. Camshaft Standar Dan Modifikasi**



**Gambar 6. Katup Pengatur Tekanan Sistem Pelumasan Yang Dipasang Di *Camshaft***

### **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

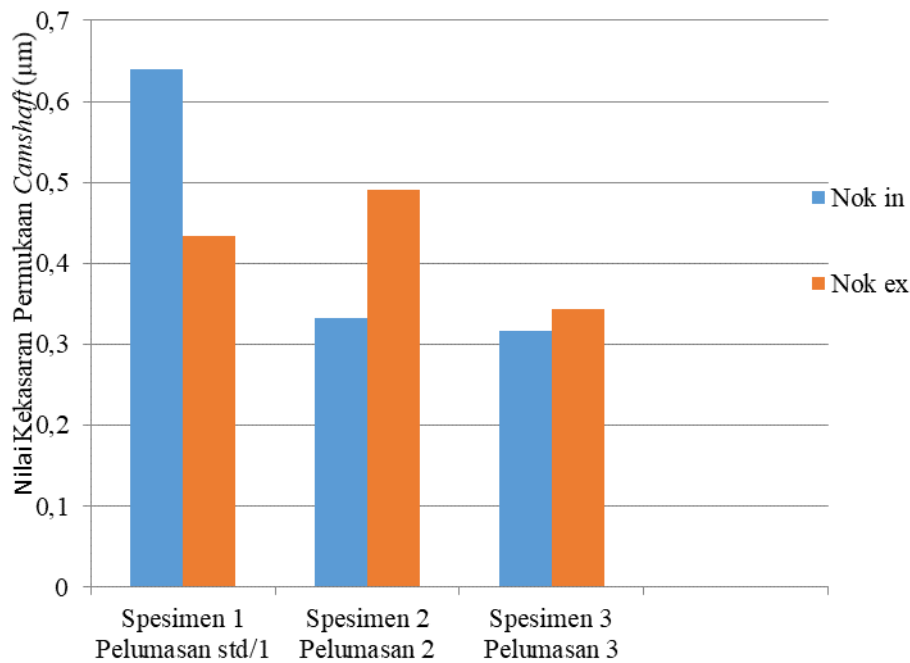
Penelitian ini dilakukan menggunakan 3 sistem pelumasan yang berbeda yaitu, sistem pelumasan standar, sistem pelumasan modifikasi 1, dan sistem pelumasan modifikasi 2. Sistem pelumasan standar yaitu sistem pelumasan komponen *camshaft* dengan kondisi standar bawaan pabrik tanpa adanya perubahan sama sekali. Pada kondisi ini, pelumasan pada *camshaft* benar-benar mengandalkan putaran *crankshaft* untuk memutar pompa minyak pelumas, dengan begitu minyak pelumas yang ada di bagian bawah akan masuk ke pompa dan disirkulasikan ke bagian atas mesin atau bagian *camshaft* kondisi membutuhkan waktu, sedangkan motor sudah beroperasi, *camshaft* pun sudah berputar dan sudah mengalami kontak langsung dengan *rocker arm* tanpa adanya pelumasan yang cukup. Kondisi seperti inilah yang menyumbang keausan komponen *camshaft* dan membuat kinerjanya menurun.

Sistem pelumasan 1, yaitu sistem pelumasan standar yang telah mengalami perubahan pada bagian *camshaft*. Perubahan yang dimaksud pada sistem pelumasan ini yaitu penambahan katup pengatur minyak pelumas pada *camshaft* di bagian lubang masuknya pelumas atau sisi *camshaft* dengan *ball bearing*. Katup ini akan bekerja apa bila ada tekanan minyak pelumas melebihi kekuatan pegas, sehingga *ball bearing* akan terdorong minyak pelumas, dan minyak pelumas akan masuk kebagian dalam *camshaft*. Apabila motor berhenti dan sudah tidak ada tekanan dari minyak pelumas katup akan kembali menutup, minyak pelumas yang sudah masuk tidak dapat keluar lagi, dengan begitu apabila motor akan kembali dihidupkan setidaknya dibagian atas mesin atau bagian *camshaft* sudah terdapat pelumasan tanpa harus menunggu minyak pelumas di pompa oleh pompa oli. Modifikasi sistem pelumasan seperti ini diharapkan dapat meminimalisir keausan yang terjadi pada komponen *camshaft*.

Pada sistem pelumasan modifikasi 2 merupakan pengembangan dari sistem pelumasan modifikasi 1. Sama halnya dengan sistem pelumasan modifikasi 1 yaitu mengubah sistem pelumasan dengan penambahan katup pengatur minyak pelumas. Namun pada sistem pelumasan modifikasi 2 ini menggunakan dua katup pengatur minyak pelumas, satu katup ditempatkan pada *camshaft* sama halnya dengan sistem pelumasan modifikasi yang pertama, dan satu katup lagi di tempatkan pada *crankcase*. Tujuan dari penggunaan dua katup ini diharapkan agar minyak pelumas yang telah naik ke atas atau kebagian *silinder head* tidak dapat turun kembali apabila motor berhenti. Dan saat motor kembali dinyalakan, komponen yang ada di *silinder head* seperti *camshaft* dapat langsung terlumasi dengan sempurna atau dapat dikatakan dalam kondisi *Elastohydrodynamic* yaitu suatu kondisi dimana tidak ada kontak langsung antara dua permukaan komponen dan beban ditahan oleh lapisan pelumas diantara dua permukaan yang bersinggungan. Diharapkan dengan penggunaan dua katup pengatur minyak pelumas ini dapat mengurangi resiko keausan komponen *camshaft* dan dapat memperpanjang usia pakai *camshaft*.

#### **3.1 Hasil Pengukuran Kekasaran Permukaan Pada *Camshaft***

Pada gambar 7 menunjukkan diagram hubungan antara sistem pelumasan dengan kekasaran permukaan *camshaft*. Pada grafik menunjukkan nilai kekasaran permukaan pada sistem pelumasan standar memiliki nilai kekasaran lebih besar pada bagian *intake camlobe* dibandingkan dengan 2 sistem pelumasan modifikasi yaitu sebesar *intake lobe* 0,639  $\mu\text{m}$  dan *exhaust camlobe* 0,433 $\mu\text{m}$ .

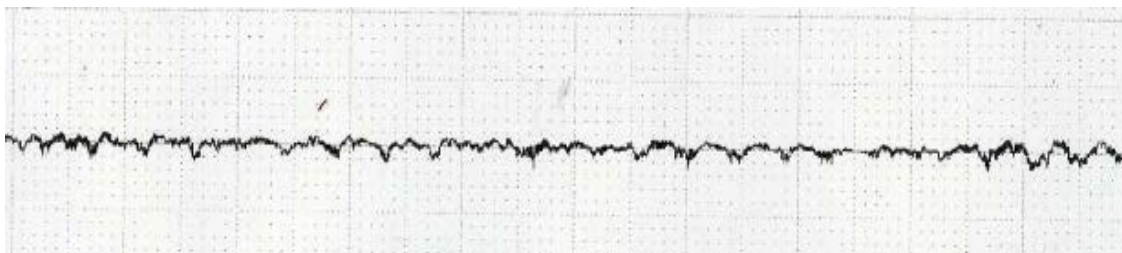


**Gambar 7. Diagram Sistem Pelumasan Terhadap Nilai Ra**

Untuk pelumasan modifikasi 1 yaitu pelumasan dengan penambahan 1 katup pada bagian *camshaft* mempunyai nilai kekasaran permukaan *intake cam lobe* 0,332 µm dan kekasaran permukaan *exhaust camlobe* 0,490µm. Untuk kekasaran permukaan *exhaust cam lobe* pada sistem pelumasan ini mempunyai nilai lebih besar dibandingkan dengan sistem pelumasan yang lain. Sedangkan pada pelumasan modifikasi 2 yaitu sistem pelumasan dengan penambahan dua katup, satu pada *camshaft* dan satu pada *crankcase* mempunyai hasil kekasaran paling kecil dibandingkan dengan sistem pelumasan yang lain kekasaran permukaan *intake camlobe* 0,316 µm dan kekasaran permukaan *exhaust camlobe* 0,343µm.

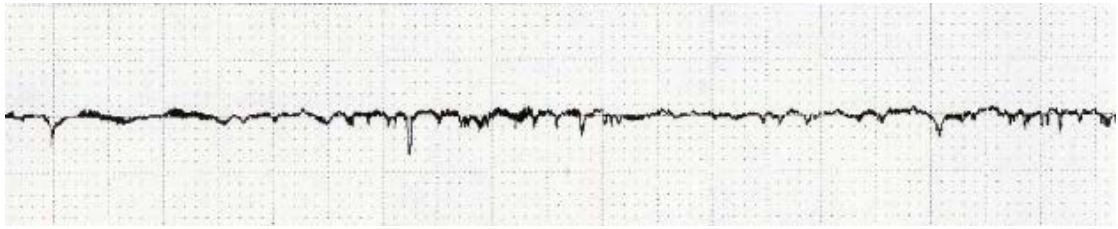
### 3.2 Analisa Kekasaran Permukaan Pada Camshaft

Setelah dilakukan pengukuran kekasaran permukaan camshaft kemudian dilakukan analisa kekasaran permukaan dengan melihat bentuk kekasaran permukaan camshaft terlihat adanya perbedaan bentuk kekasaran permukaan seperti terlihat pada Gambar 8 terlihat kekasaran permukaan pada komponen *camshaft* hasil penerapan modifikasi dengan penambahan pengatur tekanan minyak pelumas dan kondisi standar.



**Gambar 8. Kekasaran Permukaan Camshaft Bagian Intake Cam Lobe Hasil Penerapan Modifikasi Dengan Ra 0,316 µm**

Pada gambar 9 terlihat kekasaran permukaan pada komponen *camshaft* hasil penerapan kondisi standar.



**Gambar 9. Kekasaran Permukaan Camshaft Bagian Intake Cam Lobe Hasil Penerapan Standar Dengan Ra 0,639  $\mu\text{m}$**

Terlihat pada gambar 8 dan 9 perbedaan kekasaran permukaan yang dihasilkan dari dua penerapan kondisi pelumasan, hal ini disebabkan karena pada kondisi standar minyak pelumas tidak bekerja maksimal pada saat pertama kali komponen *camshaft* berputar padahal pada kondisi ini terjadi gesekan antara *camlobe* dengan *rocker arm*, selama pengamatan telah terjadi  $\pm 50$  kali putaran *camshaft* dengan kondisi pelumasan yang sangat minim, berbeda dengan kekasaran permukaan dengan penerapan pengatur tekanan minyak pelumas pada komponen *camshaft*, dengan modifikasi ini didapatkan hasil yang baik mulai awal putaran maupun selama putaran *camshaft* berlangsung selama pengamatan hanya  $\pm 8$  kali putaran *camshaft* dengan kondisi pelumasan yang minim, hal ini mengakibatkan proses keausan yang terjadi pada permukaan *camlobe* komponen *camshaft* bisa ditekan atau diminimalisir.

Setelah dilakukan proses penelitian terhadap kekasaran permukaan hasil penerapan modifikasi katup pengatur tekanan pada komponen *camshaft* didapatkan hasil nilai kekasaran permukaan *intake camlobe* sebesar 0,639 $\mu\text{m}$  dan *exhaust camlobe* sebesar 0,433 $\mu\text{m}$ . Nilai kekasaran permukaan standar lebih besar dibandingkan nilai kekasaran permukaan pada sistem pelumasan yang lain. Ini membuktikan bahwa sistem pelumasan standar menyumbang keausan lebih besar dibandingkan dengan sistem pelumasan modifikasi. Untuk sistem pelumasan modifikasi dengan penambahan satu buah katup pengatur minyak pelumas pada komponen *camshaft*. Hasil menunjukkan kekasaran permukaan untuk *intake camlobe* sebesar 0,332  $\mu\text{m}$  dan kekasaran permukaan untuk *exhaust camlobe* sebesar 0,490  $\mu\text{m}$ . Hasil penerapan sistem pelumasan modifikasi dengan penambahan dua buah katup pengatur tekanan minyak pelumas pada komponen *camshaft*. Hasil menunjukkan kekasaran permukaan *intake camlobe* sebesar 0,316  $\mu\text{m}$  dan kekasaran permukaan *exhaust camlobe* sebesar 0,343  $\mu\text{m}$ .

#### 4. KESIMPULAN

Hasil dari penerapan ketiga kondisi pelumasan dapat disimpulkan sistem pelumasan dengan menggunakan 2 katup pengatur minyak pelumas mempunyai nilai kekasaran permukaan *camshaft* lebih rendah dibandingkan yang lain. Hal ini membuktikan bahwa penerapan katup pengatur tekanan minyak pelumas dapat meminimalisir atau mengurangi resiko keausan *camshaft*, waktu menuju kondisi pelumasan *Elasto Hydrodynamic* lebih cepat tercapai yaitu kondisi dimana tidak ada kontak langsung antara dua permukaan komponen yang saling bergerak dan bersinggungan dan pada akhirnya dapat memperpanjang usia pakai *camshaft*.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

- a) Kemenristek Dikti melalui Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi yang telah membiayai kegiatan penelitian melalui skema Penelitian Dosen Pemula.
- b) Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto melalui P3M dan Program Studi Teknik Mesin yang telah mensupport selama kegiatan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Williard W.P, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, University of Wisconsin, Platteville.
- [2] Jamari, 2006, *Running-in of Rolling Contacts*, PhD Thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- [3] Supriyana, N., 2013, Kaji eksperimental *running-in* pada kontak *rolling-sliding* pasangan material aluminium dengan baja S45C, *Rotasi Jurnal Teknik Mesin*, ISSN: 1411-027X, Undip.
- [4] Wang, W., Wong, P.L. & Guo, F., 2004, *Application of partial elasto-hydrodynamic lubrication analysis in dynamic wear study for running-in*, *Wear*, 257, pp. 823-832

- [5] Schipper, D.J., *Transitions in lubrication of concentrated contacts*, Ph.D thesis, 1988, University of Twente, The Netherlands.