

22853/H/05



TUGAS AKHIR

STUDI EKSPERIMENTAL PENENTUAN BANTALAN DALAM MEREDAM TINGKAT GETARAN MESIN DIESEL YANMAR YSM8 DI LABORATORIUM GETARAN DAN KEBISINGAN

RSSP
623.872 36
Mar
S-1



Oleh :

YOGI MARVIANSYAH
4298 100 045

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	5-7-2005
Terima Dari	21
No. Agenda Prp.	221839

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2005

**STUDI EKSPERIMENTAL PENENTUAN BANTALAN DALAM
MEREDAM TINGKAT GETARAN MESIN DIESEL YANMAR
YSM8 DI LABORATORIUM GETARAN DAN KEBISINGAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna memenuhi persyaratan untuk meraih gelar
Sarjana Teknik
Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Surabaya, 6 Februari 2005

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Alim Widodo, MSc
NIP. 131 474 402

I Made Ariana, ST, MT
NIP. 131.933.295

Inilah karya kami sendiri, sebagai rajutan kasih kita, agar tetap abadi.

Ratu Fadjar, 2004

SEKAPUR SIRIH

Di titik ini, satu langkah ke depan adalah sebuah dunia baru.....

Alhamdulillah, sebuah tugas lagi telah selesai, yah, memang belum benar-benar selesai dan sempurna. Masih banyak yang harus diperbaiki dan dilengkапkan. Tapi, inilah hasil maksimal yang bisa penulis lakukan. Masa – masa, suka, tangis, tawa, dan sendu telah bercampur dan tertuang bersama dengan semangat yang tersisa di dalam laporan ini. Sebuah perjuangan panjang dan banyak kenangan telah menyertai penulisan. Ternyata Allah memang benar, bila kita berusaha, maka pintu keberhasilan selalu terbuka bagi kita.

Mata kuliah ini merupakan persyaratan untuk menyelesaikan studi tingkat sarjana pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Laporan ini telah diusahakan dibuat sebaik mungkin. Tapi penulis hanyalah manusia, dan sebagai manusia, kesalahan akan selalu ada. Begitupun pada laporan ini, tentunya masih banyak kesalahan disana - sini, baik yang disengaja (demi efisiensi waktu tentunya) maupun tidak. Walaupun begitu, penulis sangat ingin agar laporan ini bisa berguna bagi pembaca baik sebagai referensi maupun hanya sebagai pengetahuan belaka. Oleh karena itu bagi pembaca, siapapun juga, penulis berharap untuk mengoreksi dan memberikan penilaian yang rasional demi kepentingan bersama.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi yang membacanya. Seseorang yang paling mulia adalah orang yang berguna bagi sesamanya, dan itulah jalan panjang yang ingin penulis langkahi. Amin.

Gunung Anyar, 30 Januari 2005

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh kesungguhan dan kerendahan hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Keluarga besar Ratu Fadjar; Mama, Mas Didi, Mbak Mila, Dade, Mbak Lili. *The family that I always return to, can't find any better than this.....*
2. Keluarga besar Amril Ahmad; Om Am, Tante Khot, Mas Buyung, Mbak Yossi, Vivin, Sari. Thanx atas perhatiannya.
3. Bapak Ir. Alim Widodo, Msc sebagai dosen pembimbing yang telah dengan sabar meladeni asistensi – asistensi dan bimbingan kepada penulis.
4. Bapak I Made Ariana, ST sebagai dosen pembimbing, atas idenya, bimbingannya, dan nasehat-nasehatnya.
5. Bapak Ir. Dwi Priyanta, MSE sebagai dosen wali, yang telah membimbing penulis, bahkan sejak SMU.
6. Bapak Ir. Amiadji sekeluarga yang telah mengenalkan penulis dengan dunia kerja dan juga jalan-jalannya ☺.
7. Bapak Ir. Soerjo Widodo Adjie, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, FTK, ITS
8. Teman - teman veteran TA, Hilmi (*Thanks berat, bro! Gusti pangeran sing mbales yo*), Hendri, A'an, Heri 'Asong' (*wah, yok opo kabare cak?*), Nono, Agus cilik (untuk dua terakhir ini, ayo rek, lebih semangat lagi, lebih gairah lagi, *you both are smart guys*), Ardi (ayo crut, *ojok pesimis n gupuhan ae*, aksi dulu, hasil dipikir nanti, ok?) Mas Awan. **Semperfî!** *Always Rek!* Perjuangan masih panjang, jangan menyerah yo!
9. Siskal angkatan 98, Eko Pri (*ayo Ko, mari-no kuliah, ojok proyek thok!*), Guntur (*iki pisan, bisnis ae, karek TA thok, tapi thanx ya atas anterannya, sukses yo!*), Ghozali (*Wis thalah, PKS pancen oye, mangkane, saiki wayah konsentrasi nang kuliah*), Hafid (kerja boleh, semangat kurang , ayo Fid, lebih semangat lagi!), Komang, Horas (jalan masih terbentang, tetep semangat yo!), Taufik, , Iwan (*wis makmur nang kono, gak balek tah?*), Dadang (thanx atas pompanya ya), Gde, Tu

De, Fatah, Widya ‘suhu’, Triyono, Dedy, Eko Tri, Beny, Sony. Perjalanan yang kita lalui tak ada bandingannya.....

10. Siskal angkatan 97 keatas, Mas Romy (*gak kepingin nang Suroboyo maneh tah?*), Adik-e Mas Romy (*lhah, iki kok melok ?*), Mas Aji, Mas, eh, Pak Indra Ranu, Mas Hendi, Mas Yudha, Mas Edenk, Mas Gendon, Mas Bogi, Mas Hageng (*gak kepingin rally maneh?*), Mas Nova (thanx atas tachometernya). Terima kasih atas bimbingan dan ‘saduk-an’ kalian semuanya.
11. Siskal angkatan 99 kebawah, Khoiruddin (makasih mau nemenin penulis waktu ujan-ujan), Arinda (jangan patah semangat, Ar), Yusuf, Dedi, Puji, Luqman, Sigit, Herman, Iman.
12. Aik ‘n keluarga (makasih atas wejangan dan perhatian kamu, jangan sedih lagi ya), Yuanita (wah ini, mapan duluan, tapi, thanx ya), Diani (makasih atas curhat-curhatnya), Dhani ‘Giant’ (Ok, *You’re a person now, an important one. So keep it ‘till the end*), Iduk (*yok opo kabare cak ?*), Drea (hidup adalah anugerah terindah dari Tuhan, so, tetap berjuang Dre, n smile, always....)
13. Arek – arek FKH Unair 98, Yayas (*thanx 2 you, for your attention*), Ijah, Louis, Susan, Nikmah, Trayan, Agus, Dito, Nia, Dewi. *Thanx to let me come to your world, guys.*
14. Arek – arek PLO, Willy ‘Koplo’, Abdullah, Joko, Dhuha, Ari, Dicky ‘Kamid’, Ahmad. No limits, always, forever. Waktu - waktu bersama kalian adalah waktu yang sangat berharga.....
15. Sing *mBaurekso nang* Lab Mesflu, Pak Ruslan ‘n Mas Nur, *thanx a lot.*
16. Pak Agus teknisi lab mesin, terima kasih atas saran-sarannya.
17. Bapak Abdul Hamid dan stafnya di bengkel Lassery Tunggal, terima kasih atas bantuannya.
18. PC-ku, Saladin. Kamu kok sekarang agak *lemot* sih ? Harus di-defrag lagi neeeeh...
19. Kyoko Fukada, Akeboshi (*how can U wrote a song so similar with my heart?*), Do as Infinity, Kenshin Himura, Hajime Saitoh (*for being my figure*), Naruto.
20. Game Flashpoint, Need for Speed, MS-Flight Simulator, Rainbow Six, Blitzkrieg, Shogun. Benar-benar penghilang stress.....

21. Mimi, Iput, *the best pets in the world*. Malam hari kurang rame tanpa kalian.
22. Sally.....my love. Kamu ga pernah tau semangat yang telah kamu berikan ke aku. Sabar, honey, jalan mendekati puncak adalah jalan yang paling berat.
23. Papa, maafkan aku..... Aku belum sempat menunjukkan laporan ini.
Sometimes in my lonely nights, I asking to God, why U have to go ? Tapi percayalah, aku masih bisa bertahan karena Papa. Semangatmu akan tetap berkobar di hati kami..... Selamanya.....



Abstrak

Abstrak

Mesin, apapun itu, akan selalu menimbulkan getaran. Getaran dalam mesin bisa disebabkan oleh salah satunya faktor tekanan kompresi dalam ruang bakar. Karena terjadi pembakaran dalam ruang bakar, maka akan terjadi kenaikan tekanan yang sangat tinggi dalam waktu yang sangat singkat. Apabila hal ini terjadi secara periodik, maka akan menimbulkan gaya – gaya eksitasi, yang akan mengakibatkan terjadinya getaran pada mesin. Untuk mengurangi efek yang tidak menguntungkan karena getaran tadi, perlu dibuat bantalan bagi mesin. Dengan menggunakan berbagai tipe bantalan, maka diharapkan kita bisa memilih bantalan yang terbaik untuk meredam getaran berdasarkan hasil percobaan.

DAFTAR TABEL

1. Tabel 4.1 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20 mm	IV.14
2. Tabel 4.2 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50 mm	IV.14
3. Tabel 4.3 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20 mm	IV.15
4. Tabel 4.4 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50 mm	IV.15
5. Tabel 4.5 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20 mm	IV.16
6. Tabel 4.6 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50 mm	IV.16
7. Tabel 4.7 Amplitudo rata-rata bantalan besi 20 mm	IV.34
8. Tabel 4.8 Amplitudo rata-rata bantalan besi 50 mm	IV.35
9. Tabel 4.9 Amplitudo rata-rata bantalan kayu 20 mm	IV.35
10. Tabel 4.10 Amplitudo rata-rata bantalan kayu 50 mm	IV.36
11. Tabel 4.11 Amplitudo rata-rata bantalan karet 20 mm	IV.36
12. Tabel 4.12 Amplitudo rata-rata bantalan karet 50 mm	IV.37
13. Tabel 4.13 Amplitudo total rata-rata tiap bantalan	IV.40

DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK

1. Gambar 2.1 Tekanan gas dalam silinder	II.3
2. Gambar 2.2 Siklus volume konstan	II.5
3. Gambar 2.3 Gerak harmonik	II.10
4. Gambar 2.4 Proyeksi dari gerak harmonik	II.11
5. Gambar 2.5 Hubungan fasa vektor pada gerak harmonik.....	II.12
6. Gambar 2.6 Grafik Richart	II.18
7. Gambar 2.7 Grafik IMO	II.18
8. Gambar 2.8 Model peredaman mesin sederhana	II.20
9. Grafik 4.1 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20mm 400 rpm.....	IV.17
10. Grafik 4.2 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20mm 600 rpm.....	IV.17
11. Grafik 4.3 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20mm 800 rpm.....	IV.18
12. Grafik 4.4 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20mm 1000 rpm.....	IV.18
13. Grafik 4.5 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50mm 400 rpm.....	IV.19
14. Grafik 4.6 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50mm 600 rpm.....	IV.19
15. Grafik 4.7 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50mm 800 rpm.....	IV.20
16. Grafik 4.8 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50mm 1000 rpm.....	IV.20
17. Grafik 4.9 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20mm 400 rpm.....	IV.21
18. Grafik 4.10 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20mm 600 rpm.....	IV.21
19. Grafik 4.11 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20mm 800 rpm....	IV.22
20. Grafik 4.12 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20mm 1000 rpm....	IV.22
21. Grafik 4.13 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50mm 400 rpm.....	IV.23
22. Grafik 4.14 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50mm 600 rpm.....	IV.23
23. Grafik 4.15 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50mm 800 rpm....	IV.24
24. Grafik 4.16 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50mm 1000 rpm...	IV.24
25. Grafik 4.17 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20mm 400 rpm....	IV.25
26. Grafik 4.18 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20mm 600 rpm....	IV.25
27. Grafik 4.19 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20mm 800 rpm....	IV.26
28. Grafik 4.20 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20mm 1000 rpm....	IV.26
29. Grafik 4.21 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50mm 400 rpm.....	IV.27
30. Grafik 4.22 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50mm 600 rpm.....	IV.27
31. Grafik 4.23 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50mm 800 rpm....	IV.28

32. Grafik 4.24 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50mm 1000 rpm...	IV.28
33. Grafik 4.25 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan besi 20mm	IV.30
34. Grafik 4.26 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan besi 50mm	IV.31
35. Grafik 4.27 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan kayu 20mm	IV.31
36. Grafik 4.28 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan kayu 50mm	IV.32
37. Grafik 4.29 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan karet 20mm	IV.32
38. Grafik 4.30 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan karet 50mm	IV.33
39. Grafik 4.31 Grafik amplitudo rata-rata	IV.38
40. Grafik 4.32 Grafik amplitudo totalrata-rata	IV.40

DAFTAR ISI



1. LEMBAR JUDUL	i
2. LEMBAR PERSEMBAHAN	ii
3. SEKAPUR SIRIH	iii
4. UCAPAN TERIMA KASIH	iv
5. ABSTRAK	vii
6. DAFTAR TABEL	viii
7. DAFTAR GAMBAR DAN GRAFIK	ix
8. DAFTAR ISI	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Perumusan Masalah	I-4
1.3 Batasan Masalah	I-4
1.4 Tujuan	I-5
1.5 Manfaat Tugas Akhir	
	I-5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Mesin Diesel.....	II-1
II.2 Daya mesin Diesel	II-3
II.3 Teori Getaran	
II.3.1 Gerak Osilasi	II-8
II.3.2 Gerak Harmonik	II-9
II.3.3 Gerak Periodik	II-12
II.3.4 Getaran Mesin	II-15
II.4 Bantalan Mesin	
II.4.1 Teori Isolasi Getaran	II-19
II.4.2 Komponen-Komponen Gaya Dalam Peredaman	II-21
II.4.3 Beberapa Jenis Bantalan Mesin	II-23

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metodologi Pengumpulan Data	III-1
III.2 Studi Literatur	III-3
III.3 Dasar Pemikiran	III-21

BAB IV PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Data Teknis	IV-1
Pembahasan	IV-29

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran	V-3

TINJAUAN PUSTAKA xiv

LAMPIRAN xv



Bab I

Pendahuluan

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Mesin, apapun itu, akan selalu menimbulkan getaran. Getaran dalam mesin bisa disebabkan oleh salah satunya faktor tekanan kompresi dalam ruang bakar. Karena terjadi pembakaran dalam ruang bakar, maka akan terjadi kenaikan tekanan yang sangat tinggi dalam waktu yang sangat singkat. Apabila hal ini terjadi secara periodik, maka akan menimbulkan gaya – gaya eksitasi, yang akan mengakibatkan terjadinya getaran pada mesin. Untuk mengurangi efek yang tidak menguntungkan karena getaran tadi, perlu dibuat bantalan bagi mesin.

Bantalan yang biasa dipasang adalah yang terbuat dari logam (baja, besi dll), karet maupun kayu. Berdasarkan percobaan, bisa kita ketahui amplitudo getaran yang diakibatkan oleh mesin, dan kemudian kita bisa membandingkan antara bantalan satu dengan lainnya, sehingga kita bisa memilih bantalan mana yang terbaik dalam meredam getaran mesin.

Dengan menggunakan bantalan yang tepat untuk mesin berdasarkan pendekatan matematis dan percobaan, diharapkan mesin akan bekerja lebih baik dan tentu saja, mengurangi kebisingan.

Dalam rangka pemenuhan kecepatan kapal dibutuhkan daya motor yang relatif besar. Daya motor yang cukup besar akan berdampak pada getaran yang cukup

besar pula. Getaran tersebut ditransmisikan keseluruh badan kapal melalui pondasi motor.

Pondasi motor selain menerima beban statis yang terdiri dari berat motor dan perlengkapannya juga beban dinamis yaitu gaya – gaya kelembaman dari masing – masing silinder akibat pembakaran bahan bakar motor. Gaya – gaya kelembaman atau dalam teori getaran disebut gaya getar.

Ketika mesin dijalankan, maka akan terjadi getaran yang diakibatkan oleh mesin tersebut, karena adanya bagian – bagian yang bergerak akan menimbulkan gaya – gaya eksitasi. Dalam hal ini karena di dalam mesin terjadi pembakaran di ruang bakar, dan akibat pembakaran ini akan menaikkan tekanan begitu tinggi dalam waktu yang sangat singkat, sehingga akan timbul gaya – gaya eksitasi tadi dan akan mengakibatkan getaran.

Salah satu cara mengurangi getaran adalah membuat bantalan bagi mesin. Masalahnya, banyak sekali tipe bantalan bagi mesin itu sendiri. Lantas, dengan melakukan percobaan, diharapkan dapat diketahui tipe bantalan apa yang paling sesuai untuk ditempatkan pada mesin.

Meminimalkan getaran adalah dengan memilih damper (bantalan) secara tepat. Tepat disini berarti apabila getaran yang diakibatkan oleh mesin, dalam hal ini amplitudo getaran yang dihasilkan oleh sistem masih dalam bisa diterima oleh manusia. Dalam kasus ini pemilihan bantalan yang paling baik bisa diketahui melalui percobaan.

Akibat adanya gerakan dalam mesin (piston, poros engkol, connecting rod dan lain – lain) ditambah dengan adanya tekanan udara dalam ruang bakar, maka akan menyebabkan gaya – gaya eksitasi.

Akibat gaya – gaya eksitasi, maka akan timbul getaran dengan amplitudo tertentu. Sedangkan variabel – variabel yang berkaitan dengan besar kecilnya amplitudo yang timbul meliputi besarnya resultan gaya, nilai kekakuan dan nilai redaman dari material dan frekuensi eksitasi.

Untuk meminimalkan transmisi gaya eksitasi dari mesin ke struktur dasar / pondasi, maka nilai transmisibilitas dari damper harus sekecil mungkin. Faktor – faktor yang mempengaruhi transmisibilitas adalah :

- Frekuensi eksitasi
- Frekuensi natural
- Rasio redaman
- Rasio frekuensi

Dimana rasio frekuensi adalah perbandingan frekuensi eksitasi dengan frekuensi natural. Dan bila : rasinya lebih besar dari satu, maka gaya transmisi lebih besar daripada gaya eksitasi atau bisa dikatakan tidak terjadi redaman.

Gaya transmisi yang sampai pada struktur dasar mesin ditentukan berdasarkan perhitungan besarnya gaya eksitasi dari mesin setelah mengalami redaman pada bantalan mesin.

Kemudian dengan mengetahui amplitudo getaran yang dihasilkan dengan menggunakan berbagai tipe bantalan, kita bisa melihat bantalan yang optimum meredam getaran.

Maka, apabila telah diketahui, kita bisa membuat mesin bekerja secara optimal dan tentu saja mengurangi kebisingan yang ditimbulkannya.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini, diadakan penelitian terhadap salah satu contoh mesin Yanmar YSM8, kemudian dengan mengukur getaran menggunakan *FFT analyzer*. Dan dari hasil pengukuran tadi kemudian diaplikasikan untuk menentukan tipe bantalan yang paling banyak meredam getaran mesin. Dipilih bantalan dari kayu, karet dan logam sebagai representasi dalam Tugas Akhir ini.

1.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang harus diselesaikan diatas, maka perlu adanya pembatasan permasalahan beserta ruang lingkup bahasannya agar dalam melakukan analisa nanti tidak melebar, dan juga agar mempermudah dalam penganalisaan batasan tersebut, yaitu :

1. Objek yang dianalisa adalah mesin Yanmar YSM8 di laboratorium getaran dan kebisingan.

2. Analisa dilakukan hanya pada proses getaran yang terjadi terhadap masing – masing bantalan yang diuji.
3. Analisa ini tidak memasukkan faktor alam atau lingkungan yang menyebabkan kegagalan system
4. Penentuan bantalan terbaik untuk meredam getaran didasarkan pada amplitudo getaran yang dihasilkan.

Maka hasil dari Tugas Akhir ini dibatasi hingga pada pemilihan bantalan mana yang paling baik meredam getaran mesin.

I.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk :

- Mengetahui bantalan mana yang paling baik meredam getaran mesin, apakah besi, kayu, atau karet
- Menjadi contoh bagi keadaan sebenarnya

I.4 Manfaat Tugas Akhir

Dengan melakukan penelitian terhadap pemilihan bantalan yang paling baik terhadap mesin Yanmar YSM8, maka dari sini bisa diambil manfaat :

1. Apabila percobaan berhasil dan perhitungan memuaskan, maka akan bisa dipilih bantalan yang paling baik meredam getaran mesin, sehingga mesin mampu bekerja optimal dan mengurangi kebisingan.

2. Sebagai acuan dalam pemilihan bantalan yang palingbaik bagi mesin Yanmar sendiri maupun sistem lain.
3. Sebagai bahan penelitian / percobaan lanjutan bagi mahasiswa atau peneliti lain.
4. Sebagai suatu langkah baru bagi perkembangan pengetahuan di bidang getaran mesin.

Bab II
Tinjauan Pustaka

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Mesin Diesel

Mesin diesel pertama kali ditemukan oleh seorang Jerman, yaitu rudolf Diesel pada 1898. Namun sebelum itu, yaitu pada tahun 1876, Nikolaus Otto dari Jerman pula, berhasil menemukan motor gas bersiklus empat langkah yang merupakan prinsip kerja dari mesin bensin pada saat itu. Kedua penemu diatas merupakan perintis jalan bagi pengembangan motor bakar piston pada zaman itu, namun sebelumnya, yaitu pada tahun 1860 seorang Perancis bernama Lenoir berhasil membuat mesin gas bersiklus dua langkah. Pada mesin tersebut katup isap menutup menjelang akhir gerakan piston dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas) dan justru pada waktu itu diadakan loncatan bunga api listrik untuk menyalaikan dan membakar gas pada tekanan atmosfir.

Motor bakar adalah mesin kalor dimana gas panas diperoleh dari proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri dan langsung dipakai untuk melakukan kerja mekanis, yaitu menjalankan mesin tersebut. Jadi, mesin pancar gas pada pesawat terbang, sistem turbin gas untuk pembangkit tenaga listrik atau propulsi kapal dan bahkan motor roket pun termasuk golongan motor bakar, demikian pula dengan mesin diesel.

Mesin diesel biasanya juga disebut ‘motor penyalaan kompresi’ (compression ignition engine) oleh karena cara penyalaan bahan bakarnya dilakukan dengan menyemprotkan bahan bakar kedalam udara yang telah bertekanan dan bertemperatur tinggi, sebagai akibat dari kompresi. Sedangkan mesin bensin biasanya dinamai ‘motor penyalaan bunga api’ (spark ignition engine) karena penyalaan bahan bakar dilakukan dengan pertolongan bunga api (listrik). (*Wiranto A., Koichi Tsuda, 2002*)

Dalam sejarah perkembangannya, kurang lebih seratus tahun sejak dibuat untuk pertama kalinya, motor bakar piston adalah penggerak mula yang ringan dan kompak. Meskipun mesin pancar gas menempati posisi yang terbaik sebagai mesin pesawat terbang, namun motor bakar piston masih unggul sebagai mesin penggerak kendaraan bermotor, kereta api, kapal mesin konstruksi, mesin pertanian, pompa, generator listrik, dan sebagainya. Tetapi gas buangnya mengandung zat beracun, sehingga bila konsentrasinya di atmosfir terlalu tinggi, maka akan membahayakan. Jika dibandingkan dengan mesin bensin, maka mesin diesel tidak banyak mengandung komponen yang beracun. Namun bagaimanapun juga, mengurangi polusi udara merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh motor bakar pada saat ini. (*Wiranto A., Koichi Tsuda, 2002*)

Pemakaian bahan bakar mesin diesel kira – kira 25 % lebih rendah daripada mesin bensin, sedangkan harga bahan bakarnya pun lebih murah. Hal itulah yang menyebabkan mengapa mesin diesel lebih hemat dibanding mesin bensin. Namun karena perbandingan kompresinya yang sangat tinggi maka tekanan kerja mesin diesel menjadi lebih tinggi daripada mesin bensin. Oleh karena itu mesin diesel harus

dibuat lebih kuat dan kokoh, sehingga lebih berat. Hal tersebut terakhir ini dan harga pompa penyemprot bahan bakarnya yang tinggi merupakan sebab utama mengapa harga awal dari mesin diesel lebih tinggi daripada mesin bensin. Disamping itu mesin diesel mengeluarkan bunyi yang keras, warna dan bau gas buang yang kurang menyenangkan. Namun, dipandang dari segi ekonomi bahan bakar serta polusi udara mesin diesel masih lebih disukai.

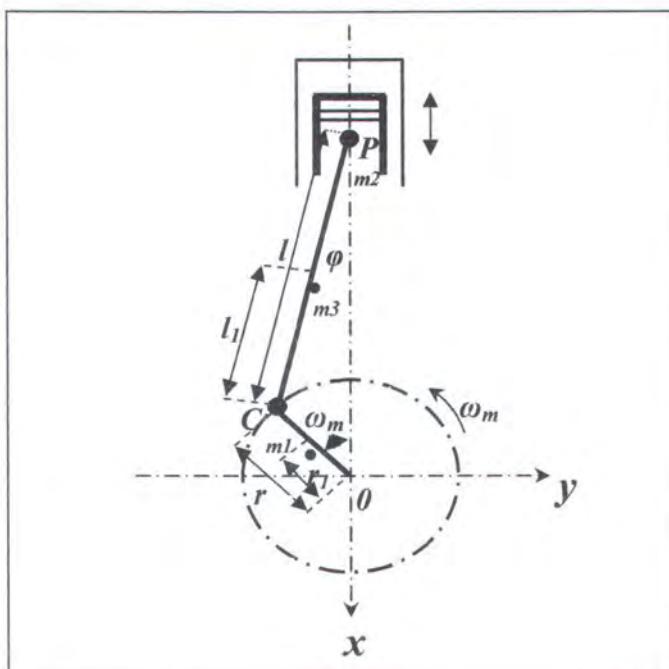
II.2 Daya Mesin Diesel

Dalam rangka pemenuhan kecepatan kapal dibutuhkan daya motor yang relatif besar. Daya motor yang cukup besar akan berdampak pada getaran yang cukup besar pula. Getaran tersebut ditransmisikan keseluruh badan kapal melalui pondasi motor (*Den Hartog, 1956*).

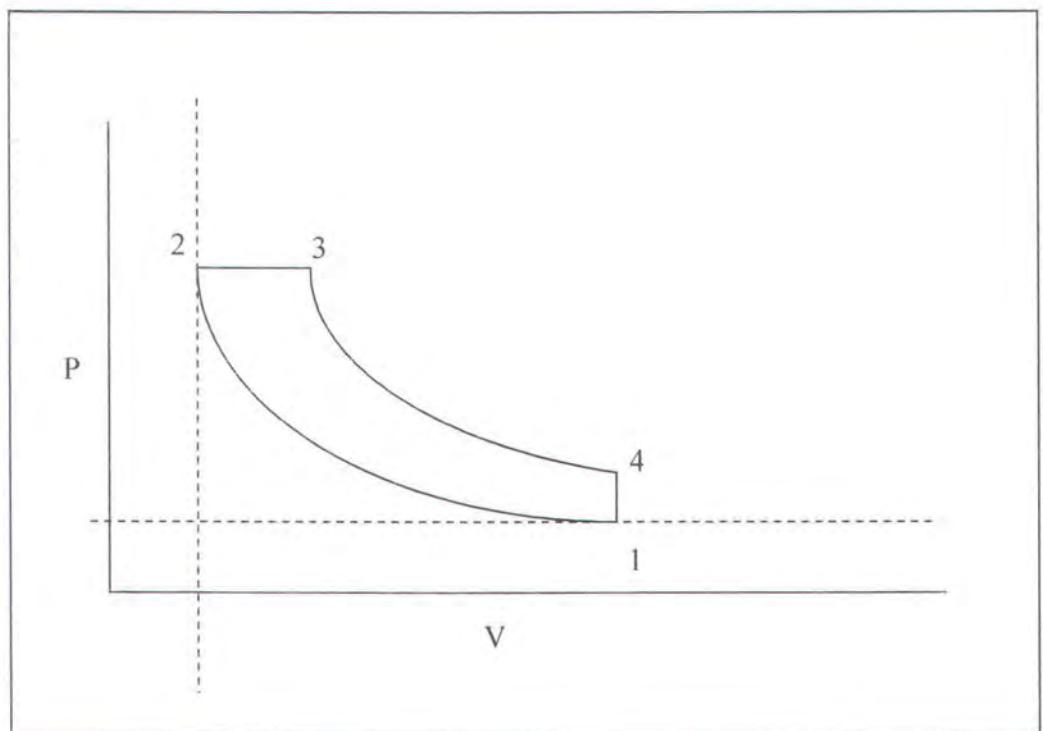
Dengan mempergunakan alat pengukur tekanan yang teliti, tekanan gas di dalam silinder ; p (kg/cm^2), sebuah mesin empat langkah dapat diukur dengan baik. Jika l dilukiskan seperti terlihat pada gambar dibawah 2.1. Pada gambar tersebut, l_1 menunjukkan posisi piston pada TMB, l_2 menunjukkan posisi piston pada TMA, sehingga $(l_1 - l_2)$ adalah panjang langkah piston, L . Pada konstruksi mesin yang biasa, titik sambung (P) antara piston dan batang penggerak, dan sumbu putaran poros engkol (O), terletak pada sumbu silinder. Maka dalam hal tersebut, L sama dengan dua kali jari-jari engkol, R , yaitu jarak antara O dan C. Titik P pena torak (piston)

dinamai ujung batang penggerak. Sedangkan bagian batang penggerak yang berhubungan dengan pena engkol dinamai pangkal batang penggerak.

Jika D adalah diameter dalam silinder, maka luas penampang silinder, $A = \pi D^2/4$, dan volume langkah pistonnnya adalah $V_L = AL = A(l_1 - l_2) = (\pi D^2/4)(l_1 - l_2)$. Dengan demikian, untuk suatu mesin tertentu l , l_1 , dan l_2 berturut – turut dapat diganti dengan V , V_1 , dan V_2 . Dalam hal tersebut l dinyatakan dalam cm dan V dalam cm^3 . Luas diagram $P-V$ yang tertutup itu adalah $\int p dV = \int (pA) dl$, mempunyai satuan $\text{cm}.\text{kg}$ dan menunjukkan besarnya kerja mekanis gas pada piston.



Gambar 2.1



Gambar 2.2

Gambar 2.2 menunjukkan siklus volume konstan yang dianggap sebagai siklus dasar dari setiap mesin empat langkah.

Apabila konstanta kalor volume konstan dan temperatur fluida kerja berturut-turut dinyatakan sebagai c_v kcal/(kg^oK) dan T^o K, maka berdasarkan idealisasi fluida kerja di dalam silinder adalah udara, dianggap sebagai gas ideal dengan konstanta kalor yang konstan, jumlah kalor yang dimasukkan pada waktu piston berada pada TMA adalah :

$$Q_m = G \cdot C_v \cdot (T_3 - T_2) \text{ kcal}$$

Dan kalor yang dikeluarkan pada waktu pendinginan fluida kerja dari titik 4 ke titik 1, yaitu pada waktu piston berada pada TMB, adalah :

$$Q_k = G \cdot C_v \cdot (T_4 - T_2) \text{ kcal}$$

Kerja yang dihasilkan adalah $W = Q_m - Q_k$ sehingga efisiensi termal dari siklus udara ini adalah :

$$\frac{H_{tu}}{Q_m} = \frac{W}{Q_m} = \frac{Q_m - Q_k}{Q_m}$$

Untuk proses kompresi dan ekspansi yang isentropik berlaku hubungan :

$$\frac{T_4}{T_3} = \frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{1}{r}\right)^{k-1}$$

Dimana $r = \text{perbandingan kompresi} = v_1 / v_2 = v_4 / v_3$, dan $k = C_p / C_v$, dimana C_p = konstanta kalor tekanan konstan dari fluida kerja. Maka efisiensi termal siklus udara adalah :

$$H_{tu} = 1 - 1 / r^{k-1}$$

Jelaslah bahwa efisiensi termal yang lebih tinggi dapat diperoleh dengan jalan menaikkan perbandingan kompresinya. Perbandingan kompresi motor diesel pada umumnya berkisar antara 12 dan 20, sehingga untuk $k = 1,40$; $\eta_{tu} = 0,630$ sampai 0,698.

Dalam praktik, pada umumnya tidak dipakai efisiensi termal sebagai ukuran ekonomi bahan bakar. Sebagai gantinya dipakai ‘pemakaian bahan bakar spesifik’ (*Spesific Fuel Oil Consumption / SFOC*), yaitu jumlah bahan bakar yang terpakai untuk setiap daya kuda yang dihasilkan, dinyatakan dalam gr / PS. Jam. Pemakaian

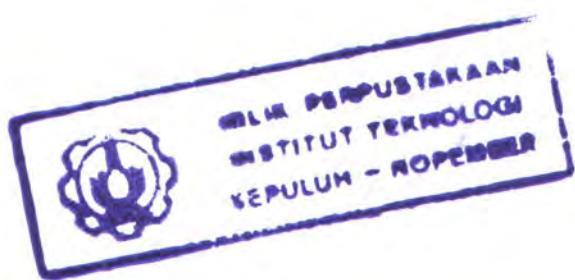
bahan bakar spesifik adalah kebalikan dari efisiensi termal; jadi, pemakaian bahan bakar spesifik yang lebih rendah menyatakan efisiensi termal yang lebih tinggi.

Disamping itu, perlu juga diketahui berapa besar kerja yang dihasilkan persiklus dalam setiap silinder. Dengan jalan demikian akan diketahui berapa besar kerja yang dapat dihasilkan oleh mesin dengan ukuran silinder tertentu, dan berat tertentu. Untuk hal tersebut didefinisikan parameter yang dinamai ‘tekanan efektif rata – rata’, yaitu kerja yang dihasilkan per siklus dalam setiap silinder dibagi volume langkah piston. Jika J cm.kg / kcal adalah faktor pengubah satuan, maka tekanan efektif rata – rata adalah :

$$P_{rata-rata} = \frac{W}{V_L} = \frac{w}{v}$$

Atau

$$P_{rata-rata} = \frac{JQ_m\eta_{tu}}{V_1 - V_2}$$



Sedangkan kerja per siklus dalam setiap silinder adalah :

$$w = \frac{\eta_{tu} \cdot v_2 (p_3 - p_2)}{k - 1}$$

dan

$$P_{rata-rata} = \frac{G \int pdv}{\pi D^2 L}$$

Dalam persamaan diatas dapat dilihat bahwa $p_{rata} - rata$ dikalikan dengan $(\pi/4D^2)$ adalah gaya. Jika gaya tersebut dikalikan dengan panjang langkah L , maka akan dihasilkan kerja.

II.3 Teori Getaran

II.3.1 Gerak Osilasi

Sistem getaran yang terjadi pada mesin berhubungan dengan gerak osilasi dan gaya yang berhubungan dengan gerak itu. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mempunyai kemampuan untuk bergetar.

Ada 2 kelompok sistem getaran yaitu *getaran bebas* dan *getaran paksa*. Getaran bebas terjadi jika sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada didalam sistem itu, tanpa adanya gaya luar yang bekerja pada sistem tersebut. Sedangkan getaran paksa adalah getaran yang terjadi karena adanya rangsangan gaya luar. Jika rangsangan tersebut berosilasi,maka sistem dipaksa bergetar pada frekuensi osilasi. Dan apabila frekuensi rangsangan sama dengan frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi, dan osilasi yang berbahaya kemungkinan akan terjadi.

II.3.2 Gerak Harmonik

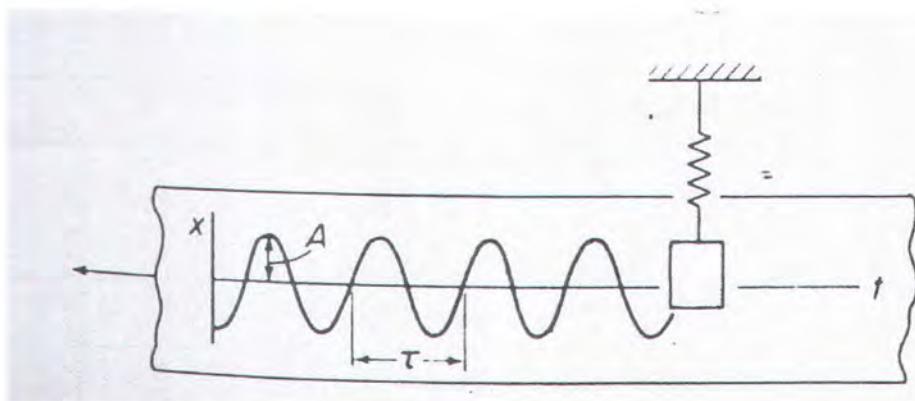
Gerak osilasi dapat berulang secara teratur. Bila gerak-gerak itu berulang dalam waktu yang sama τ , maka gerak itu disebut *gerak periodik*. Waktu pengulangan τ disebut *periode* osilasi, dan kebalikannya $f = 1/\tau$, disebut *frekuensi*. Jika gerak dinyatakan dalam fungsi waktu $x(t)$, maka setiap gerak periodik harus memenuhi hubungan $x(t) = x(t + \tau)$.

Bentuk gerak periodik yang paling sederhana adalah *gerak harmonik*. Hal ini dapat dijelaskan pada sebuah massa yang digantung pada sebuah pegas ringan. Jika massa tersebut dipindahkan dari posisi diamnya dan dilepaskan, maka massa tersebut akan berosilasi naik turun.

Gerakan massa dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$x = A \sin 2\pi \frac{t}{\tau}$$

dengan A adalah amplitudo osilasi diukur dari posisi setimbang massa, dan τ adalah periode. Gerak diulang pada $t = \tau$



Gambar 2.3

Gerak harmonik sering dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar dengan kecepatan tetap pada suatu garis lurus. Dengan kecepatan sudut garis ω sebesar ω , perpindahan simpangan x dapat ditulis sebagai berikut :

$$x = A \sin \omega t$$

Besaran ω biasanya diukur dalam radian perdetik dan disebut frekuensi lingkaran, karena gerakannya berulang dalam 2π , sehingga didapat hubungan :

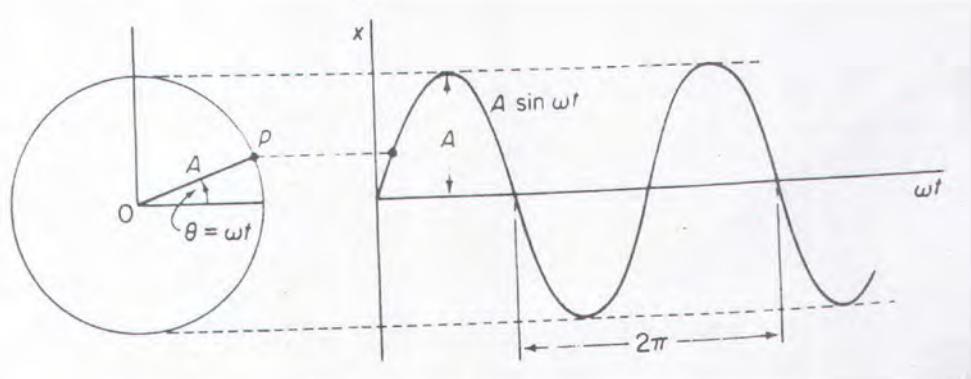
$$\omega = \frac{2\pi}{\tau} = 2\pi f$$

dengan τ dan f adalah periode dan frekuensi dari gerak harmonik, yang diukur dalam detik dan siklus perdetik.

Kecepatan dan percepatan diperoleh dengan penurunan dari persamaan $x = A \sin \omega t$. Dengan menggunakan notasi titik didapat :

$$X^* = \omega A \cos \omega t = \omega A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$$

$$X^{**} = -\omega^2 A \sin \omega t = \omega^2 A \sin(\omega t + \pi)$$



Gambar 2.4

jadi kecepatan dan percepatan juga harmonik dengan frekuensi osilasi yang sama, tetapi mendahului simpangan, berturut – turut dengan $\pi / 2$ dan π radian. Gambar dibawah ini menunjukkan baik perubahan terhadap waktu maupun hubungan fasa vektor antara simpangan, kecepatan dan percepatan pada gerak harmonik.

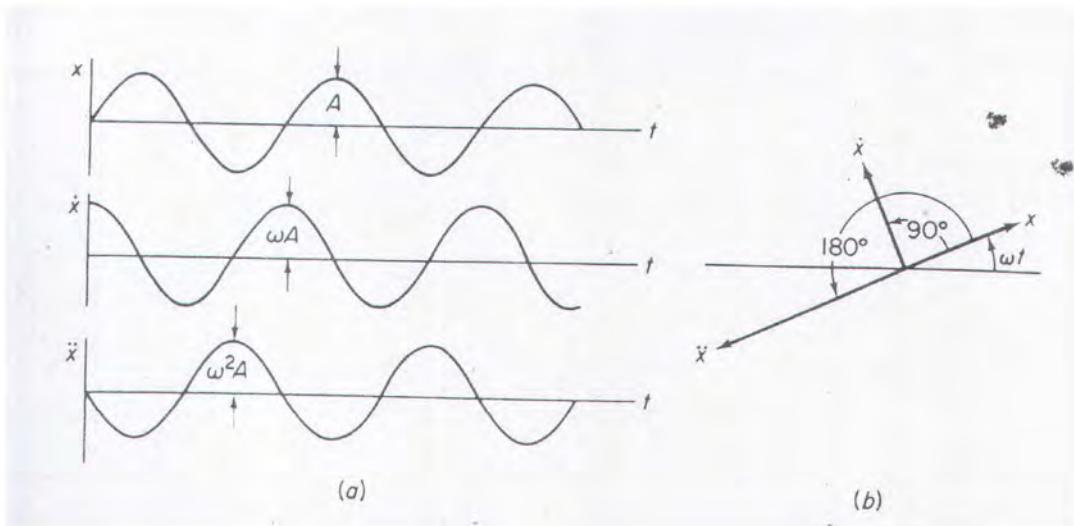
Peninjauan persamaan $x = A \sin \omega t$ dan

$X^{**} = -\omega^2 A \sin \omega t = \omega^2 A \sin(\omega t + \pi)$ menunjukkan bahwa :

$$X^{**} = -\omega^2 x$$

sehingga dalam gerak harmonik, percepatan adalah sebanding dengan simpangan dan arahnya menuju titik asal. Karena Hukum Newton kedua untuk gerak menyatakan

bahwa percepatan sebanding dengan gaya, maka gerak harmonik dapat diterapkan pada sistem dengan pegas linier dengan gaya bervariasi sebagai kx .



Gambar 2.5

II.3.4 Gerak Periodik

Pada getaran biasanya beberapa frekuensi yang berbeda ada secara bersama-sama. Hal ini terjadi pada getaran bebas sistem dengan banyak derajat kebebasan, dimana getaran pada tiap frekuensi natural memberi sumbangannya. Getaran semacam ini menghasilkan bentuk gelombang kompleks yang diulang secara periodik.

Tiap gerak periodik dapat dinyatakan oleh deretan sinus dan cosinus yang dihubungkan secara harmonik. Jika $x(t)$ adalah fungsi periodik dengan periode τ , maka fungsi ini dinyatakan oleh deret Fourier :

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \omega_1 t + a_1 \cos \omega_2 t + \dots + b_1 \sin \omega_1 t + b_2 \sin \omega_2 t + \dots$$

$$\text{dimana } \omega_1 = \frac{2\pi}{\tau}$$

$$\omega_2 = n\omega_1$$

Untuk menentukan koefisien a_n dan b_n , kedua ruas persamaan

$$x(t) = \frac{a_0}{2} + a_1 \cos \omega_1 t + a_2 \cos \omega_2 t + \dots + b_1 \sin \omega_1 t + b_2 \sin \omega_2 t + \dots \quad \text{dikalikan dengan } \cos$$

$\omega_n t$ atau $\sin \omega_n t$ kemudian tiap suku diintegrasikan untuk periode τ . Dengan mengingat hubungan sebagai berikut :

$$\int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos \omega_n t \cos \omega_m t dt = \begin{cases} 0 & \text{jika } m \neq n \\ \frac{\tau}{2} & \text{jika } m = n \end{cases}$$

$$\int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \sin \omega_n t \sin \omega_m t dt = \begin{cases} 0 & \text{jika } m \neq n \\ \frac{\tau}{2} & \text{jika } m = n \end{cases}$$

$$\int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} \cos \omega_n t \sin \omega_m t dt = \begin{cases} 0 & \text{jika } m \neq n \\ 0 & \text{jika } m = n \end{cases}$$

Semua suku kecuali satu pada ruas kanan adalah nol dan diperoleh hasil :

$$a_n = \frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} x(t) \cos \omega_n t dt$$

$$b_n = \frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} x(t) \sin \omega_n t dt$$

Deret Fourier dapat juga dinyatakan dalam fungsi eksponensial. Dengan mensubstitusi,

$$\cos \omega_n t = \frac{1}{2} (e^{i\omega_n t} + e^{-i\omega_n t})$$

$$\sin \omega_n t = -\frac{1}{2} (e^{i\omega_n t} - e^{-i\omega_n t})$$

dari persamaan

$$x = A \sin 2\pi \frac{t}{\tau}, \text{ diperoleh :}$$

$$X(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{2}(a_n - ib_n)e^{i\omega_n t} + \frac{1}{2}(a_n + ib_n)e^{-i\omega_n t} \right]$$

$$= \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[c_n e^{i\omega_n t} + c_n e^{-i\omega_n t} \right]$$

$$= \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n e^{i\omega_n t}$$

dimana

$$c_0 = \frac{1}{2} a_0$$

$$c_n = \frac{1}{2} (a_n - ib_n)$$

dengan mensubstitusi a_n dan b_n dari persamaan :

$$a_n = \frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} x(t) \cos \omega_n t \, dt$$

$$b_n = \frac{2}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} x(t) \sin \omega_n t \, dt$$

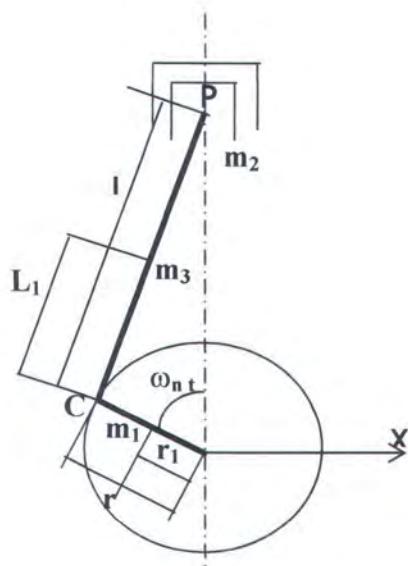
diperoleh c_n sebesar :

$$\begin{aligned}c_n &= \frac{1}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} x(t)(\cos \omega_n t - i \sin \omega_n t) dt \\&= \frac{1}{\tau} \int_{-\frac{\tau}{2}}^{\frac{\tau}{2}} x(t)e^{-i\omega_n t} dt\end{aligned}$$

II.4 Getaran Mesin

Pondasi motor selain menerima beban statis yang terdiri dari berat motor dan perlengkapannya juga beban dinamis yaitu gaya – gaya kelembaman dari masing – masing silinder akibat pembakaran bahan bakar motor. Gaya – gaya kelembaman atau dalam teori getaran disebut gaya getar (*Martin GH, 1992*).

Coba kita tinjau gambar berikut ini :



Pendesainan massa dari gerak bolak – balik total yang bergerak dengan engkol sebagai m_{rec} dan massa yang berputar sebagai m_{rot} , gaya inersia ketidakseimbangan P_s (sepanjang jalur piston) dan P_x (sepanjang bidang datar) dapat dituliskan sebagai berikut :

$$P_z = (m_{rec} + m_{rot}) r \omega^2 \cos \omega_m t + m_{rec} \underline{r^2 \omega^2 m \cos 2\omega_m t}$$

1

$$P_x = m_{rot} r \omega m^2 \sin \omega_m t$$

Massa gerak bolak – balik dan gerak rotasi ditunjukkan oleh persamaan :

$$M_{rec} = m_2 + m_3 (l_1 / l)$$

$$M_{rot} = \underline{r_1 m_1 + (1 - l_1/l) m_3}$$

Dimana :

- m_1 = massa engkol
- m_2 = massa bagian yang bergerak bolak – balik, seperti piston, piston rod, kepala engkol
- l = panjang batang penghubung
- l_1 = jarak antara pusat gravitasi batang penghubung dengan pena engkol C
- r_1 = jarak antara pusat gravitasi poros engkol dan pusat putaran

Gambaran ini menunjukkan gaya inersia yang ada sepanjang sumbu piston, disamping komponen utama yang bekerja pada frekuensi yang kedua.

Gaya inersia massa yang berputar dapat dihilangkan sama sekali dengan membalansnya, sedang massa yang bergerak bolak-balik tidak dapat dihindarkan.

Gaya eksitasi mesin akibat tekanan gas dalam silinder menurut Petrovsky :

$$Pg.A = Fg.P$$

Dimana :

- Pg = tekanan gas dalam silinder
- $Pg.A$ = gaya tekan gas akibat proses pembakaran bahan bakar
- $Fg.P$ = Gaya tekanan gas di dalam silinder

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

4

Kemudian kita membuat resultan dari gaya – gaya eksitasi yang terjadi. Sedemikian hingga, sampai pada penghitungan amplitudo getaran yang terjadi pada struktur. Kemudian menentukan besarnya transmisibilitas. Menghitung gaya transmisibilitas :

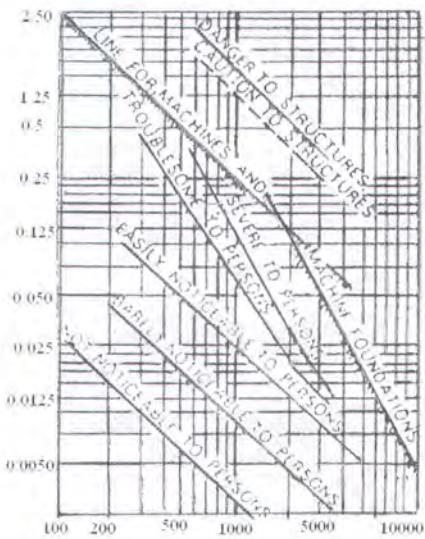
$$F_{TR} = TR \times \text{gaya eksitasi}$$

Kemudian menghitung amplitudo getaran yang terjadi untuk tiap damper.

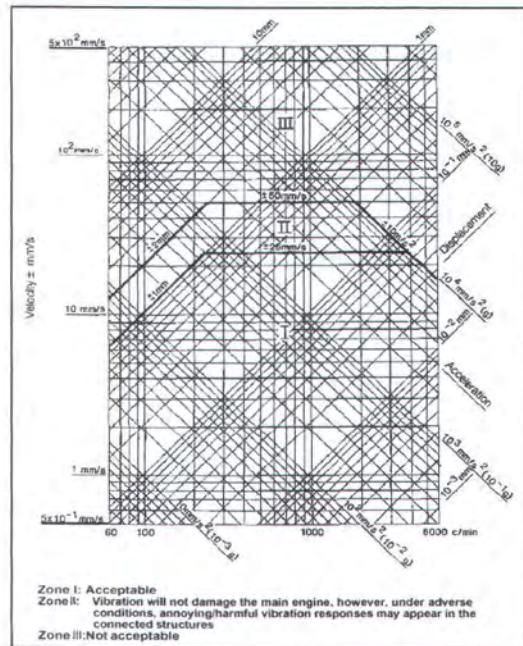
Batasan-batasan Getaran Mesin

Tingkat getaran pada suatu mesin akan mempengaruhi kerja sistem permesinan itu sendiri, dan dapat mempengaruhi kesehatan bagi operator mesin, oleh

sebab itu tingkat getaran pada mesin harus dibatasi, sehingga keamanan dan kenyamanan bagi operator dan sistem dapat terjaga



Gambar 2.6 grafik Richard



Gambar 2.7. Grafik Standart IMO

Pada gambar 2.6. grafik Richart menjelaskan adanya batasan-batasan getaran untuk keamanan operator (manusia) dan batasan maksimal untuk keamanan mesin dan pondasi. Sedangkan pada gambar 2.7. grafik standart IMO menyarankan agar getaran tidak melebihi batasan-batasan yang disarankan pada 3 zone tingkatan getaran, yaitu :

Zone I : Dapat diterima untuk manusia dan machine

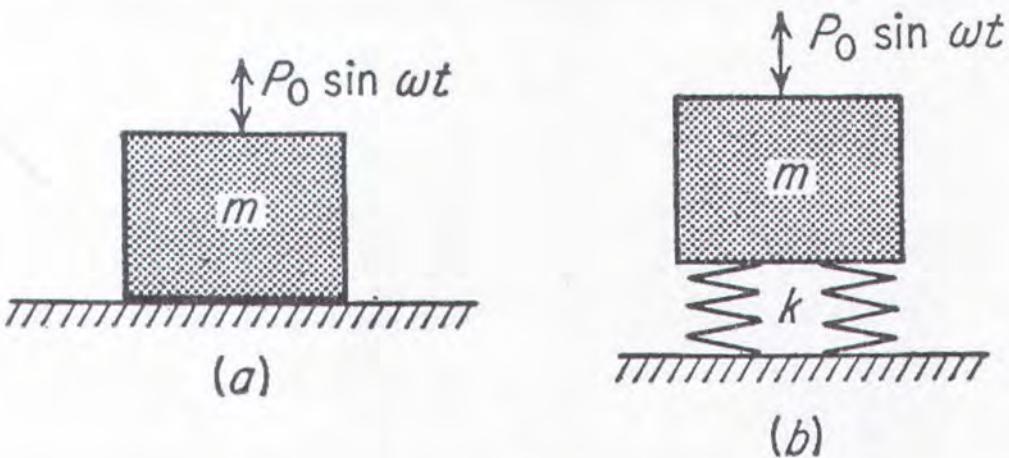
Zone II : Dapat diterima tetapi harus ada perlakuan khusus terhadap body dan struktur mesin

Zone III : Tidak dapat diterima

II.4 Bantalan Mesin

II.4.1 Teori isolasi getaran

Sebuah mesin tak balans diletakkan diatas suatu pondasi. Kemudian dari sistem tersebut timbul getaran. Solusi umum untuk meminimalisasi getaran yang terjadi adalah mengisolasinya, dan kita biasa menggunakan bantalan. Pada gambar berikut ini mesin yang bekerja digambarkan sebagai benda bermassa m dengan gaya $P_0 \sin \omega t$ yang bekerja pada mesin tersebut.



Gambar 2.8

Pada gambar 2.8a mesin diletakkan solid dengan dasar (lantai/pondasi), sementara pada 2.8b, mesin diletakkan diatas bantalan (per/spring) dengan kekakuan/flexibilitas k (k dianggap sangat besar). Untuk memudahkan,dasar/pondasi mesin dianggap rigid. Karena per/spring kontak dengan lantai, maka gaya yang ditransmisikan hanyalah gaya per/spring force, dengan amplitudo kx .

Sementara itu, rasio dari displasemen maximum terhadap displasemen statis adalah $x_{st} = Po / k$, kemudian :

$$\begin{aligned}\text{Ordinat} &= \frac{x_o}{x_{st}} = \frac{x_o}{Po/k} = \frac{kx_o}{Po} = \frac{\text{spring force}}{\text{impressed force}} \\ &= \frac{\text{transmitted force}}{\text{impressed force}} = \text{"transmisibilitas"}$$

Idealnya adalah mendapatkan rasio ini nol, namun pada kenyataannya kita hanya bisa memperkecilnya.

Hal yang sangat penting untuk diperhatikan adalah, bahwa, idealnya, seluruh gaya P_o harus ditransmisikan ke lantai / pondasi. Hal yang perlu dilakukan adalah merancang bantalan/per sedemikian hingga frekuensi sistem akan menjadi sangat lambat dibandingkan dengan frekuensi pengganggu, dengan kata lain, per harus sangat lembut (*Den Hartog, 1956*).

II.4.2 Komponen – komponen gaya dalam peredaman

② Gaya Eksitasi :

- Menurut Den Hartog gaya eksitasi pada engine dapat dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

1. Gaya eksitasi akibat inersia dalam arah horisontal

$$\begin{aligned} X &= m_{rec}x_p + m_{rot}x_c \\ &= (m_{rec} + m_{rot}) r \omega^2 \cos \omega t + m_{rec} \frac{r^2}{l} \omega^2 \cos 2\omega t \end{aligned}$$

2. Gaya eksitasi akibat inersia dalam arah vertikal (arah ke pondasi)

$$Y = m_{rot} \ddot{y}_c = m_{rot} r \omega^2 \sin \omega t$$

Dimana :

m_{rec} = Massa bolak-balik (reciprocating)

m_{rot} = Massa yang berotasi (rotating)

r = crank radius

l = panjang coneting rod

- Menurut Petrovsky gaya eksitasi yang timbul akibat pembakaran pada engine dapat dihitung dengan rumus pendekatan sebagai berikut :

$$F_o = P \times A$$

P untuk mesin 4 langkah diperoleh dari persamaan :

$$N = \frac{Px \frac{\pi}{4} x D^2 x Lx \frac{n}{60} x \frac{1}{2}}{75 \times 10^2}$$

Dimana :

$$N = \text{daya motor diesel, Ps} \rightarrow 1 \text{ Ps} = 75 \text{ m.kg/dt}$$

$$1 \text{ Ps} = 11.76 \text{ Hp}$$

P = Tekanan efektif rata-rata, kg/cm²

D = diameter silinder (cm)

L = panjang langkah (cm)

n = putaran poros engkol (rpm)

A diperoleh dari persamaan :

$$A = \frac{1}{4} \pi D^2$$

② Amplitudo getaran, dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$X = \frac{F_o / k}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + \left[2\zeta\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)\right]^2}}$$

dimana:

X = amplitudo getaran mesin

Fo = gaya eksitasi

k = kekakuan material

ζ = koefisien redaman

② Energi getaran pada pondasi

$$W = \pi X F_o \sin \Phi$$

Dimana :

W = Energi getaran (joule / cycle)

X = Amplitudo getaran (m)

Fo = Gaya eksitasi (N)

③ Transmisibilitas

$$TR = \frac{\sqrt{1 + \left(2\zeta \frac{\omega}{\omega_n}\right)^2}}{\sqrt{1 - \left[\left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right]^2 + (2\zeta\omega_n)^2}}$$

II.4.3 Beberapa jenis bantalan mesin

Untuk meredam getaran yang terjadi akibat mesin yang bekerja, maka salah satu cara adalah dengan meredamnya menggunakan bantalan. Ada bermacam-macam bantalan yang digunakan, diantaranya adalah kayu, karet, ataupun *cast iron*.

a. Kayu

Kayu adalah suatu hasil alam dan pada kebanyakan kasus digunakan dalam keadaan alamiahnya. Kayu hanya perlu diolah menjadi bentuk yang sesuai untuk penggunaan praktis. Proses ini dikenal dengan penggergajian. Kayu yang paling umum digunakan untuk maksud-maksud struktur diantaranya adalah pohon Den Douglas, pohon cemara selatan, pohon siperus selatan, dan hemlok gunung. Tetapi sejumlah pengalaman menunjukkan bahwa sifat-sifat mekanis kayu ini, khususnya kekuatan dan kekakuanannya sangat berbeda, misalnya pohon Den Douglas dan cemara yang dua-duanya lebih kuat dan lebih kaku dari pohonsiprus dan hemlok.

Berikut ini harga Elastisitas beberapa kayu yang bisa dijadikan pondasi/bantalan (*Kuat S.,2001*)

No	Jenis kayu	Elastisitas E (N/m ²)	Massa jenis
1	Ulin	1225×10^6	940
2	Balam	1225×10^6	1040
3	Tanjung	1225×10^6	1000
4	Cempaga	980×10^6	710
5	Jati	980×10^6	700
6	Rengos	980×10^6	690
7	Polapi	980×10^6	610
8	Gopasa	980×10^6	740

9	Mahoni	784×10^6	640
10	Merawan	784×10^6	700
11	Bintangan	784×10^6	780
12	Leda	784×10^6	570

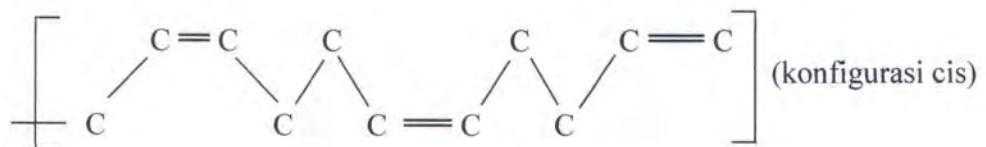
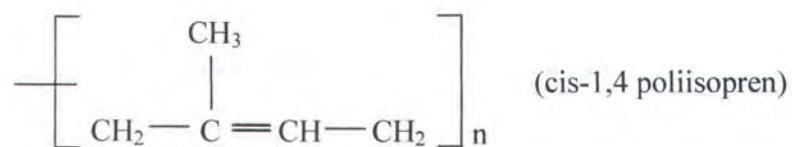
Dan dari penelitian, diketahui bahwa kayu ulin adalah kayu yang paling baik transmisibilitasnya, sehingga bisa dijadikan prioritas utama sebagai bahan bantalan. (*Alim Widodo, 2002*)

b. Besi cor

Istilah besi cor (*cast iron*) mencakup beberapa bahan yang memiliki rentang sifat – sifat fisis dan mekanis yang sangat luas terutama merupakan akibat perbedaan komposisi bahan. Besi pig dicampur dengan besi besi cor bekas dan flux batu kapur, dan untuk maksud – maksud khusus dicampur dengan baja bekas, krom, tembaga, nikel, malibden dan sebagainya, dilelehkan dalam suatu tanur kupola yang dibakar dengan kokas dan udara kering. Lalu logam lelehan dituangkan kedalam cetakan pasir atau logam, menghasilkan bentuk dan ukuran pengecoran yang diinginkan. Struktur besi tuang abu – abu yang mengandung lempengan grafit bebas berguna untuk memberikan sifat – sifat istimewa terhadap bahan ini, seperti ketahanan terhadap keausan dan korosi, **kemampuan peredaman**, dan kemampuan mesin. (*Jensen/Chenoweth, 1991*)

c. Karet alam (*Natural Rubber / NR*)

Dibuat dari getah pohon. Sari yang berupa susu dipanaskan sampai kering untuk dibuat karet mentah. Kemudian dimastikasi, diplastiskan agar dapat diproses dengan lebih mudah, dan dicampur pengisi seperti karbon hitam, zat pewarna belerang, dibuat campuran, dibentuk dengan tekanan, dan divulkanisir oleh reaksi penyilangan sambil dipanaskan untuk mendapatkan benda cetakan. Karet alam dianggap polimer dari poliisopren



Dilain pihak, konfigurasi lintas, yaitu guttapercha, tak seperti karet sifatnya, melainkan berupa resin kaku, karena struktur ruangnya berbeda, meskipun struktur kimianya sama. Karet alam baik dalam kekenyalan, tinggi kekuatan tariknya dan rendah titik transisi gelasnya (TG kira – kira 78^0 C). Yang menunjukkan kekenyalan karet yang menguntungkan pada temperatur biasa.

- Sifat – sifat :
 - Warna : agak kecoklatan, agak atau tembus cahaya
 - Berat jenis : 0,91 – 0,93
 - Temperatur max : 99°C , melunak 130°C , mengurai $\pm 200^{\circ}\text{C}$
- Penggunaan :

Ban mobil, pengemas karet, penutup isolasi listrik, sol sepatu dll.
- Turunan karet alam :
 - Ebonit

Adalah karet kaku dari karet alam ditambah belerang (30% - 40%) kemudian dipanaskan agar terjadi ikatan silang antara molekul dengan belerang. Terbentuklah bahan seperti resin yang kaku dan hitam.
 - Karet hidroklorida

Karet mentah + asam hidroklorida. Tahan terhadap asam, alkali dan minyak, digunakan sebagai film pembungkus dengan sifat tahan air, tahan minyak dan kelembaban. (*Prof. Ir. Tata Sudia, MS. Met, E; Prof. Dr. Shinroku Saito, 2000*)

Bab III

Metodologi Penelitian

Perbandingan nilai K antara karet alam dengan besi cor
(*Sumarno, 1998*)

Nilai K Karet Alam	Nilai K Besi Cor
$8,554 \times 10^5$	$2,333 \times 10^{10}$

Bab III

Metodologi Penelitian

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metodologi Pengumpulan Data

Pelaksanaan penelitian ini melalui beberapa tahapan, yaitu :

- Studi Literatur
- Pengumpulan Data
- Analisa Data
- Penulisan Laporan Penelitian

Sedangkan dalam penelitian tersebut, diperlukan data – data terkait. Data – data tersebut meliputi :

Data mesin :

- Model : YSM 8
- Merek : Yanmar
- Tipe : Horisontal 4-cycle water cooled diesel engine
- Jumlah silinder : 1
- Cont. Rating output : 7 / 3200 Hp/rpm
- 1-Hr. Rating output : 8 / 3200 Hp/rpm
- Metode pembakaran : Precombustion chamber
- Waktu injeksi BB : BTDC 25⁰
- RPM : - 3200 (crankshaft)
- 1639 (Propeller shaft)

- Speed red. And rev. gear : - Mechanical, spur gear, wet type, single disc
- Reduction ratio (forward) : 2 : 1
- Reduction ratio (reverse) : 2 : 1
- Arah putaran : Berlawanan arah jarum jam dilihat dari belakang (crankshaft dan propeller)
- Diameter silinder : 75 mm
- Berat mesin
- Panjang mesin
- Lebar mesin
- Tinggi mesin

Data bantalan :

Dalam penelitian ini digunakan beberapa macam bantalan, yaitu : karet alam, kayu dan besi (cast iron), dengan variasi dimensi, masing – masing 2 variasi untuk tiap macam bantalan.

Disamping itu juga diperlukan data untuk pondasi yaitu:

- Lebar pondasi
- Panjang pondasi
- Tebal pondasi
- Type pondasi

III.2 Studi Literatur

Dalam metode ini, dilakukan penelusuran informasi melalui studi kepustakaan, baik melalui buku – buku maupun penelusuran internet. Dari penelusuran pustaka, didapat informasi yang berkaitan dengan rumus – rumus dan metode – metode yang ada kaitannya dengan masalah getaran yang dikarenakan gerakan torak engkol akibat pembakaran dalam ruang bakar mesin.

Pengamatan Laboratorium

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Getaran dan Kebisingan Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS. Sedangkan tata cara pengamatan adalah sebagai berikut :

- Merancang percobaan yang harus dilakukan.

Sementara rancangan percobaan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan mesin yang akan dijadikan percobaan, yaitu Yanmar YSM8 di Laboratorium Getaran dan Kebisingan

Data mesin adalah sebagai berikut :

Merek : Yanmar

Model : YSM8

Silinder : 1

BHP MCR : 7 HP

Speed : 3200 rpm pada crankshaft

1639 rpm pada propeller shaft

Data mesin lainnya yang akan diperoleh :

- Diameter piston
- Berat piston dan penanya
- Berat batang penghubung
- Radius engkol dari sumbu engkol (R)
- Panjang batang penghubung (L)
- Sudut antara engkol dan garis vertikal (ψ)
- Berat engkol
- Kecepatan sudut (ω)

2. Memodifikasi mesin :

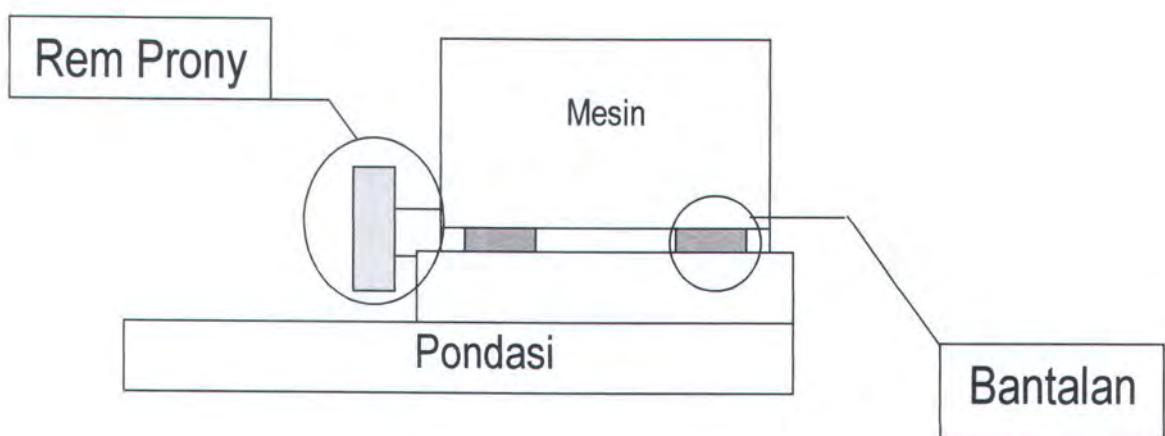
- Pasang tanki bahan bakar
- Pasang poros dan beban
- Pasang pressure gauge
- Membuat pondasi mesin. (Pondasi mesin dibuat dari besi dengan dimensi tertentu)

3. Membuat rancangan bantalan. Bantalan yang akan diuji terbuat dari karet alam, kayu, dan logam (cast iron). Bantalan dibuat dengan beberapa variasi dimensi dan letak.

4. Melakukan percobaan.

Mula – mula mesin dijalankan. Kemudian percobaan dilakukan dalam keadaan mesin berbeban, ini dilakukan dalam beberapa variasi putaran. Beban mesin menggunakan rem prony. Dibebani 1, 2, dan 3, sesuai dengan alat pengukuran beban/forcemeter yang ada. Kemudian mesin diset dengan putaran 400, 600, 800, 1000. Dalam percobaan, putaran melebihi 1000 rpm, sangat risikan, karena remprony ternyata tak bisa melakukan penggereman dengan baik. Mesin akan berhenti bila dilakukan penggereman yang agak lama, ini disebabkan panas yang diakibatkan rem menjadi sangat tinggi, dan pengukuran menjadi tidak akurat. Kemudian dilakukan pengambilan data menggunakan FFT analyzer.

Model percobaan :



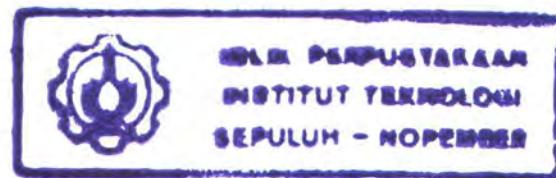
Dalam percobaan ini digunakan rem prony sebagai beban mesin. Dengan menggunakan prinsip lengan torsi, maka bisa diketahui beban yang diberikan.

Dasar perhitungan beban untuk menentukan lengan torsi adalah sebagai berikut :

Diketahui bahwa untuk menentukan bhp mesin adalah :

$$BHP = \frac{T \times N}{4500}$$

Dimana : T = Torsi



N = rpm

(' A Course in Internal Combustion Engine', M.L. Mathur, R.P. Sharma, 1980, Dhanpat Rai & Sons, hal. 517).

Maka :

$$7 = \frac{T \times 3200}{4500}, \quad T = \frac{7}{3200} \times 4500$$

$T = 9,84 \text{ Nm}$ → ini torsi keluaran mesin

Sedangkan keluaran dari *gear box* / pada propeller shaft (yang mana akan diberikan rem prony) adalah :

$$7 = \frac{T \times 1639}{4500}, \quad T = \frac{7}{1639} \times 4500$$

$T = 19 \text{ Nm}$

Maka, agar rem prony mampu menghentikan mesin, ia harus mampu memberikan torsi hingga 19 Nm (100% pembebanan).

Rancangan rem prony (perlu diingat, bahwa rencana pembebanan tidak sampai 100 %) adalah :

$$Torsi = F \times L$$

Direncanakan menggunakan *forcemeter* yang ada (mampu menerima gaya hingga 3 kgf), maka panjang lengan adalah :

$$19 = 3 \times L,$$

$$L = \frac{19}{3} = 6,3m \rightarrow \text{panjang lengan untuk 100 \% pembebanan.}$$

Namun karena tidak mungkin untuk membuat lengan sepanjang 6,3 meter, maka direncanakan panjang lengan adalah 50 cm saja (0,5 m). Sehingga torsi untuk rem adalah :

$$T = 3 \times 0,5 = 1,5Nm$$

Asumsi untuk efisiensi rem adalah 0,80, sehingga :

$$T = \frac{3 \times 0,5}{0,80} = 1,875Nm$$

Sedangkan untuk perencanaan bantalan, dipakai tiga jenis bantalan yang berbeda, yaitu kayu, karet alam, dan besi. Masing masing bantalan divariasikan ketebalannya menjadi 2 cm, 3 cm, dan 5 cm.

5. Mencatat hasil percobaan

- Mencatat data-data dari hasil percobaan.

Data hasil percobaan dibuat berdasarkan variasi : Jenis bantalan (dimensi dan letak), variasi putaran mesin (berbeban dan tidak).

- Pengolahan data.
- Membuat laporan serta kesimpulan sebagai hasil evaluasi dari analisa. Analisa diharapkan bisa menjawab dugaan yang dikemukakan serta memberikan rekomendasi terhadap solusi-solusi yang mungkin dilakukan.

Data – data teknis :

- **Data Mesin**

Menentukan ukuran komponen-komponen harmonik dalam mesin.

Data yang diperoleh :

- Diameter piston : 7,5 cm
- Berat piston (G_p). : 550 gr
- Berat ujung batang penghubung ($G_r \frac{L_C}{L}$) : 288,5 gr
- Berat Pangkal batang penghubung($G_r \frac{L_p}{L}$) : 461,5 gr
- Radius engkol dari sumbu engkol (R). : 3,5 cm
- Panjang batang penghubung (L) : 13 cm
- Berat Pena engkol. (G_{CP}) dan lengan engkol ($2G_a \frac{C_a}{R}$) : 6 Kg

➤ Kecepatan sudut (ω) : 171,6 rad/s

➤ Massa mesin : 100 Kg

○ **Perhitungan Kekakuan**

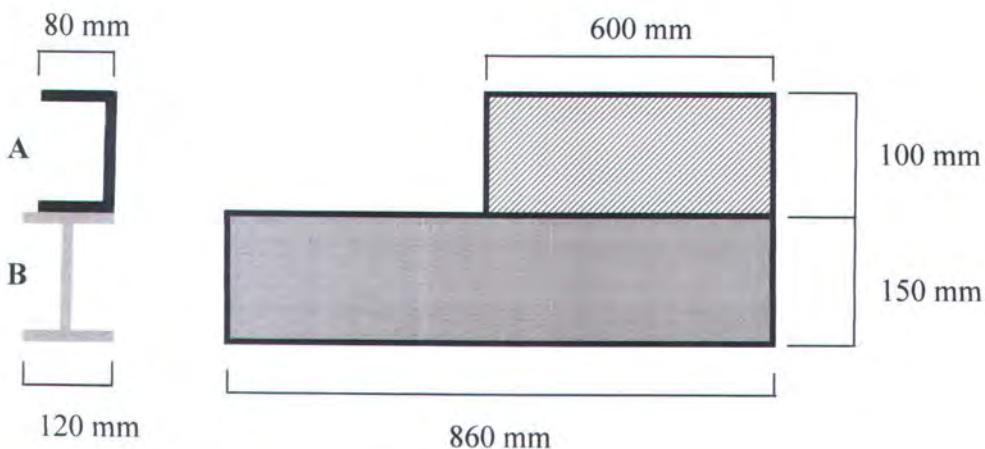
$$K = A \cdot E / L$$

A = Luas penampang balok

E = Harga elastisitas

L = Panjang balok

Gambar penampang balok :



Sedangkan ketebalan untuk balok A adalah 5 mm, sehingga luas penampangnya adalah : $(2 \times (0,005 \times 0,08) + (0,005 \times 0,1)) = 1,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Sementara ketebalan untuk balok B adalah 4 mm, sehingga luas penampangnya adalah : $(2 \times (0,004 \times 0,12) + (0,004 \times 0,15)) = 1,56 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

Harga elastisitas untuk besi = $205000 \text{ kg/cm}^2 = 2.009 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

Sehingga :

$$K_A = A_A \cdot E / L_A$$

$$= \frac{(1.3 \times 10^{-3}) \times 2.009 \times 10^{10}}{0.6}$$

$$= 43528333.33$$

$$K_B = A_B \cdot E / L_B$$

$$= \frac{(1.56 \times 10^{-3}) \times 2.009 \times 10^{10}}{0.86}$$

$$= 36442325.58$$

Karena kedua balok dipasang seri, maka K_{Total} adalah :

$$\frac{1}{K_{Total}} = \frac{1}{K_A} + \frac{1}{K_B}$$

$$\frac{1}{K_{Total}} = \frac{1}{43528333.33} + \frac{1}{36442325.58}$$

$$\frac{1}{K_{Total}} = 5.041416192 \times 10^{-8}$$

$$K_{Total} = 19.835.696,2 \text{ N/m}$$

BALOK A



$$\begin{aligned}K_{1,3} &= A_1 \cdot E / L_1 \\&= ((0,005 \times 0,08) \times 2.009 \times 10^{10}) / 0.6 \\&= 13393333.33 \\K_2 &= ((0,005 \times 0,1) \times 2.009 \times 10^{10}) / 0.6 \\&= 16741666.67\end{aligned}$$

$K_{1,2,3}$ tersusun seri, maka Ktotalnya :

$$\begin{aligned}1/K_{totA} &= 1/K_1 + 1/K_2 + 1/K_3 \\&= 2.0906 \times 10^{-7}\end{aligned}$$

$$K_{totA} = 4783333.333 \text{ N/m}$$

BALOK B



$$\begin{aligned}K_{1,3} &= A_1 \cdot E / L_1 \\&= ((0,004 \times 0,12) \times 2.009 \times 10^{10}) / 0.86\end{aligned}$$

$$= 11213023.26$$

$$\begin{aligned} K_2 &= ((0,004 \times 0,15) \times 2.009 \times 10^{10}) / 0.86 \\ &= 14016279.07 \end{aligned}$$

$K_{1,2,3}$ tersusun seri, maka K_{total} nya :

$$\begin{aligned} 1/K_{\text{total}} &= 1/K_1 + 1/K_2 + 1/K_3 \\ &= 2.497 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

$$K_{\text{total}} = 4004651.42 \text{ N/m}$$

Sehingga K total untuk semua balok adalah :

$$\begin{aligned} 1/K_{\text{total}} &= 1/K_{\text{total A}} + 1/K_{\text{total B}} \\ &= 1/4783333.333 + 1/4004651.42 \\ &= 4.59 \times 10^{-7} \\ K_{\text{total}} &= 2.179.746,912 \text{ N/m} \end{aligned}$$

Sementara itu, sistem menggunakan 2 buah balok pondasi yang disusun secara paralel, sehingga K_{sistem} :

$$\begin{aligned} K_{\text{sistem}} &= 2 \times K_{\text{total}} \\ &= 4.359.493,824 \text{ N/m} \end{aligned}$$

o **Perhitungan konstanta peredaman**

$$C = A \cdot \sqrt{E \cdot \rho}$$

BALOK A



$$\begin{aligned} A.C1,3 &= 4 \times 10^{-4} \sqrt{2.009 \times 10^{10} \times 7850} \\ &= 5023.25 \text{ N.s / m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A.C2 &= 5 \times 10^{-4} \sqrt{2.009 \times 10^{10} \times 7850} \\ &= 6279.06 \text{ N.s / m} \end{aligned}$$

C1,2,3 tersusun seri, sehingga :

$$\begin{aligned} C_{totA} &= C1 + C2 + C3 \\ &= 16325.56 \text{ N.s / m} \end{aligned}$$

BALOK B



$$\begin{aligned} A.C1,3 &= 4.8 \times 10^{-4} \sqrt{2.009 \times 10^{10} \times 7850} \\ &= 6027.9 \text{ N.s / m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A.C2 &= 6 \times 10^{-4} \sqrt{2.009 \times 10^{10} \times 7850} \\ &= 7534.88 \text{ N.s / m} \end{aligned}$$

C1,2,3 tersusun seri, sehingga :

$$C_{totB} = C1 + C2 + C3$$

$$= 19590.68 \text{ N.s / m}$$

Sedangkan Ctotal balok :

$$\begin{aligned} \text{Ctotal} &= \text{CtotA} + \text{CtotB} \\ &= 35916.24 \text{ N.s / m} \end{aligned}$$

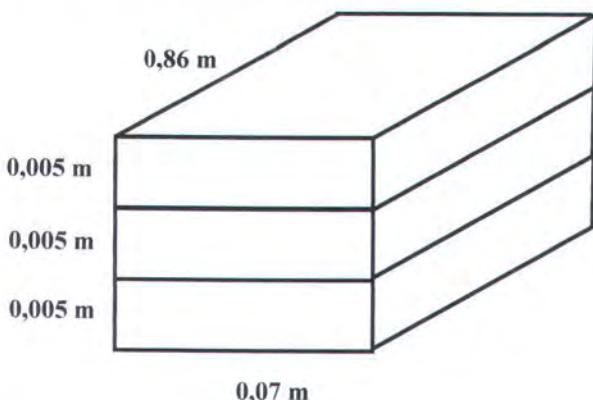
Sedangkan Csistem adalah :

$$\begin{aligned} 1/\text{Csistem} &= 2 \times (1/\text{Ctotal}) \\ &= 2 \times (1/35916.24) \end{aligned}$$

$$\text{Csistem} = 17958.2 \text{ N.s / m}$$

- **Bantalan (untuk pondasi)**

Bantalan yang dipakai adalah karet jenis NBR pakai nilon dengan dimensi dan susunan (untuk satu titik) sebagai berikut :



Dari hasil uji laboratorium diketahui modulus elastisitasnya (E) sebesar $2,916 \times 10^4 \text{ kg/m}^2 = 2,858 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ (*Zaini, 2004*), sehingga nilai kekakuan bantalannya :

$$K = A \cdot E / L$$

$$= (0,005 \cdot 0,07) \cdot 2,858 \times 10^9 / 0,86$$

$$= 1163139.535 \text{ N/m}^2 \text{ (untuk satu peredam)}$$

Bantalan disusun tiga lapis untuk tiap titik seperti ditunjukkan pada gambar diatas sehingga nilai kekakuananya

$$\frac{1}{k_{total}} = 3 \times \left(\frac{1}{1163139.535} \right) = 2.579 \times 10^{-6}$$

$$k_{total} = 387713.1783 \text{ N/m}^2$$

Bantalan dipasang di dua titik secara pararel, sehingga nilai kekakuan totalnya adalah :

$$k_{bantalan} = 2 \times 387713.1783 = 775426.3566 \text{ N/m}^2$$

Perhitungan konstanta peredaman (C)

$$C = A \cdot \sqrt{E \cdot \rho}$$

$$= (0,07 \times 0,005) \cdot \sqrt{2,858 \times 10^9 \cdot 1300}$$

$$= 674.63805 \text{ (untuk satu bantalan)}$$

Bantalan disusun tiga lapis untuk tiap titik seperti ditunjukkan pada gambar diatas sehingga nilai konstanta peredamannya adalah :

$$C_{total} = 3 \times 674.63805 = 2023.914 \text{ Ns/m}$$

Bantalan dipasang di dua titik secara pararel, sehingga nilai peredaman totalnya adalah :

$$\frac{1}{C_{bantalan}} = 2 \times \left(\frac{1}{C_{total}} \right)$$

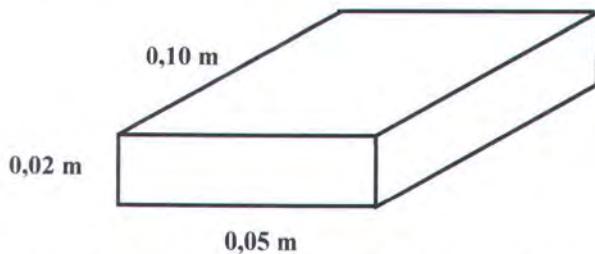
$$= 2 \times \left(\frac{1}{2023.914} \right)$$

$$C_{\text{bantalan}} = 1011.96 \text{ Ns/m}$$

UNTUK BANTALAN BESI

1. 20 mm

Bantalan yang dipakai adalah karet jenis NBR pakai nilon dengan dimensi dan susunan (untuk satu titik) sebagai berikut :



Untuk besi (cast iron) diketahui modulus elastisitasnya (E) sebesar $205000 \text{ kg/m}^2 = 2.009 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$, sehingga nilai kekakuan bantalannya :

$$K = A \cdot E / L$$

$$= (0,02 \cdot 0,05) \cdot 2.009 \times 10^{10} / 0,10$$

$$= 200900000 \text{ N/m}^2 \text{ (untuk satu peredam)}$$

Bantalan dipasang di empat titik secara pararel, sehingga nilai kekakuan totalnya adalah :

$$k_{\text{bantalan}} = 4 \times 200900000 = 8036000000 \text{ N/m}^2$$

Perhitungan konstanta peredaman (C)

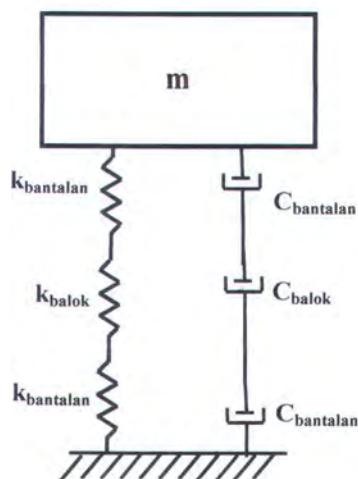
$$\begin{aligned} C &= A \cdot \sqrt{E \cdot \rho} \\ &= (0,02 \times 0,05) \cdot \sqrt{2,009 \times 10^{10} \cdot 7850} \\ &= 12558.125 \text{ (untuk satu bantalan)} \end{aligned}$$

Bantalan dipasang di empat titik secara pararel, sehingga nilai peredaman totalnya adalah :

$$\begin{aligned} \frac{1}{C_{\text{bantalan}}} &= 4 \times \left(\frac{1}{C_{\text{total}}} \right) \\ &= 4 \times \left(\frac{1}{12558.125} \right) \end{aligned}$$

$$C_{\text{bantalan}} = 3139.53 \text{ Ns/m}$$

Sistem diatas dapat dimodelkan sebagai berikut :



Sehingga :

$$\frac{1}{k_{total}} = \frac{1}{k_{bantalan}} + \frac{1}{k_{balok}} + \frac{1}{k_{bantalan}}$$
$$= \frac{1}{8036000000} + \frac{1}{4.359.493,824} + \frac{1}{3904825.581}$$

$$k_{total} = 2059298.516 \text{ N/m}^2$$

$$C_{total} = C_{bantalan} + C_{balok} + C_{bantalan}$$
$$= 8036000000 + 4359493,824 + 3904825.581$$
$$= 23680.92322 \text{ Ns/m}$$

frekuensi naturalnya :

$$\omega_n = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

massa sistem :

$$\text{massa engine} : 100 \text{ kg}$$

$$\text{massa balok pondasi} : 44 \text{ kg}$$

$$\text{massa bantalan} : 3.14 \text{ kg}$$

$$\text{massa total} = 100 + 44 + 3.14$$

$$= 147.14 \text{ kg}$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{2059298.516}{147.14}} = 118.1664097 \text{ rad/s}$$

Redaman kritis (C_c) :

$$c_c = 2\sqrt{km} = 2m\omega_n$$
$$= 2 \cdot 147.14 \cdot 118.1664097$$

$$= 34774.01105 \text{ Ns/m}$$

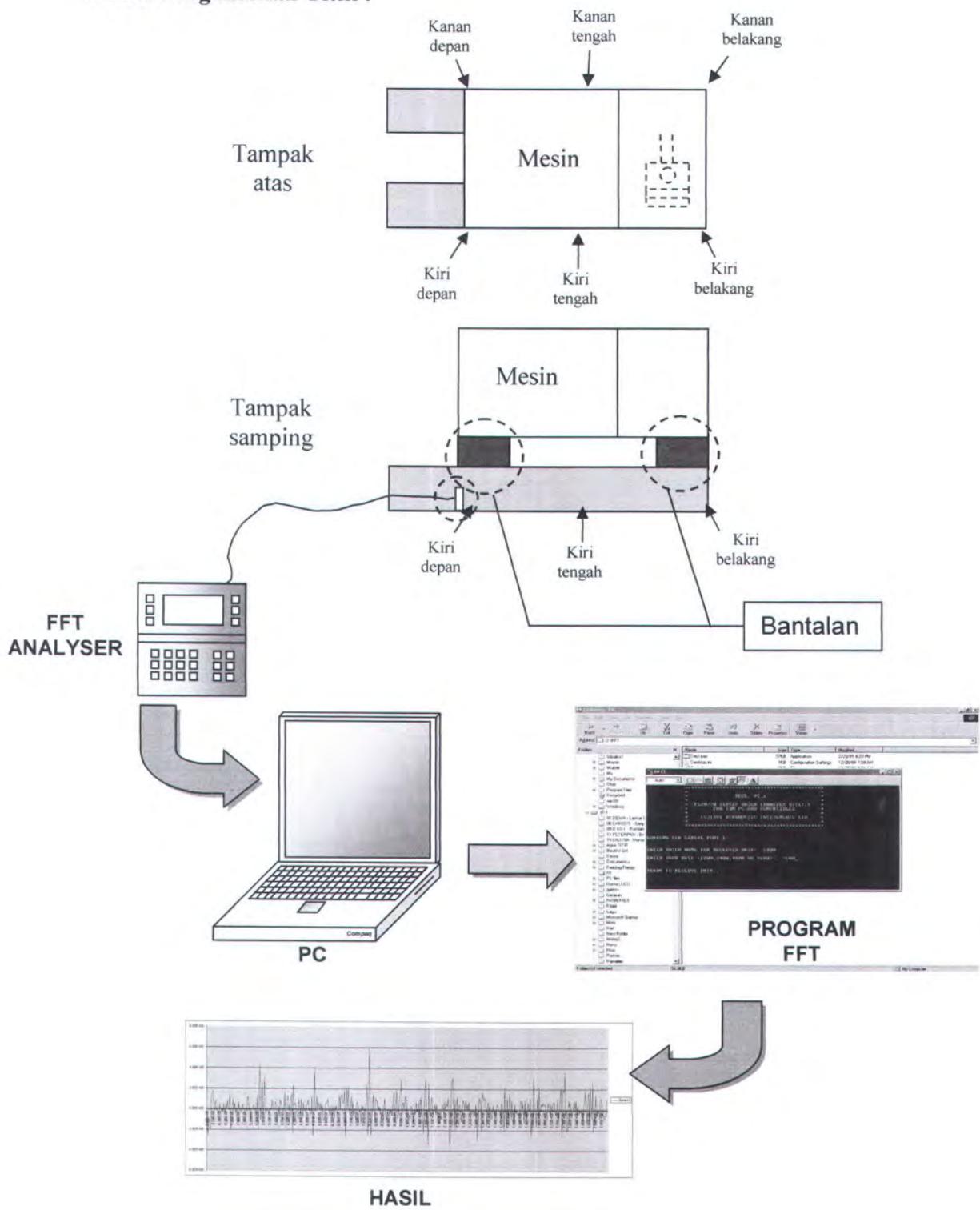
Rasio Redaman (ζ) :

$$\zeta = \frac{c}{c_c} = \frac{23680.92322}{34774.01105} = 0.680994872$$

Untuk tipe bantalan lainnya juga dilakukan perhitungan yang sama sehingga :

	Besi		Kayu		Karet	
	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm
K	200900000	502250000	12250000	30625000	28580000	71450000
C	12558.12486	31395.31215	1073.07968	2682.6992	1773.076422	4432.691056
Ktot	803600000	2009000000	49000000	122500000	114320000	285800000
Ctot	3139.531215	7848.828038	268.26992	670.6748001	443.2691056	1108.172764
Ksistem	2054560.018	2057716.59	1976730.026	2025763.339	2023369.148	2045086.953
Csistem	23680.92322	28390.22004	20809.66192	21212.0668	20984.66111	21649.56476
Fnat	118.1664097	116.4086845	117.0108615	118.2225235	118.3569655	118.7195339
Cc	34774.01105	35353.31748	33787.12028	34270.3451	34190.96019	34452.40874
Rasio redaman	0.680994872	0.803042601	0.615905166	0.618962743	0.613748809	0.628390454

Model Pengambilan Titik :



Perlu diperhatikan :

Bawa FFT ANALYSER akan merekam berdasarkan frekuensi yang kita set, sepanjang range yang kita set pula. Usahakan alat bisa merekam getaran mesin selama lebih dari satu kali siklus pembakaran. Berikut ini contoh konversi alat FFT terhadap putaran mesin.

Freq. alat ukur	2000 hz
periode	0.0005 s
waktu record alat 10x periода	0.005 s

freq. 2000 hz

Put. Engine (RPM)	freq. 1 put (hz)	periode 1 put (s)	periode 1 siklus	Record alat	Seper
2000	33.33333333	0.03	0.06	0.083333333	1 \ 12
1750	29.16666667	0.034285714	0.068571429	0.072916667	1 \ 14
1500	25	0.04	0.08	0.0625	1 \ 16

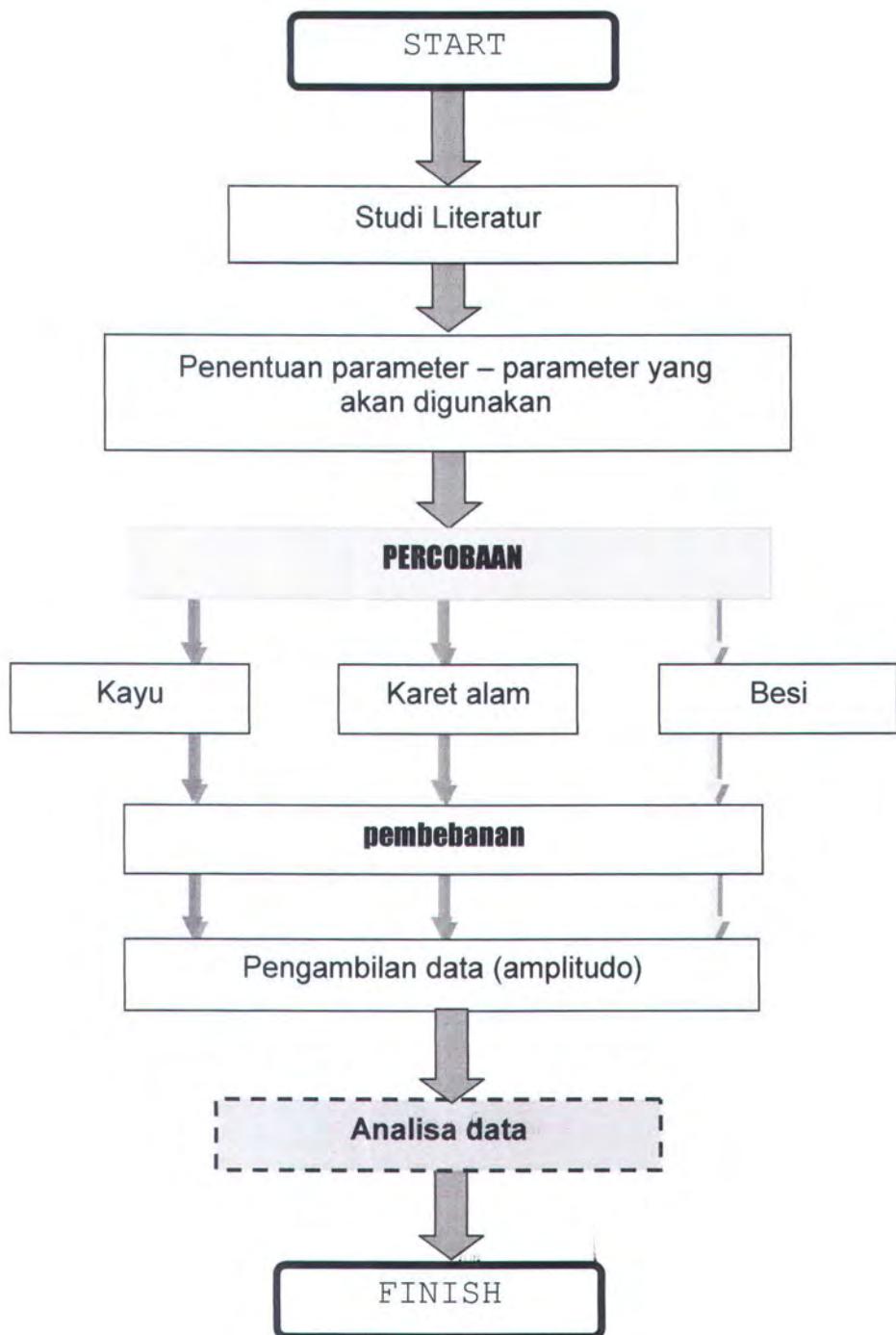
freq. 1000 hz

Put. Engine (RPM)	freq. 1 put (hz)	periode 1 put (s)	periode 1 siklus	Record alat	Seper
2000	33.33333333	0.03	0.06	0.166666667	1 \ 6
1750	29.16666667	0.034285714	0.068571429	0.145833333	1 \ 7
1500	25	0.04	0.08	0.125	1 \ 8

freq. 500 hz

Put. Engine (RPM)	freq. 1 put (hz)	periode 1 put (s)	periode 1 siklus	Record alat	Seper
2000	33.33333333	0.03	0.06	0.333333333	1 \ 3
1750	29.16666667	0.034285714	0.068571429	0.291666667	1 \ 3.5
1500	25	0.04	0.08	0.25	1 \ 4

FLOW CHART



Analisa Data

Langkah analisa data pada penelitian ini meliputi perhitungan gaya tekan gas hasil pembakaran pada mesin, gaya – gaya yang disebabkan oleh gerakan torak engkol, interaksi gaya – gaya yang dihasilkan mesin terhadap bantalan dan pada akhirnya dapat ditentukan bantalan yang paling optimum meredam tingkat getaran mesin.

III.3 Dasar Pemikiran

Gaya yang disebabkan oleh bantalan, dan diteruskan ke pondasi mesin terdiri dari gaya berat mesin ditambah gaya transmisibilitas mesin, apabila kedua gaya tersebut melebihi kemampuan pondasi, maka gaya – gaya tersebut akan merusak struktur pondasi mesin.

Maka untuk mengurangi hal tersebut, perlu dilakukan penyerapan gaya sehingga getaran akan berkurang. Salah satu cara adalah dengan memasang bantalan antara mesin dengan pondasi. Berbagai macam bantalan ada di pasaran, dan dalam penelitian ini digunakan 3 macam bantalan yang berbeda. Dan dengan memvariasi dimensi dari bantalan, diharapkan akan didapatkan suatu trend dari kemampuan bantalan untuk meredam tingkat getaran mesin.

Pemilihan damper/bantalan tidak hanya berdasarkan pada besar kecilnya amplitudo (walaupun ini adalah parameter penting) getaran yang timbul dan transmisi gaya eksitasi mesin, akan tetapi juga mempertimbangkan

sifat mekanis dan fisis material bantalan, ini jelas, karena tiap material bantalan memiliki kekakuan sendiri – sendiri.

Bab IV
Perhitungan dan Analisa Data

BAB IV

PERHITUNGAN DAN ANALISA DATA

Dari hasil eksperimen didapatkan data – data seperti berikut ini :

DATA TEKNIS

Setelah eksperimen, didapat data – data yang diperoleh dari pengukuran alat FFT *Analyser*. Contoh data tersebut adalah seperti ini :

* X-AXIS DATA *	* CHANNEL A DATA *
0.00E+00	-3.42E-01
3.91E-03	-2.64E+00
7.81E-03	-8.79E-01
1.17E-02	-1.34E+00
1.56E-02	-2.10E+00
1.95E-02	-7.81E-01
2.34E-02	1.51E+00
2.73E-02	1.61E+00
3.13E-02	1.73E+00
3.52E-02	-1.71E-01
3.91E-02	-1.22E-01
4.30E-02	7.08E-01
4.69E-02	-1.47E-01
5.08E-02	-2.44E-02
5.47E-02	-5.13E-01
5.86E-02	-2.20E-01
6.25E-02	3.91E-01
6.64E-02	-2.44E-02
7.03E-02	-2.93E-01
7.42E-02	-2.44E-02
7.81E-02	-4.15E-01
8.20E-02	4.88E-01
8.59E-02	-2.44E-02
8.98E-02	-4.40E-01
9.38E-02	3.91E-01
9.77E-02	-2.44E-02
1.02E-01	7.81E-01
1.06E-01	-2.44E-02
1.09E-01	1.47E-01
1.13E-01	1.46E+00

1.17E-01	-1.95E+00
1.21E-01	-1.56E+00
1.25E-01	-2.44E-01
1.29E-01	1.05E+00
1.33E-01	-2.44E-02
1.37E-01	5.62E-01
1.41E-01	-4.40E-01
1.45E-01	-2.44E-02
1.48E-01	-1.42E+00
1.52E-01	-1.05E+00
1.56E-01	6.59E-01
1.60E-01	-2.44E-02
1.64E-01	-2.44E-02
1.68E-01	-2.93E-01
1.72E-01	-3.91E-01
1.76E-01	4.88E-01
1.80E-01	-2.44E-02
1.84E-01	-2.44E-02
1.88E-01	-2.44E-02
1.91E-01	-5.86E-01
1.95E-01	-2.93E-01
1.99E-01	9.77E-01
2.03E-01	1.17E+00
2.07E-01	1.95E-01
2.11E-01	-2.44E-02
2.15E-01	-9.77E-01
2.19E-01	-2.44E-02
2.23E-01	-2.44E-02
2.27E-01	-7.32E-02
2.31E-01	3.42E-01
2.34E-01	2.44E-01
2.38E-01	-2.44E-02
2.42E-01	-6.84E-01
2.46E-01	-1.95E-01
2.50E-01	1.32E+00
2.54E-01	-2.03E+00
2.58E-01	1.34E+00
2.62E-01	4.39E+00
2.66E-01	-1.10E+00
2.70E-01	-4.15E-01
2.73E-01	2.59E+00
2.77E-01	-8.79E-01
2.81E-01	9.28E-01
2.85E-01	3.08E+00

2.89E-01	-4.15E-01
2.93E-01	-3.42E-01
2.97E-01	-1.22E-01
3.01E-01	-1.71E-01
3.05E-01	-2.44E-01
3.09E-01	-3.91E-01
3.13E-01	-1.22E-01
3.16E-01	-2.44E-02
3.20E-01	-2.44E-02
3.24E-01	8.55E-01
3.28E-01	-2.44E-02
3.32E-01	-7.32E-02
3.36E-01	1.95E-01
3.40E-01	6.59E-01
3.44E-01	3.91E-01
3.48E-01	-1.34E+00
3.52E-01	-6.84E-01
3.56E-01	2.69E-01
3.59E-01	-7.57E-01
3.63E-01	9.03E-01
3.67E-01	5.62E-01
3.71E-01	2.69E-01
3.75E-01	-2.44E-02
3.79E-01	-2.93E-01
3.83E-01	-2.44E-02
3.87E-01	1.61E+00
3.91E-01	-1.78E+00
3.95E-01	-5.13E-01
3.98E-01	7.81E-01
4.02E-01	1.32E+00
4.06E-01	-2.44E-02
4.10E-01	3.91E-01
4.14E-01	-9.52E-01
4.18E-01	8.79E-01
4.22E-01	1.51E+00
4.26E-01	-2.34E+00
4.30E-01	2.47E+00
4.34E-01	6.59E-01
4.38E-01	3.91E-01
4.41E-01	6.35E-01
4.45E-01	-3.17E-01
4.49E-01	-4.64E-01
4.53E-01	-1.00E+00
4.57E-01	9.77E-01

4.61E-01	3.42E-01
4.65E-01	-4.64E-01
4.69E-01	1.03E+00
4.73E-01	-2.44E-02
4.77E-01	-7.81E-01
4.81E-01	6.84E-01
4.84E-01	-2.44E-02
4.88E-01	-1.71E-01
4.92E-01	-3.91E-01
4.96E-01	4.40E-01
5.00E-01	4.15E-01
5.04E-01	9.28E-01
5.08E-01	-1.47E-01
5.12E-01	-4.88E-02
5.16E-01	-4.88E-01
5.20E-01	-4.15E-01
5.23E-01	1.32E+00
5.27E-01	-2.61E+00
5.31E-01	-2.03E+00
5.35E-01	4.10E+00
5.39E-01	-2.44E-02
5.43E-01	-1.71E-01
5.47E-01	1.32E+00
5.51E-01	-2.44E-02
5.55E-01	6.59E-01
5.59E-01	3.42E-01
5.63E-01	-2.44E-02
5.66E-01	5.37E-01
5.70E-01	-9.77E-02
5.74E-01	4.15E-01
5.78E-01	-1.10E+00
5.82E-01	-1.07E+00
5.86E-01	-6.59E-01
5.90E-01	4.88E-01
5.94E-01	5.13E-01
5.98E-01	6.10E-01
6.02E-01	9.77E-01
6.06E-01	-2.44E-02
6.09E-01	-6.10E-01
6.13E-01	3.17E-01
6.17E-01	-2.44E-02
6.21E-01	-7.81E-01
6.25E-01	3.42E-01
6.29E-01	-2.69E-01

6.33E-01	-8.30E-01
6.37E-01	2.44E-01
6.41E-01	-2.44E-02
6.45E-01	3.17E-01
6.48E-01	-7.08E-01
6.52E-01	-2.44E-01
6.56E-01	2.93E-01
6.60E-01	1.39E+00
6.64E-01	-2.44E-02
6.68E-01	1.34E+00
6.72E-01	1.42E+00
6.76E-01	5.37E-01
6.80E-01	6.10E-01
6.84E-01	1.88E+00
6.88E-01	-2.64E+00
6.91E-01	4.15E-01
6.95E-01	2.08E+00
6.99E-01	-2.44E-02
7.03E-01	2.22E+00
7.07E-01	-2.44E-02
7.11E-01	-4.88E-01
7.15E-01	3.17E-01
7.19E-01	1.25E+00
7.23E-01	-7.08E-01
7.27E-01	8.06E-01
7.31E-01	-6.35E-01
7.34E-01	-2.44E-02
7.38E-01	-1.20E+00
7.42E-01	-2.44E-02
7.46E-01	7.57E-01
7.50E-01	5.62E-01
7.54E-01	-2.44E-02
7.58E-01	-2.44E-01
7.62E-01	-9.77E-02
7.66E-01	-1.51E+00
7.70E-01	3.91E-01
7.73E-01	-1.47E-01
7.77E-01	3.42E-01
7.81E-01	-2.44E-02
7.85E-01	-3.91E-01
7.89E-01	-4.88E-02
7.93E-01	7.32E-01
7.97E-01	2.51E+00
8.01E-01	-2.54E+00

8.05E-01	-9.28E-01
8.09E-01	6.01E+00
8.13E-01	1.68E+00
8.16E-01	-2.61E+00
8.20E-01	-7.32E-01
8.24E-01	-2.44E-02
8.28E-01	1.46E+00
8.32E-01	-2.44E-02
8.36E-01	-1.34E+00
8.40E-01	1.15E+00
8.44E-01	8.79E-01
8.48E-01	8.55E-01
8.52E-01	-2.44E-02
8.56E-01	2.93E-01
8.59E-01	-1.47E-01
8.63E-01	2.20E-01
8.67E-01	-5.86E-01
8.71E-01	-7.81E-01
8.75E-01	-7.32E-02
8.79E-01	-1.20E+00
8.83E-01	2.69E-01
8.87E-01	1.07E+00
8.91E-01	-3.91E-01
8.95E-01	-1.07E+00
8.98E-01	-5.62E-01
9.02E-01	-2.44E-02
9.06E-01	-2.44E-02
9.10E-01	-2.20E-01
9.14E-01	-4.40E-01
9.18E-01	-2.44E-02
9.22E-01	-5.62E-01
9.26E-01	-1.95E-01
9.30E-01	8.06E-01
9.34E-01	1.66E+00
9.38E-01	-8.06E-01
9.41E-01	-2.44E-02
9.45E-01	2.00E+00
9.49E-01	-9.28E-01
9.53E-01	-5.37E-01
9.57E-01	-2.44E-02
9.61E-01	1.32E+00
9.65E-01	1.59E+00
9.69E-01	2.88E+00
9.73E-01	-4.64E-01

9.77E-01	5.62E-01
9.81E-01	6.59E-01
9.84E-01	-2.44E-02
9.88E-01	1.05E+00
9.92E-01	1.22E+00
9.96E-01	4.88E-01
1.00E+00	-6.10E-01
1.00E+00	-9.03E-01
1.01E+00	-5.13E-01
1.01E+00	-9.28E-01
1.02E+00	-4.40E-01
1.02E+00	3.17E-01
1.02E+00	-5.62E-01
1.03E+00	-1.27E+00
1.03E+00	-2.44E-02
1.04E+00	-2.44E-02
1.04E+00	-4.40E-01
1.04E+00	8.06E-01
1.05E+00	-2.20E-01
1.05E+00	-1.47E-01
1.05E+00	8.55E-01
1.06E+00	-4.40E-01
1.06E+00	2.44E-01
1.07E+00	1.17E+00
1.07E+00	-2.20E-01
1.07E+00	-5.86E-01
1.08E+00	-2.27E+00
1.08E+00	2.69E-01
1.09E+00	1.68E+00
1.09E+00	2.86E+00
1.09E+00	-8.79E-01
1.10E+00	-2.44E-02
1.10E+00	-3.54E+00
1.11E+00	2.51E+00
1.11E+00	-3.42E-01
1.11E+00	-6.84E-01
1.12E+00	8.79E-01
1.12E+00	1.17E+00
1.13E+00	-4.15E-01
1.13E+00	-3.42E-01
1.13E+00	-2.44E-02
1.14E+00	4.88E-01
1.14E+00	-5.13E-01
1.14E+00	5.13E-01

1.15E+00	-8.30E-01
1.15E+00	-6.10E-01
1.16E+00	-1.32E+00
1.16E+00	-4.88E-01
1.16E+00	-8.79E-01
1.17E+00	-2.93E-01
1.17E+00	5.13E-01
1.18E+00	2.44E-01
1.18E+00	-3.42E-01
1.18E+00	8.06E-01
1.19E+00	-4.88E-02
1.19E+00	3.42E-01
1.20E+00	5.62E-01
1.20E+00	3.42E-01
1.20E+00	1.12E+00
1.21E+00	-1.17E+00
1.21E+00	-3.49E+00
1.21E+00	-1.20E+00
1.22E+00	2.49E+00
1.22E+00	3.03E+00
1.23E+00	2.95E+00
1.23E+00	-1.88E+00
1.23E+00	1.00E+00
1.24E+00	-1.88E+00
1.24E+00	-2.44E-02
1.25E+00	1.22E+00
1.25E+00	-7.32E-02
1.25E+00	-1.22E-01
1.26E+00	4.88E-01
1.26E+00	2.93E-01
1.27E+00	-1.17E+00
1.27E+00	-6.59E-01
1.27E+00	5.86E-01
1.28E+00	9.52E-01
1.28E+00	3.66E-01
1.29E+00	-2.44E-02
1.29E+00	9.03E-01
1.29E+00	-2.44E-02
1.30E+00	5.37E-01
1.30E+00	-7.32E-02
1.30E+00	6.84E-01
1.31E+00	-2.44E-02
1.31E+00	-7.32E-02
1.32E+00	-2.69E-01

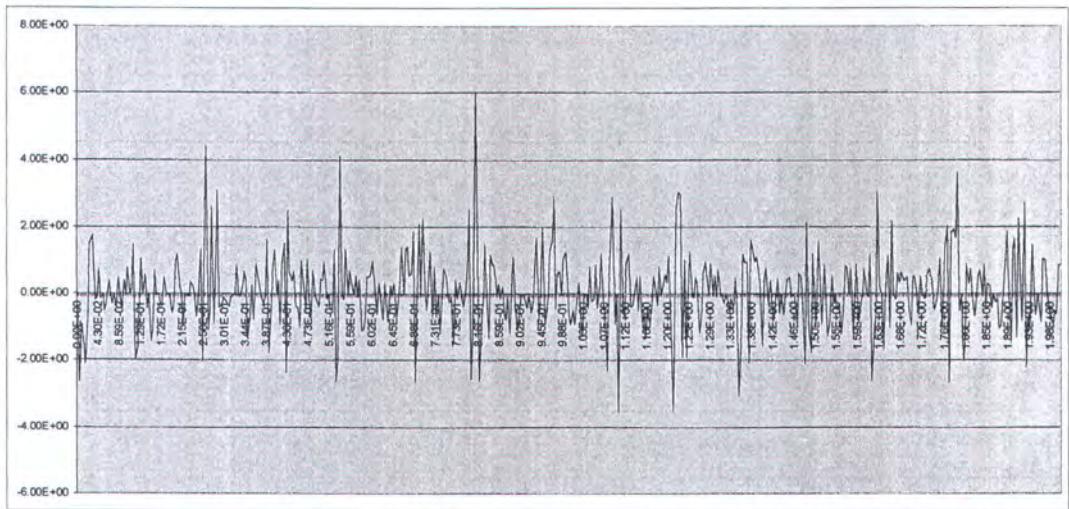
1.32E+00	-4.88E-02
1.32E+00	-1.47E-01
1.33E+00	-5.62E-01
1.33E+00	-1.47E-01
1.34E+00	-4.40E-01
1.34E+00	4.64E-01
1.34E+00	-3.42E-01
1.35E+00	-3.03E+00
1.35E+00	-1.22E+00
1.36E+00	1.17E+00
1.36E+00	9.52E-01
1.36E+00	9.28E-01
1.37E+00	-2.08E+00
1.37E+00	1.61E+00
1.38E+00	1.37E+00
1.38E+00	9.52E-01
1.38E+00	1.10E+00
1.39E+00	7.08E-01
1.39E+00	3.17E-01
1.39E+00	-1.59E+00
1.40E+00	3.91E-01
1.40E+00	7.81E-01
1.41E+00	-2.69E-01
1.41E+00	3.91E-01
1.41E+00	-2.69E-01
1.42E+00	-8.06E-01
1.42E+00	-2.44E-02
1.43E+00	4.40E-01
1.43E+00	-5.86E-01
1.43E+00	-2.44E-02
1.44E+00	-6.35E-01
1.44E+00	-2.44E-02
1.45E+00	4.15E-01
1.45E+00	4.88E-01
1.45E+00	-9.77E-02
1.46E+00	-2.44E-02
1.46E+00	-9.77E-02
1.46E+00	-9.03E-01
1.47E+00	5.86E-01
1.47E+00	5.37E-01
1.48E+00	-1.71E-01
1.48E+00	-2.10E+00
1.48E+00	2.12E+00
1.49E+00	-8.79E-01

1.49E+00	-1.76E+00
1.50E+00	1.17E+00
1.50E+00	-7.32E-02
1.50E+00	-9.52E-01
1.51E+00	1.54E+00
1.51E+00	2.69E-01
1.52E+00	-9.03E-01
1.52E+00	8.55E-01
1.52E+00	-2.20E-01
1.53E+00	-1.27E+00
1.53E+00	-9.28E-01
1.54E+00	5.37E-01
1.54E+00	-2.69E-01
1.54E+00	-7.32E-02
1.55E+00	-4.88E-01
1.55E+00	-2.93E-01
1.55E+00	-1.22E+00
1.56E+00	-6.35E-01
1.56E+00	8.30E-01
1.57E+00	7.81E-01
1.57E+00	-2.44E-02
1.57E+00	7.32E-01
1.58E+00	-1.22E+00
1.58E+00	-4.88E-02
1.59E+00	8.79E-01
1.59E+00	-8.79E-01
1.59E+00	-2.44E-01
1.60E+00	-4.88E-02
1.60E+00	7.32E-01
1.61E+00	-2.44E-02
1.61E+00	-9.77E-02
1.61E+00	1.15E+00
1.62E+00	-2.59E+00
1.62E+00	-1.07E+00
1.63E+00	-6.10E-01
1.63E+00	3.05E+00
1.63E+00	2.44E-01
1.64E+00	-9.77E-02
1.64E+00	-1.66E+00
1.64E+00	-2.44E-02
1.65E+00	1.12E+00
1.65E+00	-1.03E+00
1.66E+00	2.15E+00
1.66E+00	-2.44E-02

1.66E+00	-1.71E-01
1.67E+00	6.10E-01
1.67E+00	3.42E-01
1.68E+00	6.35E-01
1.68E+00	3.91E-01
1.68E+00	4.40E-01
1.69E+00	4.88E-01
1.69E+00	-5.86E-01
1.70E+00	-9.52E-01
1.70E+00	4.88E-01
1.70E+00	5.13E-01
1.71E+00	-2.44E-02
1.71E+00	-6.35E-01
1.71E+00	5.13E-01
1.72E+00	-2.44E-02
1.72E+00	-1.47E-01
1.73E+00	6.10E-01
1.73E+00	7.32E-01
1.73E+00	3.42E-01
1.74E+00	-4.88E-01
1.74E+00	-2.93E-01
1.75E+00	-2.44E-02
1.75E+00	1.05E+00
1.75E+00	-1.00E+00
1.76E+00	-2.44E-02
1.76E+00	1.39E+00
1.77E+00	2.03E+00
1.77E+00	-2.64E+00
1.77E+00	1.86E+00
1.78E+00	1.93E+00
1.78E+00	1.66E+00
1.79E+00	3.61E+00
1.79E+00	-5.13E-01
1.79E+00	-2.44E-02
1.80E+00	-2.03E+00
1.80E+00	-1.49E+00
1.80E+00	8.79E-01
1.81E+00	3.17E-01
1.81E+00	7.57E-01
1.82E+00	-2.44E-02
1.82E+00	-6.59E-01
1.82E+00	-1.71E-01
1.83E+00	4.88E-01
1.83E+00	6.84E-01

1.84E+00	-2.44E-02
1.84E+00	8.79E-01
1.84E+00	-3.91E-01
1.85E+00	3.17E-01
1.85E+00	2.44E-01
1.86E+00	-4.40E-01
1.86E+00	-2.44E-02
1.86E+00	-2.44E-01
1.87E+00	-1.47E-01
1.87E+00	-1.05E+00
1.88E+00	-9.52E-01
1.88E+00	3.42E-01
1.88E+00	9.28E-01
1.89E+00	1.83E+00
1.89E+00	-2.44E-02
1.89E+00	-1.42E+00
1.90E+00	1.32E+00
1.90E+00	1.64E+00
1.91E+00	-1.29E+00
1.91E+00	2.25E+00
1.91E+00	4.15E-01
1.92E+00	-8.06E-01
1.92E+00	2.71E+00
1.93E+00	-2.20E+00
1.93E+00	-7.32E-01
1.93E+00	-1.03E+00
1.94E+00	1.46E+00
1.94E+00	1.95E-01
1.95E+00	-6.35E-01
1.95E+00	-2.44E-02
1.95E+00	-4.15E-01
1.96E+00	-8.30E-01
1.96E+00	1.05E+00
1.96E+00	1.00E+00
1.97E+00	-2.44E-02
1.97E+00	-3.91E-01
1.98E+00	-6.84E-01
1.98E+00	-9.28E-01
1.98E+00	-5.13E-01
1.99E+00	-6.10E-01
1.99E+00	8.55E-01
2.00E+00	8.79E-01
2.00E+00	

Data diatas adalah contoh pengukuran untuk sistem berbantalan karet 20 mm 400 rpm diambil di titik kanan belakang. Kemudian data diatas dibuat grafiknya :



**Contoh grafik sistem berbantalan karet 20 mm, 400 rpm, titik kanan
belakang**

Kemudian dari seluruh grafik hasil eksperimen, dibuat rata-rata amplitudo maksimum dari tiap siklus, dan dibuat tabelnya. Seperti berikut dibawah ini :

Amplitudo rata-rata besi 20 mm

RPM	Beban	Titik					
		Blk Kn	Tgh Kn	Dp Kn	Dp Kr	Tgh Kr	Blk Kr
400	1	4.86E+00	3.15E+00	4.30E+00	2.44E+00	3.27E+00	5.74E+00
	2	6.63E+00	3.84E+00	4.13E+00	3.16E+00	4.81E+00	5.37E+00
	3	8.01E+00	4.81E+00	6.42E+00	4.54E+00	5.08E+00	5.57E+00
600	1	6.49E+00	5.18E+00	3.56E+00	4.32E+00	4.39E+00	6.32
	2	7.93	7.76E+00	3.98E+00	4.93E+00	4.79E+00	7.30
	3	11.40	8.94E+00	5.62E+00	6.69E+00	5.03E+00	10.60
800	1	7.52	6.84E+00	4.57E+00	5.22E+00	5.57E+00	7.57
	2	11.23	8.20E+00	6.98E+00	6.35E+00	7.03E+00	8.57
	3	13.06	8.98E+00	9.06E+00	7.59E+00	8.33E+00	12.60
1000	1	8.59	1.12E+01	4.88E+00	6.03E+00	6.32	8.45
	2	12.23	1.20E+01	6.27E+00	7.06E+00	8.28E+00	11.26
	3	14.55	1.34E+01	8.35E+00	7.89E+00	1.08E+01	15.60

Tabel 4.1 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20 mm

Amplitudo rata-rata besi 50 mm

RPM	Beban	Titik					
		Blk Kn	Tgh Kn	Dp Kn	Dp Kr	Tgh Kr	Blk Kr
400	1	3.74E+00	3.59E+00	3.32E+00	3.56E+00	3.59E+00	3.96E+00
	2	3.98E+00	3.44E+00	3.25E+00	3.52E+00	3.64E+00	4.22E+00
	3	4.15E+00	3.17E+00	3.37E+00	3.00E+00	3.74E+00	4.32E+00
600	1	3.76E+00	3.49E+00	3.27E+00	3.30E+00	3.83E+00	4.39E+00
	2	4.37E+00	3.86E+00	3.39E+00	3.56E+00	3.83E+00	4.66E+00
	3	4.52E+00	3.98E+00	3.08E+00	3.64E+00	4.03E+00	4.76E+00
800	1	3.93E+00	4.00E+00	4.03E+00	4.37E+00	4.54E+00	4.61E+00
	2	4.52E+00	4.37E+00	4.22E+00	4.27E+00	4.54E+00	4.54E+00
	3	4.86E+00	4.74E+00	4.03E+00	4.44E+00	4.79E+00	5.22E+00
1000	1	4.57E+00	4.57E+00	4.54E+00	4.25E+00	5.08E+00	5.22E+00
	2	5.57E+00	4.93E+00	4.91E+00	4.83E+00	5.15E+00	6.37E+00
	3	6.39E+00	5.38E+00	5.28E+00	5.30E+00	6.22E+00	6.84E+00

Tabel 4.2 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50 mm

Amplitudo rata-rata kayu 20 mm

RPM	Beban	Titik					
		Blk Kn	Tgh Kn	Dp Kn	Dp Kr	Tgh Kr	Blk Kr
400	1	3.91E+00	3.52E+00	2.29E+00	2.15E+00	3.64E+00	4.64E+00
	2	4.10E+00	3.54E+00	2.95E+00	1.68E+00	2.98E+00	4.71E+00
	3	4.22E+00	3.69E+00	3.08E+00	3.32E+00	4.30E+00	4.96E+00
600	1	4.35E+00	4.20E+00	3.44E+00	4.13E+00	4.20E+00	5.44E+00
	2	4.81E+00	4.37E+00	3.83E+00	4.00E+00	4.59E+00	5.44E+00
	3	5.35E+00	4.52E+00	4.08E+00	3.20E+00	3.96E+00	5.84E+00
800	1	4.91E+00	4.25E+00	4.20E+00	3.05E+00	4.27E+00	5.62E+00
	2	5.47E+00	4.57E+00	4.35E+00	3.32E+00	5.40E+00	5.66E+00
	3	6.25E+00	4.71E+00	4.42E+00	3.64E+00	5.81E+00	6.67E+00
1000	1	5.10E+00	4.30E+00	5.05E+00	4.74E+00	4.98E+00	6.57E+00
	2	5.93E+00	4.74E+00	5.59E+00	5.25E+00	5.50E+00	8.23E+00
	3	6.73E+00	5.01E+00	5.79E+00	6.45E+00	6.96E+00	9.84E+00

Tabel 4.3 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20 mm

Amplitudo rata-rata kayu 50 mm

RPM	Beban	Titik					
		Blk Kn	Tgh Kn	Dp Kn	Dp Kr	Tgh Kr	Blk Kr
400	1	3.52E+00	2.61E+00	2.69E+00	2.59E+00	2.83E+00	3.69E+00
	2	3.88E+00	2.93E+00	2.81E+00	2.71E+00	3.03E+00	3.90E+00
	3	3.86E+00	2.44E+00	2.98E+00	1.90E+00	3.20E+00	3.91E+00
600	1	3.54E+00	2.83E+00	2.71E+00	2.71E+00	3.27E+00	3.74E+00
	2	3.59E+00	2.88E+00	2.78E+00	2.73E+00	3.59E+00	4.08E+00
	3	3.47E+00	3.05E+00	2.91E+00	2.76E+00	3.66E+00	4.22E+00
800	1	3.59E+00	2.91E+00	2.90E+00	2.73E+00	3.56E+00	4.13E+00
	2	3.61E+00	3.20E+00	3.08E+00	2.88E+00	4.21E+00	4.17E+00
	3	3.86E+00	3.54E+00	2.98E+00	3.10E+00	4.39E+00	4.52E+00
1000	1	3.91E+00	3.22E+00	3.10E+00	3.00E+00	4.17E+00	4.20E+00
	2	3.96E+00	3.34E+00	3.30E+00	2.32E+00	5.69E+00	5.25E+00
	3	4.73E+00	4.03E+00	3.74E+00	3.37E+00	5.49E+00	6.10E+00

Tabel 4.4 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50 mm

Amplitudo rata-rata karet 20 mm

RPM	Beban	Titik					
		Blk Kn	Tgh Kn	Dp Kn	Dp Kr	Tgh Kr	Blk Kr
400	1	2.22E+00	1.81E+00	1.81E+00	1.76E+00	1.88E+00	1.34E+00
	2	2.44E+00	1.81E+00	2.00E+00	1.95E+00	1.59E+00	1.86E+00
	3	2.15E+00	1.86E+00	2.17E+00	1.84E+00	1.86E+00	2.51E+00
600	1	2.29E+00	2.00E+00	1.95E+00	1.83E+00	2.27E+00	2.66E+00
	2	2.61E+00	2.12E+00	2.20E+00	2.03E+00	2.29E+00	2.69E+00
	3	2.98E+00	2.22E+00	2.03E+00	2.10E+00	2.39E+00	2.81E+00
800	1	2.93E+00	2.47E+00	2.34E+00	2.93E+00	3.56E+00	4.61E+00
	2	3.47E+00	3.13E+00	2.66E+00	3.03E+00	3.86E+00	4.88E+00
	3	4.32E+00	3.54E+00	3.25E+00	3.27E+00	4.26E+00	5.23E+00
1000	1	3.34E+00	3.25E+00	3.05E+00	3.22E+00	4.13E+00	5.10E+00
	2	5.30E+00	3.56E+00	3.39E+00	3.54E+00	4.88E+00	5.52E+00
	3	5.90E+00	3.84E+00	3.54E+00	3.79E+00	5.53E+00	6.11E+00

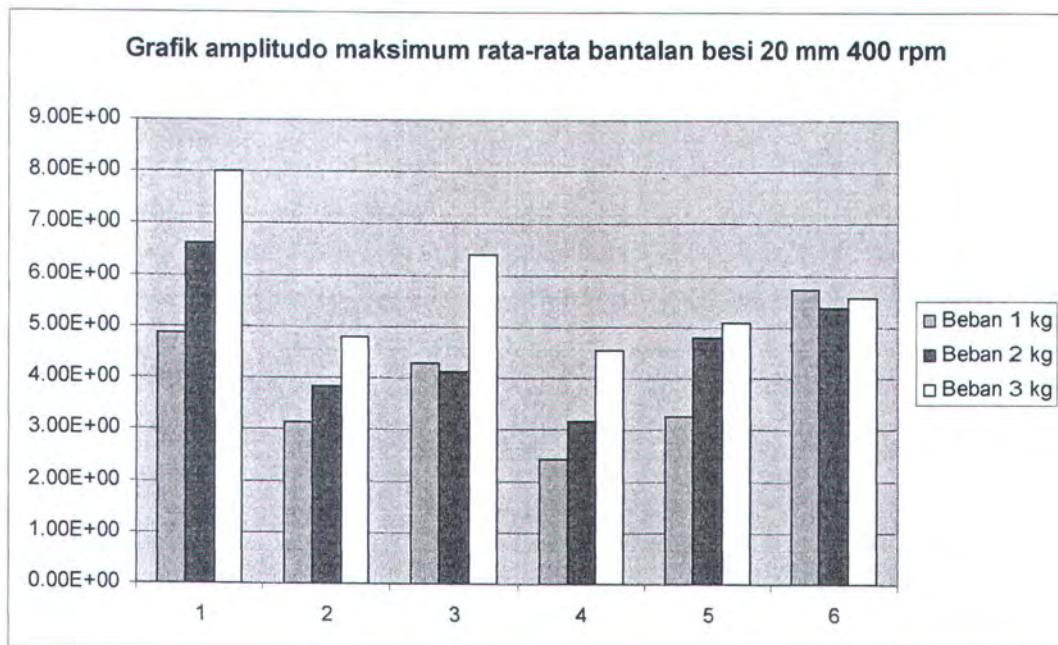
Tabel 4.5 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20 mm

Amplitudo rata-rata karet 50 mm

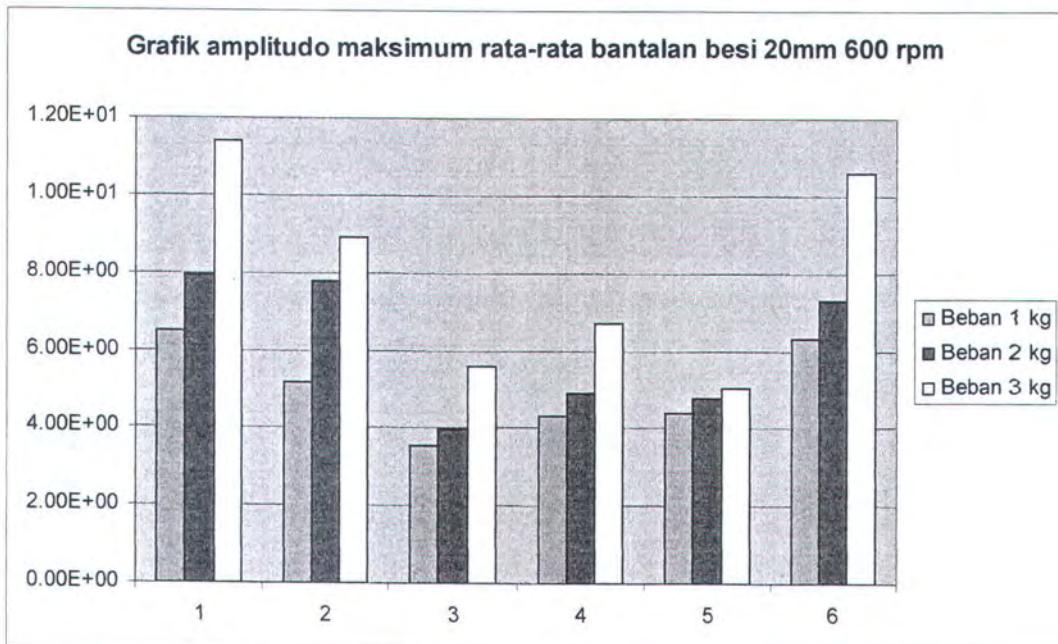
RPM	Beban	Titik					
		Blk Kn	Tgh Kn	Dp Kn	Dp Kr	Tgh Kr	Blk Kr
400	1	2.59E+00	1.29E+00	1.39E+00	1.66E+00	1.76E+00	2.44E+00
	2	2.69E+00	1.68E+00	1.44E+00	1.56E+00	1.76E+00	2.25E+00
	3	2.29E+00	1.68E+00	1.42E+00	1.45E+00	1.71E+00	2.56E+00
600	1	2.31E+00	1.80E+00	1.67E+00	1.71E+00	1.77E+00	2.20E+00
	2	2.47E+00	1.81E+00	1.71E+00	1.73E+00	1.90E+00	2.61E+00
	3	2.52E+00	1.90E+00	1.83E+00	1.95E+00	1.93E+00	2.61E+00
800	1	2.49E+00	2.08E+00	1.78E+00	1.76E+00	1.92E+00	2.39E+00
	2	3.39E+00	2.15E+00	1.95E+00	1.95E+00	1.98E+00	2.56E+00
	3	3.64E+00	2.37E+00	2.29E+00	2.08E+00	2.51E+00	4.07E+00
1000	1	3.39E+00	2.71E+00	2.15E+00	2.25E+00	2.88E+00	3.74E+00
	2	4.00E+00	2.86E+00	2.47E+00	2.39E+00	3.44E+00	4.86E+00
	3	4.69E+00	3.46E+00	2.67E+00	2.56E+00	4.24E+00	5.78E+00

Tabel 4.6 Amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50 mm

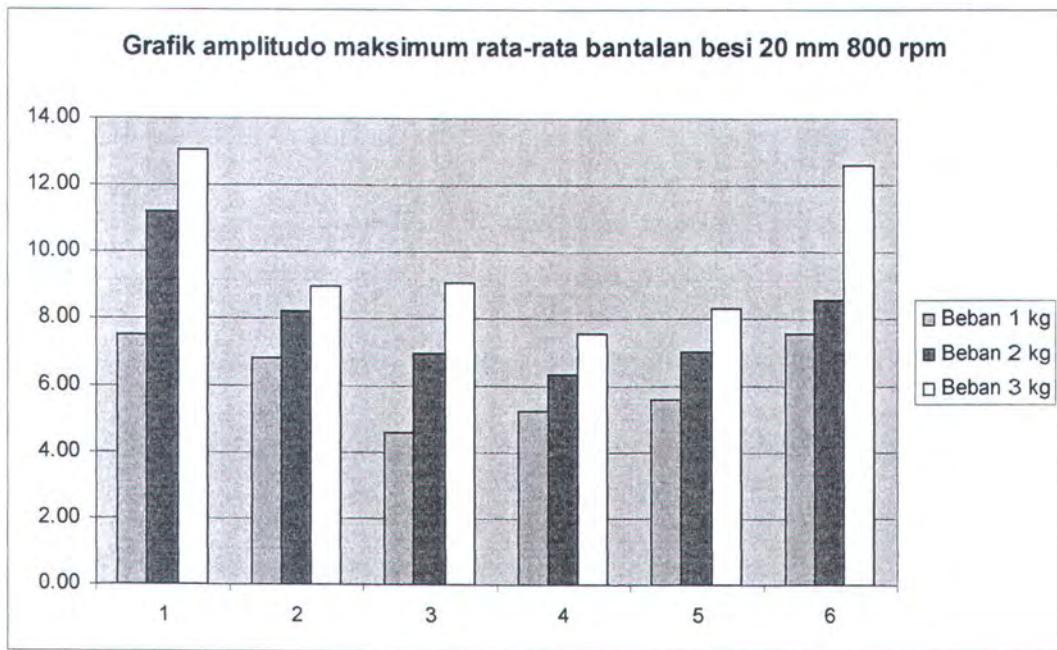
Dari masing-masing tabel kemudian dibuat grafik :



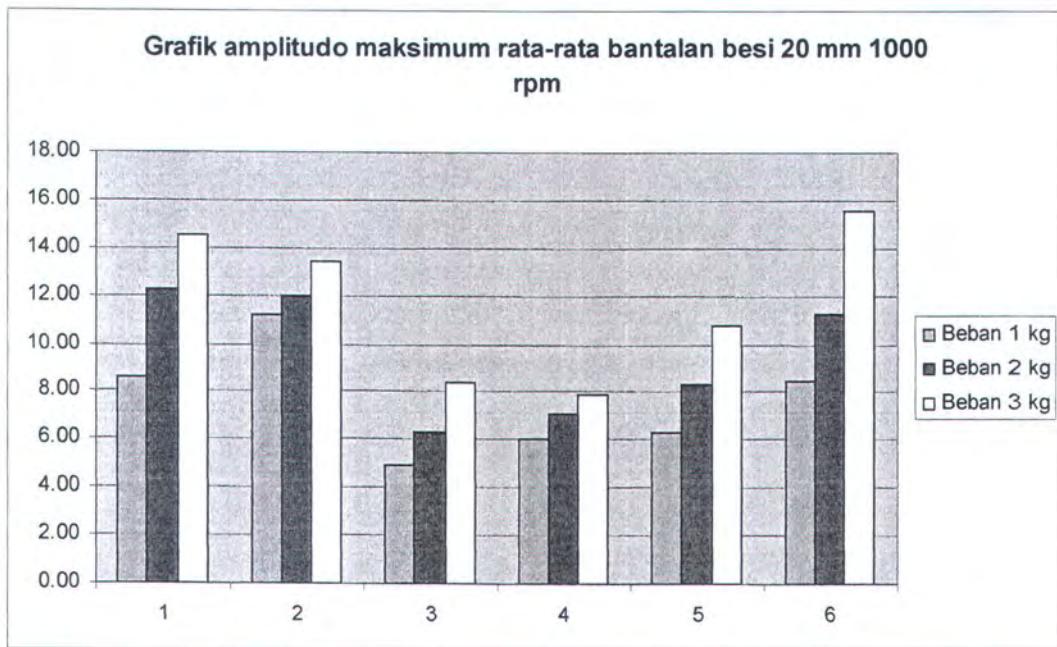
Grafik 4.1 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20 mm 400 rpm



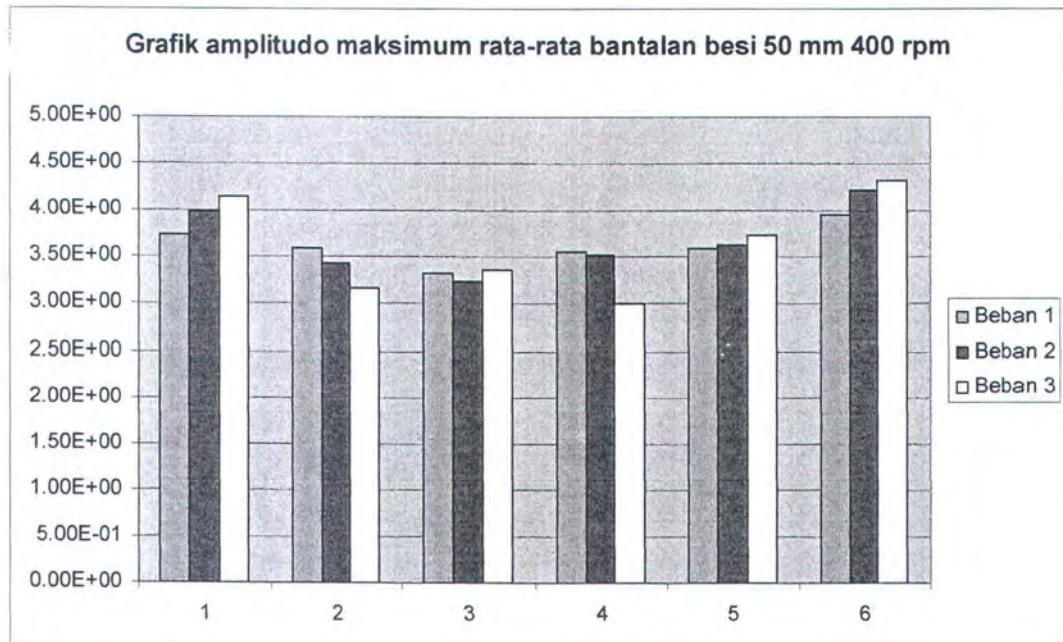
Grafik 4.2 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20 mm 600 rpm



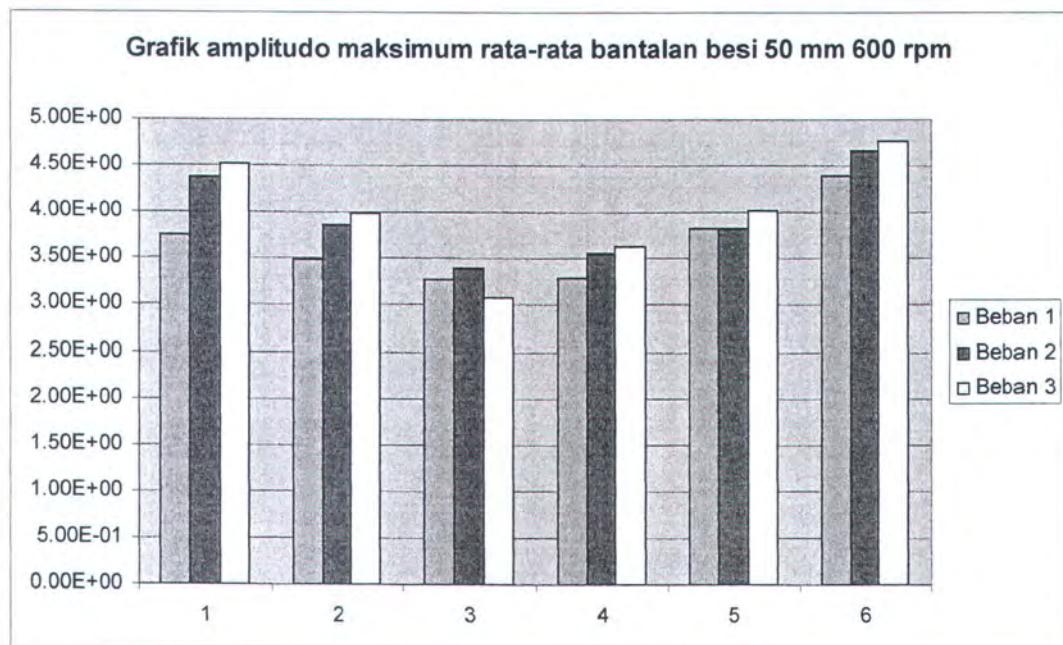
Grafik 4.3 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20 mm 800 rpm



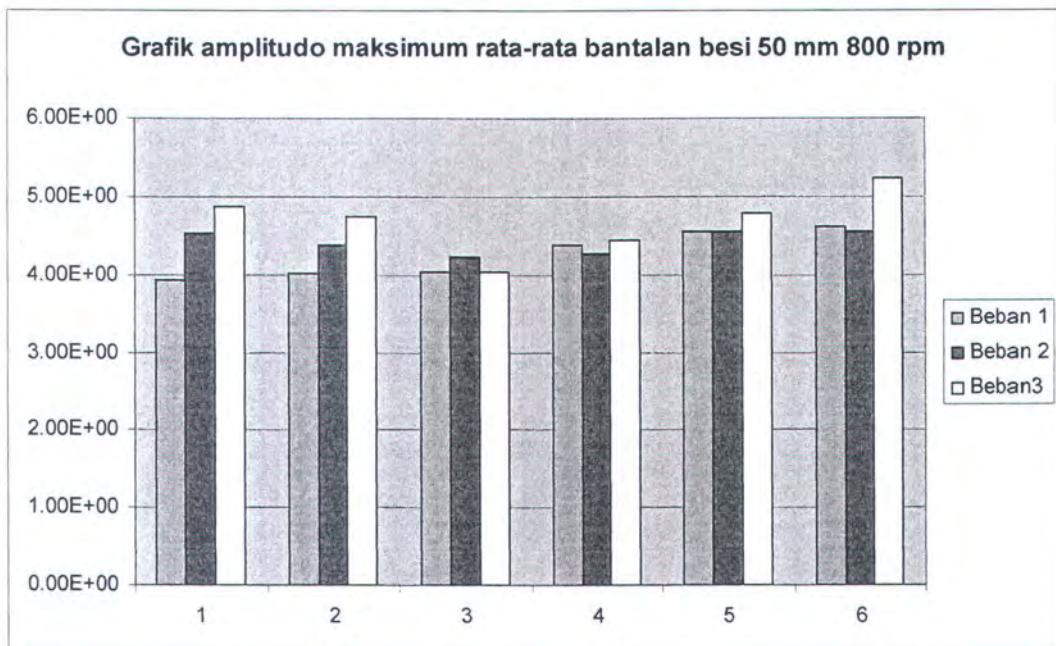
Grafik 4.4 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 20 mm 1000 rpm



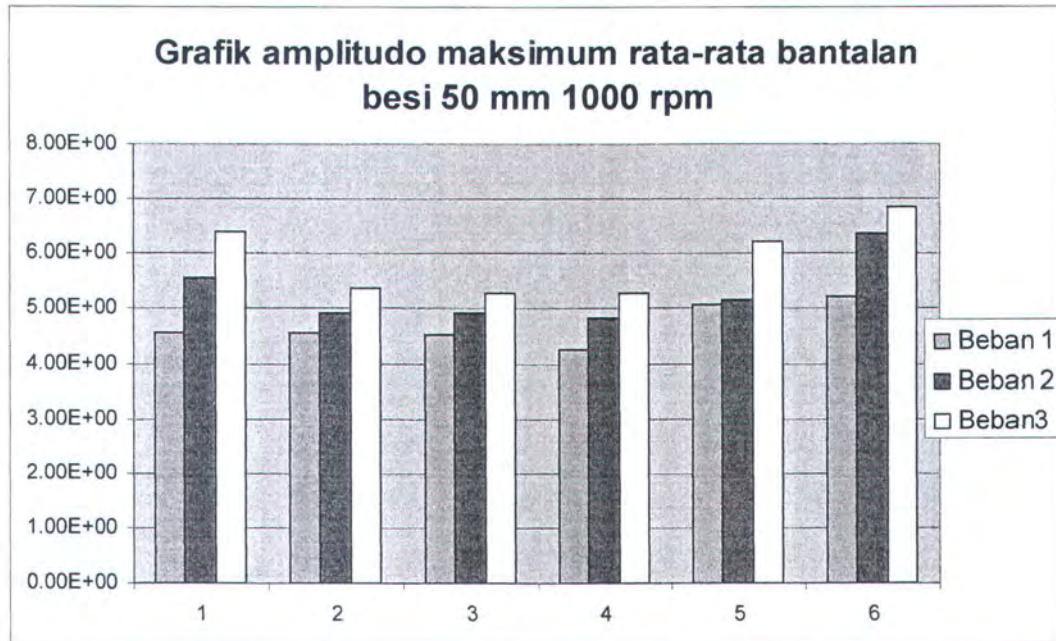
Grafik 4.5 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50 mm 400 rpm



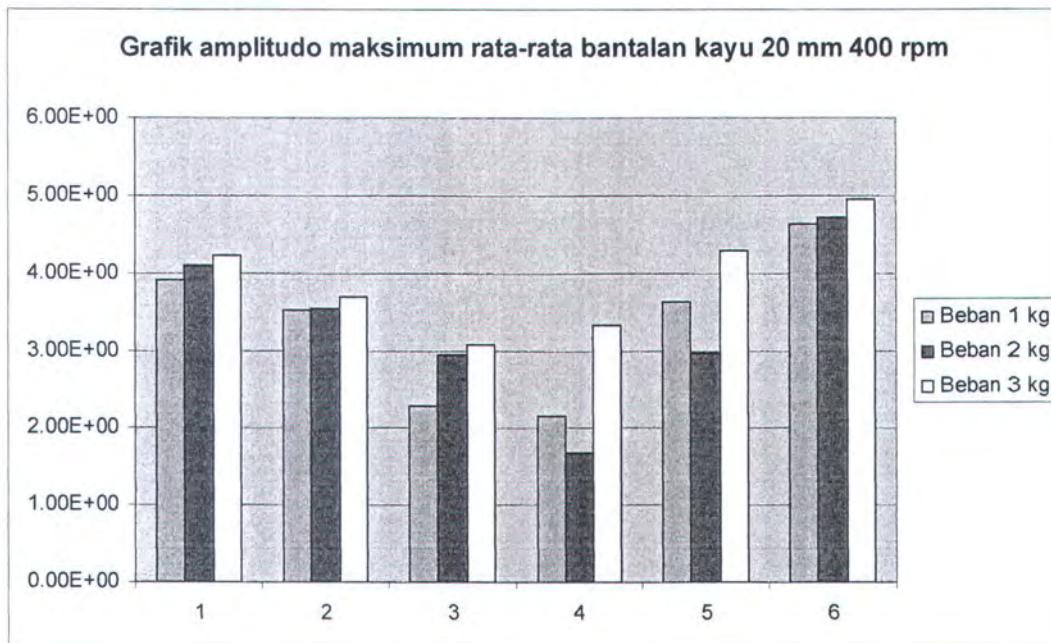
Grafik 4.6 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50 mm 600 rpm



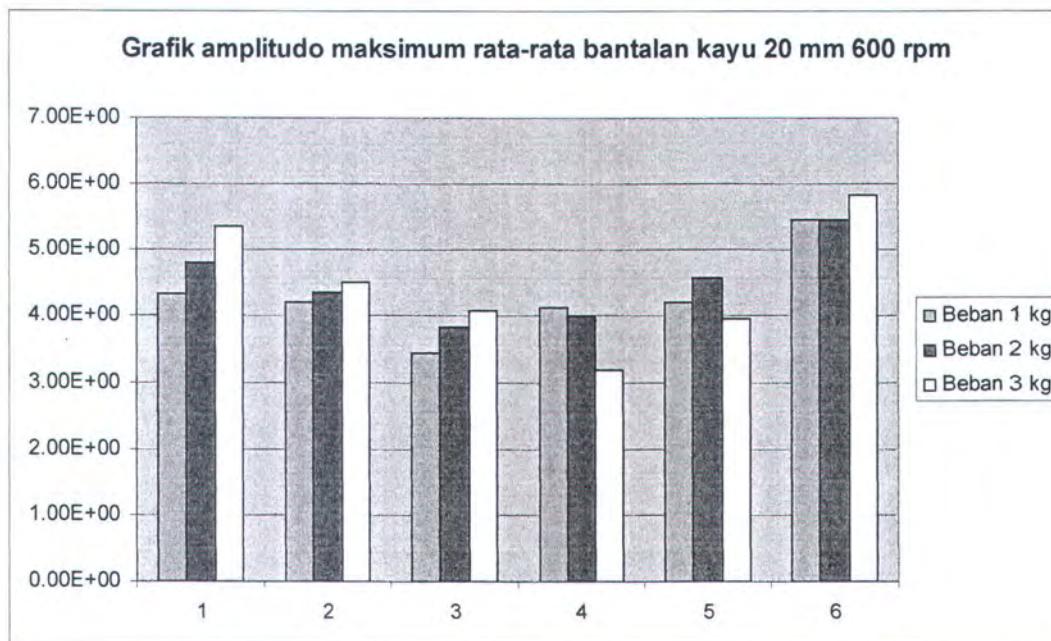
Grafik 4.7 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50 mm 800 rpm



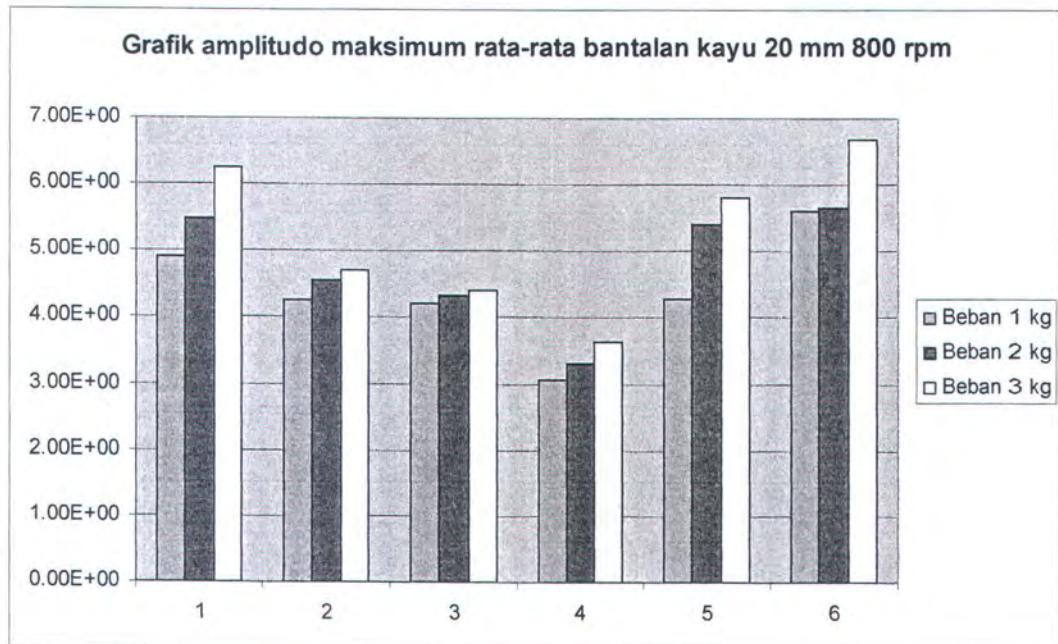
Grafik 4.8 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan besi 50 mm 1000 rpm



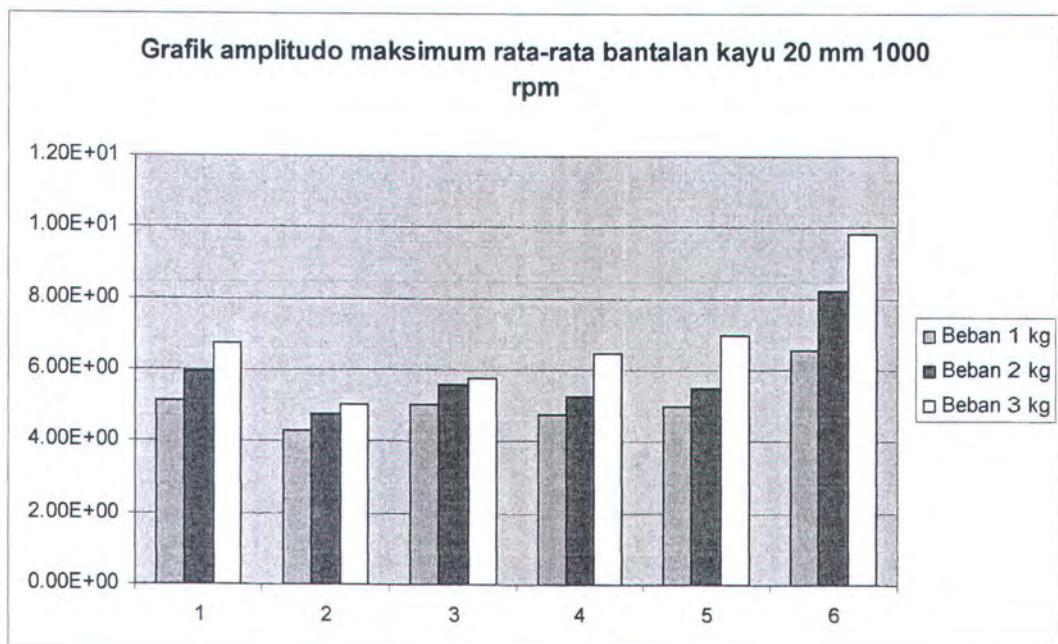
Grafik 4.9 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20 mm 400 rpm



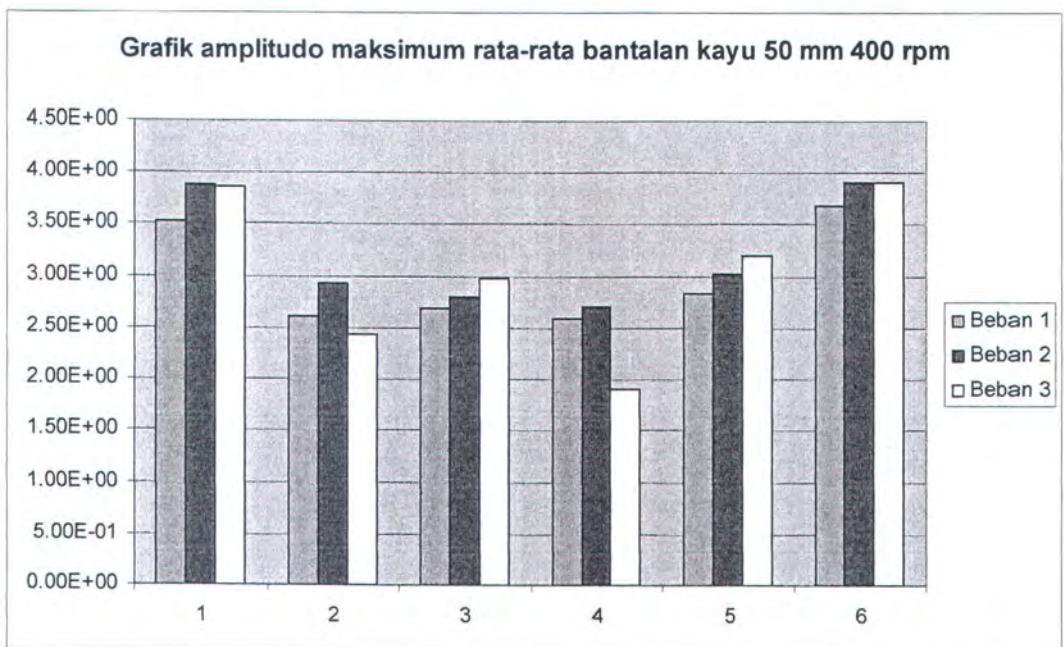
Grafik 4.10 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20 mm 600 rpm



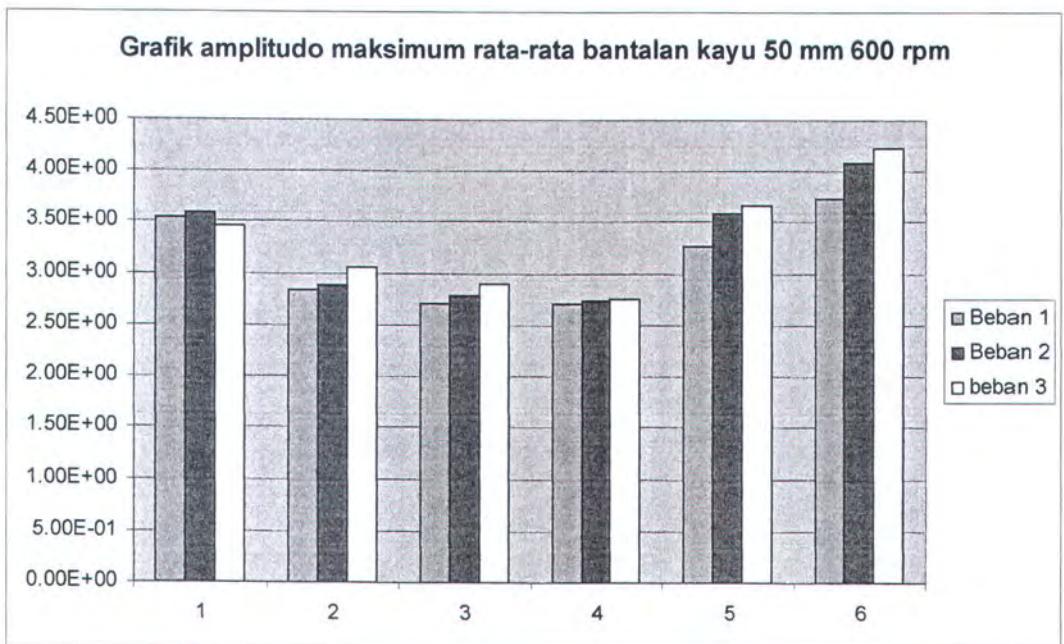
Grafik 4.11 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20 mm 800 rpm



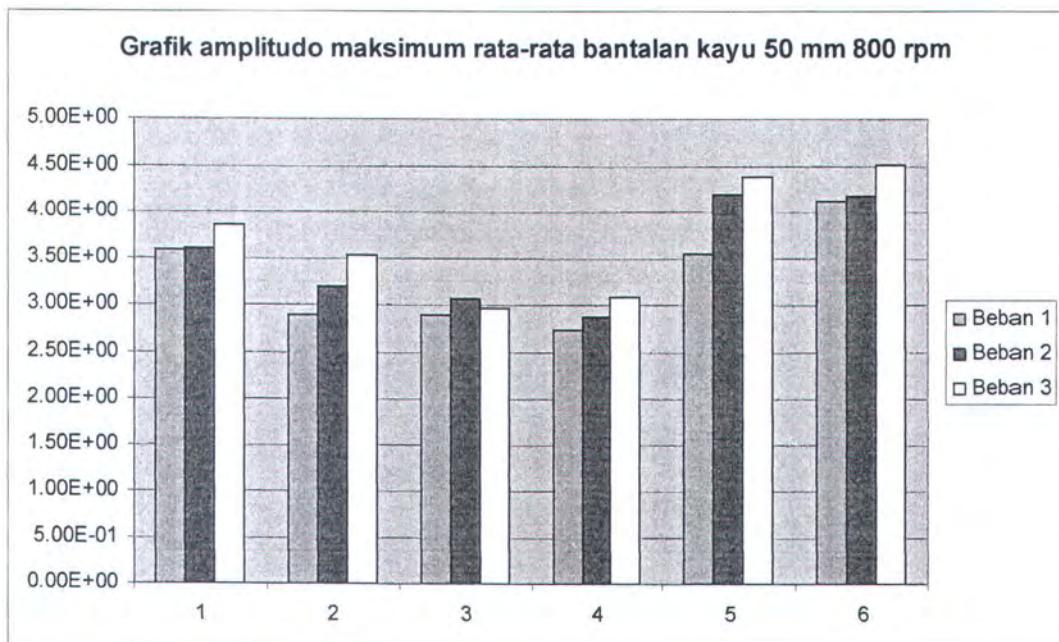
Grafik 4.12 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 20 mm 1000 rpm



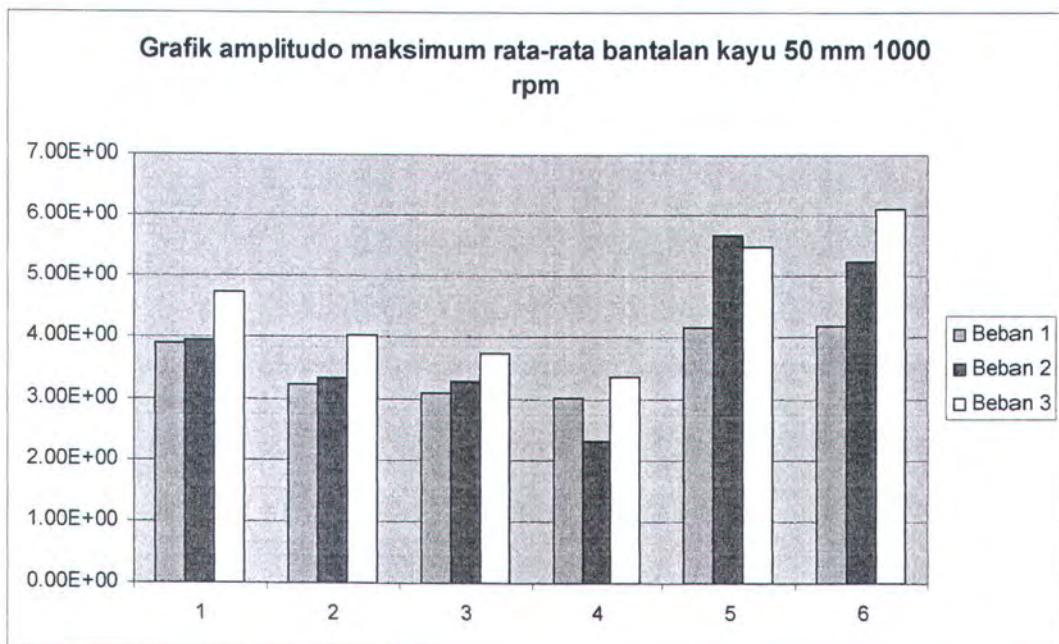
Grafik 4.13 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50 mm 400 rpm



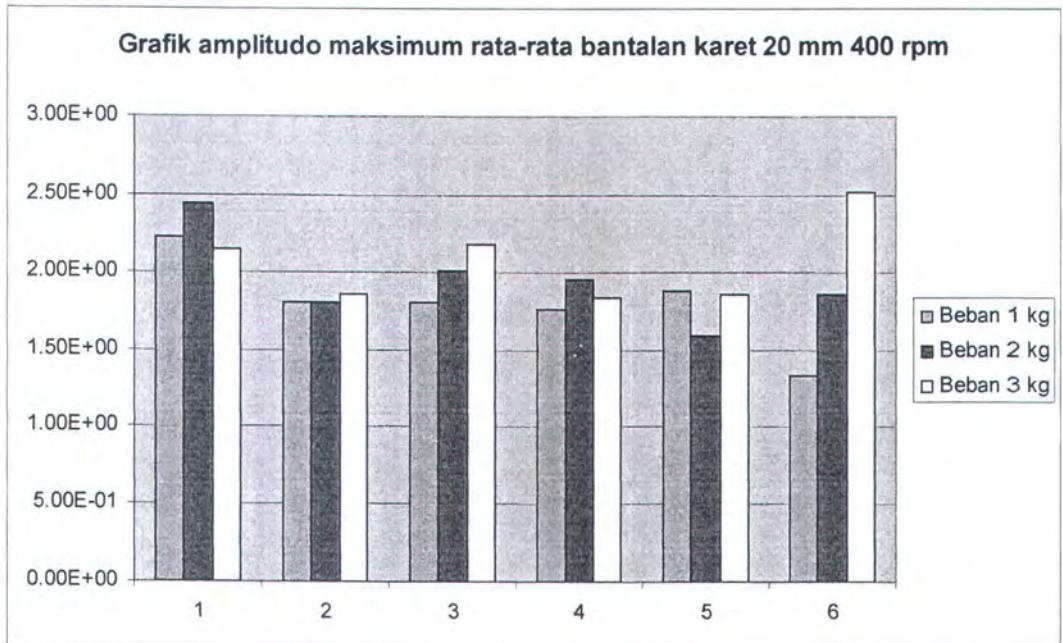
Grafik 4.14 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50 mm 600 rpm



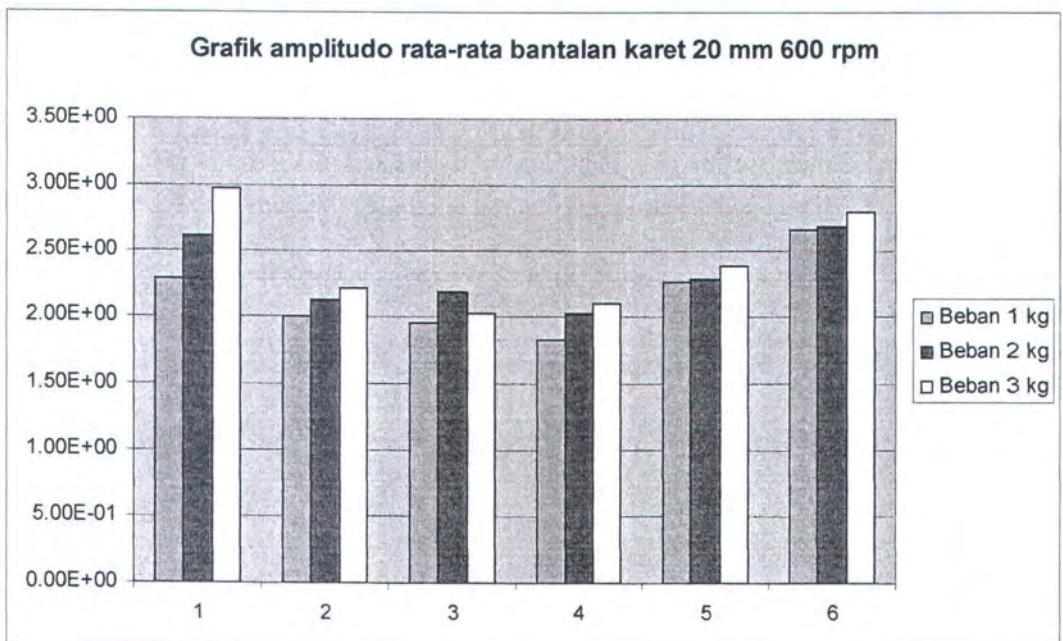
Grafik 4.15 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50 mm 800 rpm



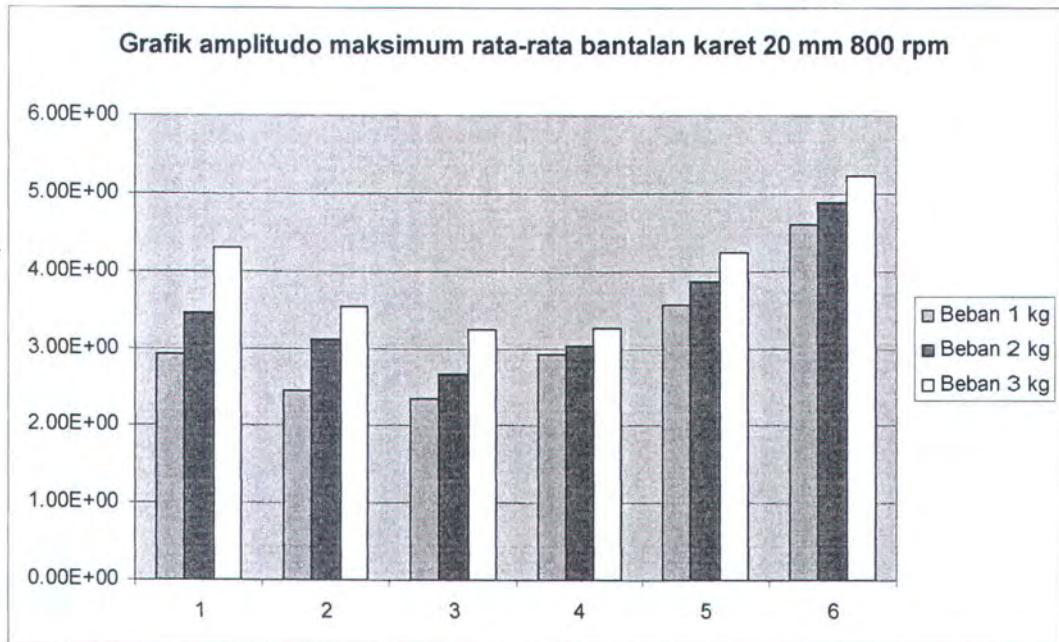
Grafik 4.16 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan kayu 50 mm 1000 rpm



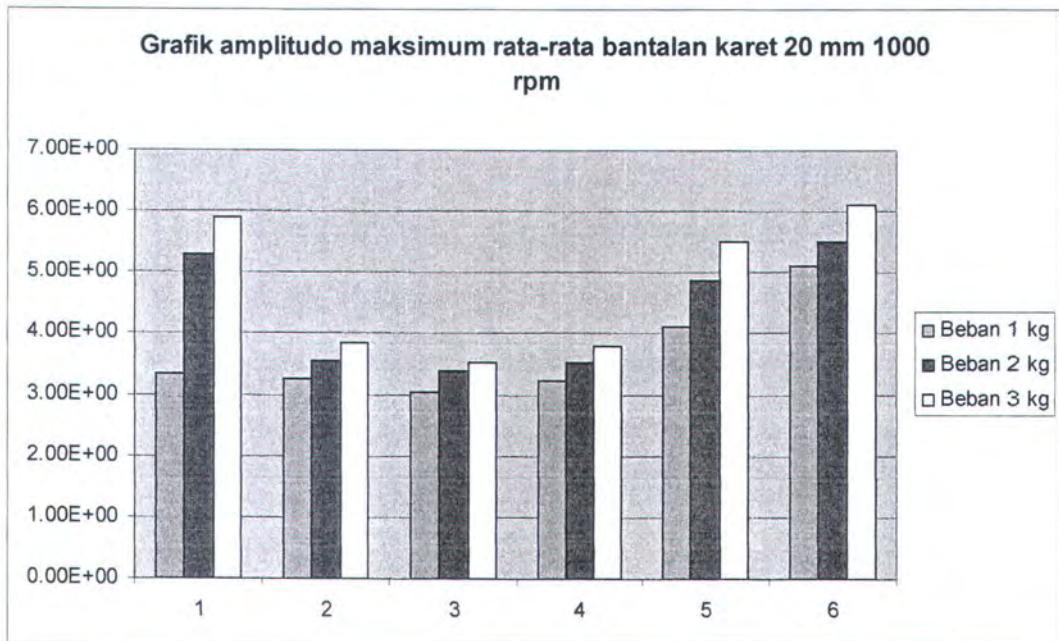
Grafik 4.17 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20 mm 400 rpm



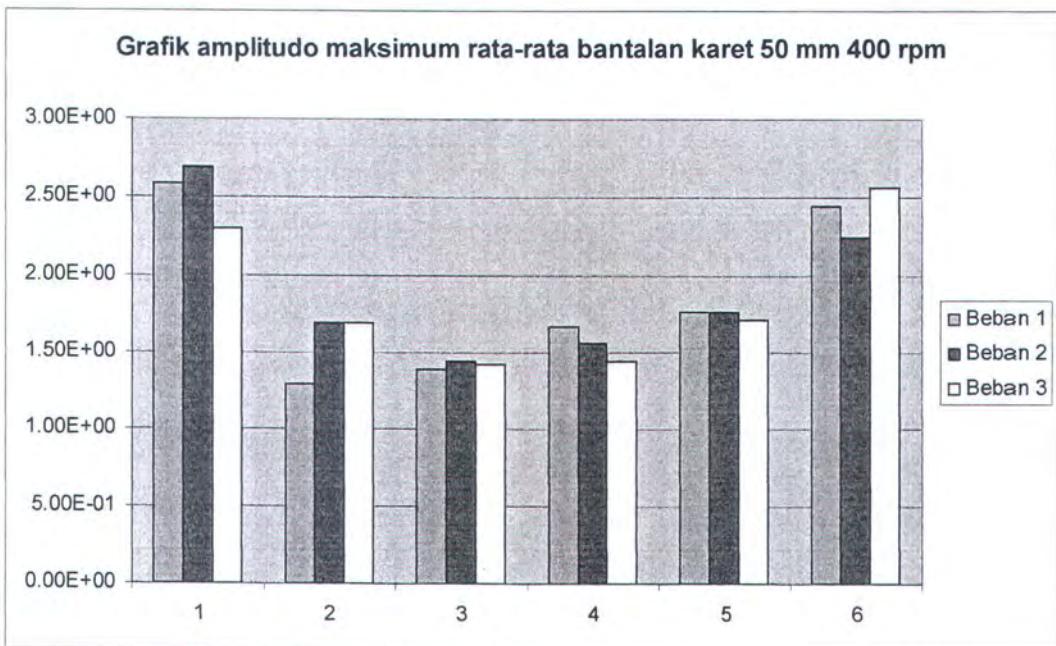
Grafik 4.18 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20 mm 600 rpm



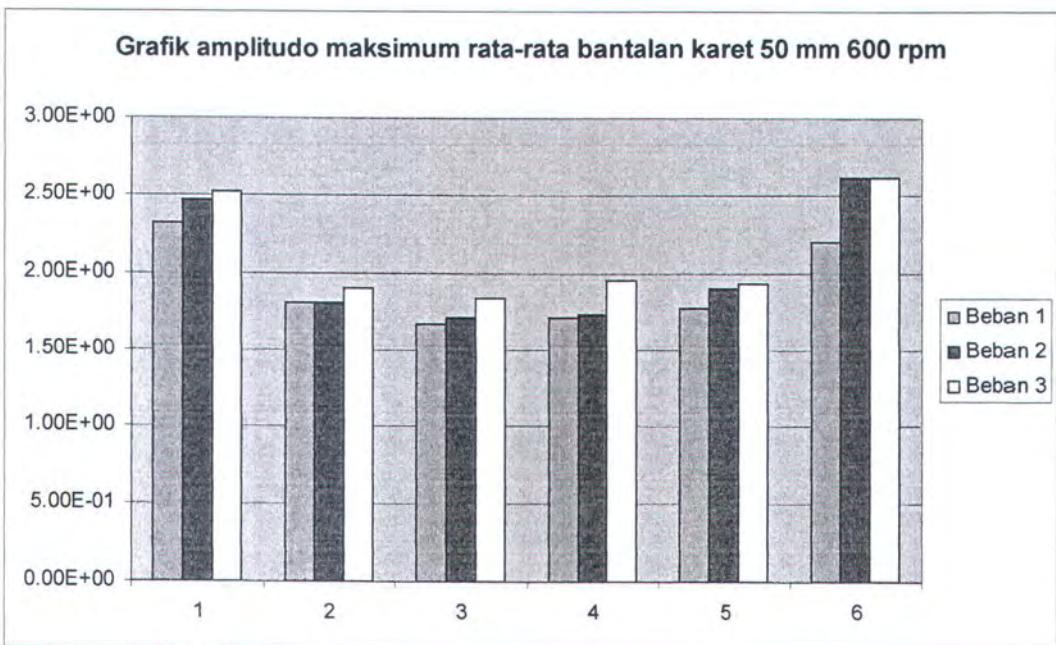
Grafik 4.19 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20 mm 800 rpm



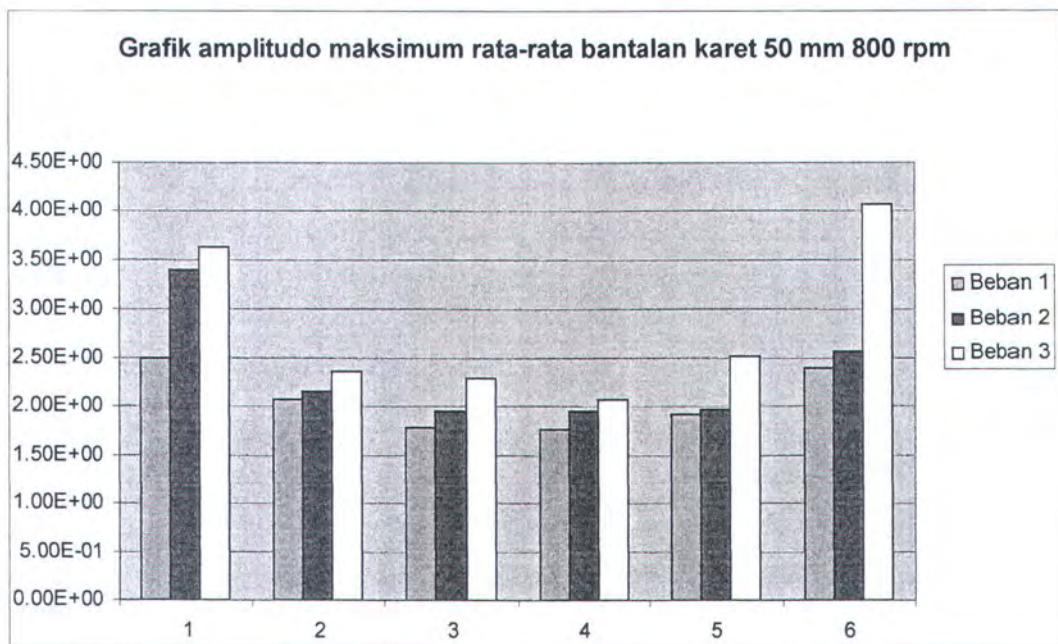
Grafik 4.20 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 20 mm 1000 rpm



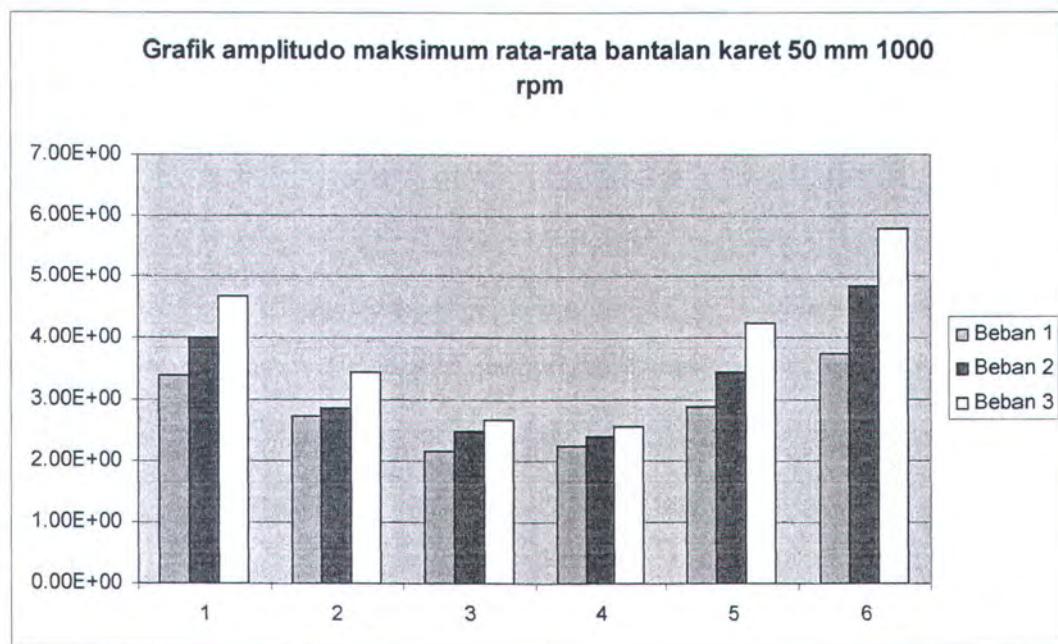
Grafik 4.21 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50 mm 400 rpm



Grafik 4.22 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50 mm 600 rpm



Grafik 4.23 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50 mm 800 rpm



Grafik 4.24 Grafik amplitudo maksimum rata-rata bantalan karet 50 mm 1000 rpm

Keterangan grafik :

Ordinat Y adalah amplitudo, dalam mikrometer.

Sedangkan untuk ordinat X :

- Titik 1 : Titik kanan belakang
- Titik 2 : Titik kanan tengah
- Titik 3 : Titik kanan depan
- Titik 4 : Titik kiri depan
- Titik 5 : Titik kiri tengah
- Titik 6 : Titik kiri belakang

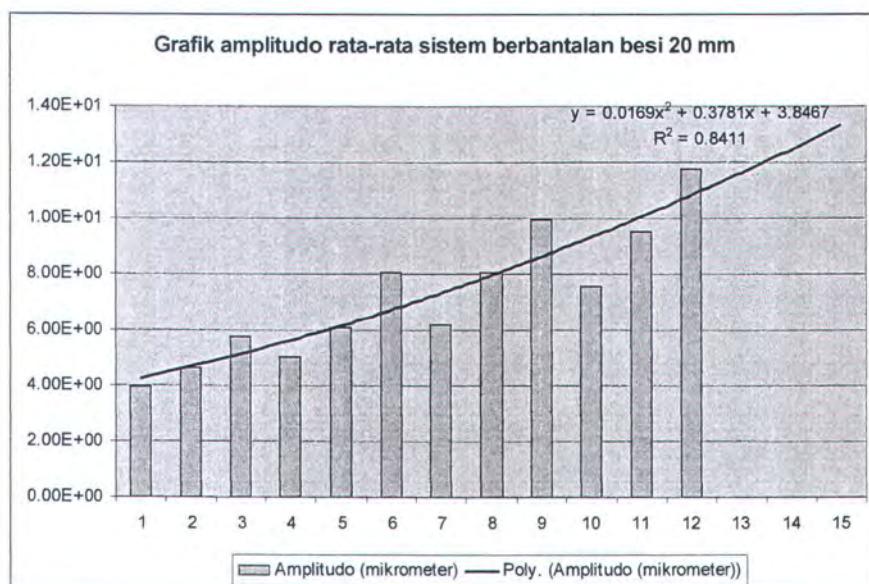
PEMBAHASAN

Bila kita amati dari grafik-grafik diatas, bisa kita lihat bahwa *pada semua tipe bantalan, amplitudo tertinggi dicapai pada titik kiri dan kanan belakang*. Ini bisa dimengerti karena di titik-titik inilah terjadi pembakaran dalam mesin, dimana terdapat benda-benda yang bergerak (piston, connecting rod, crankshaft, dll) yang merupakan sumber getaran bagi sistem.

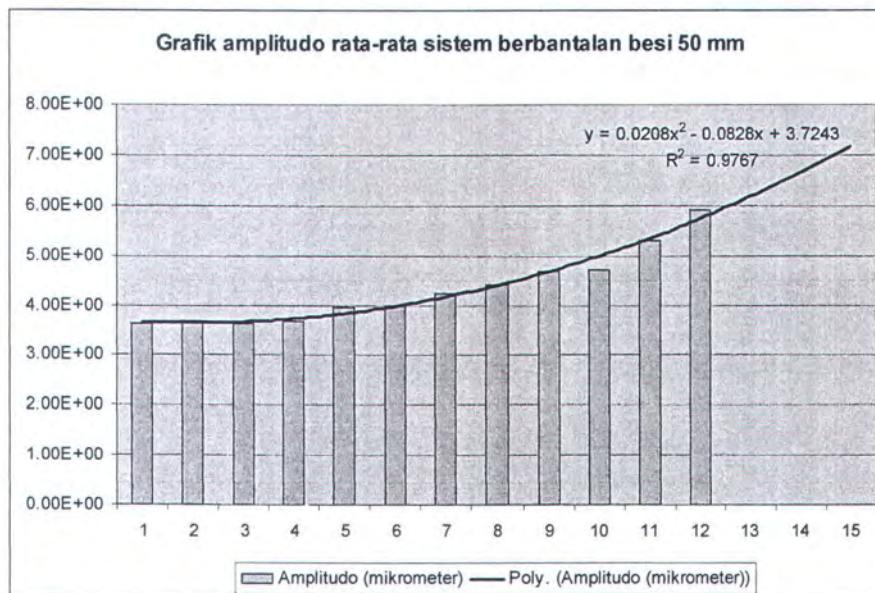
Perlu diperhatikan, bahwa pada rpm 400, pada umumnya fluktuasi grafik terlihat nyata, walaupun amplitudo yang dihasilkan tidak tinggi dibandingkan dengan rpm lain. Ini bisa dimengerti, bahwa pada rpm rendah, otomatis siklus pembakaran juga lebih kecil dibandingkan dengan rpm tinggi. Sehingga frekuensi getaran yang dihasilkan juga akan lebih sedikit. Sehingga walaupun getarannya lebih kecil, namun lebih terasa pada manusia, dalam hal ini penulis. Ini berbeda bila mesin diset dengan

rpm tinggi (>400 rpm), maka amplitudo yang dihasilkan akan lebih tinggi, frekuensi getaran akan lebih tinggi pula karena siklus pembakaran juga lebih banyak. Namun fluktuasi getaran yang dirasakan tidak seperti rpm rendah, sehingga yang dirasakan penulis hanyalah amplitudo maksimumnya saja.

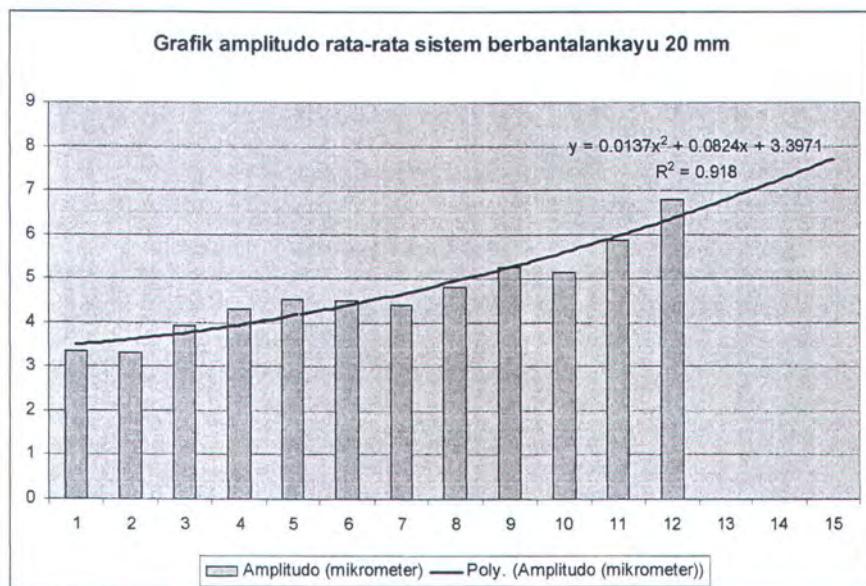
Dari grafik diatas kita bisa buat rata-rata amplitudo untuk tiap pembebanan, seperti berikut ini :



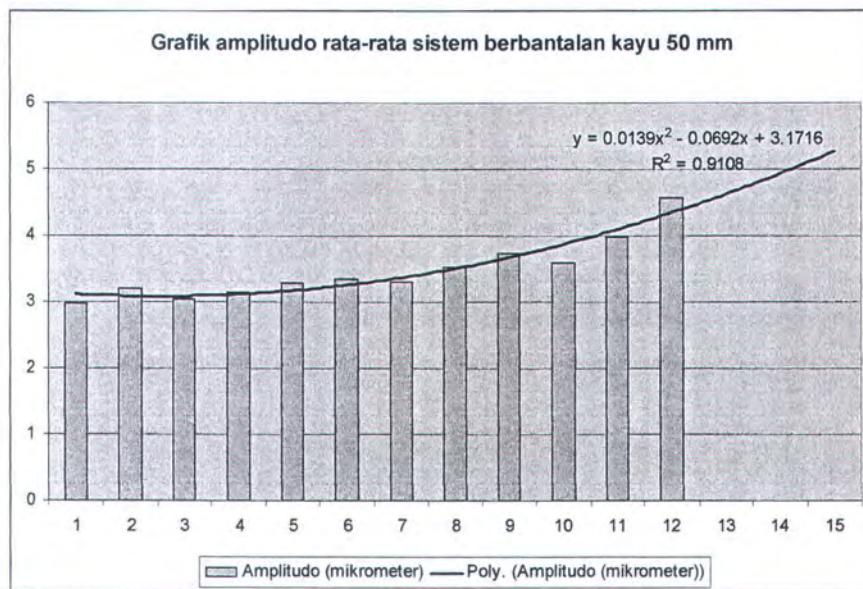
Grafik 4.25 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan besi 20 mm



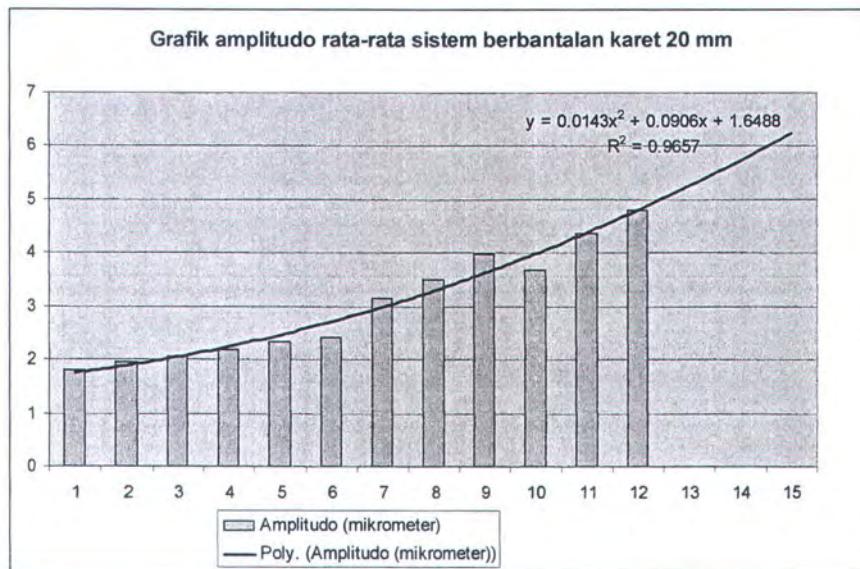
Grafik 4.26 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan besi 50 mm



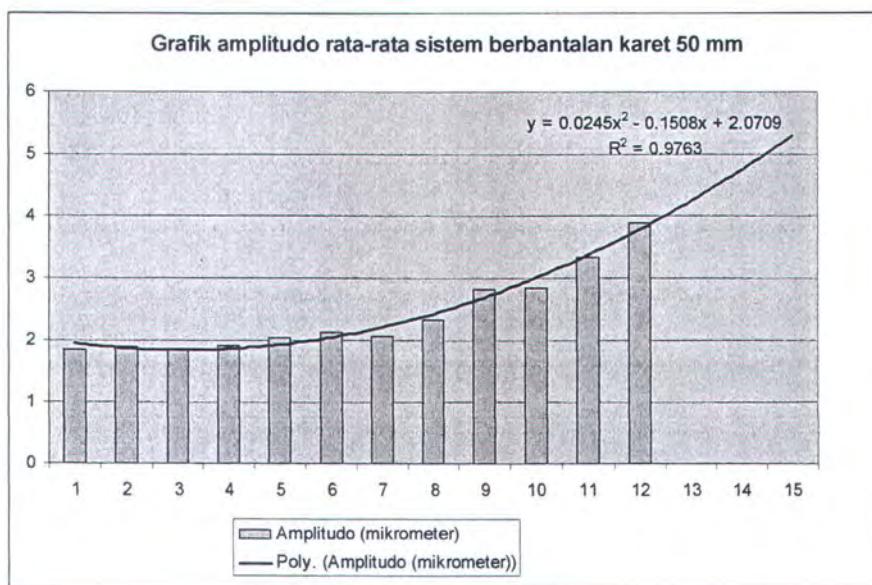
Grafik 4.27 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan kayu 20 mm



Grafik 4.28 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan kayu 50 mm



Grafik 4.29 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan karet 20 mm



Grafik 4.30 Grafik amplitudo rata-rata sistem berbantalan karet 50 mm

Keterangan grafik :

Ordinat Y adalah amplitudo, dalam mikrometer.

Sedangkan untuk ordinat X :

- Titik 1 : Pembebanan 1 kg, 400 rpm
- Titik 2 : Pembebanan 2 kg, 400 rpm
- Titik 3 : Pembebanan 3 kg, 400 rpm
- Titik 4 : Pembebanan 1 kg, 600 rpm
- Titik 5 : Pembebanan 2 kg, 600 rpm
- Titik 6 : Pembebanan 3 kg, 600 rpm
- Titik 7 : Pembebanan 1 kg, 800 rpm
- Titik 8 : Pembebanan 2 kg, 800 rpm

- o Titik 9 : Pembebanan 3 kg, 800 rpm
- o Titik 10 : Pembebanan 1 kg, 1000 rpm
- o Titik 11 : Pembebanan 2 kg, 1000 rpm
- o Titik 12 : Pembebanan 3 kg, 1000 rpm

Dari grafik diatas, bisa kita lihat bahwa pada setiap bantalan, akan terjadi peningkatan amplitudo sesuai kenaikan pembebanan dan rpm. Dan bila kita buat garis polinomial dengan orde dua, bisa kita lihat bahwa untuk tiap bantalan, dengan peningkatan pembebanan dan rpm, maka amplitudo yang terjadi juga akan makin besar. Untuk lebih jelasnya bisa kita lihat pada tabel dibawah ini:

RPM	Beban	Rata2
400	1	3.96E+00
	2	4.66E+00
	3	5.74E+00
600	1	5.05E+00
	2	6.12E+00
	3	8.04E+00
800	1	6.21E+00
	2	8.06E+00
	3	9.94E+00
1000	1	7.58E+00
	2	9.51E+00
	3	1.18E+01

Tabel 4.7 Amplitudo rata-rata bantalan besi 20 mm

RPM	Beban	Rata2
400	1	3.63E+00
	2	3.67E+00
	3	3.63E+00
600	1	3.67E+00
	2	3.95E+00
	3	4.00E+00
800	1	4.25E+00
	2	4.41E+00
	3	4.68E+00
1000	1	4.70E+00
	2	5.29E+00
	3	5.90E+00

Tabel 4.8 Amplitudo rata-rata bantalan besi 50 mm

Bisa kita lihat bahwa pada bantalan besi, amplitudo terkecil ada pada bantalan dengan ketebalan 50 mm dan terjadi pada 400 rpm dengan pembebahan 1 kg yaitu 3,63 mikrometer. Sedangkan amplitudo terbesar terjadi pada bantalan dengan ketebalan 20 mm dengan rpm 1000 dan pembebahan 3 kg yaitu 10,18 mikrometer.

RPM	Beban	Rata2
400	1	3.356933
	2	3.32845
	3	3.9266
600	1	4.2928
	2	4.50845
	3	4.488117
800	1	4.382317
	2	4.7933
	3	5.249
1000	1	5.122883
	2	5.87195
	3	6.7949

Tabel 4.9 Amplitudo rata-rata bantalan kayu 20 mm

RPM	Beban	Rata2
400	1	2.986633
	2	3.2094
	3	3.047683
600	1	3.13315
	2	3.275567
	3	3.344733
800	1	3.302483
	2	3.524733
	3	3.731267
1000	1	3.601083
	2	3.975417
	3	4.57725

Tabel 4.10 Amplitudo rata-rata bantalan kayu 50 mm

Bisa kita lihat bahwa pada bantalan, amplitudo terkecil ada pada bantalan dengan ketebalan 50 mm dan terjadi pada 400 rpm dengan pembebanan 1 kg yaitu 2,9866 mikrometer. Sedangkan amplitudo terbesar terjadi pada bantalan dengan ketebalan 20 mm dengan rpm 1000 yaitu 6,7949 mikrometer.

RPM	Beban	Rata2
400	1	1.80195
	2	1.9417
	3	2.064167
600	1	2.168783
	2	2.3234
	3	2.421067
800	1	3.1413
	2	3.5034
	3	3.9778
1000	1	3.682467
	2	4.366067
	3	4.78265

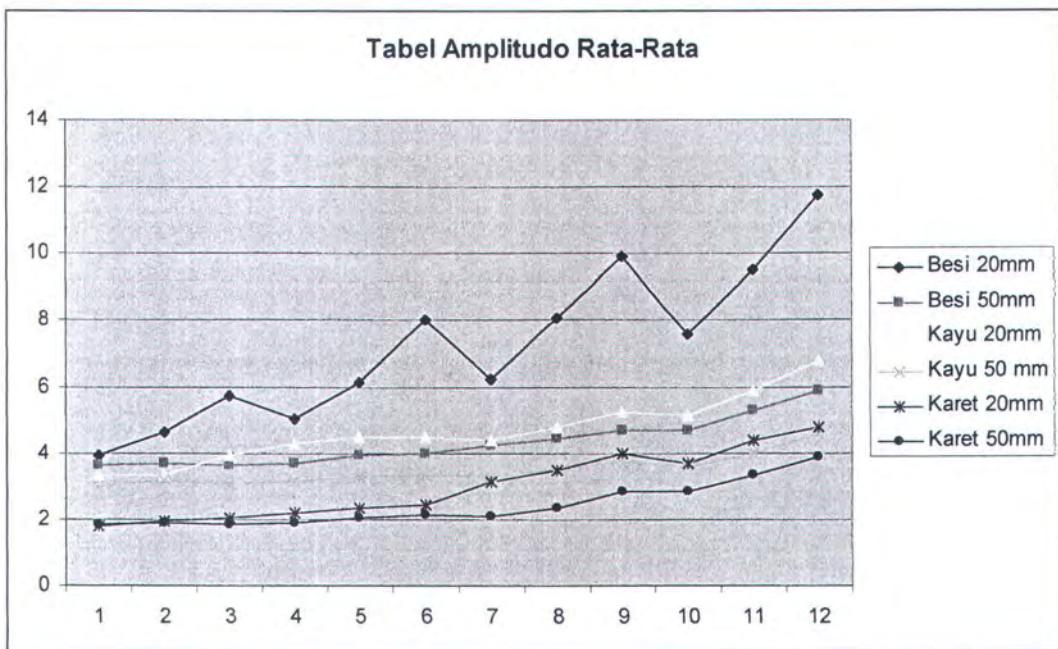
Tabel 4.11 Amplitudo rata-rata bantalan karet 20 mm

RPM	Beban	Rata2
400	1	1.855467
	2	1.89615
	3	1.852183
600	1	1.91035
	2	2.038633
	3	2.124417
800	1	2.070383
	2	2.331533
	3	2.825917
1000	1	2.8524
	2	3.336583
	3	3.8997

Tabel 4.12 Amplitudo rata-rata bantalan karet 50 mm

Bisa kita lihat bahwa pada bantalan karet, amplitudo terkecil ada pada bantalan dengan ketebalan 20 mm dan terjadi pada 400 rpm dengan pembebahan 1 kg yaitu 1,80195 mikrometer. Sedangkan amplitudo terbesar terjadi pada bantalan dengan ketebalan 20 mm dengan rpm 1000 yaitu 4,78266 mikrometer.

Pada tabel amplitudo rata-rata bisa kita buat grafiknya sehingga terlihat lebih jelas :



Grafik 4.30 Grafik amplitudo rata-rata

Keterangan grafik :

Ordinat Y adalah amplitudo, dalam mikrometer.

Sedangkan untuk ordinat X :

- Titik 1 : Pembebanan 1 kg, 400 rpm
- Titik 2 : Pembebanan 2 kg, 400 rpm
- Titik 3 : Pembebanan 3 kg, 400 rpm
- Titik 4 : Pembebanan 1 kg, 600 rpm
- Titik 5 : Pembebanan 2 kg, 600 rpm
- Titik 6 : Pembebanan 3 kg, 600 rpm
- Titik 7 : Pembebanan 1 kg, 800 rpm
- Titik 8 : Pembebanan 2 kg, 800 rpm

- Titik 9 : Pembebanan 3 kg, 800 rpm
- Titik 10 : Pembebanan 1 kg, 1000 rpm
- Titik 11 : Pembebanan 2 kg, 1000 rpm
- Titik 12 : Pembebanan 3 kg, 1000 rpm

Dari grafik diatas bisa dilihat nyata bahwa sistem berbantalan besi 20 mm akan menyebabkan tingginya amplitudo pada tiap pembebanan dan rpm. Dari sini ada suatu fenomena bahwa pada bantalan karet 20 mm, pada awalnya memiliki peredaman lebih baik daripada kayu 50 mm, namun pada titik 6, yaitu pada pembebanan 3 kg dan 600 rpm, sedikit menyamai pada titik 7 (bebani 1 kg, 800 rpm) dan akhirnya amplitudo yang dihasilkan akan melebihi bantalan kayu 50 mm pada titik 9 (bebani 3 kg, 800 rpm).

Penulis memberikan pra-duga, ini disebabkan karena pada waktu percobaan, bantalan karet 20 mm adalah yang terakhir diuji, setelah kayu 20 mm. Pada saat itu, kemungkinan kanvas rem yang digunakan untuk pembebanan sudah mulai aus, sehingga secara tidak sengaja akan mengurangi efisiensi rem itu sendiri, sehingga rem harus ditekan lebih keras. Jadi, walaupun forcemeter telah menunjukkan angka yang sesuai (1, 2, 3 kg), namun karena sudah makin ausnya rem (yang tidak disadari oleh penulis), sejatinya penggeremannya bisa lebih dari itu (dari maksimum 3 kg).

Demikian juga dengan bantalan kayu 20 mm. Pada awalnya berada pada tingkat dibawah bantalan kayu 50 mm, namun pada titik 3 telah melewati bantalan

besi 50 mm. Penulis juga menduga, bahwa penyebabnya juga sama seperti kasus bantalan karet 20 mm.

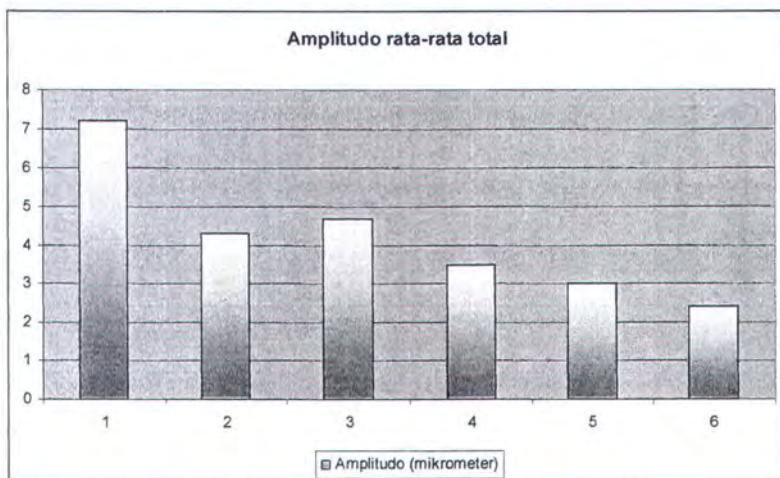
Dan dari grafik 4.30 bisa diketahui bahwa bantalan yang paling lemah meredam getaran adalah bantalan besi 20mm. Bisa dilihat dari grafik, dengan makin bertambahnya pembebanan dan rpm, maka amplitudo yang dihasilkan juga makin besar, bahkan melebihi 10 mikrometer.

Dan terakhir, dari grafik diatas juga bisa diketahui bahwa bantalan karet 50 mm mampu melakukan peredaman paling baik pada semua titik. Rata-rata amplitudo yang dihasilkan dari sistem ini adalah 2,416143 mikrometer. Jauh lebih kecil bila dibandingkan dengan bantalan besi 20 mm yaitu 7,218968 mikrometer.

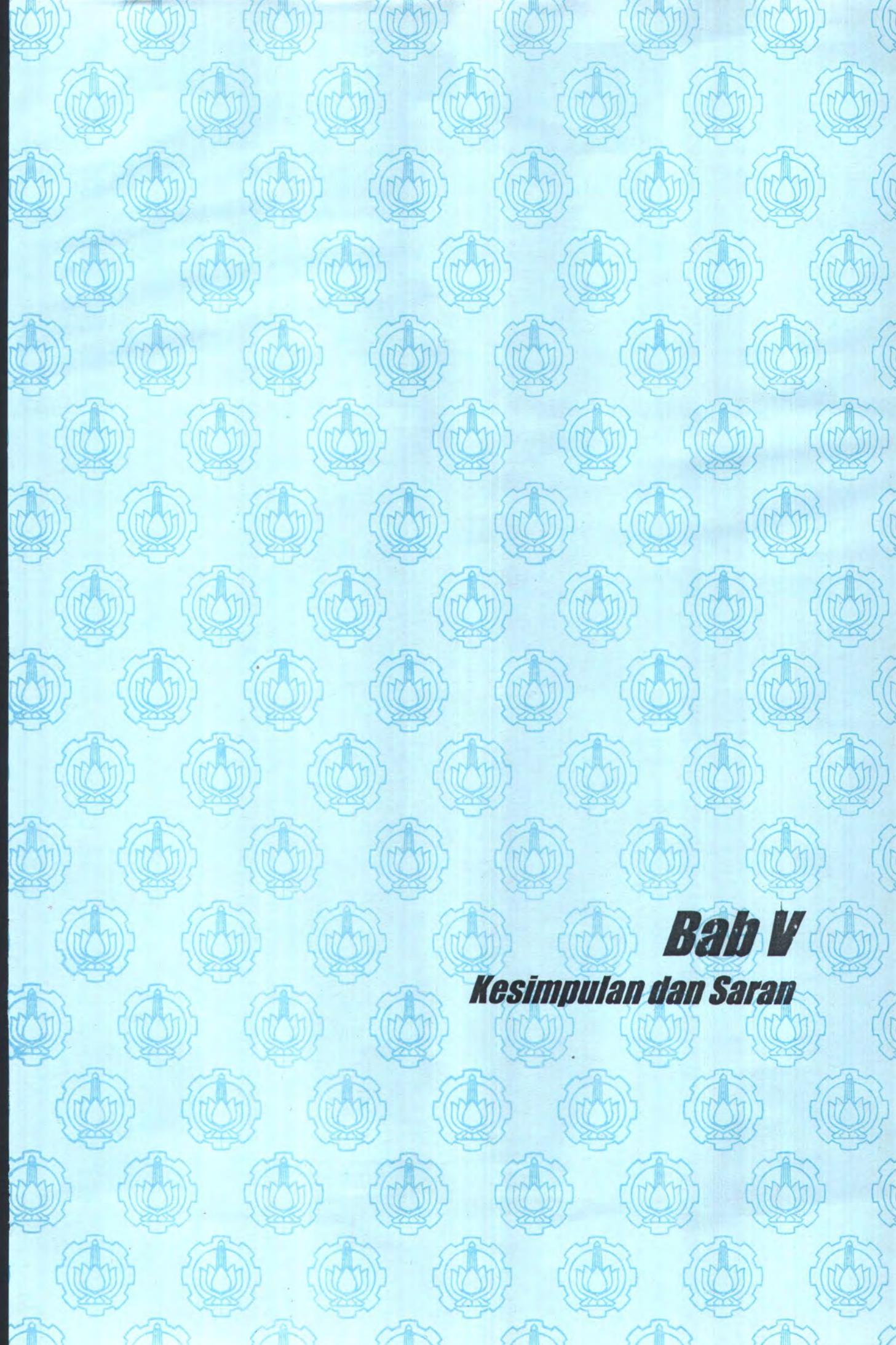
Berikut ini adalah tabel amplitudo total yang dihasilkan tiap bantalan :

Besi		Kayu		Karet	
20	50	20	50	20	50
7.218968	4.315333	4.676308	3.475783	3.014563	2.416143

Tabel 4.13 Amplitudo total rata-rata tiap bantalan



Grafik 4.31 Grafik amplitudo total rata-rata



Bab V

Kesimpulan dan Saran

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 KESIMPULAN

1. Berdasarkan pengolahan dan analisa data pada table 4.9 s/d. 4.12 maka besarnya amplitudo maksimum dan minimum yang terjadi bisa diketahui, yaitu amplitudo maksimum rata-rata terjadi pada bantalan besi 20 mm pada 1000 rpm dan pembebanan 3 kg, yaitu sebesar 10,18 mikrometer. Sedangkan amplitudo minimum rata-rata yang terjadi ada pada bantalan karet 20 mm, pembebanan 1 kg pada 400 rpm, yaitu sebesar 1,80195 mikrometer.
2. Berdasarkan percobaan diketahui bahwa amplitudo rata-rata yang dihasilkan adalah:
 - Besi 20 mm : 7.218968 mikrometer
 - Besi 50 mm : 4.315333 mikrometer
 - Kayu 20 mm : 4.676308 mikrometer
 - Kayu 50 mm : 3.475783 mikrometer
 - Karet 20 mm : 3.014563 mikrometer
 - Karet 50 mm : 2.416143 mikrometer
3. Pada rpm 400, pada umumnya fluktuasi grafik terlihat nyata, walaupun amplitudo yang dihasilkan tidak tinggi dibandingkan dengan rpm lain. Ini bisa dimengerti, bahwa pada rpm rendah, otomatis siklus pembakaran juga

lebih kecil dibandingkan dengan rpm tinggi. Sehingga frekuensi getaran yang dihasilkan juga akan lebih sedikit. Sehingga walaupun getarannya lebih kecil, namun lebih terasa pada manusia, dalam hal ini penulis. Ini berbeda bila mesin diset dengan rpm tinggi (>400 rpm), maka amplitudo yang dihasilkan akan lebih tinggi, frekuensi getaran akan lebih tinggi pula karena siklus pembakaran juga lebih banyak.

4. Bahwa pada semua bantalan, terjadi kenaikan tingkat getaran yang ditandai dengan naiknya amplitudo seiring dengan naiknya pembebanan dan rpm mesin
5. Titik yang mengalami getaran terbesar adalah pada kanan dan kiri belakang, khususnya pada kiri belakang, sesuai tabel 4.1 s/d. 4.6. Dan juga lampiran. Amplitudo rata-rata tertinggi mencapai 15.60 mikrometer (tabel 4.1), terjadi pada bantalan besi 20 mm di titik kiri belakang, dengan pembebanan 3 kg dan 1000 rpm. Perlu diingat, ini adalah rata-rata, jadi pada keadaan aktual bisa lebih tinggi. Ini bisa dimaklumi karena pada titik-titik inilah terjadi pembakaran dan gerakan benda-benda didalam mesin sebagai sumber getaran. Sedangkan titik yang mengalami getaran paling kecil adalah pada titik kanan dan kiri depan. Ini disebabkan karena pada kedua titik ini adalah yang paling jauh dari sumber getaran.
6. Pada bantalan karet 20 mm dan kayu 20 mm terjadi fenomena, yang mana kedua bantalan ini pada titik tertentu akan menghasilkan amplitudo yang tinggi. Penulis menduga ini diakibatkan keausan pada rem prony,

- mengingat kedua bantalan inilah yang diuji terakhir, sehingga ketika rem ditekan, dan *force meter* menunjukkan angka yang dikehendaki, sejatinya penggereman telah melebihi angka yang ditunjukkan *forcemeter*.
7. Bantalan yang paling lemah dalam meredam tingkat getaran adalah bantalan besi dengan ketebalan 20 mm. Amplitudo maksimum yang dihasilkan adalah 15.60 mikrometer pada titik kiri belakang, pada 1000 rpm dan 3 kg pembebanan. Sedangkan amplitudo minimum yang dihasilkannya adalah 2.44 mikrometer yang terjadi di titik kiri depan, dengan pembebanan 1 kg dan 400 rpm. Sedangkan rata-rata amplitudo yang dihasilkan bantalan ini adalah 7.218968 mikrometer.
 8. Bantalan yang paling baik meredam getaran berdasarkan eksperimen adalah bantalan karet dengan ketebalan 50 mm. Amplitudomaksimum yang dihasilkan adalah 5.78 mikrometer, pada titik kiri belakang, pada pembebanan 3 kg dan 1000 rpm. Sedangkan amplitudo minimum yang dihasilkan adalah sebesar 1.45 mikrometer, pada titik depan kiri dengan pembebanan 3 kg dan 400 rpm. Sedangkan rata-rata amplitudo yang dihasilkan bantalan ini adalah 2.416143 mikrometer.

V.2 SARAN

1. Perhitungan gaya eksitasi pada pondasi mesin dengan pendekatan amplitudo getaran memberikan nilai yang sangat bervariasi. Untuk itu

demi kesuksesan nilai akhir hasil yang diharapkan dibutuhkan data yang cukup agar tren dari data tersebut dapat terlihat dengan jelas.

2. Kevalidan pengukuran sangat ditentukan oleh kevalidan alat yang digunakan dan juga penempatan sensor pada titik-titik yang akan diambil.
3. Hasil dari pengukuran amplitudo saat pembakaran yang kurang tepat dimungkinkan karena terjadi perbedaan frekuensi antara FFT analyzer dengan frekuensi mesin.

Tinjauan pustaka

Tinjauan Pustaka

- *Arismunandar Wiranto dan Koichi, Motor Diesel Putaran Tinggi, Pradnya Paramita, Jakarta, 2002*
- *Brunner, Calvin R., P.E., DEE, , Incineration Systems Handbook, Incinerator consultans incorporated, The United States of America, 1996*
- *Culp, Archie W., Jc, , Prinsip-prinsip Konversi Energi, Erlangga, Jakarta, 1991*
- *Center, Environmental Pollution Control, Kebisingan dan getaran, Osaka Perfectural Goverment, Japan.*
- *Hartog, Den, J.P, Mechanical Vibration, Mc Graw-Hill, 1956*
- *Inman, J, Daniel, Engineering Vibration, Prentice –HallInternational, Inc., 1996*
- *James, Gere, M., Mekanika Bahan, Erlangga, 2000*
- *Jr., Richart F.E., Vibration of soil and foundations, New Jersey, 1992*
- *Karyanto E, Teknik perbaikan, penyetelan, Pemeliharaan Trouble Shooting motor diesel, Pedoman Ilmu Jaya, Jakarta, 1965*
- *Lloyd, Germanische, Ship vibration , 2002*
- *Maleev, M. E., V.L., DR. A. M., Operasi dan Pemeliharaan Mesin Diesel, Erlangga, Jakarta, 1986*

- *Mustapa, Arochcon, Tugas Akhir – Analisa Pengaruh Temperatur Preheater Bahan Bakar MDO terhadap Performance Diesel Engine, Teknik Sistem Perkapalan ITS, Surabaya, 1996*
- *Orianto, M, Paper Permesinan Perkapalan I, Teknik Sistem Perkapalan ITS, Surabaya, 2001*
- *Rao. S., Singiresos, Mechanical Vibration, Addison Wesley Publishing company, 1995*
- *Rosyid., Daniel M., Setiawan, Dony, Kekuatan Struktur Kopol, Pradnya Pramita, 2000*
- *Sumarno, Analisa Dinamik Sistem Bantalan Engine Suatu Studi Untuk Mendapatkan Tingkat Redaman Yang Optimum Pada Research Vessel, 1998*
- *Steidel, Robert F., Introduction to Mechanical Vibration*
- *Sugiono, Iis dkk, Laporan Resmi Praktikum Mesin Fluida, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan – FTK – ITS, Surabaya, 2004*
- *Thomson, William, Teori Getaran dengan Penerapan, Erlangga, 1986*
- *Tjokrowisastro, Eddy Harmadi, Ir, ME dan Ir. Widodo, Budi Utomo Kukuh, ME, J, Diktat Teknik Pembakaran Dasar dan Bahan Bakar, Jurusan Teknik Mesin – FTI – ITS, Surabaya, 1990*
- *V.N., Varzirani, Msc., MM, Ratwani, Phd, Steel Structures and Timber Structures, Khanna Publisher, 1981*

- Widodo, Alim, Ir, Msc, *Analisa Gaya Transmisibilitas Mesin Pengujii Pada Laboratorium Mesin Kapal di Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Lembaga Penelitian ITS, Surabaya, 1995*
- W, William, *Engineering Fundamentals of The Internal Combination Engine, New York, 1997*
- Wintoro, Arius, *Tugas Akhir – Analisa Ratio Udara dan Bahan Bakar Pada Proses Pembakaran Motor induk Kapal MAN B&W 5520 MC, Teknik Sistem Perkapalan ITS, Surabaya, 1996*



Lampiran

LAMPIRAN

Berikut ini adalah data – data teknis hasil perhitungan terhadap tiap sistem yang diuji cobakan. Hasil perhitungn ini meliputi frekuensi natural, frekuensi yang terjadi, transmisibilitas, rasio redaman, dan gaya – gaya eksitasi yang terjadi. Perlu diperhatikan bahwa perhitungan ini digunakan sebagai referensi bagi keperluan penelitian yang lebih lanjut, dan tidak mempengaruhi kesimpulan bagi Tugas Akhir ini.

	Besi20	Besi50	Kayu20	Kayu50	Karet20	Karet50
A =	0.001	0.0025	0.001	0.0025	0.001	0.0025
E =	2.01E+10	2.01E+10	1.23E+09	1.23E+09	2.86E+09	2.86E+09
rho =	7850	7850	940	940	1300	1300
L =	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Akar =	12558124.86	12558124.86	1073079.68	1073079.68	1927537.289	1927537.289
Massa =	3.14	7.85	0.376	0.94	0.52	1.3
Totmassa =	147.14	151.85	144.376	144.94	144.52	145.3

	Besi		Kayu		Karet	
	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm
K	200900000	502250000	12250000	30625000	28580000	71450000
C	12558.12486	31395.31215	1073.07968	2682.6992	1927.537289	4818.843222
Ktot	803600000	2009000000	49000000	122500000	114320000	285800000
Ctot	3139.531215	7848.828038	268.26992	670.6748001	481.8843222	1204.710806
Ksistem	2054560.018	2057716.59	1976730.026	2025763.339	2023369.148	2045086.953
Csistem	23680.92322	28390.22004	20809.66192	21212.0668	21023.27632	21746.10281
Fnat	118.1664097	116.4086845	117.0108615	118.2225235	118.3242023	118.6377993
Cc	34774.01105	35353.31748	33787.12028	34270.3451	34200.42744	34476.14447
Rasio redaman	0.680994872	0.803042601	0.615905166	0.618962743	0.614707999	0.630757967

TRANSMISIBILITAS

RPM	Besi		Kayu		Karet	
	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm
400	1.001814569	0.99029072	1.007314642	1.006931799	1.00732733	1.006132126
600	1.002927296	0.977473645	1.015388729	1.014557392	1.015470661	1.012744163
800	1.002720228	0.958924408	1.024935182	1.023526058	1.025193848	1.020284954
1000	1.000114674	0.934957504	1.034645016	1.032567788	1.035232773	1.027504064

Putaran mesin	Fexitasi						
400	20.93333333	20.93333333	20.93333333	20.93333333	20.93333333	20.93333333	20.93333333
600	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4	31.4
800	41.86666667	41.86666667	41.86666667	41.86666667	41.86666667	41.86666667	41.86666667
1000	52.33333333	52.33333333	52.33333333	52.33333333	52.33333333	52.33333333	52.33333333

Gaya Eksitasi

Akibat Inersia Dalam Arah Horisontal ($X = m_{rec}x_p + m_{rot}x_c$) = ($m_{rec} + m_{rot}$) $r\omega^2 \cos\omega t + m_{rec}(r^2/I)\omega^2 \cos 2\omega t$

$r = 0,035 \text{ m}$; $I = 0,13 \text{ m}^4$; $m_{rec} = 1,3 \text{ kg}$; $m_{rot} = 6 \text{ kg}$

No	Rpm	Fexitasi	$\omega t (^0\text{ca})$	$\omega (\text{rad/s})$	ω^2	$\cos\omega t$	A	B	A + B (N)
1	400	20.93333333	0	41.90	1756.009	1	448.660	21.511	470.171
2	600	31.4		62.86	3951.020	1	1009.486	48.400	1057.886
3	800	41.86666667		83.81	7024.036	1	1794.641	86.044	1880.686
4	1000	52.33333333		104.76	10975.057	1	2804.127	134.444	2938.571

Akibat Inersia Dalam Arah Vertikal ($Y = m_{\text{rot}} y_c$) = ($m_{\text{rot}} r \omega^2 \sin \omega t$)

$r = 0,035 \text{ m}$; $I = 0,13 \text{ m}$; $m_{\text{rec}} = 1,3 \text{ kg}$; $m_{\text{rot}} = 6 \text{ kg}$

No	Rpm	Fexitasi	$\omega t ({}^\circ\text{ca})$	$\omega (\text{rad/s})$	ω^2	$\sin \omega t$	A (N)
1	400	20.93333333	90	41.87	1752.818	1	122.697
2	600	31.4		62.80	3943.840	1	276.069
3	800	41.86666667		83.73	7011.271	1	490.789
4	1000	52.33333333		104.67	10955.111	1	766.858

Akibat Pembakaran ($F = P \cdot A$)

$d = 7,5 \text{ cm} (0,075 \text{ m})$; $I = 7 \text{ cm} (0,07 \text{ m})$; ($P_e = (Ne \cdot 75.60.100.2) / L.A.n$) ; $Ne = 8 \text{ HP}$

No	Rpm	Fexitasi	$A (1/4\pi d^2)$	$P_e (\text{kg/cm}^2)$	$P_e (\text{Pa})$	F (N)
1	400	20.93333333	0.00442	58.23	5710878.981	25217
2	600	31.4	0.00442	38.82	3807252.654	16811
3	800	41.86666667	0.00442	29.12	2855439.490	12609
4	1000	52.33333333	0.00442	23.29	2284351.592	10087

Perhitungan Amplitudo Getaran Sistem Berbantalan Besi 20 mm

$k = 2054560.018 \text{ N/m}^2$; $\omega_n = 118,16641 \text{ rad/s}$; $\zeta = 0.680995$

No	Rpm	Fexitasi	F_0/k	ω/ω_n	$(\omega/\omega_n)^2$	X (m)	X (mm)
1	400	20.93333333	0.0000060	0.1772	0.031	1.17950	0.00000505
2	600	31.4	0.0000134	0.2657	0.071	1.22568	0.00001094
3	800	41.86666667	0.0000238	0.3543	0.126	1.24725	0.00001911
4	1000	52.33333333	0.0000372	0.4429	0.196	1.24938	0.00002980

Perhitungan Amplitudo Getaran Sistem Berbantalan Besi 50 mm

$$k = 2057716.59 \text{ N/m}^2 ; \omega_n = 116.40868 \text{ rad/s} ; \zeta = 0.80304$$

No	Rpm	Fexitasi	Fo/k	ω/ω_n	$(\omega/\omega_n)^2$	X (m)	X (mm)
1	400	20.93333333	0.0000596	0.1798	0.032	1.22519	0.00004867
2	600	31.4	0.0001342	0.2697	0.073	1.29300	0.00010376
3	800	41.86666667	0.0002385	0.3597	0.129	1.33566	0.00017857
4	1000	52.33333333	0.0003727	0.4496	0.202	1.35867	0.00027429

Perhitungan Amplitudo Getaran Sistem Berbantalan Kayu 20 mm

$$k = 1976730.0263 \text{ N/m}^2 ; \omega_n = 117.0108 \text{ rad/s} ; \zeta = 0.613749$$

No	Rpm	Fexitasi	Fo/k	ω/ω_n	$(\omega/\omega_n)^2$	X (m)	X (mm)
1	400	20.93333333	0.0000621	0.1789	0.032	1.15738	0.00005363
2	600	31.4	0.0001397	0.2684	0.072	1.19172	0.00011719
3	800	41.86666667	0.0002483	0.3578	0.128	1.20109	0.00020672
4	1000	52.33333333	0.0003879	0.4473	0.200	1.19087	0.00032576

Perhitungan Amplitudo Getaran Sistem Berbantalan Kayu 50 mm

$$k = 2025763.339 \text{ N/m}^2 ; \omega_n = 118.2225 \text{ rad/s} ; \zeta = 0.6189$$

No	Rpm	Fexitasi	Fo/k	ω/ω_n	$(\omega/\omega_n)^2$	X (m)	X (mm)
1	400	20.93333333	0.0000606	0.1771	0.031	1.15745	0.00005233
2	600	31.4	0.0001363	0.2656	0.071	1.19265	0.00011427
3	800	41.86666667	0.0002423	0.3541	0.125	1.20325	0.00020135
4	1000	52.33333333	0.0003786	0.4427	0.196	1.19442	0.00031693

Perhitungan Amplitudo Getaran Sistem Berbantalan Karet 20 mm

$$k = 2023369.148 \text{ N/m}^2 ; \omega_n = 118.3569 \text{ rad/s} ; \zeta = 0.61375$$

No	Rpm	Fexitasi	Fo/k	ω/ω_n	$(\omega/\omega_n)^2$	X (m)	X (mm)
1	400	20.93333333	0.0000606	0.1769	0.031	1.15552	0.00005248
2	600	31.4	0.0001364	0.2653	0.070	1.18984	0.00011467
3	800	41.86666667	0.0002426	0.3537	0.125	1.19961	0.00020220
4	1000	52.33333333	0.0003790	0.4422	0.196	1.18996	0.00031850

Perhitungan Amplitudo Getaran Sistem Berbantalan Karet 50 mm

$$k = 2045086.9533 \text{ N/m}^2 ; \omega_n = 118.719534 \text{ rad/s} ; \zeta = 0.62839$$

No	Rpm	Fexitasi	Fo/k	ω/ω_n	$(\omega/\omega_n)^2$	X (m)	X (mm)
1	400	20.93333333	0.0000600	0.1763	0.031	1.16039	0.00005170
2	600	31.4	0.0001350	0.2645	0.070	1.19739	0.00011274
3	800	41.86666667	0.0002400	0.3527	0.124	1.20995	0.00019834
4	1000	52.33333333	0.0003750	0.4408	0.194	1.20313	0.00031167

BESI 20 mm

BEBAN = 1kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	22181.1611	0.27600114	0.00394287	0.052705143	0.328706281	6.666666667	0.15	41.90476	3.95915
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	39161.20559	0.62099863	0.00887141	0.118586571	0.739585203	10	0.1	62.85714	5.045567
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	56534.75694	1.10399512	0.01577136	0.210820571	1.31481569	13.33333333	0.075	83.80952	6.213367
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	72403.64334	1.72499060	0.02464272	0.329407143	2.054397742	16.66666667	0.06	104.7619	7.580567

BESI 20 mm

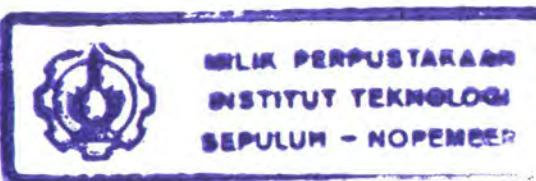
BEBAN = 2kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	18855.63398	0.27600114	0.00394287	0.052705143	0.328706281	6.666666667	0.15	41.90476	4.66E+00
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	32308.54957	0.62099863	0.00887141	0.118586571	0.739585203	10	0.1	62.85714	6.12E+00
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	43578.60726	1.10399512	0.01577136	0.210820571	1.31481569	13.33333333	0.075	83.80952	8.06E+00
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	57718.60507	1.72499060	0.02464272	0.329407143	2.054397742	16.66666667	0.06	104.7619	9.51E+00

BESI 20 mm

BEBAN = 3kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	15306.59787	0.27600114	0.00394287	0.052705143	0.328706281	6.666666667	0.15	41.90476	5.74E+00
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	24562.4365	0.62099863	0.00887141	0.118586571	0.739585203	10	0.1	62.85714	8.04E+00
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	35351.00714	1.10399512	0.01577136	0.210820571	1.31481569	13.33333333	0.075	83.80952	9.94E+00
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	46641.87917	1.72499060	0.02464272	0.329407143	2.054397742	16.66666667	0.06	104.7619	1.18E+01

**BESI 50 mm**

BEBAN = 1kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	118124.8325	1.34597115	0.01922816	0.052705143	1.398676297	6.666666667	0.15	41.90476	3.625517
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	262250.5938	3.02843114	0.0432633	0.118586571	3.147017715	10	0.1	62.85714	3.674317
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	403255.884	5.38387507	0.0769125	0.210820571	5.594695639	13.33333333	0.075	83.80952	4.24805

1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	569044.2276	8.41230276	0.12017575	0.329407143	8.741709898	16.666666667	0.06	104.7619	4.70375
------	-----	-----	-------------	-------------	-------------	-------------	------------	------------	-------------	-------------	--------------	------	----------	---------

BESI 50 mm

BEBAN = 2kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	116555.9716	1.34597115	0.01922816	0.052705143	1.398676297	6.666666667	0.15	41.90476	3.674317
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	244135.7827	3.02843114	0.0432633	0.118586571	3.147017715	10	0.1	62.85714	3.94695
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	388376.5208	5.38387507	0.0769125	0.210820571	5.594695639	13.333333333	0.075	83.80952	4.4108
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	505619.8218	8.41230276	0.12017575	0.329407143	8.741709898	16.666666667	0.06	104.7619	5.293783

BESI 50 mm

BEBAN = 3kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	118125.9185	1.34597115	0.01922816	0.052705143	1.398676297	6.666666667	0.15	41.90476	3.625483
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	240907.9697	3.02843114	0.0432633	0.118586571	3.147017715	10	0.1	62.85714	3.999833
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	366086.1138	5.38387507	0.0769125	0.210820571	5.594695639	13.333333333	0.075	83.80952	4.679367
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	453527.1728	8.41230276	0.12017575	0.329407143	8.741709898	16.666666667	0.06	104.7619	5.901833

KAYU 20 mm

BEBAN = 1kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	93030.34704	0.98150383	0.01402148	0.052705143	1.034208972	6.666666667	0.15	41.90476	3.356933
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	163684.8343	2.20837966	0.03154828	0.118586571	2.326966236	10	0.1	62.85714	4.2928
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	285050.9788	3.92600577	0.0560858	0.210820571	4.136826344	13.333333333	0.075	83.80952	4.382317
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	381005.908	6.13438199	0.08763403	0.329407143	6.463789136	16.666666667	0.06	104.7619	5.122883

KAYU 20 mm

BEBAN = 2kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				

400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	93826.45765	0.98150383	0.01402148	0.052705143	1.034208972	6.666666667	0.15	41.90476	3.32845
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	155855.3953	2.20837966	0.03154828	0.118586571	2.326966236	10	0.1	62.85714	4.50845
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	260610.3634	3.92600577	0.0560858	0.210820571	4.136826344	13.33333333	0.075	83.80952	4.7933
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	332402.1519	6.13438199	0.08763403	0.329407143	6.463789136	16.66666667	0.06	104.7619	5.87195

KAYU 20 mm

BEBAN = 3kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	79533.60999	0.98150383	0.01402148	0.052705143	1.034208972	6.666666667	0.15	41.90476	3.9266
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	156561.4954	2.20837966	0.03154828	0.118586571	2.326966236	10	0.1	62.85714	4.488117
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	237985.0743	3.92600577	0.0560858	0.210820571	4.136826344	13.33333333	0.075	83.80952	5.249
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	287252.0296	6.13438199	0.08763403	0.329407143	6.463789136	16.66666667	0.06	104.7619	6.7949

KAYU 50 mm

BEBAN = 1kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	105494.3181	0.99022895	0.01414613	0.052705143	1.04293409	6.666666667	0.15	41.90476	2.986633
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	226261.9564	2.22801118	0.03182873	0.118586571	2.346597752	10	0.1	62.85714	3.13315
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	381618.3839	3.96090625	0.05658438	0.210820571	4.171726822	13.33333333	0.075	83.80952	3.302483
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	546835.4187	6.18891401	0.08841306	0.329407143	6.518321153	16.66666667	0.06	104.7619	3.601083

KAYU 50 mm

BEBAN = 2kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	98171.88474	0.99022895	0.01414613	0.052705143	1.04293409	6.666666667	0.15	41.90476	3.2094
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	216424.4299	2.22801118	0.03182873	0.118586571	2.346597752	10	0.1	62.85714	3.275567
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	357555.6598	3.96090625	0.05658438	0.210820571	4.171726822	13.33333333	0.075	83.80952	3.524733
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	495344.2815	6.18891401	0.08841306	0.329407143	6.518321153	16.66666667	0.06	104.7619	3.975417

KAYU 50 mm

BEBAN = 3kg

Putaran	F	Torsi	Pb	Imep	Fg (rata2)	Fo	W	Fg mak	Fy rot	Fo (mak)	f	T	w	Aexp
rpm	(N)	(Nm)	(watt)	(Pa)	(KN)	(N)	(J/cycle)	(KN)	(KN)	(KN)				

400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	103381.0972	0.99022895	0.01414613	0.052705143	1.04293409	6.666666667	0.15	41.90476	3.047683
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	211948.9292	2.22801118	0.03182873	0.118586571	2.346597752	10	0.1	62.85714	3.344733
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	337764.2139	3.96090625	0.05658438	0.210820571	4.171726822	13.33333333	0.075	83.80952	3.731267
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	430214.6294	6.18891401	0.08841306	0.329407143	6.518321153	16.66666667	0.06	104.7619	4.57729

KARET 20 mm

BEBAN = 1kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	lmepl (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	172780.1879	0.97850110	0.01397859	0.052705143	1.031206244	6.666666667	0.15	41.90476	1.80195
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	322999.7973	2.20162353	0.03145176	0.118586571	2.320210099	10	0.1	62.85714	2.168783
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	396447.9685	3.91399487	0.05591421	0.210820571	4.124815439	13.33333333	0.075	83.80952	3.1413
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	528416.8652	6.11561498	0.08736593	0.329407143	6.445022118	16.66666667	0.06	104.7619	3.682467

KARET 20 mm

BEBAN = 2kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	lmepl (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	160344.6771	0.97850110	0.01397859	0.052705143	1.031206244	6.666666667	0.15	41.90476	1.9417
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	301504.9398	2.20162353	0.03145176	0.118586571	2.320210099	10	0.1	62.85714	2.3234
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	355472.3992	3.91399487	0.05591421	0.210820571	4.124815439	13.33333333	0.075	83.80952	3.5034
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	445682.0385	6.11561498	0.08736593	0.329407143	6.445022118	16.66666667	0.06	104.7619	4.366067

KARET 20 mm

BEBAN = 3kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	lmepl (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	150831.454	0.97850110	0.01397859	0.052705143	1.031206244	6.666666667	0.15	41.90476	2.064167
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	289342.1262	2.20162353	0.03145176	0.118586571	2.320210099	10	0.1	62.85714	2.421067
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	313078.0842	3.91399487	0.05591421	0.210820571	4.124815439	13.33333333	0.075	83.80952	3.9778
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.65333333	406861.78	6.11561498	0.08736593	0.329407143	6.445022118	16.66666667	0.06	104.7619	4.78265

KARET 50 mm

BEBAN = 1kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	169807.8724	0.99022895	0.01414613	0.052705143	1.04293409	6.666666667	0.15	41.90476	1.855467
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	371090.4539	2.22801118	0.03182873	0.118586571	2.346597752	10	0.1	62.85714	1.91035
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	608722.2266	3.96090625	0.05658438	0.210820571	4.171726822	13.333333333	0.075	83.80952	2.070383
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.653333333	690365.9768	6.18891401	0.08841306	0.329407143	6.518321153	16.666666667	0.06	104.7619	2.8524

KARET 50 mm

BEBAN = 2kg

Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	166164.5159	0.99022895	0.01414613	0.052705143	1.04293409	6.666666667	0.15	41.90476	1.89615
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	347739.1628	2.22801118	0.03182873	0.118586571	2.346597752	10	0.1	62.85714	2.038633
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	540540.5681	3.96090625	0.05658438	0.210820571	4.171726822	13.333333333	0.075	83.80952	2.331533
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.653333333	590184.5438	6.18891401	0.08841306	0.329407143	6.518321153	16.666666667	0.06	104.7619	3.336583

KARET 50 mm

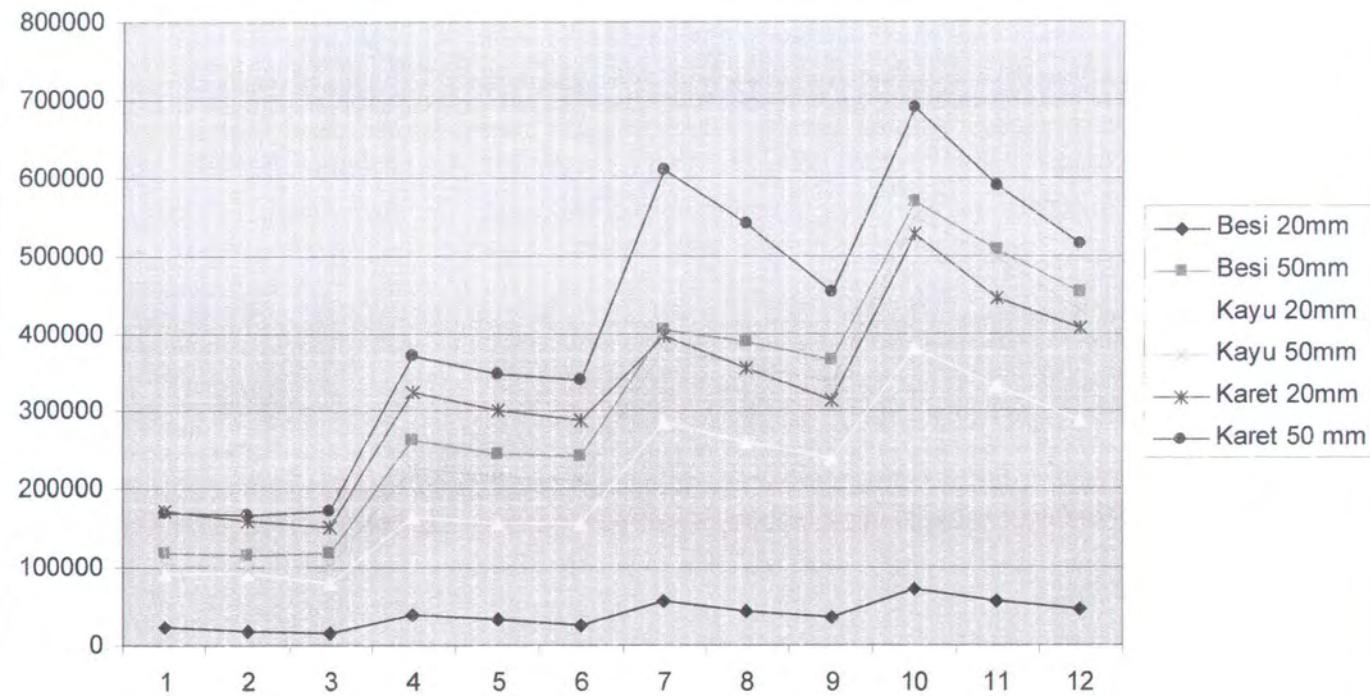
BEBAN = 3kg

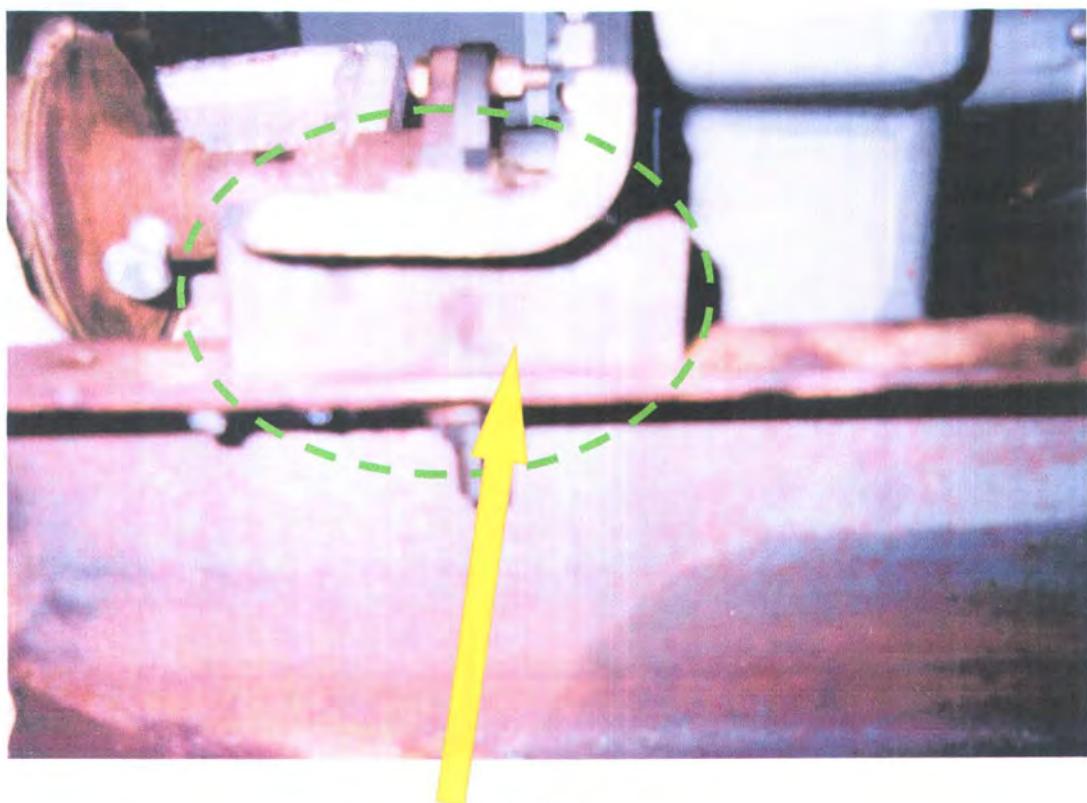
Putaran rpm	F (N)	Torsi (Nm)	Pb (watt)	Imep (Pa)	Fg (rata2) (KN)	Fo (N)	W (J/cycle)	Fg mak (KN)	Fy rot (KN)	Fo (mak) (KN)	f	T	w	Aexp
400	9.8	4.9	205.1466667	3315.501684	5.861333333	172890.4633	1.00642091	0.01437744	0.052705143	1.059126052	6.666666667	0.15	41.90476	1.852183
600	9.8	4.9	307.72	3315.501684	8.792	339154.0992	2.26444309	0.03234919	0.118586571	2.383029666	10	0.1	62.85714	2.124417
800	9.8	4.9	410.2933333	3315.501684	11.72266667	453267.543	4.02567410	0.05750963	0.210820571	4.23649467	13.333333333	0.075	83.80952	2.825917
1000	9.8	4.9	512.8666667	3315.501684	14.653333333	513218.9243	6.29011378	0.08985877	0.329407143	6.619520922	16.666666667	0.06	104.7619	3.8997

Tabel Gaya Eksitasi yang Terjadi

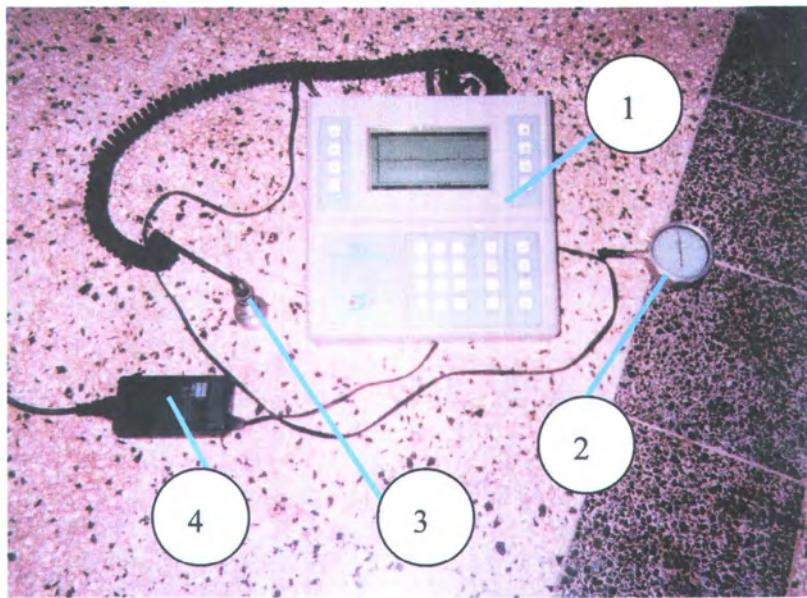
RPM	Beban	Bantalan besi		Bantalan kayu		Bantalan karet	
		20 mm	50 mm	20 mm	50 mm	20 mm	50 mm
400	1	22181	118124.8325	93030.34704	105494.3181	172780.1879	169807.872
	2	18856	116555.9716	93826.45765	98171.88474	160344.6771	166164.516
	3	15307	118125.9185	79533.60999	103381.0972	150831.454	172890.463
600	1	39161	262250.5938	163684.8343	226261.9564	322999.7973	371090.454
	2	32309	244135.7827	155855.3953	216424.4299	301504.9398	347739.163
	3	24562	240907.9697	156561.4954	211948.9292	289342.1262	339154.099
800	1	56535	403255.884	285050.9788	381618.3839	396447.9685	608722.227
	2	43579	388376.5208	260610.3634	357555.6598	355472.3992	540540.568
	3	35351	366086.1138	237985.0743	337764.2139	313078.0842	453267.543
1000	1	72404	569044.2276	381005.908	546835.4187	528416.8652	690365.977
	2	57719	505619.8218	332402.1519	495344.2815	445682.0385	590184.544
	3	46642	453527.1728	287252.0296	430214.6294	406861.78	513218.924

Gaya eksitasi yang terjadi



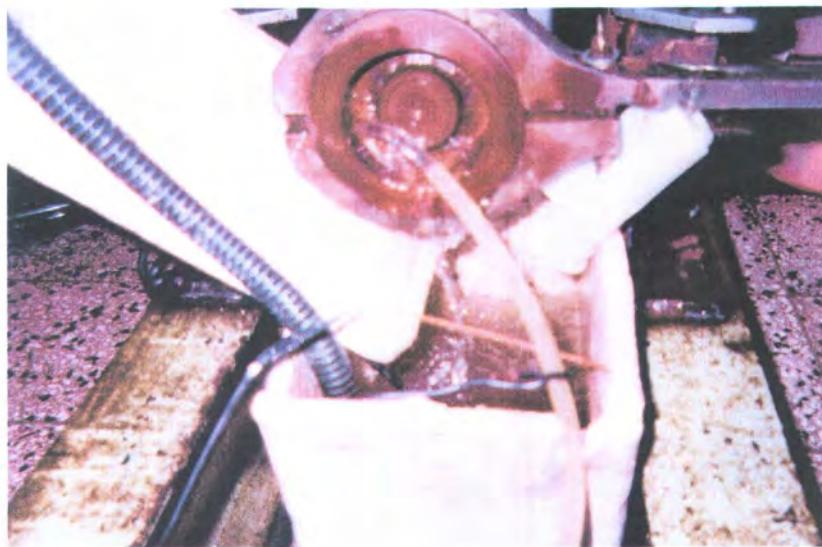


Gambar Bantalan



Keterangan:

1. FFT Analyser
2. Tachometer
3. Sensor FFT
4. Charger Adaptor



Gambar Rem prony plus pendinginnya



Gambar Sistem



Gambar pembuatan bantalan karet