MODEL SINYAL GETARAN UNTUK CACAT CINCIN LUAR BANTALAN BOLA

Achmad Widodo*, Fachrul Hery Budiman, Djoeli Satridjo, Toni Prahasto

Multidisciplinary Analysis and Design Optimization (MADOC)
Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro
Jl.Prof Soedharto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang
*E-mail: awid@undip.ac.id

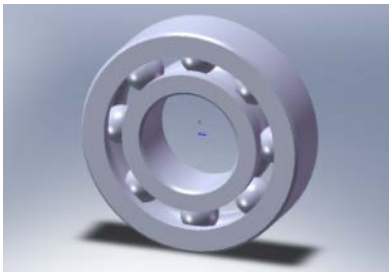
Abstrak

Bantalan gelinding merupakan bagian yang sangat penting dari sebuah mesin yang berputar. Kerusakan pada bantalan gelinding akan menyebabkan suara berisik dan menurunkan kinerja mesin pada saat beroperasi. Pada saat ini, metode yang paling efektif digunakan untuk mendiagnosa kerusakan bantalan gelinding adalah dengan analisis getaran. Kerusakan bantalan gelinding bisa dideteksi dari frekuensi karakteristik bantalan sebagai akibat dari interaksi cacat dengan elemen gelinding. Kerusakan pada bantalan gelinding akan menyebabkan getaran transient pada saat cacat tersebut mengenai bola. Penelitian ini membahas model getaran transient pada bantalan gelinding dengan variasi bentuk cacat berupa lubang silindris dan kubus. Cacat dimodelkan pada cincin luar bantalan gelinding dan dianalisis dengan bantuan metode elemen hingga. Analisis model getaran tersebut disajikan dalam bentuk perbandingan respon amplitudo getaran bantalan gelinding tanpa cacat dan yang mengalami cacat lubang silindris maupun kubus. Dengan perbedaan dari luas area cacat dihasilkan sinyal getaran pada ring luar bantalan bola yang berbeda.

Kata kunci : bantalan gelinding, cincin luar, getaran transient.

1. Pendahuluan

Bantalan gelinding merupakan bagian yang sangat penting dari suatu bagian mesin yang berputar. Karena digunakan secara luas dan penting, kerusakan dari bantalan gelinding sering menjadi penyebab kerusakan suatu mesin. Bantalan gelinding mudah mengalami aus karena adanya kontak antara logam dengan logam. Deteksi dini dari kerusakan bantalan sangat penting untuk mencegah terjadinya kerusakan pada suatu mesin [1].



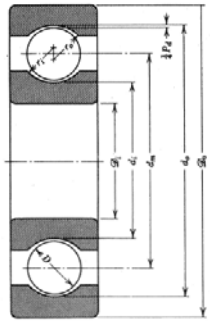
Gambar 1. Bantalan bola.

Kerusakan bantalan diakibatkan oleh beberapa faktor. Faktor terbesar yang menyebabkan bantalan mengalami kerusakan adalah korosi, yang mengakibatkan bantalan berkarat. Karat dapat menyebabkan cacat pada cincin dalam, cincin luar maupun pada bola bantalan [2].

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah membandingkan sinyal getaran pada cincin luar bantalan bola yang normal, dengan cincin luar bantalan bola dengan cacat berbentuk kubus dan silinder. Perbandingan ini dimulai dari perbedaan frekuensi pribadi, karakteristik respon frekuensi sampai perbedaan respon transient dari cincin luar bantalan bola.

2. Prosedur Penelitian

Jenis bantalan gelinding yang digunakan untuk penelitian ini adalah bantalan bola tipe 6307 dengan geometri sebagai berikut:



Gambar 2. Dimensi bantalan bola.

Tabel 1. Geometri bantalan bola tipe 6307 [3].

Diameter ring dalam	44 mm
Diameter ring luar	71 mm
Diameter bola	13.494 mm
Jumlah bola	8

Bantalan bola tersebut adalah logam baja dan mempunyai sifat mekanik sebagai berikut.

Tabel 2. Sifat mekanik material [3].

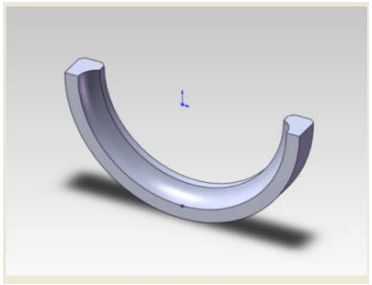
Young modulus	$210 \times 10^9 GPa$
Density	$7900\ kg/m^3$
Poison ratio	0.3

Hal pertama yang dilakukan adalah menentukan distribusi beban pada cincin luar bantalan bola dengan mekanisme beban disalurkan oleh elemen gelinding dari cincin dalam menuju ke cincin luar. Beban yang diterapkan adalah beban radial. Distribusi beban pada kondisi radial adalah sebagai berikut [4]:

$$Q_\psi = Q_{max}[1 - \frac{1}{2\epsilon}(1 - cos\psi)] \quad (1)$$

Asumsi untuk beban radial yang diterapkan adalah sebesar 4000 N , sehingga didapatkan nilai Q_{max}sebesar 2336 N.

Langkah selanjutnya adalah memodelkan cincin luar bantalan dengan menggunakan *software* CAD. Pemodelan geometri dari cincin luar bantalan bola adalah hanya seperempat bagian dari cincin seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Model seperempat bagian dari cincin luar bantalan bola.

2.1 Analisa Modal

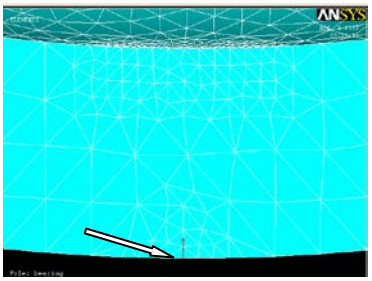
Setelah didapatkan nilaiQ_{max} dan memodelkan bentuk dari cincin luar bantalan bola, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah analisa modal menggunakan *software* ANSYS untuk mengetahui frekuensi pribadi yang terkandung dalam cincin luar bantalan bola [5].

Range frekuensi dari cincin luar bantalan bola yang diterapkan dalam analisa ini adalah 20 KHz – 1 MHz [6].

2.2 Analisa Harmonik

Setelah mengetahui frekuensi pribadi yang terkandung dalam cincin luar bantalan bola kemudian dilakukan analisa harmonik menggunakan *software* ANSYS untuk mengetahui perbedaan karakteristik frekuensi yang terjadi pada cincin luar bantalan bola yang tidak ada cacatnya dengan cincin luar bantalan bola yang ada cacatnya [7].

Range frekuensi yang digunakan adalah sama dengan analisa sebelumnya. Beban yang diterapkan diasumsikan sebesar 1000 N . Sedangkan letak pemberian bebpada analisa harmonik ini seperti yang ditunjukkan oleh gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Nodal letak pembebanan pada analisa harmonik.

2.3 Analisa Dinamis Transien

Setelah mengetahui frekuensi pribadi dan karakteristik frekuensi dari cincin luar bantalan bola. Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis dinamis transient untuk mengetahui perbedaan respon transient dari cincin luar bantalan bola tersebut [8].

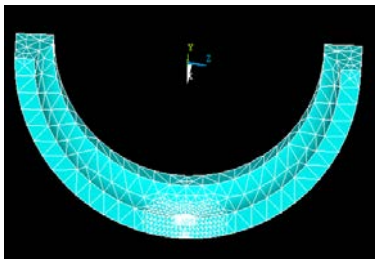
Langkah – langkah dari analisa dinamis transien yang pertama adalah beban yang diterapkan. Beban yang diterapkan dalam analisa ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Distribusi beban.

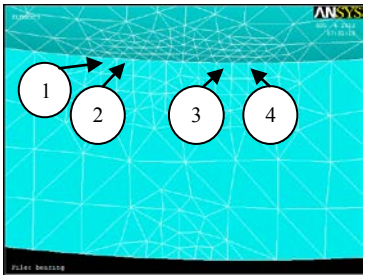
Step	1	2	3	4
gaya(N)	2335	2100	2400	2335
time (s)	0.0005	0.00005	0.00005	0.0005

Langkah yang digunakan adalah step. Kemudian nilai minimum dari *time step size* adalah 1×10^{-6}.

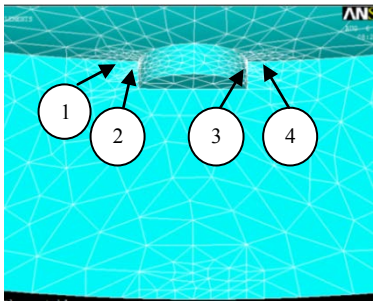
Sedangkan nodal letak pembebanan adalah sesuai dengan keadaan cincin luar dengan cacat maupun tanpa cacat seperti yang dijelaskan pada gambar 6, 7, dan 8 di bawah ini.



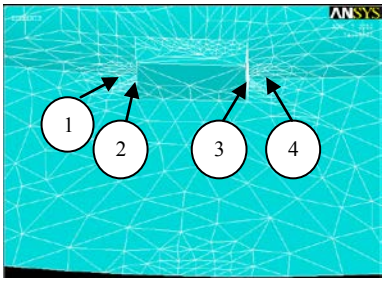
Gambar 5. Seperempat bagian cincin luar yang telah di *meshing.*



Gambar 6. Model seperempat bagian dari cincin luar bantalan bola dan nodal pembebanan pada cincin luar bantalan bola tanpa cacat.



Gambar 7. Nodal pembebanan pada cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm.



Gambar 8. Nodal pembebanan pada cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Analisa Modal

Dari modal analisis didapatkan perbedaan dari frekuensi pribadi yang terdapat dalam cincin luar bantalan bola yang tidak ada cacatnya dengan cincin luar bantalan bola yang ada cacatnya. Tabel 4 di bawah ini adalah tabel hasil dari perbedaan frekuensi pribadi yang terdapat pada cincin luar bantalan bola.

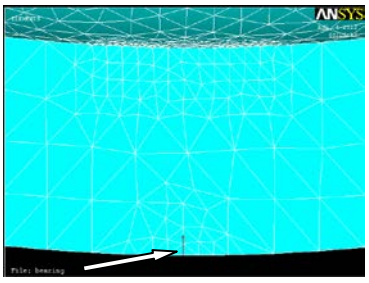
Tabel 4. Perbandinagan frekuansi pribadi dari cincin luar bantalan bola.

cincin luar bantalan	tidak ada cacat	cacat penampang lingkaran	cacat penampang persegi
frekunsi pertama	20001 Hz	20000 Hz	20002 Hz
frekuensi terakhir	120350 Hz	567320 Hz	687840 Hz
jumlah frekuensi	6486	11206	15056

Dari tabel diatas frekuensi pribadi yang terjadi pada cincin luar bantalan bola yang tidak ada cacatnya berbeda dengan cincin luar bantalan bola yang ada cacatnya adalah berbeda.

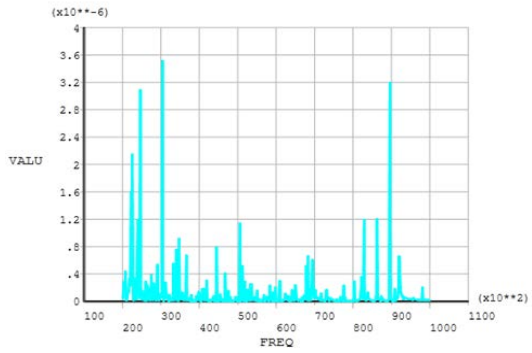
3.2 Analisa Harmonik

Dari penelititan analisa harmonik diatas maka di dapatkan grafik *frequency respons function*, Sedangkan letak nodal pengambilan data adalah sama dengan letak nodal pembebanan pada penelitian analiasa harmonik seperti yang ditunjukkan gambar 9 di bawah ini.

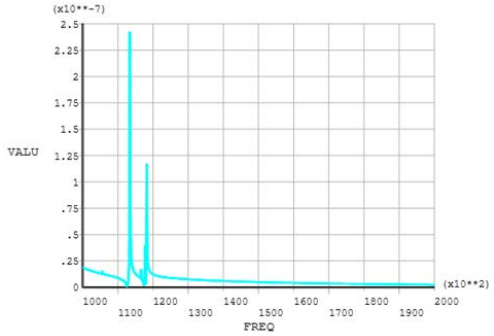


Gambar 9. Letak nodal pengambilan data

- Cincin luar bantalan bola tanpa cacat didapatkan grafik *frequency respons function* seperti pada gambar 10 dan gambar 11 dibawah ini.

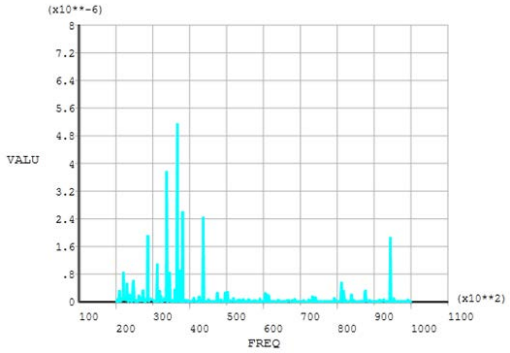


Gambar 10. Grafik *frequency response function range* 20 KHz -100 KHz cincin luar bantalan bola tanpa cacat.

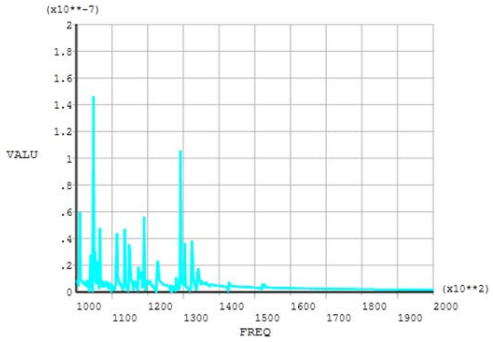


Gambar 11. Grafik *frequency response function range* 100 KHz – 200 KHz cincin luar bantalan bola tanpa cacat.

- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat berbentuk lingkaran berdiameter 2 mm didapatkan grafik *frequency respons function* seperti pada gambar 12 dan gambar 13 dibawah ini.

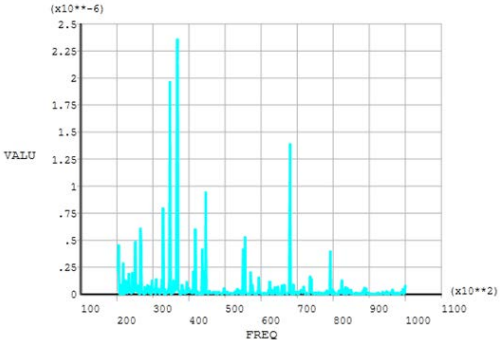


Gambar 12. Grafik *frequency response function range* 20 KHz -100 KHz cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran berdiameter 2 mm.

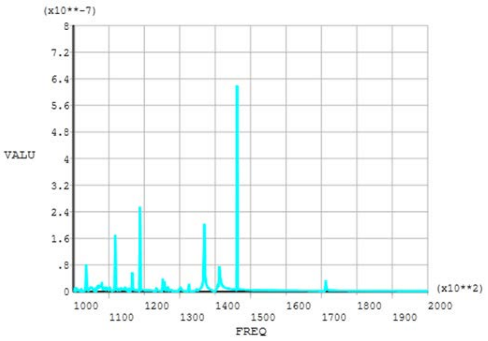


Gambar 13. Grafik *frequency response function range* 100 KHz -200 KHz cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran berdiameter 2 mm.

- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm didapatkan grafik *frequency respons function* seperti gambar 14 dan gambar 15 dibawah ini.



Gambar 14. Grafik *frequency response function range* 20 KHz – 100 KHz cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm.



Gambar 15. Grafik *frequency response function range* 100 KHz – 200 KHz cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm.

Dari ketiga kondisi dari cincin luar bantalan bola apabila dengan kekakuan yang sama tetapi massanya berkurang seperti maka frekuensi akan bergeser ke sebelah kiri seperti pada frekuensi 113.400 Hz ketika berada pada

kondisi normal frekuensi pribadinya terjadi pada frekuensi tersebut. Tetapi pada waktu terjadi pada kondisi ring luar yang diberi cacat maka frekuensi pribadinya akan bergeser ke sebelah kiri. Tetapi untuk frekuensi 30.400 Hz frekuensi pada waktu cincin luar diberi cacat tidak dapat terlihat karena *range* frkuensinya mulai dari 20 KHz.

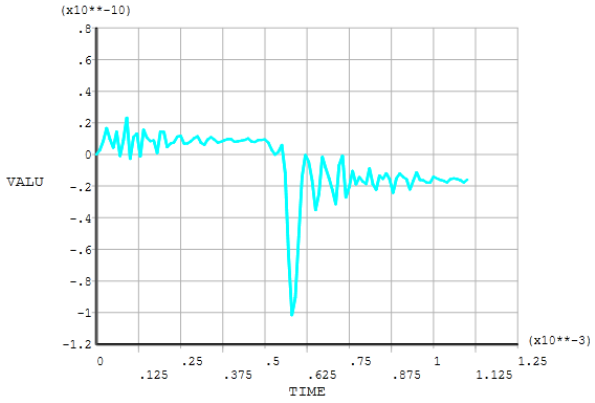
3.3 Analisa Dinamis Transien

Dari penelitian analisa dinamis trasien diatas maka didapatkan grafik respon transien dari cincin luar bantalan bola. Sedangkan letak pengambilan datanya adalah sama dengan letak nodal pengambilan data pada penelitian analisa harmonik diatas.

Untuk grafik respon transien dari cincin luar bantalan bola ditunjukkan pada gambar – gambar di bawah ini.

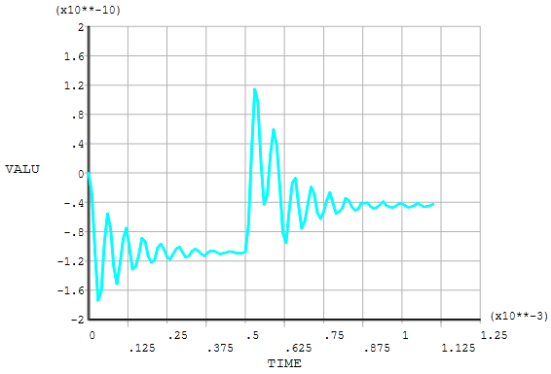
➢ Grafik respon perpindahan

- Cincin luar bantalan bola tanpa cacat didapatkan grafik respon perpindahannya seperti gambar 16 di bawah ini.



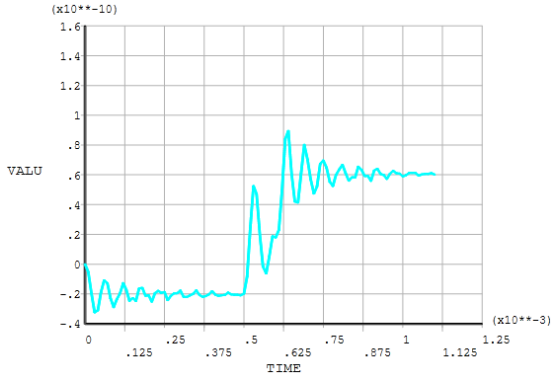
Gambar 16. Grafik respon perpindahan dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat.

- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm didapatkaan grafik respon perpindahannya seperti gambar 17 di bawah ini.



Gambar 17. Grafik respon perpindahan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm.

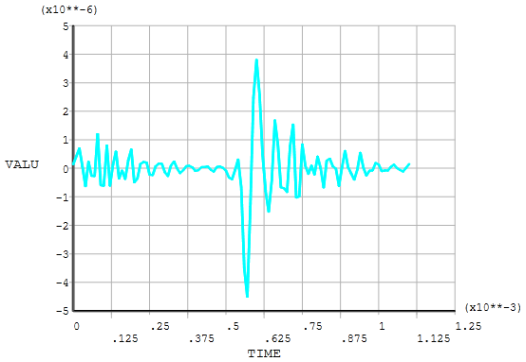
- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm didapatkaan grafik respon perpindahannya pada gambar 18 di bawah ini.



Gambar 18. Grafik respon perpindahan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm.

➢ Grafik respon kecepatan

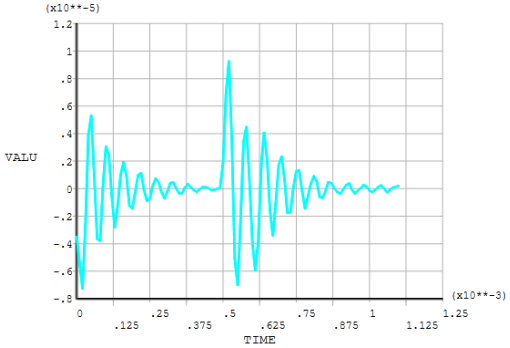
- Cincin luar bantalan bola tanpa cacat didapatkan grafik respon kecepatannya seperti gambar 19 di bawah ini.



Gambar 19. Grafik respon kecepatan dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat.

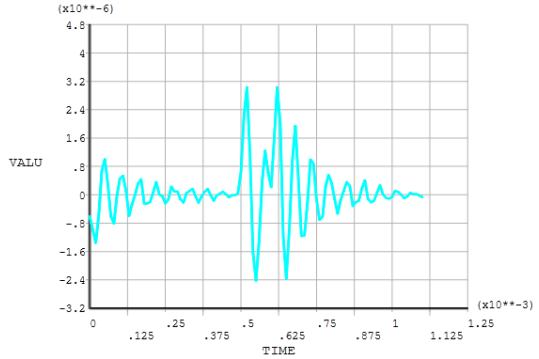
- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm didapatkan

grafik respon kecepatannya seperti gambar 20 di bawah ini.



Gambar 20. Grafik respon kecepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm.

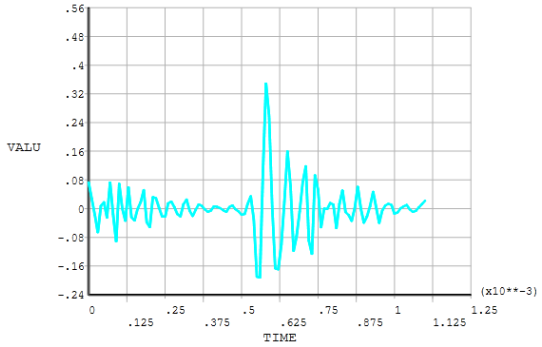
- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 m m didapatkan grafik respon kecepatannya seperti gambar 21 di bawah ini.



Gambar 21. Grafik respon kecepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm.

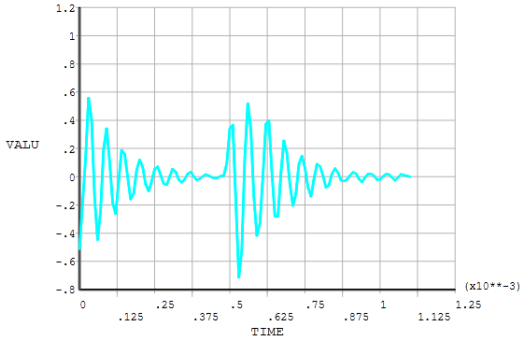
➢ Grafik respon percepatan

- Cincin luar bantalan bola tanpa cacat didapatkan grafik respon percepatannya seperti gambar 22 di bawah ini.



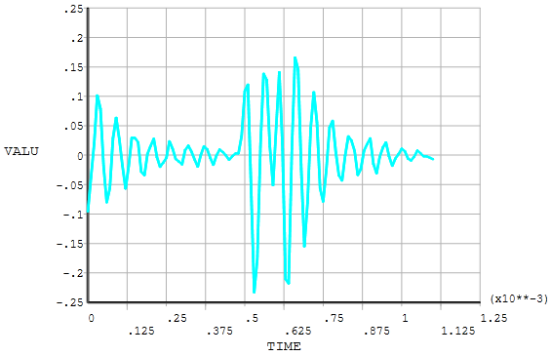
Gambar 22. Grafik respon percepatan dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat.

- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm didapatkan grafik respon percepatannya pada gambar 23 di bawah ini.



Gambar 23. Grafik respon percepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran diameter 2 mm.

- Cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm didapatkan grafik respon percepatannya pada gambar 24 di bawah ini.



Gambar 24. Grafik respon percepatan dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi dengan sisi 2 mm.

➢ Perbandingan amplitudo pada respon transien.

Dari hasil grafik di atas didapatkan bahwa ada perbedaan nilai dari amplitudo tertinggi dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat dengan cincin luar bantalan bola yang ada cacatnya. Perbedaan nilai amplitudo tertinggi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. Perbandingan amplitudo pada respon transien.

Kondisi	perpindahan	Kecepatan	percepatan
tanpa cacat	$0.233\times 10^{-10}\ m$	$0.381\times 10^{-5}\ m/s$	$0.349\times 10\ m/s^2$
cacat silinder	$0.115\times 10^{-10}\ m$	$0.929\times 10^{-5}\ m/s$	$0.559\times 10\ m/s^2$
cacat kubus	$0.895\times 10^{-10}\ m$	$0.304\times 10^{-5}\ m/s$	$0.166\times 10\ m/s^2$

- Hasil dan perbandingan dari energi terdisipasi

Dari nilai – nilai respon perpindahan dapat dihitung energi terdisipasinya. Dari nilai – nilai respon perpindahan tersebut dikuadratkan dan kemudian dijumlahkan maka dapat diketahui nilai energi terdisipasinya [9]. Berikut ini adalah tabel nilai energi yang terdisipasi dari cincin luar bantalan bola tersebut.

Dari nilai energi terdisipasi tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai energi terdisipasi untuk cincin luar bantalan tanpa cacat nilainya seharusnya lebih besar dari nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola yang ada cacatnya, namun dalam penelitian ini didapatkan nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola tanpa cacat nilainya lebih kecil dari nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola yang ada cacatnya tetapi perbedaannya kecil sekali.

Tabel 6. Nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola.

bentuk cacat	tidak ada cacat	cacat lingkaran	cacat persegi
luas area cacat	0 mm^2	3.14 mm^2	4 mm^2
energi	4.51 × $10-20$	7.57× $10-19$	2.14× $10-19$

Sedangkan untuk nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran nilainya lebih besar daripada nilai energi terdisipasi dari cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat persegi karena luas permukaan cacatnya lebih luas cincin luar bantalan bola dengan penampang cacat lingkaran.

4. Kesimpulan

Sinyal getaran yang terjadi antara cincin luar bantalan bola yang tidak ada cacatnya dan ada cacatnya berbeda dari amplitudo tertingginya. Begitu juga jika luas area cacatnya berbeda maka sinyal getarannya juga berbeda amplitudo tertingginya.

5. Referensi

[1]. A. S. Malhi, "*Finite element modeling of vibrations caused by a defect in the outer ring of a ball bearing*", University of Massachusetts – Amherst,ELAB 202.

[2]. Zeki Kiral, *"Simulation and analysis of vibration signals generated by rolling element bearings with defects"* 2002, Dokuz Eylul University.

[3]. T. Harris, "*Rolling bearing analysis*", 1991, 3rd. Ed., Wiley, New York.

[4]. SKF *general catalogue*, 2003, SKF group.

[5]. *Modal analysis training manuals*, ANSYS inc.

[6]. R. Keith Mobley, *"Plant Engineer's Handbook"*, 2001, Knoxville, Tennessee, USA.

[7]. *Harmonic analysis training manuals*, ANSYS inc.

[8]. ANSYS *mechanical* APDL *Tutorial*, ANSYS inc.

[9]. *Damped vibration*, Indian Institute of Technology Delhi.