

19.907/4/04

TUGAS AKHIR
(KS 1701)



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER

**PENGUJIAN KOPLING SILANG KARET BAN PADA MOTOR
LISTRIK SEBAGAI TENAGA PENGGERAK**



RISP
623.810.3
201
p-1
2004

Oleh :

ZAINI
4298 109 003

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	9-3-2004
Terima Ilahi	H/
No. Agenda Prp.	719859

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2004

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan Judul :

PENGUJIAN KOPLING SILANG KARET BAN PADA MOTOR LISTRIK SEBAGAI TENAGA PENGGERAK

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagai Persyaratan Untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada

Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Surabaya, Februari 2004
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Ir. Eddy Setyo K, M.Sc
NIP. 132.133.978



Dosen Pembimbing II

Ir. I Made Ariana, MT
NIP. 132.133.971



KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas rahmat yang dilimpahkannya sehingga saya bisa menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“PENGUJIAN KOPLING SILANG KARET BAN PADA MOTOR LISTRIK SEBAGAI TENAGA PENGGERAK”**. Tak lupa pula Sholawat serta Salam kami panjatkan kehadiran Nabi besar Muhammad SAW karena atas jasa beliau dunia ini menjadi terang benderang dan terangkat dari jahiliah.

Dalam tugas akhir ini penulis telah berupaya benar-benar pengerjaannya tentunya dengan harapan penelitian ini mempunyai arti, sehingga mampu dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Dalam pengerjaan penelitian segala perasaan telah bercampur aduk menjadi satu. Senang, susah, cemas, bimbang, optimis, kecewa, capek, dan masih banyak lagi yang tak mampu diungkapkan lewat tulisan.

Atas segala bantuan, bimbingan dan pengarahan yang telah diberikan, baik dalam percobaan maupun penyusunan laporan ini. Oleh karena itu kami ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kepada orang tuaku, Ayah (almarhum) dan Ibuku serta ketiga saudaraku yang senantiasa memberikan semangat dan doa untuk supaya penulis cepat lulus.
2. Bapak Ir. Eddy Setyo K, MSc, selaku dosen pembimbing I dalam pengerjaan tugas akhir ini.



TUGAS AKHIR KS 1701

3. Bapak Ir. I Made Ariana, MT, selaku dosen pembimbing II dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Suryo Widodo Adji, MSc, selaku ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS
5. Bapak Ir. M. Orianto, BSc, selaku kepala iab getaran Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
6. Bapak Ir. Asianto, selaku dosen wali Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
7. Kepada rekan-rekan angkatan 98 (reg&eks), Koko, Koiron, Achmadi, Selamat (rachmad), Tommy, Bokir, Dedy, Lazim, Boss Arianto, Jeas Men, Ikomudin, Fustana, Dian, Candra, Sholikun, Dodik, Tantin Serta banyak pihak yang telah banyak membantu dan tidak mungkin disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwasanya dalam pengerjaan tugas akhir ini masih terdapat kekurangan yang disebabkan karena keterbatasan waktu dan wawasan saya. Oleh karena itu saya mengharapkan adanya saran dan kritik yang bersifat membangun.

Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua terutama bagi penulis. Amin.

Surabaya, Februari 2004

Penulis



ABSTRAK

Dalam dunia industri sering kali dijumpai motor listrik terutama dengan kecepatan tinggi yang mengalami kerusakan, dan salah satu contoh kerusakan adalah disebabkan adanya misalignment. Untuk itu pada sebuah sistem transmisi, shaft alignment memiliki peranan yang sangat penting. Misalignment akan mengakibatkan fungsi dari sistem transmisi tidak berfungsi, sehingga mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit. Salah satu indikator terjadinya misalignment pada sebuah motor listrik adalah terjadinya getaran yang berlebihan. Untuk itu dilakukan design kopling silang karet ban dalam mengeliminasi pengaruh misalignment yang dapat mengakibatkan getaran yang berlebihan. Metode yang digunakan adalah perbandingan tingkat besarnya amplitudo getaran antara kopling tetap (kaku) dengan kopling fleksibel (kopling silang karet ban) pada badan motor listrik. Bearing 1, bearing 2 pada 600, 800, 1000, 1200 rpm baik yang mengalami deviasi sudut (1° , 2°) atau tidak. Pada percobaan pada kondisi misalignment kopling silang karet ban yang harganya murah ini dapat mengeliminasi terjadinya getaran yang berlebihan, sebagai contoh tingkat perbandingan besarnya amplitudo getaran pada kopling tetap (kaku) dengan kopling silang karet ban pada waktu mengalami deviasi sudut 2° (pada badan motor listrik) pada putaran 1200 rpm, 0.09995 mm (kopling kaku) dan 0.00996 mm (kopling silang karet ban).

**DAFTAR TABEL**

1. Tabel 2.1	Faktor korelasi	II-9
2. Tabel 2.2	Standart baja karbon untuk kontruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros	II-18
3. Tabel 2.3	Ukuran flens kopling (JIS B 1451-11962)	II-24
4. Tabel 2.4	Bahan untuk flens dan baut kopling tetap	II-25
5. Tabel 3.1	Data uji momen puntir NBR dengan benang nilon	III-13
6. Tabel 3.2	Data uji tarik NBR dengan benag nilon	III-14
7. Tabel 3.3	Hasil Pengujian getaran pada kopling tetep (kaku) tanpa mengalami deviasi sudut	III-15
8. Tabel 3.4	Hasil Pengujian getaran pada kopling tetep (kaku) mengalami deviasi sudut 1°	III-16
9. Tabel 3.5	Hasil Pengujian getaran pada kopling tetep (kaku) tanpa mengalami deviasi sudut 2°	III-17
10. Tabel 3.6	Hasil Pengujian getaran pada kopling tetep silang karet ban tanpa mengalami deviasi sudut	III-18
11. Tabel 3.7	Hasil Pengujian getaran pada kopling tetep silang karet ban mengalami deviasi sudut 1°	III-19
12. Tabel 3.8	Hasil Pengujian getaran pada kopling tetep silang karet ban tanpa tanpa mengalami deviasi sudut 2°	III-18



TUGAS AKHIR KS 1701

- | | | |
|---------------|---|-------|
| 13. Tabel 4.1 | Data percobaan uji puntir kopling jenis NBR pakai nilon | IV-1 |
| 14. Tabel 4.2 | Hasil Pengujian uji puntir dalam bentuk radian Vs kg.m | IV-2 |
| 15. Tabel 4.3 | Variasi pengukuran kopling dan sudut | IV-18 |
| 16. Tabel 4.4 | Hasil pengukuran kopling tetap (kaku) dan kopling silang karet ban baik yang mengalami deviasi sudut maupun tidak pada motor listrik. | IV-18 |
| 17. Tabel 4.5 | Hasil pengukuran kopling tetap (kaku) dan kopling silang karet ban baik yang mengalami deviasi sudut maupun tidak pada bearing 1 | IV-18 |
| 18. Tabel 4.6 | Hasil pengukuran kopling tetap (kaku) dan kopling silang karet ban baik yang mengalami deviasi sudut maupun tidak pada bearing 2 | V-19 |



DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Kopling fletis kaku	II-3
2. Gambar 2.2 Hubungan antara besarnya misalignment dengan usia teknis permesinan	II-4
3. Gambar 2.3 Tiga macam kesalahan pemasangan kopling dan sebuah gambar kopling karet ban	II-5
4. Gambar 2.4 Daerah kesalahan yang diperbolehkan pada kopling karet ban	II-7
5. Gambar 2.5 Garis pengenalan pada sebuah kopling fleksibel dan perputaran sudut pada energi tumbuk tertentu untuk macam – macam garis pengenalan I dan garis pengenalan II	I I-8
6. Gambar 2.6 aplikasi kopling fleksibel pada sistem transmisi yang mengalami misalignment	II-13
7. Gambar 2.7 Definisi misalignmet	II-14
8. Gambar 2.8 Petunjuk besarnya misalignment pada kopling tetap	II-15
9. Gambar 2.9 Grafik amplitudo getaran yang diijinkan	II-16
10. Gambar 3.1 Flow chart pengerjaan tugas akhir	III-2
11. Gambar 3.2 Bentuk pemodelan motor listrik sebagai tenaga penggerak	III-3
12. Gambar 3.3 Koplig silang karet ban yang akan direncanakan	III-5
13. Gambar 3.4 Bentuk-bentuk kesalahan dalam hal pemasangan poros	III-6
14. Gambar 3.5 Gambar specement uji tarik	III-14



TUGAS AKHIR KS 1701

- | | |
|---|-------|
| 15. Gambar 4.1 Grafik hasil pengujian puntir | IV-1 |
| 16. Gambar 4.2 grafik hasil pengujian puntir radian Vs Torsi, untuk mencari K | IV-3 |
| 17. Gambar 4.3 Bentuk poros dengan diameter 33 mm | IV-16 |
| 18. Gambar 4.5 Grafik amplitudo getaran hasil pengukura pada kopling tetap (kaku) dan kopling sialng karet ban pada badan motor listrik | IV-19 |
| 19. Gambar 4.6 Grafik amplitudo getaran hasil pengukura pada kopling tetap (kaku) dan kopling sialng karet ban pada bearing 1 | IV-20 |
| 20. Gambar 4.7 Grafik amplitudo getaran hasil pengukura pada kopling tetap (kaku) dan kopling sialng karet ban pada bearing 2 | IV-20 |



DAFTAR ISI

1. Kata pengantar	i
2. Abstrak	ii
3. Daftar tabel	iii
4. Daftar gambar	iv
3. Daftar isi	v
4. Bab I Pendahuluan	
1.1 Latar belakang	
	I-1
1.2 Tujuan	I-3
1.3 Manfaat	I-3
1.4 Permasalahan	I-4
1.5 Batasan masalah	I-5
1.6 Sistematika aporan	I-5
5. Bab II Dasar Teori	
II.1 Kopling	II-1
II.1.1 Kopling kaku	II-1
II.1.2 Pengaturan poros	II-3
II.1.3 Penyambungan poros	II-4
II.2 Kopling silang karet ban	II-6






TUGAS AKHIR KS 1701

II.2.1	Bahan poros	II-17
II.2.2	Poros dengan beban puntir	II-18
II.2.3	Perhitungan putaran kritis	II-21
II.2.4	Ukuran flens kopling	II-23
II.3	Getaran	II-28
II.3.1	Getaran-getaran diporos	II-29
6.	Bab III Metode Penelitian	
III.1	Hasil pengukuran pemodelan	III-3
III.2	Spesifikasi peralatan uji	III-5
III.3	Spesifikasi alat bantu pengujian	III-6
III.4	Pembuatan kopling silang karet ban	III-8
III.4.1	Hal-hal penting dalam perencanaan kopling	III-8
III.5	Percobaan uji material	III-8
III.5.1	Percobaan uji material momen puntir	III-9
III.5.2	Percobaan uji material kekuatan tarik	III-10
III.6	Percobaan kopling silang karet ban (getaran)	III-10
7.	Bab IV Analisa Hasil Pengujian	
IV.1	Analisa hasil pengujian material	IV-1
IV.1.1	Pengujian material karet (momen Puntir)	IV-1
IV.1.2	Perhitungan diameter karet kopling dari hasil pengujian material karet (puntir)	IV-1
IV.1.3	Perhitungan modulus elastisitas karet NBR pakai nilon pada	



TUGAS AKHIR KS 1701

pengujian tarik	IV-5
IV.2 Perhitungan kopling silang karet ban menurut metode Sularso	IV-7
IV.2.1 Perhitungan poros piringan	IV-8
IV.2.2 Analisa flens dan baut kopling	IV-11
IV.3 Perhitungan penentuan jarak ujung poros ke dasar lantai meja pada waktu mengalami sudut tertentu	IV-14
IV.4 Perhitungan putaran kritis	IV-15
IV.5 Analisa hasil pengukuran getaran	IV-17
8. Bab V Kesimpulan Dan Saran	V-1
9. Bab VI Daftar pustaka	VI-1
10. Lampiran	



BAB I
PENDAHULUAN



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri sering kali dijumpai motor listrik terutama dengan kecepatan tinggi yang mengalami kerusakan akibat adanya misalignment. Untuk itu pada suatu transmisi, pengaturan poros memiliki peranan yang sangat penting. Misalignment akan mengakibatkan fungsi dari sistem transmisi tidak berfungsi, sehingga mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit jumlahnya. Dan pada saat ini masih belum banyak tenaga ahli yang benar-benar menghitung kerugian financial yang diakibatkan kerusakan permesinan secara dini, penurunan jumlah produksi dan peningkatan kebutuhan energi yang semuanya disebabkan misalignment dari rotasi motor listrik.

Salah satu indikator terjadinya misalignment pada sebuah motor listrik adalah terjadinya getaran yang berlebihan. Sebuah kopling fleksibel dapat mengelaminasi pengaruh dari adanya misalignment ini, sebuah kopling silang karet ban yang harganya murah di harapkan dapat mengatasi permasalahan terjadinya misalignment pada motor listrik di dunia industri.

Perkembangan teknologi berkembang sering dengan adanya permasalahan-permasalahan yang timbul didunia industri, tuntutan kehidupan serta perkembangan ilmu pengetahuan. Salah satu bagaian dari perkembangan teknologi tersebut adalah kopling silang karet ban. Yang mana munculnya teknologi tersebut adalah timbulnya



TUGAS AKHIR KS 1701

permasalahan-permasalahan dalam kehidupan sehari-hari pada sistem perporosan motor listrik di dunia industri.

Misalignment pada sistem perporosan juga mengakibatkan pemurunan usia dari mesin itu sendiri. Bahkan pada saat ini, pengaturan poros pada rotasi mesin yang ada pada dunia industri banyak yang tidak bagus. Yang mana dengan pengaturan poros pada rotasi mesin dapat mengurangi kelebihan gaya aksial dan radial yang bekerja pada bantalan, besarnya gaya-gaya yang bekerja pada komponen kopling, baut, kebengkokan dan getaran yang berlebihan. Pada beberapa motor listrik di dunia industri banyak sekali di jumpai Kopling silang karet ban, yang mana digunakan untuk menghubungkan motor listrik dengan pompa melalui kopling silang karet ban tersebut. Akan tetapi dalam pemasangan poros banyak sekali terjadi misalignment pada sistem perporosan, misalignment ini terjadi karena pemasangan sistem perporosan yang dihubungkannya tidak benar-benar lurus. Misalignment ini juga dapat mengurangi umur pakai dari motor listrik itu sendiri.

Kopling silang karet ban ini adalah suatu alat yang bekerja dengan baik meskipun kedua sumbu poros yang dihubungkannya tidak benar-benar lurus. Selain itu kopling silang karet ban ini juga dapat meredam tumbukan dan getaran yang terjadi pada sistem transmisi, kopling silang karet ban ini dapat meneruskan daya dengan halus, dapat mengatasi kerusakan yang berlebihan pada bantalan, seal, poros, pemasangan dan pelepasan juga dapat dilakukan dengan mudah. Variasi beban dapat diserap karet, sedangkan hubungan listrik antara kedua poros dapat di jegah.



Berdasarkan sudut pandang peneliti, kopling silang karet ban ini dapat dipergunakan untuk mengurangi terjadinya getaran akibat adanya misalignment pada sistem perporosan pada motor listrik. Dan dalam tugas akhir penulis bertujuan untuk membuktikan hipotesa awal tadi dengan mengadakan pengujian getaran kopling silang karet ban pada motor listrik di laboratorium getaran sehingga kerusakan yang terjadi pada motor penggerak, poros, bantalan dan kopling dapat diminimalkan.

Untuk mengetahui seberapa besar kopling silang karet ban ini dapat mengurangi terjadinya misalignment yang mengakibatkan getaran aksial dan radial, dilakukan pengujian misalignment ini dari beberapa kemiringan poros terhadap motor penggerak

1.2 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah mendesign kopling silang karet ban dalam mengeliminasi pengaruh misalignment yang mana dapat mengakibatkan terjadinya getaran pada sistem perporosan yang sering terjadi pada motor listrik.

1.3 Manfaat

Penelitian yang dilakukan ini bermanfaat sekali bagi mahasiswa dalam menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh selama kuliah, disamping itu penelitian ini merupakan salah satu usaha untuk mengurangi pengaruh misalignment poros pada motor listrik yang mana dapat menyebabkan terjadinya getaran aksial dan radial yang berlebihan.



1.4 Permasalahan

Pada sebuah sistem transmisi misalignment akan mengakibatkan fungsi dari sistem tidak berfungsi, sehingga berakibat pada kerugian finansial. Misalignment akan mengakibatkan kerusakan bantalan, seal, poros atau kopling secara dimi dan timbulnya getaran yang berlebihan. Ada 2 metode untuk mengurangi terjadinya misalignment, yaitu pertama dengan cara shaft alignment, yang mana pelurusan poros ini harus benar-benar dilakukan oleh SDM yang bagus, mereka harus memiliki pengetahuan dan memahami peralatan-peralatan yang akan dipakai untuk bekerja dan peralatan-peralatan itu dapat berfungsi dengan baik. Selain itu pada sistem permesinan dapat berubah secara tiba-tiba setelah mesin dijalankan, sehingga mesin akan berubah secara perlahan-lahan pada pondasi yang terkait, perubahan temperatur, dan sentakan dari badan mesin keluar dari kelurusan, oleh karena itu sesering mungkin pengecekan pelurusan hendaknya dilakukan pada semua peralatan yang menggunakan sebuah sistem transmisi. Yang kedua yaitu dengan cara penggunaan kopling fleksibel yaitu, kopling silang karet ban. Yang mana penggunaan dari kopling ini diharapkan dapat mengatasi permasalahan diatas sehingga kerusakan-kerusakan pada motor listrik, seal dan bantalan atau kopling itu sendiri yang mana kesemuanya ini disebabkan misalignment dapat dihindari. Untuk itu peneliti bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kopling ini dapat mengurangi terjadi getaran yang berlebihan yang disebabkan oleh misalignment.



TUGAS AKHIR KS 1701

1.5 Batasan masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah hanya membahas besarnya getaran yang terjadi dari kopling silang karet ban pada motor listrik, kekuatan material, dimana kekuatan material ini adalah kekuatan karet itu sendiri dalam mengatasi momen puntir, gaya tarik dan pondasi dibuat kemiringan tertentu sesuai dengan standart.

1.6 Sistematika laporan

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini membahas tentang latar belakang tugas akhir, perumusan masalah, pembatasan masalah serta tujuan dan manfaat tugas akhir.

Bab II Dasar Teori

Pada bab ini akan dibahas tentang teori-teori mengenai sistem kopling, getaran serta shaft alignment serta pengetahuan lain yang mendukung tugas akhir ini.

Bab III Metode

Pada bab ini akan dibahas pembuatan sebuah kopling silang dari karet ban, pengujian material (karet) terhadap momen puntir dan gaya tarik, pengujian getaran pada sebuah sistem transmisi yang tidak mengalami misalignment dan yang mengalami misalignment pada kopling silang karet ban, pengujian getaran pada sebuah sistem transmisi yang menggunakan kopling tetap yang tidak mengalami misalignment, pengolahan data, pembuatan laporan.



MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER



Bab IV Analisa Data Eksperimen

Pada bab ini akan dibahas tentang hasil-hasil yang telah dicapai dalam pengerjaan tugas akhir ini dan manfaat-manfaat dari pengerjaan tugas akhir.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab ini berisikan kesimpulan dari tugas akhir.



BAB II
DASAR TEORI



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Kopling

Kopling adalah elemen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakan. Sumbu kedua poros yang yang dihubungkan tersebut terletak pada satu garis lurus atau dapat sedikit berbeda sumbunya.

Kopling ada dua macam :

1. kopling tetap
2. kopling tak tetap

kopling tetap adalah suatu elemen mesin yang berfungsi penerus putaran dan daya dari poros penggerak ke poros yang digerakan secara pasti (tanpa terjadi slip), dimana sumbu ke dua poros tersebut terletak pada satu garis lurus atau dapat sedikit berbeda sumbuhnya. Berbeda dengan kopling tak tetap yang dapat dilepaskan dan dihubungkan bila diperlukan, maka kopling tetap selalu dalam keadaan terhubung.

Sedangkan kopling tak tetap adalah suatu elemen mesin yang menghubungkan poros yang digerakan dan poros penggerak, dengan putaran yang sama dalam meneruskan daya, serta dapat melepaskan hubungan kedua poros tersebut baik dalam keadaan diam maupun berputar.



TUGAS AKHIR KS 1701

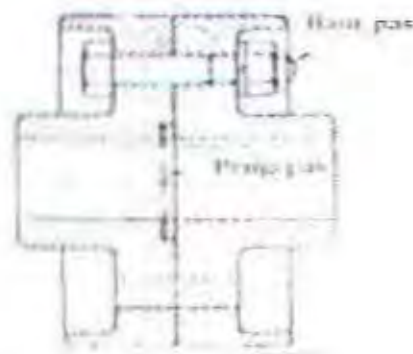
Kopling tetap mencakup kopling kaku yang tidak menghendaki ketidaklurusan ke dua sumbu poros, kopling luwes (fleksibel) yang mengizinkan sedikit ketidak lurusan sumbu poros, dan kopling universal yang dipergunakan bila ke dua poros akan membentuk sudut yang cukup besar (Ir. Sularso, 1979).

2.1.1 Kopling kaku

Kopling kaku dipergunakan bila kedua poros harus dihubungkan dengan dua sumbu segaris. Kopling ini dipakai pada poros mesin dan transmisi umum di pabrik-pabrik. Kopling flens kaku terdiri atas naf dan flens yang terbuat dari besi cor, dan di pasang pada ujung poros dan diberi pasak serta di ikat dengan baut pada flensnya. Dalam beberapa hal naf dipasang pada poros dengan sumbu pres atau kerut. Kopling ini tidak mengizinkan ketidaklurusan kedua sumbu poros serta tidak dapat mengurangi tumbukan dan getaran transmisi. Pada waktu pemasangan, sumbu ke dua poros harus terlebih dahulu di usahakan segaris dengan tepat sebelum baut-baut flens di keraskan.

Tabel 2.3 menunjukkan bentuk dan ukuran flens kaku.

Mula-mula perlu diketahui besarnya daya dan putaran yang akan diteruskan poros penggerak. Jika diameter poros penggerak sudah tertentu seperti pada poros motor listrik, periksalah diameter tersebut dan ambil diameter yang sama untuk poros yang digerakan (Ir. Sularso, 1979).



Gambar 2.1 kopleng flens kaku

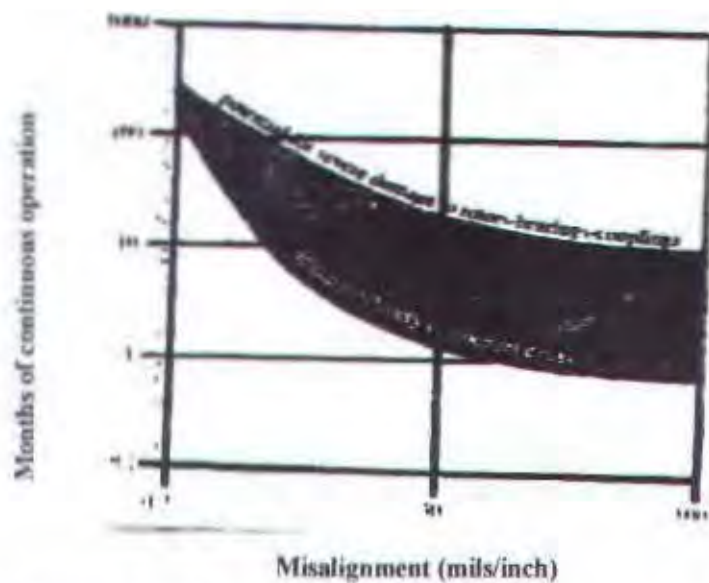
2.1.2 Pengaturan poros

Pada sebuah mesin transmisi, shaft alignment memiliki peranan yang sangat penting. Misalignment akan mengakibatkan fungsi dari sistem transmisi tidak berfungsi, sehingga mengakibatkan kerugian yang tidak sedikit. Dan pada saat ini masih belum banyak tenaga ahli yang benar-benar menghitung kerugian finansial yang diakibatkan oleh misalignment diantaranya kerusakan permesinan secara dini, penurunan jumlah produksi, dan peningkatan kebutuhan energi (John Piotrowski, 1995). Selain itu dengan penagaturan poros yang baik akan dapat mengurangi diantaranya :

1. pengurangan kelebihan gaya aksial dan radial yang bekerja pada bantalan.
2. mengeliminasi kemungkinan kegagalan poros dari adanya kelelahan.
3. meminimkan besarnya gaya-gaya yang bekerja pada komponen kopleng.
4. mengurangi pengaruh yang ditimbulkan akibat ke bengkokan.



5. mengurangi besarnya getaran yang di timbulkan.



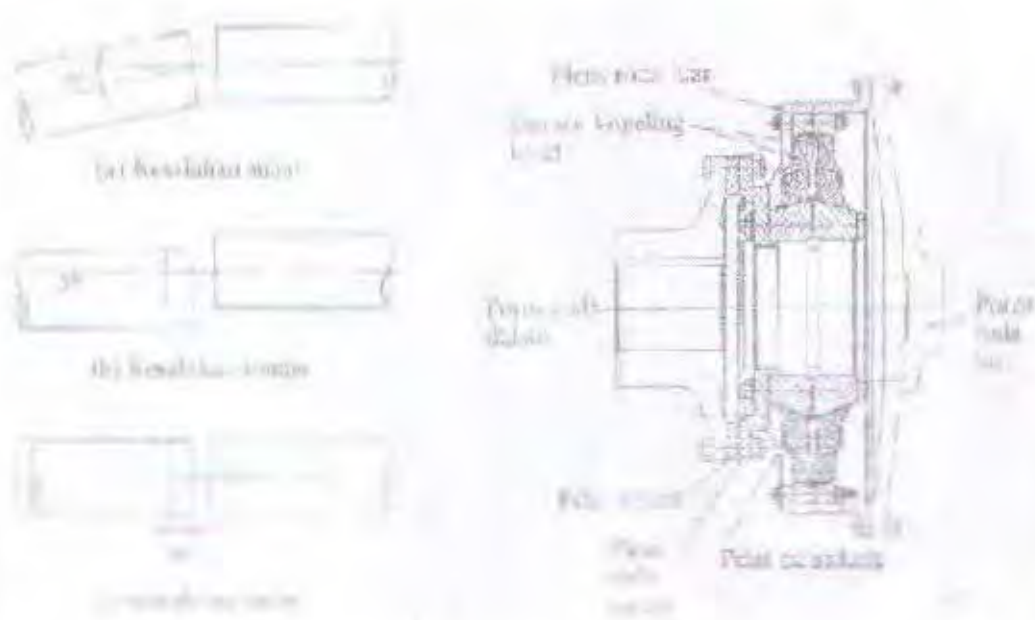
Gambar 2.2 Hubungan antara besarnya misalignment dengan usia teknis permesinan

2.1.3 Penyambungan Poros

Untuk motor-motor yang diperdagangkan tanpa kopling, maka pemilihan cara penyambungan poros dengan bebannya harus dipertimbangkan, yaitu cara penyetelan sumbu-sumbu poros dan variasi momen puntirnya. Maka dari kedua faktor tersebut di atas dapatlah ditentukan apakah cara penyambungannya akan dilakukan dengan kopling atau dengan perantara ban mesin. Masalah penyetelan tidak hanya terbatas pada mesin penggeraknya sendiri, tetapi juga penyetelan sistem secara keseluruhan. Proses penyeteran sempurna tidaklah mudah, oleh karena itu lebih baik jika dipergunakan kopling elastis, salah satunya adalah kopling silang karet ban.



Gambar 2.3-a menunjukkan sebuah kopling karet ban dengan tiga jenis kesalahan pemasangan yang terjadi, tetapi masih diperbolehkan, seperti terlihat pada Gbr. 2.3-b. disamping itu, karet merupakan peredam kejut dengan kekuatan torsi yang kecil terhadap variasi momen putar.



Gambar 2.3-a, b tiga macam kesalahan pemasangan kopling dan sebuah gambar kopling karet ban

Sementara itu, karet tersebut bersifat meredam getaran karena terjadinya deformasi berselang pada karet tersebut. Asalkan kekuatannya kecil, sistem yang mengalami getaran torsi yang terdiri atas momen inersia dari beban, kopling elastis dan momen inersia dari mesin, mempunyai frekwensi yang rendah. Dengan demikian



TUGAS AKHIR KS 1701

tidaklah terlalu sukar untuk mencegah terjadinya resonansi di dalam daerah putaran operasinya. Namun, pada mesin dengan jumlah silinder yang sedikit, oleh karena momen inersianya kecil maka frekwensinya pribadinya tinggi. Dengan demikian, variasi momen putarannya yang beramplitudo besar itu tak dapat ditahan oleh kopling karet yang lunak. Maka perancangan kopling porosnya pun akan menjadi sukar. Gambar 2.3-b menunjukkan jenis kopling karet yang lain. Di samping itu, masih banyak lagi jenis kopling yang dapat dipergunakan.

2.2 kopling silang karet ban

mesin-mesin yang dihubungkan dengan penggeraknya melalui kopling flens kaku, memerlukan penyetelen yang sangat teliti agar ke dua sumbu poros yang saling di hubungkan dapat menjadi satu garis lurus. Selain itu, getaran dan tumbukan yang terjadi dalam penerusan daya antara mesin penggerak dan yang digerakan tidak dapat diredam, sehingga dapat memperpendek umur mesin serta menimbulkan bunyi berisik.

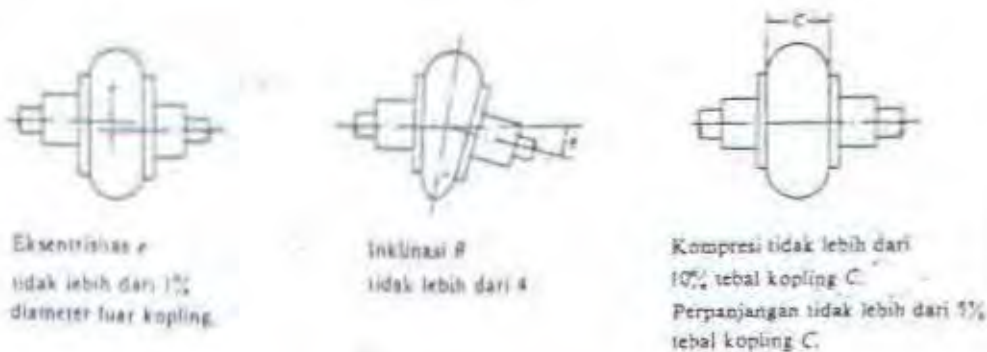
Untuk menghindari kesulitan-kesulitan diatas dapat dipergunakan kopling silang karet ban. Kopling silang karet ban ini dapat bekerja dengan baik meskipun kedua sumbu poros yang dihubungkannya tidak benar-benar lurus. Selain itu kopling ini juga dapat meredam tumbukan dan getaran yang terjadi pada transmisi.

Pemasangan dan pelepasannya juga dapat dilakukan dengan mudah karena hubungan dilakukan dengan mudah karena hubungan dilakukan dengan jepitan baut pada ban karetnya. Variasi beban dapat pula diserap oleh karet ban, sedangkan



TUGAS AKHIR KS 1701

hubungan listrik antara kedua poros dapat dicegah. Karena keuntungan demikian banyak, pemakaian kopling ini semakin luas.



Gambar 2.4 Daerah kesalahan yang diperbolehkan pada kopling karet ban

Beberapa produsen kopling ini menyediakan ukuran - ukuran standart. Untuk merencanakan atau melakukan, perlu diketahui lebih dahulu besarnya daya yang diteruskan, putaran poros, mesin yang dipakai, persyaratan kerja, dan lain-lain. Setelah tipe yang sesuai dipilih, kemudian diperiksa kekuatan bagaian-bagaianya serta bahan yang dipakai.

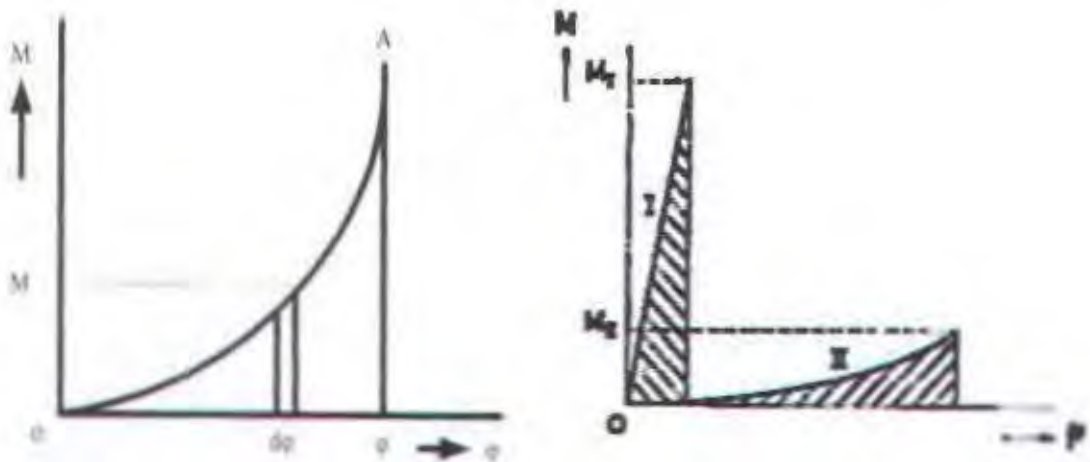
Ir. Jack Stock dan Ir. C. Kross Pada kopling karet ban ketika memindahkan momen dari bagaian satu ke bagaian yang lain, terjadi suatu perputaran sudut relatif θ yang dibuat oleh kedua paruhan kopling. Dalam gambar 2.5-a ditunjukkan kemungkinan hubungan antara momen dan θ . Garis OA dinamakan "garis pengenalan" kopling, yang mana untuk kopling fleksibel pada umumnya melengkung. Kerja yang dilakukan oleh momen M ketika mengalami sudut $d\theta$ adalah $M.d\theta$. jumlah kerja



TUGAS AKHIR KS 1701

$\Sigma M \cdot d\theta$ selama perubahan bentuk melalui sudut θ_a dengan demikian ditunjukkan oleh luas gambar $OABa$.

Dari sini didapatkan dengan langsung bahwa pada suatu tumbukan dengan sejumlah energi, momen puntir maksimum yang dalam hal ini terjadi menjadi kecil pada θ_a yang lebih besar; bandingkan garis pengenal I dan garis pengenal II dalam gambar 2.5-b yang berturut-turut untuk sebuah kopling kaku dan kopling fleksibel. (pada kopling karet ban dapat sebesar sampai 24° dan untuk kopling flender eupex dengan blok karet θ maks = 5°)



Gambar 2.5-a,b garis pengenal sebuah kopling fleksibel dan perputaran-sudut pada energi tumbuk tertentu untuk macam-macam pengenal I dan garis pengenal II

Ir. Sularso, Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan seperti pada kopling flens kaku. Salah satunya adalah taksiran variasi momen puntir, sebagai tambahan atas momen yang dihitung dari daya dan putaran poros.



TUGAS AKHIR KS 1701

Garis putus-putus menyatakan momen puntir T_m (kg.mm) yang dihitung dari daya nominal P (Kw) dan putaran n_i (rpm) dari suatu motor listrik. motor tersebut mampu memberikan daya tambahan yang cukup besar sesuai dengan permintaan diatas daya rata-rata yang sesungguhnya.

$$T_m = 9.74 \times 10^3 \times P/n_i \text{ (kg.mm)}$$

Bila terdapat sedikit variasi momen, kalikan harga T_m dengan faktor koreksi f_c untuk tumbukan dan umur ban (lihat tabel 2.1)

Tabel 2.1 Faktor korelasi (f_c)

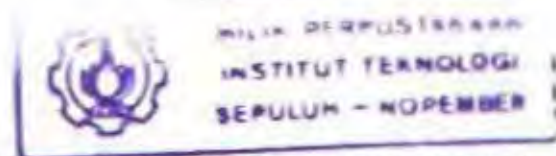
Watak sisi yang digerakkan / macam penggerak mula	Variasi momen puntir		
	Kecil	Sedang	Besar
	Motor listrik / Turbin uap	Motor Diesel dengan 6 silinder atau lebih Motor Bensin dengan 4 silinder atau lebih	Motor Diesel dengan kurang dari 6 silinder Motor Bensin dengan kurang dari 4 silinder
1 Momen awal : kecil Variasi momen : Kecil Kejutatan : ringan Putaran balik : tidak ada	1 - 1.5	1.5 - 2.0	2 - 3
2 Momen awal : sedang Variasi momen : sedang Kejutatan : sedang Putaran balik : tidak ada	1.5 - 2.0	2 - 2.5	2.5 - 4
3 Momen awal : besar Variasi momen : besar Kejutatan : besar Putaran balik : banyak	2 - 2.5	2.5 - 3.5	3.5 - 5



TUGAS AKHIR KS 1701

Bila variasi momen sangat besar seperti dikemukakan diatas, kalikan harga T_{max} (kg.mm) yang terbesardalam satu putaran dengan faktor koreksi yang sama f_c seperti diatas.

$$T_d = f_c T_{max}$$



pilihlah ukuran sedemikian rupa hingga momen T_d (kg.mm) lebih rendah dari pada momen normal maksimum dari kopling standart T_u (kg.mm). Perlu juga diperiksa apakah momen awal yang dikenakan beberapa kali dalam sehari juga lebih rendah dari harga T_d ini.

Untuk diameter perhitungan poros, faktor koreksi K_t untuk poros sudah tercakup di dalam T_d . Faktor korelasi lenturan C_b ditentukan atas dasar perkiraan apakah kopling tersebut di masa mendatang akan diganti dengan alat lain yang menimbulkan momen, anggapan tidak ada pergantian kopling dengan alat lain.

Dengan demikian rumus untuk diameter poros adalah :

$$D_s = [5.1.T_d / n_s]^{\frac{1}{3}}$$

pemeriksaan selanjutnya perlu dilakukan pada baut pengikat antara flens dengan logam pemasang kopling karet ban. Dalam hal kopling flens kaku yang dikat dengan baut pas, perhitungan kekuatan didasarkan pada setengah dari jumlah seluruh baut, karena distribusi gaya geser yang tidak merata. Tetapi pada kopling karet ban, karena flens dikat dengan baut tanam, maka momen yang diteruskan dapat dianggap terbagi rata pada semua baut. Dengan pemakaian baut tanam ini, tegangan geser terjadi pada ulir baut sehingga konsentrasi tegangan harus diperhatikan. Disini faktor



TUGAS AKHIR KS 1701

konstentrasi tegangan dapat diambil sebesar 3.0, maka besarnya tegangan yang diijinkan pada baut adalah

$$\tau_{ba} = \sigma_B / (Sf_1 \times Sf_2)$$

jika diameter inti baut adalah d_r , maka

$$\tau_b = \frac{8 \cdot T \text{ Max}}{\pi d_r^2 \cdot n_e \cdot B}$$

$$n_e = n$$

Akhirnya, pada kopling yang dipergunakan untuk meneruskan daya dari suatu penggerak mula dengan momen puntir yang sangat bervariasi seperti sebuah motor torak dengan jumlah silinder sedikit, atau kopling untuk menggerakkan mesin dengan beban yang bervariasi secara periodik, maka getaran puntir perlu diperiksa.

Penggunaan kopling silang karet ban pada sebuah sistem transmisi yang mengalami misalignment, sebagaimana pada gambar 2.6. pada gambar tersebut ini juga dapat di pergunakan sebagai ilustrasi hubungan antara dua poros pada sebuah sistem transmisi yang mengalami misalignment. Poros pompa tersebut akan menimbulkan sebuah gaya dengan arah ke bawah pada bantalan motor, karena berusaha membawa poros motor yang sejajar berputar pada sumbu putaran poros pompa. Sebaliknya, poros motor akan berusaha mengajak poros pompa berputar pada sumbu poros motor, sehingga menimbulkan sebuah gaya ke atas. Apabila gaya yang bekerja pada poros relatif besar, vektor gaya pada bantalan terluar motor mungkin kearah atas sedangkan gaya yang bekerja pada bantalan terluar pompa berarah ke

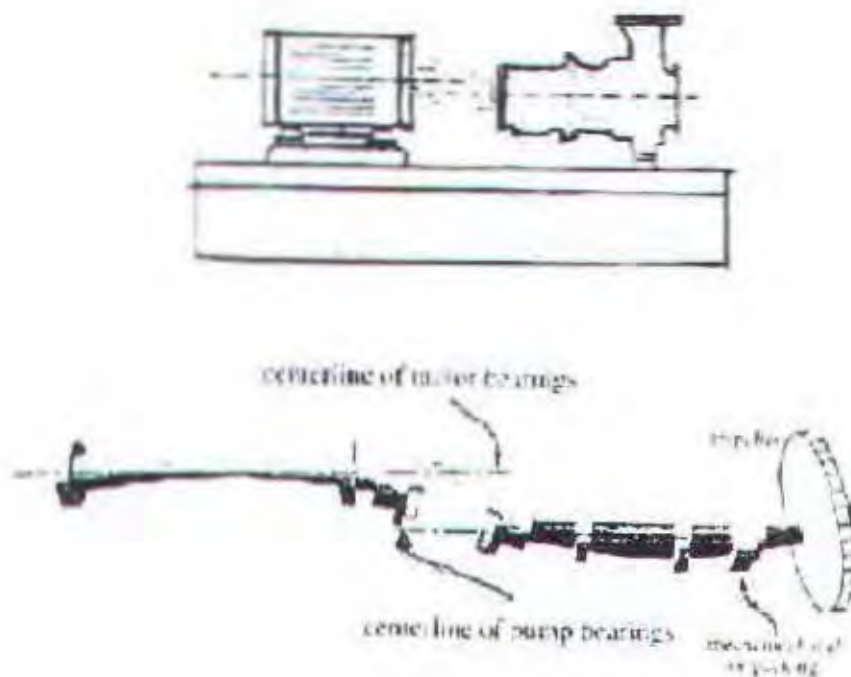


TUGAS AKHIR KS 1701

bawah. Mungkin akibat alasan inilah, mengapa misalignment yang terjadi tidak mengakibatkan getaran yang berlebihan, karena gaya-gaya yang bekerja memiliki arah yang sama.

Terjadinya misalignment tidak mudah dideteksi pada suatu sistem transmisi yang sedang beroperasi. Gaya-gaya radial yang di transmisikan dari poros ke poros adalah gaya statis dan sulit untuk dilakukan pengukuran secara eksternal. Sayangnya, tidak ada peralatan atau sensor yang dapat ditempatkan di luar rumah block agar dapat mengukur besarnya gaya yang bekerja pada bantalan, atau kopling. Sebagaimana konsekwensinya, apa yang sesungguhnya kita lihat merupakan pengaruh sekunder yang merupakan gejala-gejala misalignment. Gejala-gejala tersebut adalah :

- kerusakan bantalan, seal, poros atau kopling secara dini.
- Timbulnya getaran radial dan aksial yang berlebihan.
- Temperatur block permesinan atau bagaian yang dekat dengan bantalan tinggi atau minyak pelumas yang keluar terlalu panas.
- Kebocoran minyak pelumas pada seal yang berlebihan.
- Pengendoran baut pondasi, baut kopling.
- Poros mengalami kerusakan, patah atau retak.
- Kopling menjadi panas saat beroperasi dan segera sesudah berhenti



Gambar 2.6 aplikasi kopling fleksibel pada sistem transmisi yang mengalami misalignment

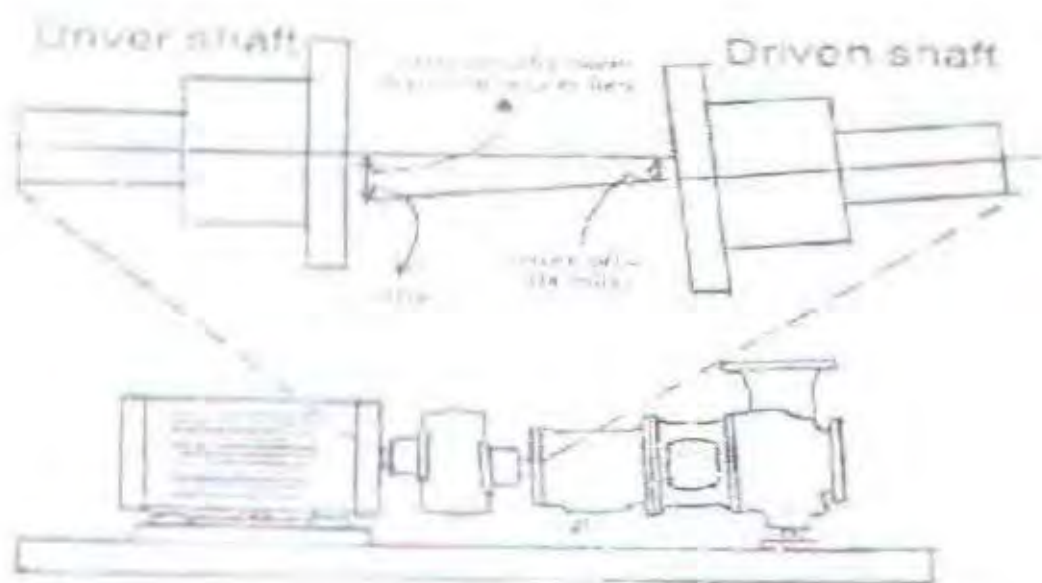
Pada dasarnya misalignment yang terjadi pada suatu transmisi terbagi dalam dua macam yaitu paralel dan anguler. Pada kondisi yang sebenarnya, misalignment yang terjadi merupakan kombinasi antara keduanya, sehingga pengukuran untuk memperoleh hubungan di antaranya menjadi sedikit kompleks dalam tiga dimensi, khususnya apabila di transformasikan pada selembar kertas dua dimensi.

Definisi shaft misalignment adalah deviasi relatif kedudukan poros terhadap sumbu koliner putaran yang di ukur pada titik-titik transmisi tenaga ketika bekerja pada kondisi normal sebagaimana di tunjukan dalam gambar 2.7. pengertian dari



TUGAS AKHIR KS 1701

kolonier adalah berada dalam suatu garis yang sama atau sumbu yang sama, jika ke dua poros adalah kolonier, maka keduanya adalah alignment. Deviasi relative kedudukan poros dihitung pada perbedaan antara garis pusat putaran sebuah poros dan proyeksi garis pusat putaran satunya.



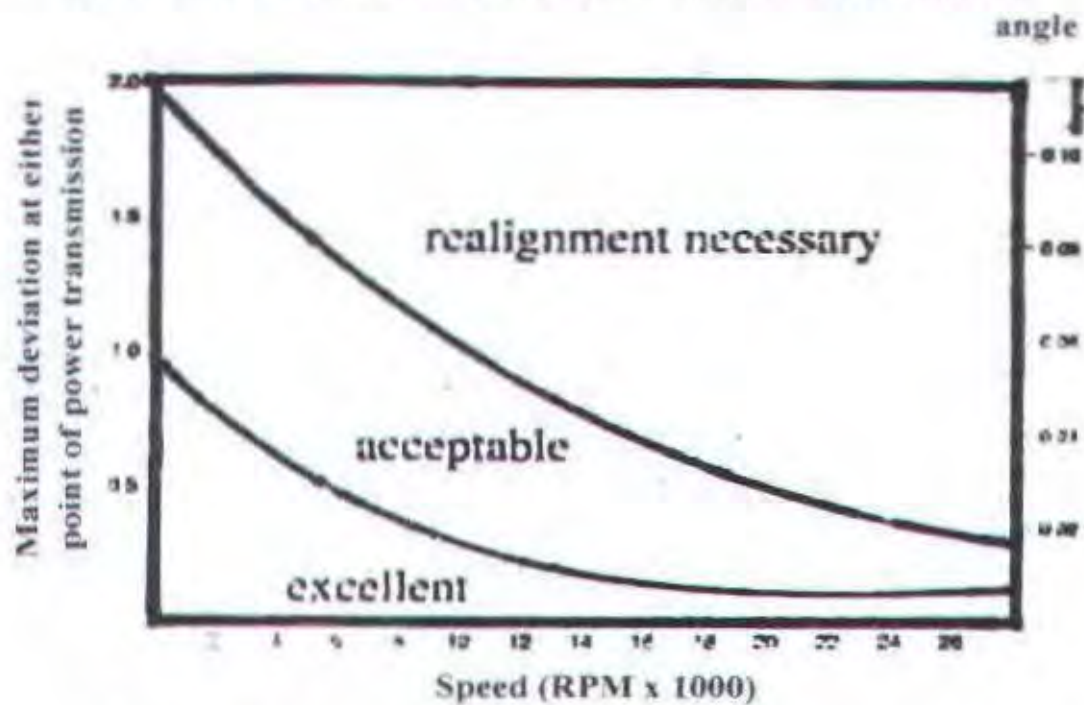
Gambar 2.7 definisi misalignment

Pada kopling fleksibel, khususnya kopling silang karet ban yang memberikan toleransi adanya misalignment baik paralel maupun angular, kopling fleksibel, khususnya kopling karet ban dapat mentoleransi adanya keadaan misalignment. Pengukuran misalignment dilakukan dalam dua bidang, yaitu horisontal dan vertikal, maka ada empat buah deviasi pada setiap kopling fleksibel. Dalam bidang horisontal dengan sudut pandang dari atas diperoleh deviasi yang lain dilihat dari sudut pandang samping, maka diperoleh misalignment vertikal, yaitu atas dan bawah.



TUGAS AKHIR KS 1701

Tujuan dari pengukuran alignment adalah untuk menentukan kedudukan permesinan, sehingga deviasi yang diperoleh masih berada dalam batas toleransi yang diijinkan.



Gambar 2.8 petunjuk besarnya misalignment yang diijinkan pada kopling tetap

Oleh karena itu ada tiga faktor yang mempengaruhi hasil dari pengukuran alignment suatu permesinan berputar, yaitu kecepatan, deviasi maksimum, dan jarak antara titik-titik fleksibel. Pada bagaian akhir definisi shaft misalignment kemungkinan sulit terpenuhi, dan umumnya satu aspek tersebut itu diabaikan. Ketika suatu permesinan mulai berputar, maka poros akan ulai berpindah ke posisi lain, akibat dari pergerakan ini akan mengakibatkan terjadinya perubahan temperatur di dalam permesinan, oleh karena itu akibat adanya pergerakan ini mengakibatkan pengukuran alignment terbagi dua yaitu pengukuran alignment pada kondisi panas dan dingin.



TUGAS AKHIR KS 1701

- 0,5000 – 1,25 mm berbahaya terhadap struktur bangunan.
- 0,0200 – 0,06 mm sangat mengganggu manusia.
- 0,0125 – 0,025 mm mudah terdeteksi oleh manusia.
- 0,0040 – 0,008 mm agak terdeteksi oleh manusia.
- 0,0010 – 0,006 mm tidak terdeteksi manusia

2.2.1 Bahan Poros

Poros untuk mesin umumnya biasanya dibuat dari baja batang yang ditarik dingin dan difinis, baja karbon konstruksi mesin (disebut bahan S-C) yang dihasilkan dari ingot yang di kill (baja yang dideoksidaikan dengan ferrosilikon dan dicor, kadar karbon terjamin), JIS G3123 tabel 2.2. meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang ketat dan dapat mengalami deformasi kare tegangan yang kurang seimbang misalnya bila diberi alur pasak, karena ada tegangan sisa didalam terasnya. Tetapi penarikan dingin membuat permukaan poros menjadi keras dan kekuatanna bertambah besar. Harga-harga yang terdapat dalam tabel diperoleh dari batang percobaan dengan diameter 25 mm; dalam hal ini harus diingat bahwa untuk poros yang diameternya jauh lebih besar dari 25 mm, harga-harga tersebut akan lebih rendah dari pada yang ada pada tabel karena adanya pengaruh massa.



TUGAS AKHIR KS 1701

Tabel 2.2. baja karbon untuk konstruksi mesin dan baja batang yang difinis dingin untuk poros

Standart dan macam	Lambang	Perlakuan Panas	Kekuatan tarik (kg/mm)	keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS 4501)	S30C	penormalan	48	
	S35C	penormalan	52	
	S40C	penormalan	55	
	S45C	penormalan	58	
	S50C	penormalan	62	
	S55C	penormalan	66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	-	53	Ditarik dingin, digerinda, dibubut, atau gabungan hal-hal tersebut
	S45C-D	-	60	
	S55C-D	-	72	

2.2.2 Poros dengan beban puntir

Berikut ini akan dibahas rencana sebuah poros yang mendapat pembebanan utama berupa torsi, seperti pada poros motor dengan sebuah kopling. Jika diketahui bahwa poros yang akan direncanakan tidak mendapat beban lain kecuali torsi, maka diameter poros tersebut dapat lebih kecil dari pada yang dibayangkan.

Meskipun demikian, jika diperkirakan akan terjadi pembebanan berupa lenturan, tarikan, atau tekanan, misalnya jika sebuah sabuk rantai atau roda gigi dipasang pada poros motor, maka kemungkinan adanya pembebanan tambahan tersebut perlu diperhitungkan dalam faktor keamanan yang diambil.



TUGAS AKHIR KS 1701

Pertama kali, ambilah suatu kasus di mana daya P (KW) harus ditransmisikan dan putaran poros n_1 (rpm) diberikan. Dalam hal ini perlu dilakukan pemeriksaan terhadap daya P tersebut. Jika P adalah daya rata-rata yang diperlukan maka harus dibagi dengan efisiensi mekanis η dari sistem transmisi untuk mendapatkan daya penggerak mula yang diperlukan. Daya yang besar yang diperlukan pada saat start, atau mungkin beban yang besar terus bekerja setelah start. Dengan demikian sering kali diperlukan koreksi pada daya rata-rata yang diperlukan dengan menggunakan faktor koreksi pada perencanaan. Jika P adalah daya nominal output dari motor penggerak, maka berbagai macam faktor keamanan biasanya dapat diambil dalam perencanaan, sehingga koreksi pertama dapat diambil kecil. Jika faktor koreksi adalah f_c (tabel 2.1) maka daya rencana P_d (Kw) sebagai patokan adalah :

$$P_d = f_c P(Kw)$$

jika daya ang diberikan dalam daya kuda (PS) maka harus dikalikan dengan 0.746 untuk mendapatkan daya dalam Kw. Jika momen puntir (disebut sebagai momen rencana) adalah T (kg.mm) maka :

$$P_d = \frac{(T / 1000) (2\pi n_1 / 60)}{102}$$

sehingga,

$$T = 9.74 \times 10^3 \frac{P_d}{n_1}$$



TUGAS AKHIR KS 1701

Bila momen rencana T (kg.mm) dibebankan pada suatu diameter poros d_s (mm) maka tegangan geser τ (kg/mm²) yang terjadi adalah :

$$\tau = \frac{T}{(\pi \cdot d_s^3 / 16)}$$

$$\tau = \frac{5.1 \times T}{d_s^3}$$

Tegangan geser yang diijinkan τ_a (kg/mm²) untuk pemakaian umum pada poros dapat diperoleh dengan berbagai cara τ_a dihitung atas dasar batas kelelahan puntir yang besarnya diambil 40% dari batas kelelahan tarik yang besarnya kira-kira 45% dari kekuatan tarik σ_B (kg/mm²). Jadi batas kelelahan puntir adalah 18% dari kekuatan tarik σ_B , sesuai dengan standart ASME. Untuk harga 18% ini faktor keamanan diambil sebesar $1 / 0.18 = 5.6$. harga 5.6 ini diambil untuk bahan SF dengan kekuatan yang dijamin, dan 6.0 untuk bahan S-C dengan pengaruh massa, dan baja paduan. Faktor ini dinatakan S_f

Selanjutnya perlu ditinjau apakah poros tersebut akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga, karena pengaruh konsentrasi tegangan cukup besar. Pengaruh kekerasan permukaan juga harus diperhatikan. Untuk memasukan pengaruh-pengaruh ini dalam perhitungan perlu diambil faktor ang dinyatakan sebagai S_f dengan harga sebesar 1.3 – 3.0

Dari hal-hal itu maka besarnya τ_a dapat dihitung dengan



TUGAS AKHIR KS 1701

$$\tau_a = \sigma_{11} / (Sf_1 \times Sf_2)$$

kemudian, keadaan momen puntir sendiri juga harus ditinjau. Faktor korelasi yang dianjurkan oleh ASME juga dipakai disini. Faktor ini dinyatakan dengan K_t , dipilih sebesar 1.0 jika beban dikenakan secara halus, 1.0 - .5 jika terjadi kejutan atau tumbukan, dan 1.5 - 3.0 jika beban dikenakan dengan kejutan atau tumbukan besar.

Meskipun dalam perkiraan sementara ditetapkan bahwa beban hanya terdiri atas momen puntir saja, perlu ditinjau pula apakah ada kemungkinan pemakaian dengan beban lentur di masa mendatang. Jika memang diperkirakan akan terjadi pemakaian dengan beban lentur maka dapat dipertimbangkan pemakaian faktor C_b yang harganya antara 1.2 - 2.3. (jika diperkirakan tidak akan terjadi pembebanan lentur maka C_b diambil = 1.0). Sehingga diperoleh rumus untuk menghitung diameter poros d_o (mm) yaitu

$$3\sqrt{[5.1 / naxCbsKtsT]}$$

2.2.3 Perhitungan putaran kritis

Untuk poros putaran tinggi, putaran kritis sangat penting untuk diperhitungkan. Pada mesin-mesin yang dibuat secara baik, putaran kerja didekat atau diatas putaran kritis tidak terlalu bahaya. Tetapi demi keamanan, dapat diambil pedoman secara umum bahwa putaran kerja poros maksimum tidak boleh melebihi 80% putaran kritisnya.



TUGAS AKHIR KS 1701

Misalkan ada suatu benda terpusat yang berasal dari berat rotor, dll yang bekerja di suatu titik pada sebuah poros. Jika berat beban tersebut dinyatakan dengan W (kg), jarak antara bantalan l (mm), dan diameter poros d_s (mm), serta penumpunya terdiri atas bantalan tipis atau mapan sendiri, maka putaran kritis poros tersebut N_c (rpm) adalah :

$$N_c = 52700 \times d_s^2 / (l \times l^2) \sqrt{l/W}$$

Perlu diperhatikan bahwa dalam penentuan putaran kritis, gaya yang diperhitungkan hanyalah gaya berat dari masa berputar yang membebani poros saja, sedangkan gaya luar tidak ada sangkut pautnya. Berat poros sendiri dapat diabaikan jika cukup kecil. Tetapi jika dirasa cukup besar dibandingkan dengan berat masa yang membebani, maka $1/3$ dari berat poros tersebut dapat ditambahkan pada berat beban yang ada.

Jika bantalan cukup panjang dan poros ditumpu secara kaku, maka putaran kritisnya adalah :

$$N_c = 52700 \times (d_s^2 \times l) / (l \times l^2) \sqrt{l / (W \times l \times l^2)}$$

Bila terdapat beberapa benda berputar pada satu poros, maka dihitung lebih dulu putaran-putaran kritisnya N_{c1} , N_{c2} , N_{c3} ,....., dari masing-masing benda tersebut yang seolah-olah berada sendiri pada poros. Maka putaran kritis seluruhnya dari sistem N_{c0} adalah

$$1/N_{c0}^2 = 1/N_{c1}^2 + 1/N_{c2}^2 + 1/N_{c3}^2$$



TUGAS AKHIR KS 1701

Harga Nco dari rumus ini kemudian dibandingkan dengan putaran maksimum sesungguhnya yang akan dialami oleh poros.

2.2.4 Ukuran flens kopling

Bila bahan poros ditentukan sesuai dengan standart, maka kekuatannya dapat diketahui dengan jelas. Tetapi jika bahan tersebut ditentukan sebagai baja liat misalnya, maka ambilah harga kadar karbon terendah sebesar 0.2% dari kadar yang dimungkinkan antara 0.2% – 0.3%, lalu kalikan dengan 100 dan tambahkan 20 pada hasil perkalian tersebut untuk memperoleh harga kekuatan tarik σ_B dari bahan yang bersangkutan.

Selanjutnya pilih S_f sebesar 6 atau 5.6 dan tentukan S_f dengan memperhatikan apakah ada alur pasak atau tangga pada poros, untuk memperoleh tegangan geser yang diijinkan τ_s (kg/mm^2). Kemudian tentukan faktor koreksi K_t . Jika dapat dipastikan bahwa nanti tidak akan ada elemen yang dipasang pada poros yang dapat memberikan momen lentur, maka ambilah faktor koreksi lenturan $C_b = 1$, dan jika nanti ada kemungkinan mengganti kopling dengan sabuk V atau alat transmisi lain yang menimbulkan lenturan harga C_b perlu diambil antara 1.2 – 2.3.

Jika kopling akan dipasang pada poros dengan menggunakan pasak, tentukan diameter luar kopling sedemikian rupa hingga harga diameter poros yang diperoleh dari perhitungan terletak antara harga diameter lubang maksimum dan minimum dari tabel 2.3, dengan demikian maka seluruh ukuran kopling dapat ditentukan. Selanjutnya hanya perlu dilakukan pemeriksaan pada diameter baut serta jumlah dan



TUGAS AKHIR KS 1701

tebal flens. Bahan kopling dari standart yang ada mencakup SS41B untuk baut dan mur, FC20, SC42, SF45, dan sebagainya untuk flens dan lain-lain (tabel 2.4)

Tabel 2.3 ukuran flens kopling (JIS B 1451-1962)

A	G Tinggi bungkai (halus mm)	D		L	C	B	F		H		K	n	d	
		Diameter tubung max.	Diameter Lubang mm				Kasar	Halus	Kasar	Halus			Kasar	Halus
(112)	(100)	25	20	40	45	75	11.2	18	22.4	31.5	4	4	10.5	10
125	112	28	22.4	45	50	85	11.2	18	22.4	31.5	4	4	10.5	10
140	124	35.5	28	50	63	100	11.2	18	22.4	31.5	4	4	10.5	10
160	140	45	35.5	56	80	112	15	20	28	35.5	6	4	14	14
(180)	(160)	50	40	63	90	132	15	20	28	35.5	6	6	14	14
200	180	56	45	71	100	140	18	22.4	35.5	40	6	6	18	16
(224)	(200)	63	50	80	112	160	18	22.4	35.5	40	6	6	18	16
250	224	71	56	90	125	180	23.6	28	45	50	8	6	21	20
(280)	(250)	80	63	100	140	200	23.6	28	45	50	8	6	21	20
315	280	90	71	112	160	236	26.5	35.5	50	63	8	6	24	23
(355)	(315)	100	80	125	180	265	26.5	35.5	50	63	8	6	24	23



TUGAS AKHIR KS 1701

Tabel 2.4 Bahan untuk flens dan baut kopling tetap

elemen	Tipe standar	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm)	keterangan
Flens	Baja cor kelabu (JIS G 5501)	FC20	pelunakan temp rendah	20	penormalan kadang-kadang setelah penormalan dilanjutkan dengan ditemper perlakuan panas yang lain juga dilakukan
		FC25	sda	25	
		FC30	sda	30	
		FC35	sda	35	
	Baja karbon cor (JIS G 5501)	SC37	pelunakan	37	
		SC42	pelunakan	42	
		SC46	pelunakan	46	
	Baja karbon tempa (JIS G 3201)	SC49	pelunakan	49	
		SF50	pelunakan	50-60	
		SF55	pelunakan	55-65	
baut dan mur	Baja karbon untuk konstruksi mesin (JIS G 301)	SF60	pelunakan	60-70	
		S20C		40	
		S35C		50	
		S40C		60	
	Baja karbon untuk konstruksi biasa (JIS G 301)	S45C		70	
		SS41B		40	
	Baja batang dfinis dingin (JIS G 3123	SS50B		50	
S20C-D			50		
	S35C-D		60		

Dalam hal ini telah diambil faktor-faktor keamanan yang cukup besar hingga pada umumnya ukuran yang ditentukan secara diatas akan lulus dari hampir semua pemeriksaan. Namun demikian jika ternyata masih kurang kuat. Dapat diambil bahan baut yang mempunyai kadar karbon yang lebih tinggi atau ambil bahan lain untuk flensnya.



TUGAS AKHIR KS 1701

Untuk dapat menyetel lurus kedua sumbu poros secara mudah, permukaan flens yang satu dapat dibubut ke dalam dan permukaan flens yang menjadi pasangannya dibubut menonjol sehingga dapat saling melepas.

Bagaian yang perlu diperiksa adalah baut. Jika ikatan antara kedua flens dilakukan dengan baut-baut pas, di mana lubang-lubangna dirim, maka meskipun diusahakan ketelitian yang tinggi, distribusi tegangan geser pada semua baut tetap tidak dapat djamin seragam. Makin banyak jumlah baut yang dipakai, makin sulit untuk menjamin keseragaman tersebut. Sebagai contoh dalam hal kopling yang mempunai ketelitian rendah, dapat terjadi bahwa hanya satu baut saja yang menerima seluruh beban transmisi hingga dalam waktu singkat akan putus. Jika setelah baut ini putus terjadi lagi pembebanan pada satu baut, maka seluruh baut dapat mengalami hal yang sama dan putus secara bergantian

Biasanya dalam perhitungan dianggap bahwa hanya 50% saja dari seluruh baut yang berjumlah n buah menerima seluruh beban secara merata. Jika jumlah baut efektif yang menanggung beban dinyatakan dengan n_e , maka besarnya tegangan geser baut dapat dihitung sebagai berikut :

$$T = (\pi/4) d_b^2 \tau_s \cdot n_e \cdot (B/2)$$

$$\tau = \frac{T}{\pi \cdot d_b^2 \cdot n_e \cdot B}$$

$$\tau_b \leq \tau_{bs}$$





TUGAS AKHIR KS 1701

τ_{10} adalah suatu harga yang diperoleh misalnya dengan membagi kekuatan tarik $40 \text{ (kg/mm}^2\text{)}$ dari bahan SS41 dengan faktor keamanan $Sf_1 = 6$. bagaian yang mengalami konsentrasi tegangan seperti bagaian ulir harus dijauhan dari permukaan kontak dari koping. Dalam hal ada tumbukan, maka τ_1 harus dikalikan dengan faktor K_b yang dipilih antara 1.5 – 3

bagaian berikutnya yang memerlukan perhatian adalah flens. Untuk koping yang dipergunakan bagi tugas-tugas penting seperti menghubungkan turbin dengan generator, pakailah baja tempa menghindari adanya bagaian yang keropok. Untuk pemakaian lain yang umumnya dipakai besi cor, dan jika dikehendaki bahan yang agak lebih kuat dapat dipakai baja cor. Karena bagaian yang keropok peka terhadap tumbukan, maka faktor koreksi K_t harus diambil sebesar 2 atau 3 dan dikalikan τ_1 rumus momen puntirnya adalah :

$$T = \pi \cdot C \cdot F \cdot \tau_1 \cdot (C/2)$$

Maka

$$\tau_1 = \frac{2T}{\pi \cdot C^2 \cdot F}$$

$$\tau_1 \leq \tau_{10}$$



TUGAS AKHIR KS 1701

2.3 Getaran

Berbicara masalah getaran pada dasarnya berhubungan dengan gerak Osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar.

Thomson [1996], membedakan getaran secara umum menjadi 2 macam, pertama getaran bebas, yaitu getaran yang terjadi jika sistem berisolasi karena bekerjanya gaya yang ada pada sistem itu sendiri dan tidak ada gaya dari luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekuensi naturalnya yang merupakan sifat sistem dinamika yang di bentuk oleh sistem distribusi massa dan kekakuannya. Getaran yang ke dua adalah getaran paksa, yaitu getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar. Jika rangsangan berisolasi, maka sitem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan dengan frekuensi natural sistem maka akan terjadi resonansi dan osilasi besar yang berbahaya mungkin akan terjadi.

Semua sistem yang bergetar mengalami redaman sampai derajat tertentu karena energi yang di disipasi oleh gesekan dan tahanan lain, jika redaman itu kecil, maka pengaruhnya sangat kecil kecil pada frekuensi natural sistem pada frekuensi natural sistem, dan perhitungan frekuensi natural biasanya dilakukan atas dasar tidak ada redaman. Sebaliknya redaman adalah penting sekali untuk mebatasi amplitudo Osilasi pada waktu rosonansi.



TUGAS AKHIR KS 1701

Jumlah koordinat bebas yang di butuhkan untuk menggambarkan gerak sistem disebut derajat kebebasan sistem. Dalam kenyataan, sejumlah besar getaran dapat diselesaikan dengan ketelitian yang cukup memadai dengan menyederhanakan sistem yang bersangkutan menjadi yang mempunyai satu derajat kebebasan. Getaran yang mempunyai massa dan elastisitas mempunyai kemampuan untuk bergetar secara relatif. Apabila gerakan seperti itu berulang sendiri dalam interval waktu tertentu maka gerakan ini di kenal sebagai getaran. Pada umumnya getaran merupakan bentuk energi yang pada berbagai kasus keberadaannya tidak diinginkan, karena getaran menimbulkan bunyi, merusak bagaian mesin atau motor listrik dan memindahkan gaya yang tidak diinginkan serta menggerakkan benda yang ada di sekitarnya.

Untuk mengurangi efek getaran salah satu pendekatan yang di lakukan yaitu dengan studi lengkap terhadap persamaan gerak sistem yang di tinjau. Mula-mula sistem diidentifikasi dan disederhanakan dengan terminologi massa, pegas yaitu berturut-turut menyatakan benda, elastisitas dan gesekan dari sistem. Persamaan gerak ini menyatakan perpindaan sebagai fungsi waktu akan diberikan jarak kedudukan massa sesaat selaman gerakan dan kedudukan kesetimbangannya. Kemudian dari persamaan gerakan ini di peroleh sifat penting dari getaran yaitu frekuensi natural.

2.3.1 Getaran- getaran pada poros

Suatu fenomena yang terjadi dengan berputarnya poros pada kecepatan-kecepatan tertentu adalah getaran yang sangat besar, meskipun poros dapat berputar



TUGAS AKHIR KS 1701

dengan sangat halus mulus pada kecepatan-kecepatan lainnya. Pada kecepatan-kecepatan semacam ini dimana getaran menjadi sangat besar, yang mana dapat terjadi kegagalan poros atau pada bantalan-bantalan. Atau getaran dapat menyebabkan kegagalan karena karena tidak bekerjanya komponen-komponen sesuai dengan fungsinya, seperti yang terjadi pada motor utama pada motor listrik atau pada motor utama perahu nelayan tradisional. Getaran semacam ini dapat menyebabkan apa yang disebut olakan poros, atau mungkin menyebabkan suatu osilasi puntir pada poros atau suatu kombinasi dari keduanya. Meskipun kedua peristiwa tersebut berbeda, maka akan ditunjukkan bahwa masing-masing dapat ditangani dengan cara-cara serupa, dengan memperhatikan frekuensi-frekuensi natural dari osilasi. Karena poros-poros pada dasarnya elastik dan menunjukkan karakteristik-karakteristik pegas, maka untuk mengilustrasikan pendekatan dan untuk menjelaskan konsep-konsep dari suku-suku dasar yang dipakai dan di gunakan massa dan pegas yang disederhanakan (Thomson,1996).



BAB III
METODE PENELITIAN



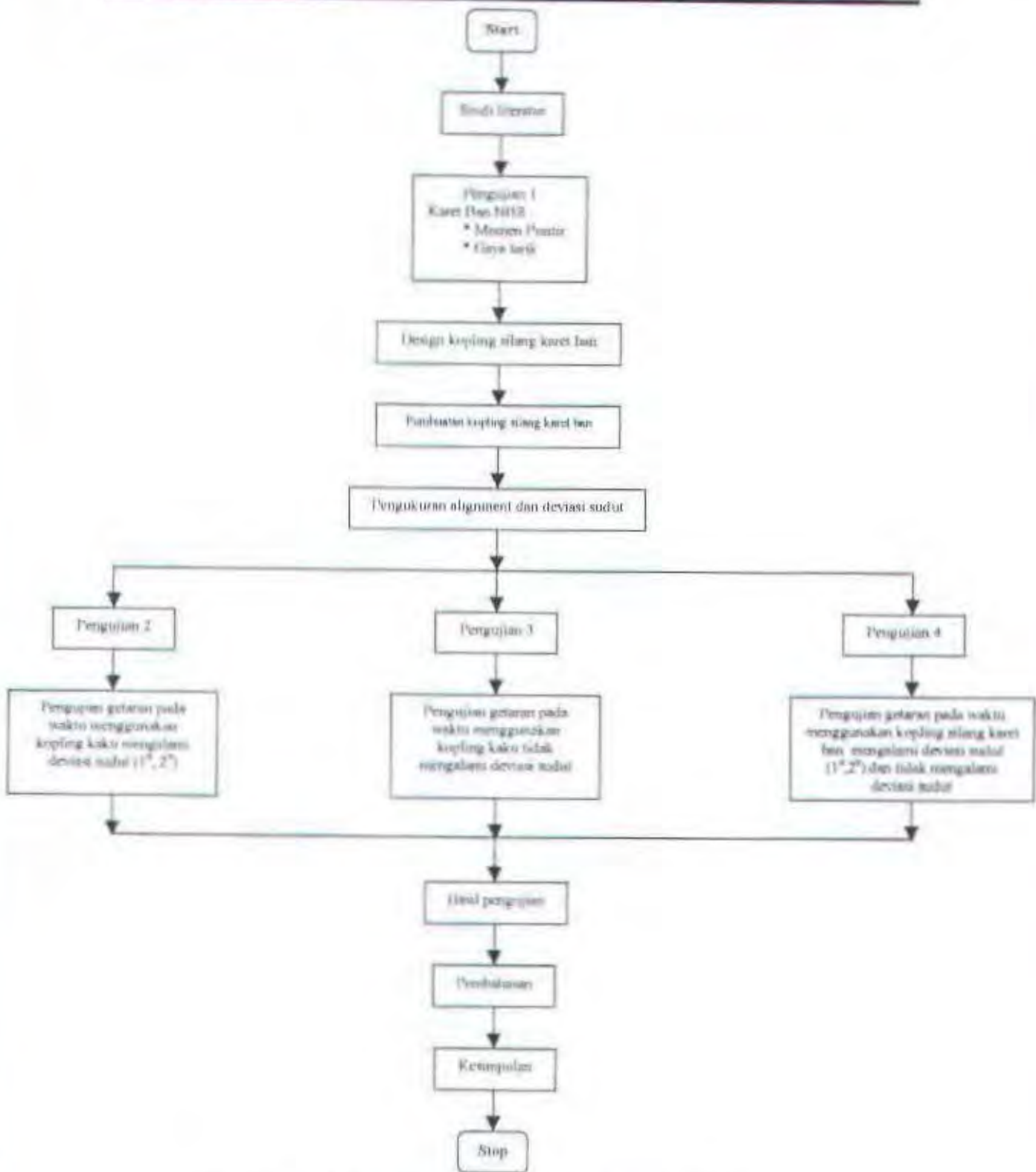
BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam pengujian yang dilaksanakan ini, untuk mendapatkan seberapa besar kopling silang karet ban ini dapat mengeliminasi terjadinya getaran, sebelumnya perlu dilakukan berbagai macam pengujian, diantaranya adalah pengujian momen puntir, gaya tarik terhadap material karet tersebut. Adapun urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut :

1. perhitungan, perencanaan dan pembuatan kopling silang karet ban.
2. pelaksanaan pengujian material (karet ban), diantaranya adalah pengujian momen puntir, gaya tarik di Lab Teknik Mesin ITS.
3. pelaksanaan percobaan kopling silang karet ban di lab getaran di Teknik Sistem Perkapalan ITS pada masing-masing misalignment yang ditentukan.
4. analisa performance (getaran) pada kopling silang karet ban.
5. kesimpulan dari masing – masing pengujian yang dilakukan.

Untuk melihat secara detail proses pengujian kopling silang karet ban pada motor listrik sebagai tenaga penggerak dapat dilihat dari flow Chart dibawah ini :

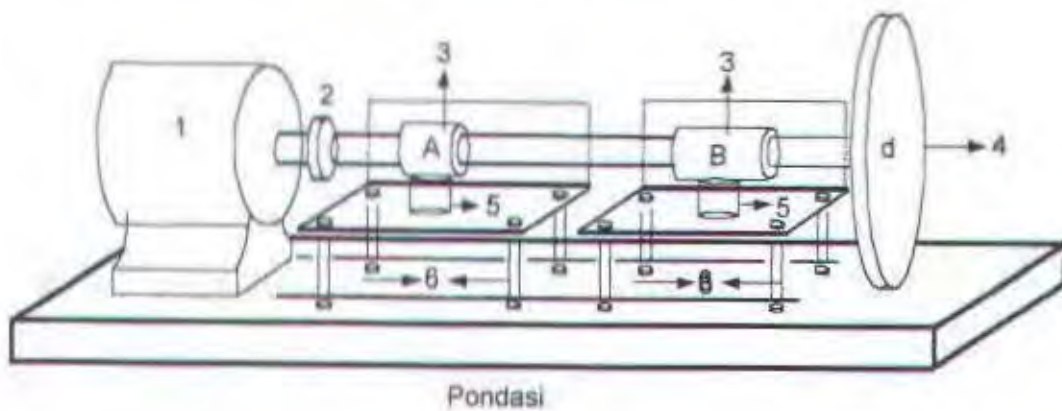


Gambar 3.1 Flow Chart pengerjaan tugas akhir



3.1 Hasil Perhitungan Pemodelan

Pemodelan Sistem yang akan digunakan dilab getaran



gambar 3.2 Bentuk pemodelan motor listrik sebagai tenaga penggerak

Keterangan gambar:

1. Motor listrik sebagai tenaga penggerak.
2. kopling tetap dan kopling silang karet ban.
3. bantalan
- 4 piringan
5. penyangga
6. pondasi



Data-Data Pengukuran dari pemodelan dilab getaran adalah sebagai

Berikut:

- *Data bantalan metal pada posisi A*

Panjang (L)	= 40	mm
Diameter dalam \emptyset	= 34	mm
Diameter luar \emptyset	= 47	mm
Jarak motor listrik ke A	= 400	mm
Jarak posisi A ke B	= 430	mm

- *Data bantalan metal pada posisi B*

Panjang (L)	= 70	mm
Diameter dalam \emptyset	= 34	mm
Diameter luar \emptyset	= 47	mm
Jarak posisi B ke d	= 350	mm

- *Data poros*

Panjang (L)	= 973	mm
Diameter poros \emptyset	= 33	mm
Berat poros	= 10	Kg

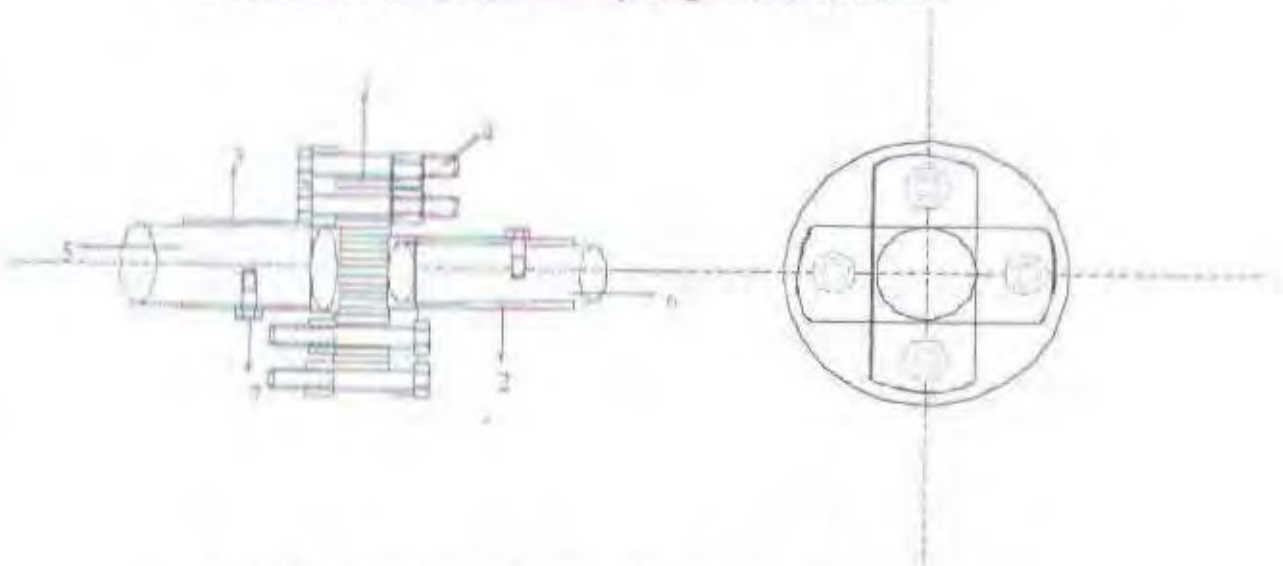
- *Data piringan E*

Panjang (L)	= 55	mm
Diameter piringan \emptyset	= 160	mm
Berat Piringan	= 0.8	Kg



3.2 SPESIFIKASI PERALATAN UJI

Dimana gambar kopling yang akan direncanakan pada pengujian tugas akhir ini, serta macam-macam contoh kesalahan pada pemasangan poros dengan menggunakan kopling dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.3 kopling silang karet ban yang akan direncanakan

Keterangan nomer gambar

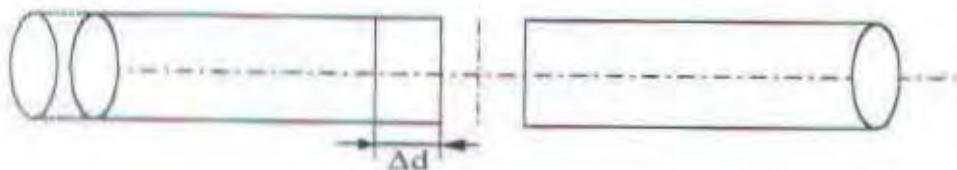
1. karet ban
2. selubung kecil / tabung poros motor listrik.
3. selubung besar / tabung poros yang digerakan.
4. mur dan baut pengikat
5. poros besar yang digerakan
6. poros kecil atau poros motor listrik
7. baut pengikat tabung poros dengan poros



(a) Kesalahan sudut



(b) Kesalahan sumbu



(c) Kesalahan jarak

Gambar 3.4 Bentuk-bentuk kesalahan dalam hal pemasangan poros

3.3 SPESIFIKASI ALAT BANTU PENGUJIAN

1. MOTOR LISTRIK

Fungsi sebagai sumber tenaga, dalam pengujian ini untuk menggerakkan piringan atau propeller.

Spesifikasi dari motor Induksi

- Merk : Dunca
- Daya : 0,50 KW, 3φ
- Putaran : 1500 rpm



- Voltase : 110 / 220 Volt
- Ampere : 0.48 Ampere

2. REGULATOR

Fungsi adalah sebagai pengatur putaran pada motor listrik

- Merk : Shanghai China
- Voltase Input : 110 / 220 Volt
- Voltase Input : 0 – 250 Volt
- Ampere : 12A / 48A

3. FFT (Fast Faurier Transfer)

Fungsi adalah sebagai pengukur besar kecilnya getaran

- Merk : FFTAnaliser / DSO

4. TACHOMETER

Fungsinya adalah untuk mengukur besar atau kecilnya putaran

- Merk : Teclock
- Type : H
- Putaran : 10000 rpm

5. TORSIMETER

Fungsinya untuk mengetahui seberapa besar momen torsi dari material yang diuji.

- Merk : Elephant
- Kemampuan Max : 25Kg.m



6. DEAL GAUGLE

Fungsi untuk pelurusan poros, apakah poros benar-benar lurus atau tidak.

- Merk : Mitutoyo
- Ketehtian : 0.01 – 10 mm

3.4 Pembuatan kopling silang karet ban

3.4.1 hal-hal penting dalam perencanaan dan pembuatan kopling harus memenuhi persyaratan antara lain sebagai berikut :

1. pemasangan yang mudah dan cepat.
2. ringkas dan ringan.
3. aman pada putaran tinggi, getaran dan tumbukan kecil.
4. tidak ada atau sedikit mungkin bagaian yang menjorok atau menonjol.
5. dapat mencegah pembebanan lebih.
6. terdapat sedikit kemungkinan gerakan aksial pada poros sekiranya terjadi pemuaian karena panas.

3.5 percobaan uji material karet ban

pengujian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar karet ban ini momen puntir dan kekuatan tarik, sebelum melakukan pengujian pada kopling silang karet ban.

3.5.1 Percobaan uji material momen puntir

1. Peralatan



Peralatan yang digunakan untuk melakukan percobaan uji material karet ini adalah sebagai berikut :

- Torsi meter merk elephant, dimana kemampuan deteksi momen torsinya adalah max 25 Kg.m.
- 2 buah flens yang tengahnya terdapat mur
- busur
- ragum

2. Langkah - langkah percobaan

- kita pasang 2 buah flens yang tengahnya telah terdapat mur pada sisi kiri dan kanan karet
- kemudian kita jepit mur pada flens tadi ke ragum.
- Kemudian pada mur yang satunya lagi kita pasang alat torsimeter, lalu kita puntir untuk mengetahui kekuatan puntir dari karet tersebut.
- Selanjutnya kita catat kekuatan puntirnya pada 10° sampai 30° dan sampai putus (kekuatan puntir max). Pada sudut berapa karet itu putus (kekuatan puntir max).

3.5.2. Percobaan uji material kekuatan tarik

1. Peralatan

- Mesin tarik merk Wolpert, dimana digunakan untuk menarik benda uji.



- 4 buah paku yang mana untuk ditancapkan pada karet guna menghindari terjadinya slong pada waktu benda uji ditarik.
- Kertas milimeter digunakan untuk mencatat grafik secara otomatis pada waktu benda uji mulai ditarik sampai putus.

2. Langkah - langkah percobaan

- kita sesuaikan specement benda uji pada standart.
- Beri tanda panjang benda uji, untuk mengetahui panjang mula-mula.
- Kita jepit karet pada panjang selain panjang benda uji.
- Kita tarik benda uji sampai putus.

3.6 percobaan kopling silang karet ban.

Penelitian ini dilakukan dengan percobaan atau experimental yaitu pengujian kopling silang karet ban pada motor listrik sebagai tenaga penggerak, untuk mempermudah pelaksanaan percobaan ini, ada beberapa parameter yang diamati dan perlu diukur. Parameter-parameter tersebut adalah:

1. percobaan Pertama

percobaan dan pengukuran yang dilakukan dengan mengoperasikan motor listrik dalam kondisi dengan menggunakan kopling non flexibel yang tak mengalami misalignment dan yang mengalami misalignment, percobaan



TUGAS AKHIR KS 1701

ini dilakukan dengan mengoperasikan motor listrik dengan beberapa kondisi putaran motor listrik, yaitu; 400, 600, 800, 1000, 1200, rpm.

2. percobaan Kedua

percobaan dan pengukuran yang dilakukan dengan mengoperasikan motor listrik dalam kondisi dengan menggunakan kopling silang karet ban yang tak mengalami misaligmnet dan juga yang mengalami misalignment, percobaan ini dilakukan dengan mengoperasikan motor listrik dengan kondisi berbeban pada beberapa kondisi putaran motor listrik, yaitu : 400, 600, 800, 1000, 1200, rpm.

3.7 pengukuran dan perhitungan pengaruh penerapan kopling silang karet ban terhadap getaran pada motor listrik.

Pada dasarnya, teori getaran mensyaratkan agar tidak terjadi resonansi yaitu menjauhkan frekuensi eksitasi (ω) dengan frekuensi natural (ω_n), artinya getaran yang di timbulan oleh motor listrik untuk ditransmisikan melalui kopling, tidak memengaruhi perporosan.

Langkah-langkah pengukuran getaran dalam percobaan ini adalah dengan menggunakan alat pengukur getaran FFT untuk mengetahui besar kecilnya getaran (amplitudo getaran). Setelah mengetahui besar kecilnya getaran tersebut kita hitung apakah getaran tersebut sudah cocok dengan batas getaran yang diizinkan. Dari perhitungan tersebut nantinya kita dapat mengetahui seberapa besar penerapan dari



TUGAS AKHIR KS 1701

kopling silang karet ban dalam mengatasi misalignment yang mana dapat menyebabkan terjadinya getaran.

Dalam melaksanakan percobaan di Lab Getaran perlu dilakukan persiapan awal dan persiapan pengujian agar percobaan yang dilakukan dapat berlangsung dengan baik. Adapun persiapan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut :

Persiapan tahap awal yang dilakukan adalah :

1. persiapan peralatan pengujian yaitu meliputi, alat pengukur getaran (FFT), jangka sorong, tachometer, mistar pengukur, kunci pas, deal Gauge, alat tulis dan alat-alat penunjang lainnya.
2. Merangkai peralatan seperti yang dimodelkan pada gambar 3.2 diatas pada waktu tidak terjadi misalignment dan terjadi misalignment.

Persiapan tahap pengujian dan analisa yang dilakukan adalah :

1. Mengukur besarnya alignment dan misalignment pada poros.
2. Menghidupkan motor listrik kurang lebih 15 menit.
3. Mengukur besarnya amplitudo getaran pada motor listrik waktu menggunakan kopling tetap yang mengalami misalignment dan yang tidak mengalami misalignment pada masing-masing titik dan putaran motor listrik yang telah ditentukan.
4. Mengukur besarnya amplitudo getaran pada motor listrik waktu menggunakan kopling silang karet ban yang mengalami misalignment dan yang tidak



mengalami misalignment pada masing-masing titik dan putaran motor listrik yang telah ditentukan.

5. menganalisa dan membandingkan besarnya amplitudo getaran pada semua percobaan diatas.

Untuk melihat gambaran pengujian material karet dan pengujian getaran dari macam-macam kondisi percobaan dapat dilihat tabel berikut :

1. Pengujian Material karet (momen puntir)

Tabel 3.1 Data uji momen puntir karet dengan benang nilon

No	Sudut Puntir	Momen Puntir (Kg.m)
1	3	2
2	5	4
3	10	6
4	12	7.5
5	15	8
6	20	9
7	23	11.5
8	25	16.5
9	30	23

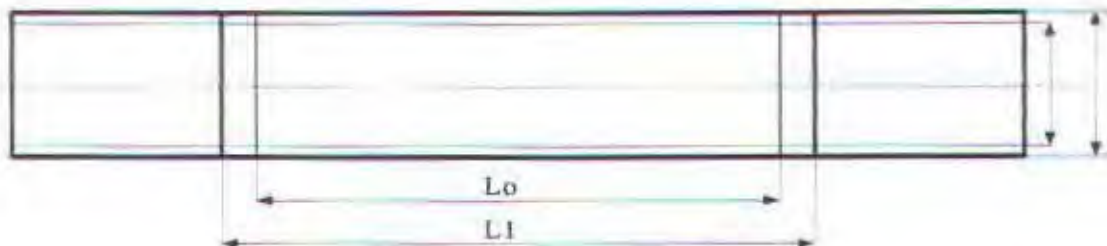


TUGAS AKHIR KS 1701

2. Pengujian Material karet (tarik)

Tabel 3.2 Data uji tarik karet dengan benang nilon

KODE SPECIMEN / BAHAN	KARET JENIS NBR PAKAI NILON
STANDARD PENGUJIAN	SNI
STANDARD SPECIMEN	SNI
UKURAN SPECEMENT : - LEBAR (mm)	53
- TEBAL (mm)	9.4
LUAS PENAMPANG (A_0 mm ²)	5000
GAUGE LENGTH (L_0 mm)	100
BEBAN MAXIMUM (P_u KN)	10
PANJANG SETELAH PATAH (L_1 mm)	107
TENSILE STRENGTH (Kg/mm^2)	0.204
ELONGATION (E %)	7
LEBAR SETELAH PATAH (mm)	518
TEBAL SETELAH PATAH (mm)	9.2
LUAS SPECEMENT SETELAH PATAH (mm ²)	5457



Gambar 3.5 Gambar specement uji tarik



TUGAS AKHIR KS 1701

3. Pengujian Getaran pada kopling silang karet ban

Pada kondisi I

Motor listrik menggunakan sistem transmisi kopling tetap yang tidak mengalami deviasi sudut :

Tabel 3.3 hasil pengujian getaran pada kopling tetap tanpa mengalami deviasi sudut

No	Titik Pengukuran	Putaran motor listrik (rpm)	Amplitudo getaran (mikrometer)
1	Badan Motor Listrik	400	4.170
2	Bearing 1	400	3.650
3	Bearing 2	400	2.100
1	Badan Motor Listrik	600	4.490
2	Bearing 1	600	9.930
3	Bearing 2	600	6.910
1	Badan Motor Listrik	800	9.480
2	Bearing 1	800	6.770
3	Bearing 2	800	14.74
1	Badan Motor Listrik	1000	7.000
2	Bearing 1	1000	12.79
3	Bearing 2	1000	13.13
1	Badan Motor Listrik	1200	9.150
2	Bearing 1	1200	18.74
3	Bearing 2	1200	21.13



Pada kondisi II

Motor listrik menggunakan sistem transmisi kopling Tetap mengalami deviasi sudut 1° ;

Tabel 3.4 hasil pengujian getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut (1°)

No	Titik Pengukuran	Putaran motor listrik (rpm)	Amplitudo getaran (mikrometer)
1	Badan Motor Listrik	400	2.770
2	Bearing 1	400	2.880
3	Bearing 2	400	8.350
1	Badan Motor Listrik	600	2.750
2	Bearing 1	600	4.240
3	Bearing 2	600	7.360
1	Badan Motor Listrik	800	5.150
2	Bearing 1	800	14.82
3	Bearing 2	800	15.30
1	Badan Motor Listrik	1000	17.93
2	Bearing 1	1000	21.92
3	Bearing 2	1000	81.36
1	Badan Motor Listrik	1200	18.17
2	Bearing 1	1200	25.10
3	Bearing 2	1200	85.53



Pada kondisi III

Motor listrik menggunakan sistem transmisi kopling tetap yang mengalami deviasi sudut 2° :

Tabel 3.5 hasil pengujian getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut (2°)

No	Titik Pengukuran	Putaran motor listrik (rpm)	Amplitudo getaran (mikrometer)
1	Badan Motor Listrik	400	11.70
2	Bearing 1	400	4.720
3	Bearing 2	400	14.20
1	Badan Motor Listrik	600	4.120
2	Bearing 1	600	12.21
3	Bearing 2	600	3.400
1	Badan Motor Listrik	800	99.95
2	Bearing 1	800	99.95
3	Bearing 2	800	17.62
1	Badan Motor Listrik	1000	75.91
2	Bearing 1	1000	99.95
3	Bearing 2	1000	12.94
1	Badan Motor Listrik	1200	99.95
2	Bearing 1	1200	99.95
3	Bearing 2	1200	80.46



TUGAS AKHIR KS 1701

Pada kondisi IV

Motor listrik menggunakan sistem transmisi kopling silang karet ban yang tidak mengalami deviasi sudut :

Tabel 3.6 hasil pengujian getaran pada kopling silang karet ban tanpa mengalami deviasi sudut.

No	Titik Pengukuran	Putaran motor listrik (rpm)	Amplitudo getaran (mikrometer)
1	Badan Motor Listrik	400	2.870
2	Bearing 1	400	5.690
3	Bearing 2	400	6.530
1	Badan Motor Listrik	600	4.860
2	Bearing 1	600	3.620
3	Bearing 2	600	6.810
1	Badan Motor Listrik	800	7.630
2	Bearing 1	800	29.12
3	Bearing 2	800	17.17
1	Badan Motor Listrik	1000	5.910
2	Bearing 1	1000	16.41
3	Bearing 2	1000	18.24
1	Badan Motor Listrik	1200	11.52
2	Bearing 1	1200	38.70
3	Bearing 2	1200	18.96





TUGAS AKHIR KS 1701

Pada kondisi V

Motor listrik menggunakan sistem transmisi kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 1° :

Tabel 3.7 hasil pengujian getaran pada kopling silang karet ban mengalami deviasi sudut (1°)

No	Titik Pengukuran	Putaran motor listrik (rpm)	Amplitudo getaran (mikrometer)
1	Badan Motor Listrik	400	2.570
2	Bearing 1	400	1.780
3	Bearing 2	400	2.620
1	Badan Motor Listrik	600	2.250
2	Bearing 1	600	4.070
3	Bearing 2	600	3.140
1	Badan Motor Listrik	800	4.880
2	Bearing 1	800	1.860
3	Bearing 2	800	13.98
1	Badan Motor Listrik	1000	4.980
2	Bearing 1	1000	6.360
3	Bearing 2	1000	6.740
1	Badan Motor Listrik	1200	5.620
2	Bearng 1	1200	23.73
3	Bearing 2	1200	29.16



TUGAS AKHIR KS 1701

Pada kondisi VI

Motor listrik menggunakan sistem transmisi kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 2° :

Tabel 3.8 hasil pengujian getaran pada kopling silang karet ban mengalami deviasi sudut (2°)

No	Titik Pengukuran	Putaran motor listrik (rpm)	Amplitudo getaran (mikrometer)
1	Badan Motor Listrik	400	1.330
2	Bearing 1	400	1.000
3	Bearing 2	400	2.210
1	Badan Motor Listrik	600	1.990
2	Bearing 1	600	1.660
3	Bearing 2	600	3.120
1	Badan Motor Listrik	800	4.880
2	Bearing 1	800	10.32
3	Bearing 2	800	8.510
1	Badan Motor Listrik	1000	9.550
2	Bearing 1	1000	10.38
3	Bearing 2	1000	8.680
1	Badan Motor Listrik	1200	9.960
2	Bearing 1	1200	37.27
3	Bearing 2	1200	26.40



BAB IV
ANALISA HASIL PENGUJIAN



BAB IV

ANALISA HASIL PENGUJIAN

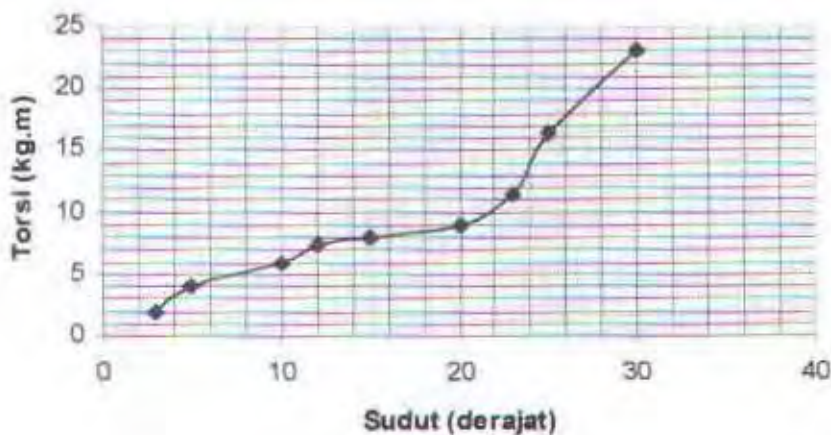
Pada bab ini akan membahas mengenai perhitungan kopling, pengujian material dan seberapa besar kopling silang karet ban dapat mengatasi adanya misalignment perporosan yang dapat menimbulkan getaran yang berlebihan.

IV.1 Analisa hasil pengujian material karet.

IV.1.1 Pengujian Material karet (momen puntir)

Tabel 4.1 Data percobaan uji puntir kopling jenis NBR pakai nilon

No	Sudut Puntir	Momen Puntir (Kg.m)
1	3	2
2	5	4
3	10	6
4	12	7.5
5	15	8
6	20	9
7	23	11.5
8	25	16.5
9	30	23



Gambar 4.1 Grafik hasil Pengujian Puntir



TUGAS AKHIR KS 1701

Sudut puntir maksimum pada karet jenis nbr ini adalah 30° . diketahui kekuatan puntir (tors) jenis karet NBR ini pada sudut 20° adalah 9 Kg.m. sehingga momen puntir (tors) jenis karet ini adalah :

$$T = 9 \text{ kg.m; Gravitasi (g)} = 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$T = 9 \times 9.8 = 88.2 \text{ N.m}$$

$$P = \frac{2 \pi \cdot n \cdot T}{60} \text{ (W)}$$

$$= \frac{2 \times 3.14 \times 400 \times 88.2}{60}$$

$$= 3692.64 \text{ Watt} = 3.69 \text{ KW}$$

$$= 4.946 \text{ Hp}$$

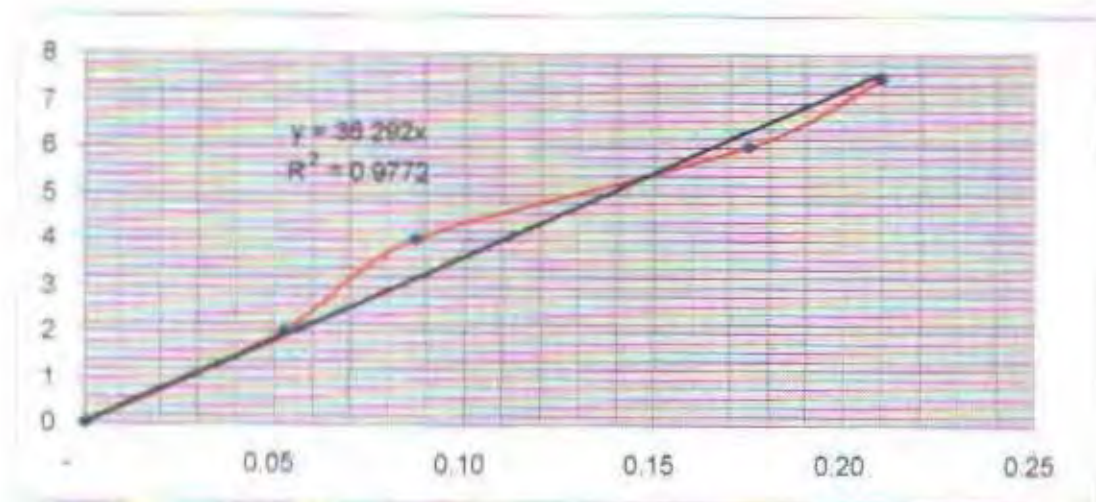
Berdasarkan pada perhitungan diatas ternyata karet jenis NBR pakai nilon ini layak / dapat dipakai untuk pembuatan kopling silang karet ban pada motor listrik dengan merk Dunca dengan daya 0.5 Kw dengan putaran minimal uji coba 400 rpm.

IV.1.2 Perhitungan diameter karet kopling dari hasil pengujian torsi karet.

Pada hasil pengujian material karet kita ambil beberapa titik yang mendekati linier, dimana sudut kita ubah dalam bentuk radian sehingga di dapatkan tabel sebagai berikut :

Tabel IV.2 Hasil Pengujian material karet (tors) dalam bentuk Radian vs Kg.m

Sudut(radian) [X]	Momen Puntir (Kg.m) [Y]
0.00	0.00
0.05	2.00
0.09	4.00
0.17	6.00
0.21	7.50



Gambar IV.2 Grafik Hasil Pengujian radian terhadap Torsi, untuk mencari K

Jadi $K = 36.292$

1. Modulus Geser (σ) pada karet NBR pakai nilon adalah

$$K = \frac{\pi \times d^4 \times \sigma}{32 \times l}$$

$$\sigma = \frac{K \times l \times 32}{\pi \times d^4} \quad (\text{kg/m}^2)$$

Dimana :

K = konstanta karet yang mana didapatkan dari grafik

= 36.292 kg m/rad

l = tebal dari material karet (m)

= 0.01

π = adalah dalam bentuk radian,



TUGAS AKHIR KS 1701

$$d = \text{diameter karet uji (m)} \\ = 0.105$$

$$\sigma = \frac{36.292 \times 0.01 \times 32}{3.14 \times 0.105^4} \\ = \frac{11.613}{0.00038} \\ = 3.056 \times 10^4 \text{ kg/m}^2 \\ = 3.056 \times 10^{-2} \text{ kg/mm}^2$$

2. Menghitung nilai K pada engine

$$T_{\text{engine max}} = K \times \Theta$$

dimana :

$$T_{\text{engine max}} = \text{Torsi engine max (Kg.m)}$$

$$K = \text{Konstanta karet pada uji puntir puntir}$$

$$\Theta = \text{Sudut standart puntir, menurut Ir.Jack Stock dan Ir}$$

C. Kross dalam radian (radian), yaitu tidak lebih dari

24^o pada perhitungan ini diambil 10^o, sehingga

$$= (10 / 180) \times 3.14 = 0.17 \text{ radian}$$

$$K = T_{\text{engine max}} / \Theta$$

$$= 1.22 / 0.17$$

$$= 7.18 \text{ Kg.m/rad}$$



TUGAS AKHIR KS 1701

3. menghitung diameter karet untuk kopling silang karet ban

$$K = \frac{\pi \times d^4 \times \sigma}{32 \times t}$$

$$d^4 = [(K \times 32 \times t) / (\pi \times \sigma)]^{1/4}$$

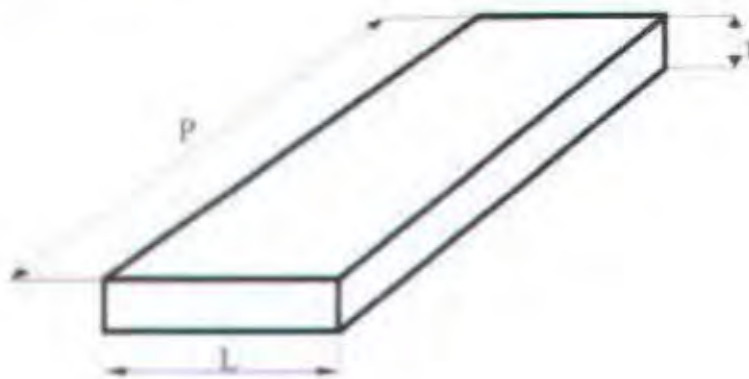
$$d = [(7.18 \times 32 \times 0.01) / (3.14 \times 3.056 \times 10^7)]^{1/4}$$

$$= [(2.30) / (95958.4)]^{1/4}$$

$$= 0.07 \quad \text{m}$$

$$= 7 \quad \text{cm}$$

IV.1.3 Perhitungan Modulus Elastisitas Karet NBR pakai nilon pada pengujian tarik



$$K = \frac{E \times A}{l}$$

Dimana :

E = Modulus Elastisitas bahan (kg/m^2)

A = Luas penampang benda uji (m^2)



TUGAS AKHIR KS 1701

T = tebal benda uji (m)

$$E = \frac{\sigma_t}{\epsilon}$$

Dimana :

σ_t = kekuatan tarik atau tegangan teknik (kg/m^2)

ϵ = regangan (m)

$$\sigma = \frac{P}{A_0}$$

Dimana :

P = beban maksimum (kg)
= 10000 N = 1020.41 kg

A_0 = Luas penampang awal benda uji (m^2)
= $5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$$\sigma = \frac{1020.41}{5 \times 10^{-3}}$$
$$= 2.041 \times 10^5 \text{ kg/m}^2$$

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

Dimana :

ΔL = Perpanjangan benda uji (m)



TUGAS AKHIR KS 1701

$$= 7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

L_0 = Panjang awal benda uji (m)

$$= 0.1 \text{ m}$$

$$\epsilon = \frac{7 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100\%$$

$$= 7\%$$

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

$$\epsilon$$

$$= \frac{2.041 \times 10^5}{7}$$

$$= 2.916 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$$

IV.2 perhitungan kopling silang karet ban menurut metode Sularso.

Motor yang dipakai adalah :

Spesifikasi dari motor Induksi

- Merk : Dunca
- Daya : 0.50 KW, 3 ϕ
- Putaran : 1500 rpm
- Voltase : 110 / 220 Volt
- Ampere : 0.48 Ampere



TUGAS AKHIR KS 1701

1. Momen puntir (tors) engine pada daya maksimum adalah :

$$P_{\text{max}} = 0.5 \text{ KW}$$

$$P_{\text{max}} = 500 \text{ Watt}$$

Putaran poros adalah $(n) = 400 \text{ rpm}$

$$T_{\text{MAX}} = \frac{60 \cdot P}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (\text{N.m})$$

$$T_{\text{MAX}} = \frac{60 \cdot 500}{2 \cdot \pi \cdot 400}$$

$$T_{\text{MAX}} = 11.94 \text{ Nm}$$

IV.2.1 Perhitungan Poros Piringan

Analisa dan perhitungan poros piringan

1. Daya yang ditransmisikan (P)

$$P = 500 \text{ Watt}$$

$$n = 400 \text{ rpm}$$

2. Faktor koreksi (f_c)

Berdasarkan tabel 2.1, maka $f_c = 2$

- momen awal : kecil
- Variasi momen puntir : kecil
- Kejutan : ringan
- Putaran balik : tidak ada



3. Daya rencana (pd)

$$Pd = f_c \cdot P \quad (\text{KW})$$

$$= 2 \cdot 0.5$$

$$= 1.0 \text{ KW}$$

4. Momen puntir rencana

$$Td = 9.74 \cdot 10^3 \cdot xPd / n \quad (\text{kg.mm})$$

$$= 9.74 \cdot 10^3 \times \frac{1.0}{400}$$

$$= 2435 \text{ kg.mm}$$

5. Bahan poros untuk baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501) dengan perlakuan panas pormalan sehingga dipilih bahan poros S 30 C (tabel 2.4) dengan :

* Kekuatan tarik (σ_B) = 48 kg/mm²

* Faktor keamanan (S_f) = 6.0, untuk bahan SC

* Faktor keamanan (S_f) = 2.0, untuk kekerasan poros; 1.3 – 3.0

6. Tegangan geser yang diijinkan (τ)

$$\tau = \frac{\sigma_B}{S_f \times S_f} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

$$S_f \times S_f$$

Dimana :

$$\sigma_B = \text{Kekuatan tarik (kg/mm}^2\text{)}$$

$$S_f = \text{Faktor keamanan (untuk bahan SC)}$$



TUGAS AKHIR KS 1701

Sf = Faktor koreksi (untuk kekerasan poros seperti koping, bantalan, pasak dan lain-lain)

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{48}{6.0 \times 2.0} \quad (\text{kg/mm}^2) \\ &= 4.0 \quad (\text{kg/mm}^2)\end{aligned}$$

7. Faktor koreksi untuk momen puntir

Faktor beban lentur (C_b) : 1.2 – 2.3; diambil $C_b = 2.0$

Sedikit tumbukan / kejutan (K_t) : 1.0 – 1.5; diambil $K_t = 1.5$

8. Diameter poros piringan (d_s)

$$d_s = \sqrt[3]{(5.1/\tau) \times C_b \times K_t \times T} \quad (\text{mm})$$

Dimana :

τ = Tegangan geser poros propeller yang diijinkan (kg/mm^2)

C_b = Faktor koreksi beban lentur

K_t = Faktor koreksi tumbukan / kejutan

T = Momen puntir rencana (kg.mm)

$$\begin{aligned}d_s &= \sqrt[3]{(5.1/\tau) \times C_b \times K_t \times T} \quad (\text{mm}) \\ &= \sqrt[3]{(5.1/4.0) \times 2.0 \times 1.5 \times 2435} \\ &= 21.6 \text{ mm} \\ &= 22 \text{ mm}\end{aligned}$$



berdasarkan tabel 2.3 diambil diameter poros piringan (d_s) = 25 mm
Tetapi karena diameter poros di lab uji 33 mm, maka diambil 33 mm.

IV.2.2 Analisa flens dan baut kopling :

1. biasanya dalam perhitungan dianggap bahwa hanya 50% saja dari seluruh baut ang berjumlah n buah menerima seluruh beban secara merata, sehingga nilai efektif baut (e) = 0.5

2. Tegangan geser baut (T_b)

$$T_b = \frac{8T}{\pi \cdot d_b^2 \cdot n_e \cdot B} \quad (\text{kg/mm}^2)$$

Dimana :

T = Momen puntir rencana (kg.mm)

D_b = Diameter baut (mm)

n_e = jumlah baut efektif

B = Diameter pusat baut (mm)

$$\begin{aligned} T_b &= \frac{8 \cdot 2435}{\pi \cdot 10^2 \cdot 2 \cdot 100} \quad (\text{kg/mm}^2) \\ &= \frac{19480}{62800} \\ &= 0.31 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

3. Bahan baut baja karbon untuk konstruksi mesin (JIS G. 3102).
Perlakuan panas tidak ada sehingga dipilih bahan baut S 20 C (tabel 2.2) dengan :



TUGAS AKHIR KS 1701

- * Kekuatan tarik (σ_B) = 40 kg/mm²
- * Faktor keamanan (S_n) = 6.0; untuk bahan SC
- * Faktor keamanan (K_s) = 2.0; untuk kekerasan poros, 1.3 – 3.0

4. Tegangan Geser yang diijinkan untuk baut (T_{ba})

$$T_{ba} = \frac{\sigma_B}{S_n \times K_s}$$

Dimana :

σ_B = Kekuatan Tarik (kg/mm²)

S_n = Faktopr keamanan

K_s = Faktor koreksi

$$\begin{aligned} T_{ba} &= \frac{40}{6.0 \times 2.0} \\ &= 3.33 \text{ (kg/mm}^2\text{)} \end{aligned}$$

5. Suatu baut dikatakan baik, apabila $T_b < T_{ba}$ atau $0.31 < 3.33$ sehingga baut ini dikatakan baik.
6. Bahan flens adalah Karet NBR Dengan Perlakuan panas pelunakan temperatur rendah dan tahan minyak sehingga dipilih dengan :

- * Tebal flens (F) = 10 mm
- * Kekuatan tarik (σ_{fl}) = 0.204 kg/mm²
- * Faktor keamanan (S_{fl}) = 6.0



TUGAS AKHIR KS 1701

$$\bullet \text{ Faktor koreksi (} K_r \text{)} = 1.3; \quad K_r = 1.3 - 3$$

7. Tegangan geser yang diijinkan untuk flens (τ_{Fa})

$$\tau_{Fa} = \frac{\sigma_B}{S_f \times K_r}$$

Dimana :

σ_B = Kekuatan tarik (kg/mm^2)

S_f = Faktor keamanan

K_r = Faktor koreksi

$$\begin{aligned} \tau_{Fa} &= \frac{0.204}{6.0 \times 1.3} \\ &= 0.0262 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

8. Tegangan geser flens (τ_F)

$$\begin{aligned} \tau_F &= \frac{2 \cdot T}{\pi \cdot C^2 \cdot F} \quad (\text{kg/mm}^2) \\ &= \frac{2 \cdot 2435}{\pi \cdot 80^2 \cdot 20} \\ &= 4870 / 401920 \\ &= 0.012 \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

9. Suatu flens dikatakan baik apabila ($K_f \cdot \tau_F$) $<$ $\tau_{Fa} = 2 \times 0.012 <$
 $= 0.024 < 0.0262$, sehingga dikatakan baik.



TUGAS AKHIR KS 1701

10. Sehingga didapatkan dimensi sebagai berikut :

- diameter luar kopling flens (A) = 140 mm
- diameter kopling (dk) = 35.5 mm
- Diameter baut (d) x jumlah baut (n) = M10 x 4
- Bahan baut : S 20 C
- Bahan flens : karet NBR pakai nilon

Sehingga didapatkan diameter karet untuk kopling rata-rata sebagai berikut :

$$= 70 + 140$$

$$= 210/2 = 105 \text{ mm} = 10.5 \text{ cm}$$

IV.3 Perhitungan penentuan jarak ujung poros ke dasar lantai meja pada waktu mengalami deviasi sudut tertentu

1. pada waktu menggunakan kopling tetap dan kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 1° terhadap motor penggerak waktu menggunakan kopling tetap dan kopling silang karet ban.



$$\frac{X}{P} = \tan \theta$$



TUGAS AKHIR KS 1701

Dimana :

P = panjang poros

$$= 973 \text{ mm}$$

X = jarak poros ke lantai meja (mm)

Θ = derajat

X = $\tan \Theta \times P$

$$= \tan 1^\circ \times 973$$

$$= 16.54 \text{ mm}$$

2. pada waktu mengalami deviasi sudut 2° terhadap motor penggerak menggunakan kopling tetap dan kopling silang karet ban

X = $\tan \Theta \times P$

$$= \tan 2^\circ \times 973$$

$$= 33.97 \text{ mm}$$

3. pada waktu menggunakan kopling silang karet ban mengalami deviasi sudut maksimum 4° terhadap motor penggerak.

X = $\tan \Theta \times P$

$$= \tan 4^\circ \times 973$$

$$= 68.04 \text{ mm}$$

IV.4 Perhitungan Putaran Kritis

Perhitungan putaran kritis dengan formula SULARSO



TUGAS AKHIR KS 1701

Karena poros ditumpu secara kaku, maka perhitungan putaran kritisnya adalah sebagai berikut:

$$\text{Putaran kritis poros} = 52700 \times (d_s^2 \times L / L_1 \times L_2) \times (L / W \times L_1 \times L_2)^{1/2}$$

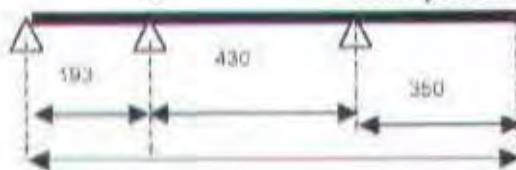
Dimana :

D_s = diameter poros

L_1 & L_2 = jarak antar bantalan

L = panjang poros

W = berat poros + piringan



$$\begin{aligned} L &= 973 \text{ mm} \\ D_s &= 33 \text{ mm} \\ W_s &= 10.8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

gambar IV.3 Bentuk poros dengan diameter 33 mm

Kondisi Poros

$$\begin{aligned} N_{c_1} &= 52700 \times [(33^2 \times 973) / (193 \times 780)] \times [(973 / (10.8 \times 193 \times 780))^{1/2}] \\ &= 9050.02 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{c_2} &= 52700 \times [(33^2 \times 973) / (623 \times 350)] \times [(973 / (10.8 \times 623 \times 350))^{1/2}] \\ &= 5121.83 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{c_3} &= 52700 \times [(33^2 \times 973) / (430 \times 543)] \times [(973 / (10.8 \times 430 \times 543))^{1/2}] \\ &= 4687.39 \text{ Rpm} \end{aligned}$$

$$1/N_{c_0}^2 = 1/N_{c_1}^2 + 1/N_{c_2}^2 + 1/N_{c_3}^2$$

$$1/N_{c_0}^2 = 1/(9050.02)^2 + 1/(5121.83)^2 + 1/(4687.39)^2$$



TUGAS AKHIR KS 1701

$$= 1.2 \times 10^{-8} + 3.8 \times 10^{-8} + 4.5 \times 10^{-8} \\ = 9.5 \times 10^{-8}$$

$$Nc_{\omega} = 1 / 1.107 \times 10^{-8} \\ = 10526315.79$$

$$Nc_{\omega} = 3244.43 \text{ Rpm}$$

Selingga dari perhitungan didapatkan putaran aman sebesar = 80% x n kritis
= 80% x 3244.43 = 2595.54 rpm
untuk itu percobaan dilakukan pada putaran dibawah 2595.54 rpm.

IV.5 Analisa hasil pengukuran getaran

Pada analisa ini akan membahas mengenai analisa dari hasil pengukuran yang dilakukan di laboratorium yaitu terhadap pengaruh kemiringan sudut terhadap motor penggerak dan juga seberapa besar kopling silang karet ban dalam mengeliminasi getaran yang diakibatkan dari deviasi sudut tertentu. Sebelum pada analisisnya maka tahapan-tahapan pengukurannya seperti yang tertulis pada tabel dibawah. Pada langkah variasi pengukuran kopling dan sudut dibawah adalah merupakan satu paket yang telah direncanakan sebelumnya. Misalnya, putaran 400rpm Pada waktu menggunakan Kopling Tetap, Kopling silang karet ban yang tidak dan mengalami deviasi sudut begitu seterusnya sampai pada putaran 600, 800, 1000, 1200 rpm. Selanjutnya didapatkan besarnya amplitudo getaran dari setiap posisinya (Badan motor listrik, Bearing 1, Bearing 2) sebagai contohnya adalah tabel dibawah ini.



TUGAS AKHIR KS 1701

Tabel IV.3 Variasi Pengukuran kopling dan Sudut

Variasi Pengukuran Kopling dan sudut	
KTL	Kopling Tetap Lurus
KTS1	Kopling Tetap Sudut 1 ⁰
KTS2	Kopling Tetap Sudut 2 ⁰
KSKBL	Kopling Silang Karet Ban Lurus
KSKBS1	Kopling Silang Karet Ban Sudut 1 ⁰
KSKBS2	Kopling Silang Karet Ban Sudut 2 ⁰

Tabel IV.4 Hasil pengukuran kopling tetap(kaku) dan kopling silang karet ban baik yang mengalami deviasi sudut maupun tidak pada badan motor listrik

HASIL DAN PROSES PENGUKURAN BESARNYA AMPLITUDO GETARAN PADA BADAN MOTOR LISTRIK (Mikrometer)							
No	RPM	KTL	KTS1	KTS2	KSKBL	KSKBS1	KSKBS2
1	400	4.17	2.77	11.7	2.87	2.57	1.33
2	600	4.49	2.75	4.12	4.86	2.25	1.99
3	800	9.48	5.15	99.95	7.63	4.88	4.88
4	1000	7	17.93	75.91	5.91	4.98	9.55
5	1200	9.15	18.17	99.95	11.52	5.62	9.96

Tabel IV.5 Hasil pengukuran kopling tetap(kaku) dan kopling silang karet ban baik yang mengalami deviasi sudut maupun tidak pada Bearing 1

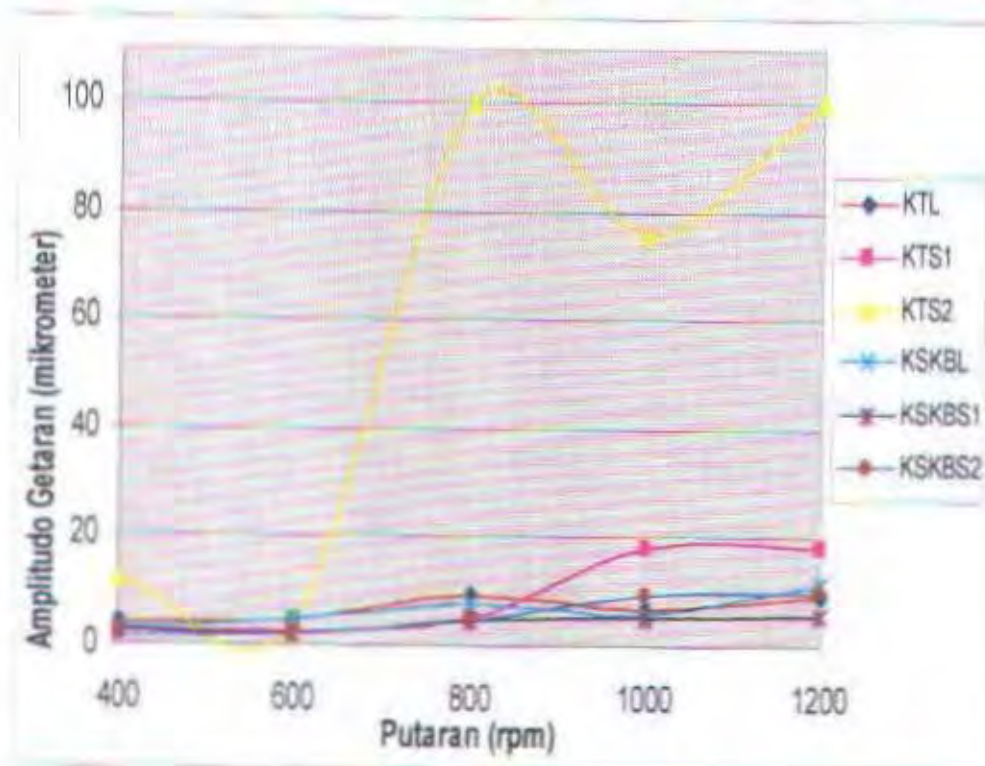
HASIL DAN PROSES PENGUKURAN BESARNYA AMPLITUDO GETARAN PADA BEARING 1 (Mikrometer)							
No	RPM	KTL	KTS1	KTS2	KSKBL	KSKBS1	KSKBS2
1	400	3.65	2.88	4.72	5.69	1.78	1.00
2	600	9.93	4.24	12.21	3.62	4.07	1.66
3	800	6.77	14.82	99.95	29.12	1.86	10.32
4	1000	12.79	21.92	99.95	16.41	6.36	10.38
5	1200	18.74	25.10	99.95	38.7	23.73	37.27



TUGAS AKHIR KS 1701

Tabel IV.6 Hasil pengukuran kopling tetap(kaku) dan kopling silang karet ban baik yang mengalami deviasi sudut maupun tidak pada Beraing 2

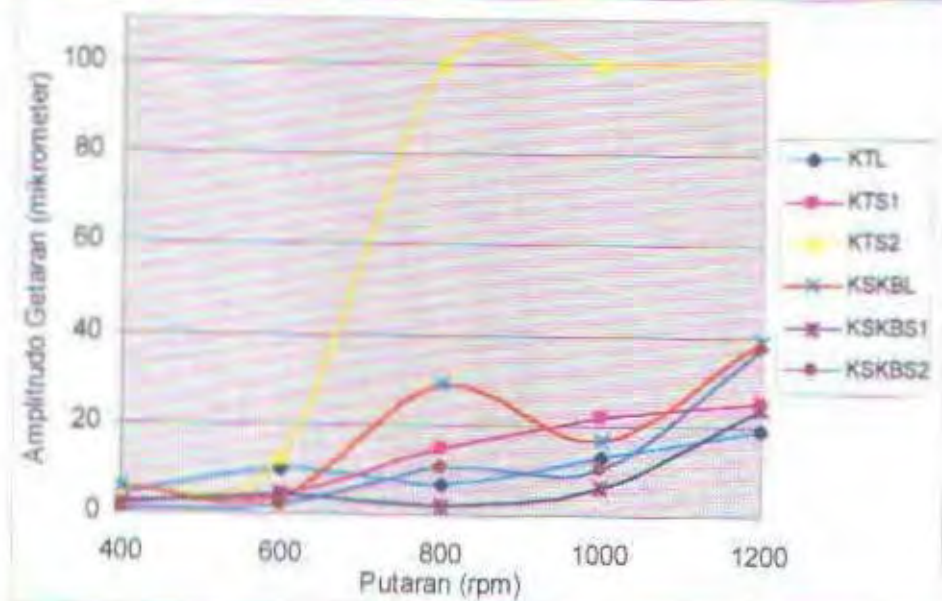
HASIL DAN PROSES PENGUKURAN BESARNYA AMPLITUDO GETARAN PADA BEARING 2 (Mikrometer)							
No	RPM	KTL	KTM1	KTM2	KSKBL	KSKB1	KSKB2
1	400	2.1	8.35	14.2	6.53	2.62	2.21
2	600	6.91	7.36	3.4	6.81	3.14	3.12
3	800	14.74	15.3	17.62	17.17	13.98	8.51
4	1000	13.13	81.36	12.94	18.24	6.74	8.68
5	1200	21.13	85.53	80.46	18.96	29.16	26.4



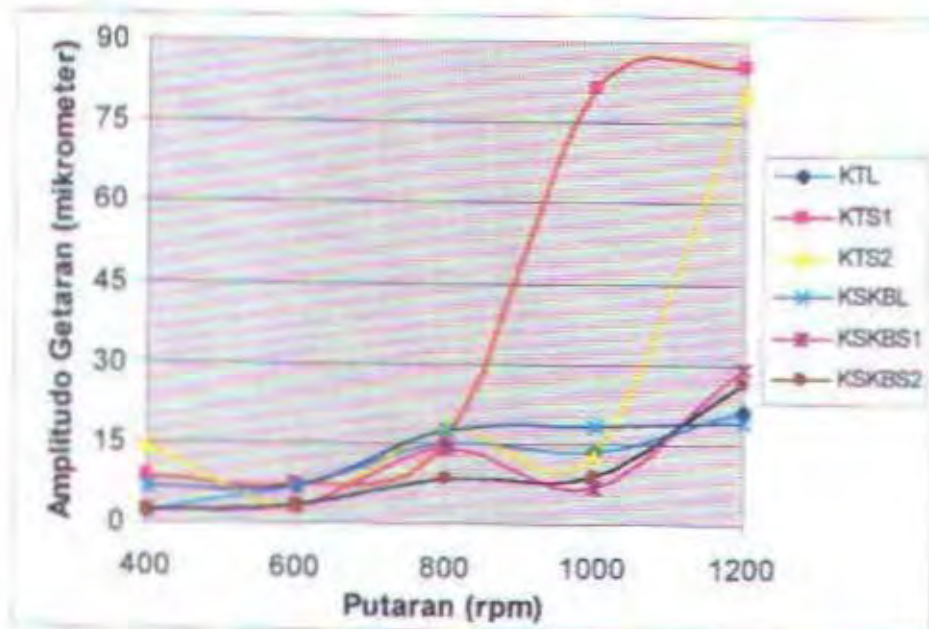
Gambar IV.5 Grafik Amplitudo getaran hasil pengukuran pada kopling silang karet ban dan kopling tetap pada badan motor listrik



TUGAS AKHIR KS 1701



Gambar IV.6 Grafik Amplitudo getaran hasil pengukuran pada kopling silang karet ban dan kopling tetap pada Bearing 1

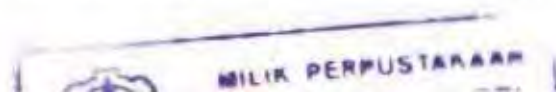


Gambar IV.7 Grafik Amplitudo getaran hasil pengukuran pada kopling silang karet ban dan kopling tetap pada Bearing 2



I. Analisa Amplitudo Getaran Pada Badan Motor Listrik

1. Amplitudo getaran waktu menggunakan kopling tetap tanpa mengalami deviasi sudut (lurus) pada putaran 400 rpm sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00417 sampai 0.00915 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart berada pada level Not Noticeable to person.
2. Amplitudo getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut 1° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00277 sampai 0.01817 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Barely Noticeable to persons.
3. Amplitudo getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut 2° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.0117 sampai 0.09995 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Trouble some to persons.
4. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang tanpa mengalami deviasi sudut (lurus) pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00287 sampai 0.01152 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Barely Noticeable to persons.
5. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 1° putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00257 sampai 0.00562 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Not Noticeable to persons.





TUGAS AKHIR KS 1701

6. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 2° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00133 sampai 0.00996 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Not Noticeable to persons*.

Dari data pengukuran amplitudo getaran pada kopling tetap dan kopling silang karet ban dapat dianalisa bahwa tingkat getaran yang terjadi pada badan motor listrik pada waktu tidak mengalami deviasi sudut (lurus) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling silang karet ban. Dengan perbandingan pada kopling tetap 0.00915 mm pada level (*Not Noticeable to person*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.01152 mm pada level (*Barely Noticeable to persons*). Hal ini terjadi dikarenakan pada waktu motor listrik dijalankan poros mengalami olakan sehingga mengakibatkan misalignment (karena dari sifat karet yang elastis itu sendiri). Sedangkan pada waktu motor listrik baik yang menggunakan kopling tetap maupun kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut (1°) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap tertinggi 0.01817 mm pada level (*Barely Noticeable to persons*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.00562 mm (*Not Noticeable to persons*). Hal ini terjadi dikarenakan pada kopling tetap hanya mengizinkan sedikit ketidak lurusan antara kedua poros dan juga sifat dari karet itu sendiri yang mana dapat meredam getaran yang diakibatkan dari ketidak lurusan pada poros penggerak dengan poros yang digerakan. Sedangkan pada waktu motor listrik baik yang menggunakan kopling tetap maupun kopling silang



TUGAS AKHIR KS 1701

karet ban yang mengalami deviasi sudut (2°) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap tertinggi 0.09995 mm pada level (*Trouble some to persons*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.00996 mm pada level (*Not Noticeable to persons*). Hal ini terjadi dikarenakan pada kopling tetap hanya mengizinkan sedikit ketidak lurusan antara kedua poros dan juga sifat dari karet itu sendiri yang mana dapat meredam getaran yang diakibatkan dari ketidak lurusan pada poros penggerak dengan poros yang digerakan. Sehingga pada kondisi ini (getaran pada badan motor listrik) untuk kopling silang karet ban masih dalam taraf aman batas amplitudo standart yang diijinkan meskipun mengalami deviasi sudut 2° dan berada pada level (*Barely Noticeable to persons*).

II. Analisa Amplitudo Getaran Pada Bearing 1

1. Amplitudo getaran waktu menggunakan kopling tetap tanpa mengalami deviasi sudut (lurus) pada putaran 400 rpm sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00365 sampai 0.01874 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart berada pada level *Barely Noticeable to person*.
2. Amplitudo getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut 1° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00288 sampai 0.0251 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Easily Noticeable to persons*.
3. Amplitudo getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut 2° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00472 sampai 0.09995



TUGAS AKHIR KS 1701

mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Trouble some to persons*

4. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang tanpa mengalami deviasi sudut (lurus) pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0,00569 sampai 0,0387 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Easily Noticeable to persons*.
5. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 1° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0,00178 sampai 0,02373 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Barely Noticeable to persons*.
6. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 2° putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0,001 sampai 0,03727 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Barely Noticeable to persons*.

Dari data pengukuran amplitudo getaran pada kopling tetap dan kopling silang karet ban dapat dianalisa bahwa tingkat getaran yang terjadi pada bearing 1 pada waktu tidak mengalami deviasi sudut (lurus) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling silang karet ban. Dengan perbandingan pada kopling tetap 0,01874 mm pada level (*Barely Noticeable to person*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0,0387 mm pada level (*Easily Noticeable to person*). Hal ini terjadi dikarenakan pada waktu motor listrik dijalankan poros mengalami olakan sehingga menimbulkan



TUGAS AKHIR KS 1701

misalignment karena dari sifat karet yang elastis (pada kopling silang karet ban). Sedangkan pada waktu motor listrik baik yang menggunakan kopling tetap maupun kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut (1°) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap tertinggi 0.0251 mm pada level (*Easily Noticeable to person*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.02373 mm pada level (*Barely Noticeable to persons*). Hal ini terjadi dikarenakan pada kopling tetap hanya mengizinkan sedikit ketidak lurusan antara kedua poros yang mengakibatkan olakan poros dan juga sifat dari karet itu sendiri yang mana dapat meredam getaran yang diakibatkan dari ketidak lurusan pada poros penggerak dengan poros yang digerakan pada kopling silang karet ban. Sedangkan pada waktu motor listrik baik yang menggunakan kopling tetap maupun kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut (2°) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap tertinggi 0.09995 mm pada level (*Troublesome to persons*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.03727 mm pada level (*Barely Noticeable to persons*). Hal ini terjadi dikarenakan pada kopling tetap hanya mengizinkan sedikit ketidak lurusan antara kedua poros yang mana dapat mengakibatkan getaran yang berlebihan dan juga sifat dari karet itu sendiri yang mana dapat meredam getaran yang diakibatkan dari ketidak lurusan pada poros penggerak dengan poros yang digerakan pada kopling silang karet ban.



III. Analisa Amplitudo Getaran Pada Bearing 2

1. Amplitudo getaran waktu menggunakan kopling tetap tanpa mengalami deviasi sudut (lurus) pada putaran 400 rpm sampai 1200 rpm berkisar antara 0.0021 sampai 0.02113 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart berada pada level Barely Noticeable to person.
2. Amplitudo getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut 1° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.835 sampai 0.08553 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Easily Noticeable to persons.
3. Amplitudo getaran pada kopling tetap mengalami deviasi sudut 2° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.0142 sampai 0.08046 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Easily Noticable to persons.
4. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang tanpa mengalami deviasi sudut (lurus) pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00653 sampai 0.01896 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Barely Noticable to persons.
5. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 1° pada putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00262 sampai 0.02916 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level Easily Noticable to persons.



TUGAS AKHIR KS 1701

6. Amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 2° putaran 400 sampai 1200 rpm berkisar antara 0.00221 sampai 0.0264 mm. Apabila dicocokkan dengan grafik Richart pada level *Easily Noticeable to persons*.

Dari data pengukuran amplitudo getaran pada kopling tetap dan kopling silang karet ban dapat dianalisa bahwa tingkat getaran yang terjadi pada bearing 2 pada waktu tidak mengalami deviasi sudut (lurus) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling Tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap 0.02113 mm pada level (*Barely Noticeable to person*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.01896 mm pada level (*Barely Noticeable to person*). Hal ini terjadi dikarenakan pada waktu motor listrik dijalankan poros mengalami olakan sehingga menimbulkan misalignment karena dari sifat karet yang elastis. Sedangkan pada waktu motor listrik baik yang menggunakan kopling tetap maupun kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut (1°) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap tertinggi 0.08553 mm pada level (*Easily Noticeable to person*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.02916 mm pada level (*Easily Noticeable to person*). Hal ini terjadi dikarenakan pada kopling tetap hanya mengizinkan sedikit ketidak lurusan antara kedua poros yang mengakibatkan olakan poros sehingga menimbulkan getaran ang berlebihan dan juga sifat dari karet itu sendiri yang mana dapat meredam getaran yang diakibatkan dari ketidak lurusan pada poros penggerak dengan poros yang digerakan pada kopling silang karet ban.



TUGAS AKHIR KS 1701

Sedangkan pada waktu motor listrik baik yang menggunakan kopling tetap maupun kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut (2°) tingkat getaran tertinggi terjadi pada kopling tetap. Dengan perbandingan pada kopling tetap tertinggi 0.08046 mm pada level (*Easily Noticeable to persons*), sedangkan pada kopling silang karet ban 0.0264 mm pada level (*Barely Noticeable to persons*). Hal ini terjadi dikarenakan pada kopling tetap hanya mengizinkan sedikit ketidak lurusan antara kedua poros yang mana dapat mengakibatkan getaran yang berlebihan dan juga sifat dari karet itu sendiri yang mana dapat meredam getaran yang diakibatkan dari ketidak lurusan pada poros penggerak dengan poros yang digerakan pada kopling silang karet ban.



BAB V
KESIMPULANDAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisa dari penelitian pengujian material (karet NBR) dan pengujian getaran pada kopling tetap dan kopling silang karet ban pada motor listrik sebagai tenaga penggerak berkaitan dengan performance kopling silang karet ban (getaran) dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian material karet jenis NBR (pakai nilon) memiliki Properties :
 - Modulus Geser (σ) = $3.056 \times 10^{-2} \text{ kg/mm}^2$
 - Modulus Elastisitas = $2.916 \times 10^4 \text{ kg/m}^2$
 - Tensile Sterength = 0.204 kg/mm^2
2. Pada kondisi motor penggerak terhadap poros tidak terjadi misalignment (deviasi sudut) kopling tetap memiliki tingkat amplitudo getaran yang lebih kecil dari pada kopling silang karet ban. (Badan motor listrik, Bearing 1 dan Bearing 2).
3. Pad kondisi motor penggerak terhadap poros terjadi misalignment (deviasi sudut 1° , 2°) kopling silang karet ban memiliki tingkat amplitudo yang lebih kecil dari pada kopling tetap. (Badan motor listrik, Bearing 1 dan Bearing 2).



SARAN

Seperti yang disebutkan diatas, bahwa pada sebuah sistem permesinan yang menggunakan sebuah sistem transmisi (kopling) shaft alignment sangat diperlukan akan tetapi pelurusan poros ini harus benar-benar dilakukan sesedini mungkin dan juga SDM yang bagus. Oleh karena itu disarankan pada sebuah sistem transmisi hendaknya memakai sistem kopling fleksibel, diantaranya kopling silang karet ban. Sehingga kerusakan-kerusakan yang terjadi pada motor listrik, seal, bantalan dapat dihindari.



DAFTAR PUSTAKA



BAB VI

DAFTAR PUSTAKA

1. Roy L. Harrington, "Marine Engineering".
2. John Piotrowski, [1995], "Shaft Alignment Handbook".
3. Mechel Neale, Paul Needham and Roger Horall [1991], "Coupling and Shaft Alignment".
4. William T. Thomson, [1955], "Theory of Vibration with Application, 2nd Edition".
5. Ir. Sularso, MSME and Kiyokatsu Suga [1994], "Design of Mechanical Elements".
6. Ir. Jack Stock dan Ir. C. Kross, [1994], "Elemen Mesin".
7. Robert K. Viereck, [1995], "Analisis Getaran".
8. Diktat petunjuk praktikum ilmu logam, jurusan Teknik Mesin ITS



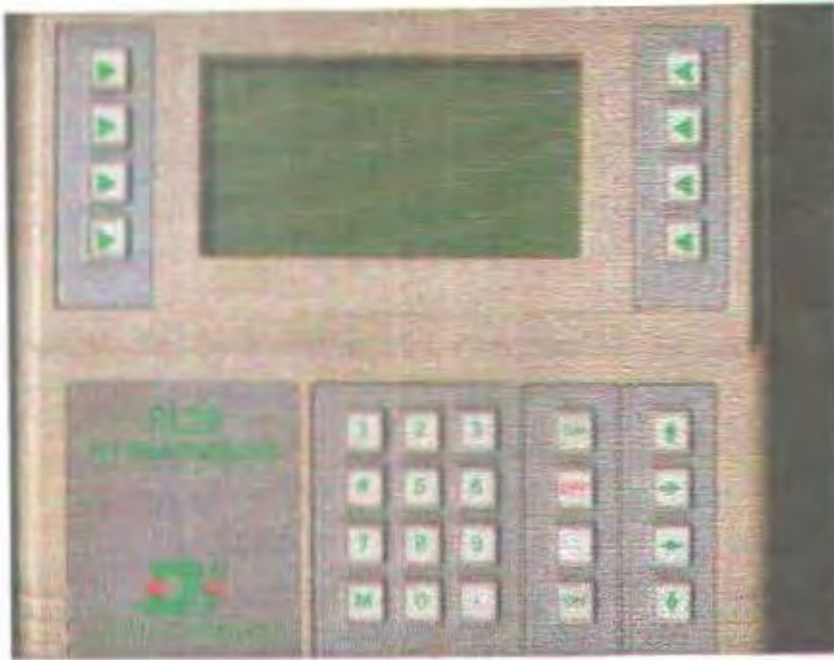
LAMPIRAN



Gambar Lampiran I Penerapan kopling silang karet ban pada motor listrik



Gambar Lampiran II Penerapan kopling Tetap pada motor listrik



Gambar Lampiran 3 Alat pengukur getaran, fast faurier transfer (FFT)



Gambar Lampiran 4 Alat pengukur kelurusan poros, deal gaugle

1. Besarnya amplitudo getaran pada kopling tetap tanpa mengalami misalignment.

No	Titik Pengukuran	Besarnya amplitudo			Putaran	Amplitudo rata2
1	Badan Motor Listrik	(3.27)	4.25	4.99	400	4.17
2	Bearing 1	2.20	4.59	4.15	400	3.65
3	Bearing 2	1.76	2.05	2.49	400	2.10
4	Badan Motor Listrik	(4.44)	(3.91)	(5.13)	600	4.49
5	Bearing 1	11.13	10.70	(7.96)	600	9.93
6	Bearing 2	(4.69)	8.30	7.76	600	6.91
7	Badan Motor Listrik	10.22	(4.20)	14.01	800	9.48
8	Bearing 1	8.50	6.40	5.420	800	6.77
9	Bearing 2	7.62	20.90	(15.72)	800	14.74
10	Badan Motor Listrik	7.13	6.98	(6.89)	1000	7.00
19	Bearing 1	13.60	9.18	15.60	1000	12.79
20	Bearing 2	14.13	(11.7)	13.57	1000	13.13
21	Badan Motor Listrik	8.84	10.40	8.20	1200	9.15
24	Bearing 1	20.00	18.22	18.0	1200	18.74
25	Bearing 2	26.40	19.40	17.6	1200	21.13

2. Besarnya amplitudo getaran pada kopling silang karet ban tanpa mengalami misalignment.

No	Titik Pengukuran	Besarnya amplitudo			Putaran	Amplitudo rata2
1	Badan Motor Listrik	(3.08)	2.54	2.98	400	2.87
2	Bearing 1	(7.62)	4	(5.45)	400	5.69
3	Bearing 2	5.37	(7.23)	6.98	400	6.53
4	Badan Motor Listrik	3.71	5.44	5.44	600	4.86
5	Bearing 1	(3.08)	4.16	3.62	600	3.62
6	Bearing 2	6.21	(7.23)	6.99	600	6.81
7	Badan Motor Listrik	(6.15)	9.67	7.08	800	7.63
8	Bearing 1	29.54	40.77	17.04	800	29.12
9	Bearing 2	9.62	10.06	31.84	800	17.17
10	Badan Motor Listrik	(5.66)	(6.06)	6.01	1000	5.91
11	Bearing 1	14.06	19.34	(15.82)	1000	16.41
12	Bearing 2	15.67	15.33	23.73	1000	18.24
13	Badan Motor Listrik	(12.55)	9.62	(12.40)	1200	11.52
14	Bearing 1	(20.46)	(36.91)	58.74	1200	38.70
15	Bearing 2	20.7	19.04	17.14	1200	18.96

3. Besarnya amplitudo getaran pada kopling tetap yang mengalami deviasi sudut 1° terhadap motor penggerak.

No	Titik Pengukuran	Besarnya amplitudo			Putaran	Amplitudo rata2
1	Badan Motor Listrik	6.35	1.03	0.93	400	2.77
2	Bearing 1	2.49	(3.17)	(2.98)	400	2.88
3	Bearing 2	18.41	(2.39)	(4.25)	400	8.35
4	Badan Motor Listrik	2.64	3.47	2.15	600	2.75
5	Bearing 1	(6.06)	5.21	1.44	600	4.24
6	Bearing 2	3.37	(8.15)	10.55	600	7.36
7	Badan Motor Listrik	4.2	(5.62)	(5.62)	800	5.15
8	Bearing 1	(11.3)	(21.88)	11.28	800	14.82
9	Bearing 2	24.71	11.38	9.81	800	15.30
10	Badan Motor Listrik	10.06	(29.05)	14.7	1000	17.93
11	Bearing 1	(16.5)	27.64	21.63	1000	21.92
12	Bearing 2	89.8	82.81	71.48	1000	81.36
13	Badan Motor Listrik	28.96	8.84	16.7	1200	18.17
14	Bearing 1	24.95	(21.63)	(28.71)	1200	25.10
15	Bearing 2	99.95	56.7	99.95	1200	85.53

4. Besarnya amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 1° terhadap motor penggerak.

No	Titik Pengukuran	Besarnya amplitudo			Putaran	Amplitudo rata2
1	Badan Motor Listrik	2.39	3.03	2.29	400	2.57
2	Bearing 1	2.22	2	1.11	400	1.78
3	Bearing 2	3.37	(2.25)	(2.25)	400	2.62
4	Badan Motor Listrik	2.44	2.1	2.22	600	2.25
5	Bearing 1	3.27	4.98	3.96	600	4.07
6	Bearing 2	(3.58)	2.64	3.22	600	3.14
7	Badan Motor Listrik	(6.30)	3.96	4.39	800	4.88
8	Bearing 1	(2.0)	1.42	(2.15)	800	1.86
9	Bearing 2	(11.72)	5.37	24.85	800	13.98
10	Badan Motor Listrik	(6.20)	4	(4.74)	1000	4.960
11	Bearing 1	8.4	5.07	5.82	1000	6.36
12	Bearing 2	5.13	(7.32)	(7.76)	1000	6.74
13	Badan Motor Listrik	5.62	(5.91)	5.32	1200	5.62
14	Bearing 1	(20.65)	22.75	(27.79)	1200	23.73
15	Bearing 2	(26.22)	21.44	39.84	1200	29.16

5. Besarnya amplitudo getaran pada kopling silang karet ban yang mengalami deviasi sudut 2° terhadap motor penggerak.

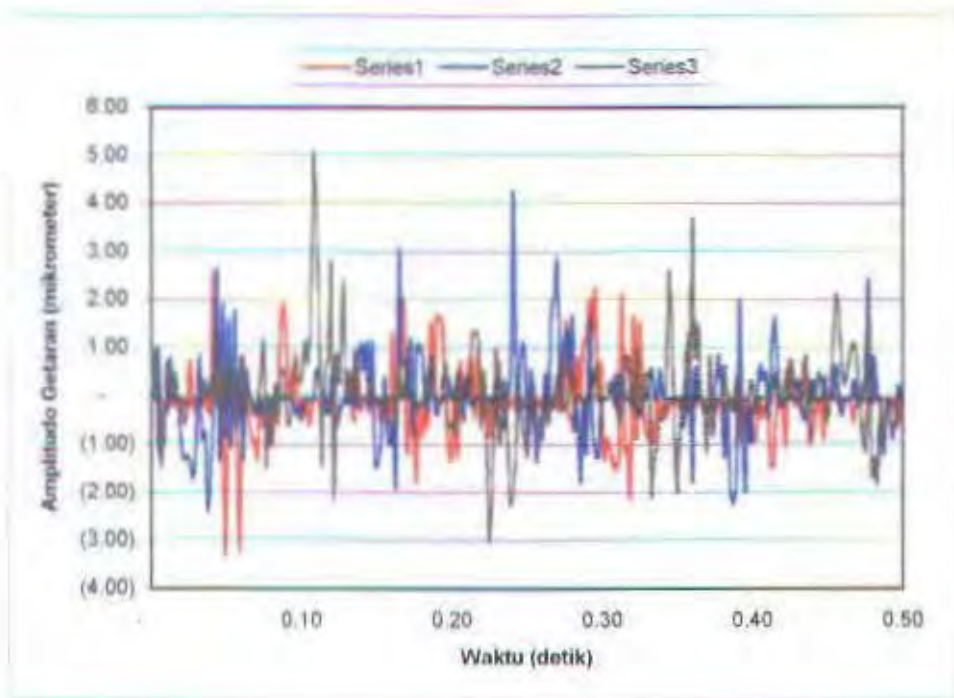
No	Titik Pengukuran	Besarnya amplitudo			Putaran	Amplitudo rata2
1	Badan Motor Listrik	1.46	1.27	1.27	400	1.33
2	Bearing 1	0.98	0.98	1.03	400	1.00
3	Bearing 2	(2.64)	1.56	2.44	400	2.21
4	Badan Motor Listrik	1.86	2.15	1.95	600	1.99
5	Bearing 1	(1.17)	(2.10)	1.71	600	1.66
6	Bearing 2	2.83	2.93	3.61	600	3.12
7	Badan Motor Listrik	4.05	5.37	5.22	800	4.88
8	Bearing 1	13.67	(7.57)	9.72	800	10.32
9	Bearing 2	11.18	6.4	(7.96)	800	8.51
10	Badan Motor Listrik	11.67	8.54	(8.45)	1000	9.55
11	Bearing 1	6.69	9.23	15.23	1000	10.38
12	Bearing 2	10.99	7.57	7.47	1000	8.68
13	Badan Motor Listrik	10.35	(13.67)	5.86	1200	9.96
14	Bearing 1	(29.35)	27.34	54.69	1200	37.27
15	Bearing 2	32.76	17.33	29.1	1200	26.40

6. Besarnya amplitudo getaran pada kopling tetap yang mengalami deviasi sudut 2° terhadap motor penggerak.

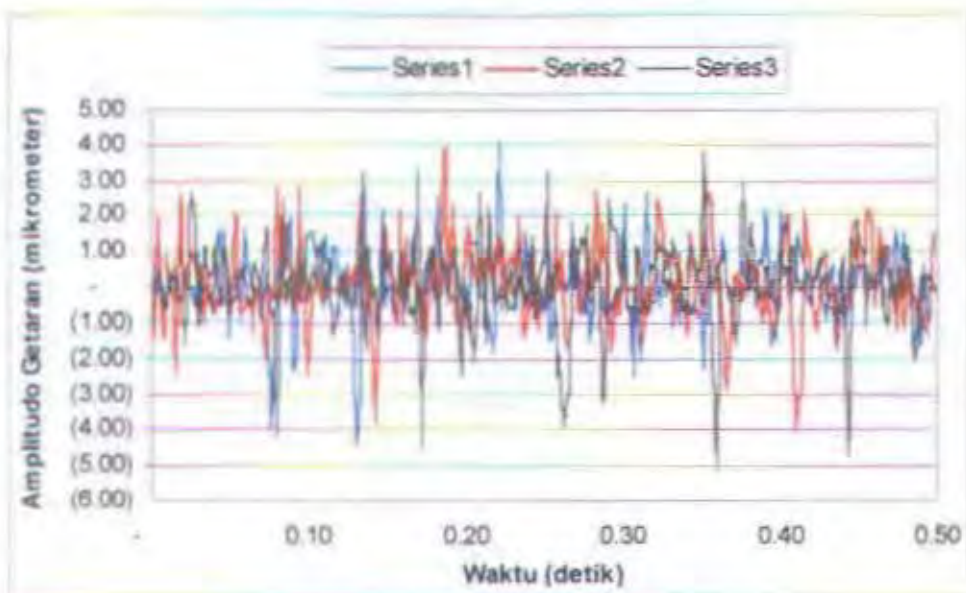
No	Titik Pengukuran	Besarnya amplitudo			Putaran	Amplitudo rata2
1	Badan Motor Listrik	11.08	13.72	10.3	400	11.70
2	Bearing 1	(4.40)	(4.83)	(4.93)	400	4.72
3	Bearing 2	1.52	39.06	2.03	400	14.20
4	Badan Motor Listrik	4.05	4.59	(3.71)	600	4.12
5	Bearing 1	30.47	3.08	3.08	600	12.21
6	Bearing 2	3.32	(3.61)	(3.25)	600	3.40
7	Badan Motor Listrik	99.95	99.95	99.95	800	99.95
8	Bearing 1	99.95	99.95	99.95	800	99.95
9	Bearing 2	21.63	15.63	15.6	800	17.62
10	Badan Motor Listrik	74.61	81.79	71.34	1000	75.91
11	Bearing 1	99.95	99.95	99.95	1000	99.95
12	Bearing 2	11.67	11.67	15.48	1000	12.94
13	Badan Motor Listrik	99.95	99.95	99.95	1200	99.95
14	Bearing 1	99.95	99.95	99.95	1200	99.95
15	Bearing 2	77.22	64.22	99.95	1200	80.46

**KETERANGAN GRAFIK LAMPIRAN PADA KOPLING TETAP (KAKU)
PADA BADAN MOTOR LISTRIK, BERAING 1, BEARING 2, BAIK YANG
MENGALAMI DEVIASI SUDUT MAUPUN TIDAK**

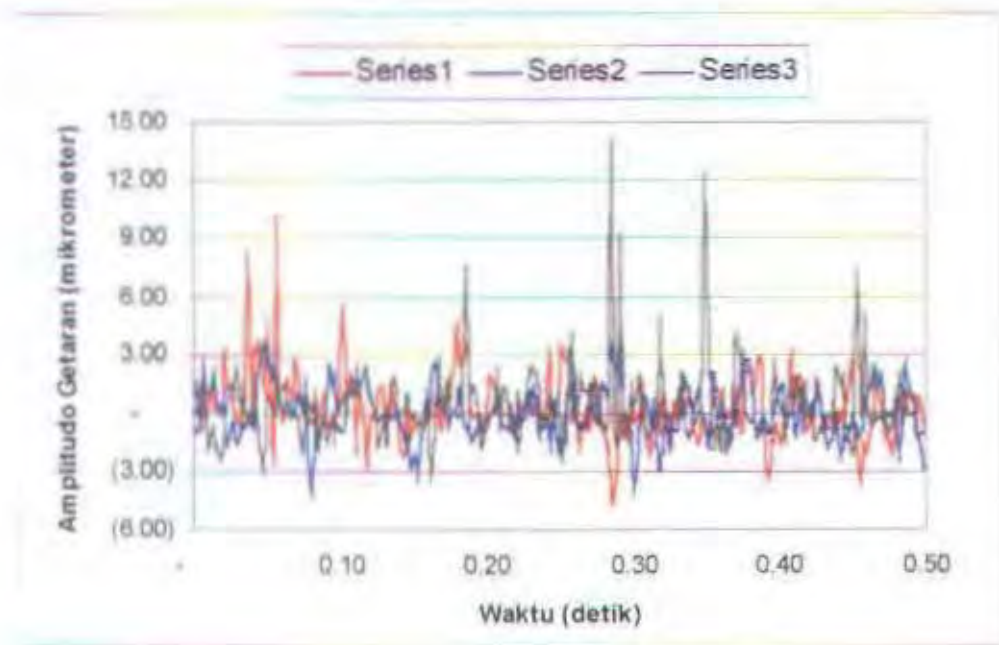
1. Series 1 – data pengukuran 1 pada titik dan putaran yang sama.
2. Series 2 – data pengukuran 2 pada titik dan putaran yang sama.
3. Series 3 – data pengukuran 3 pada titik dan putaran yang sama.



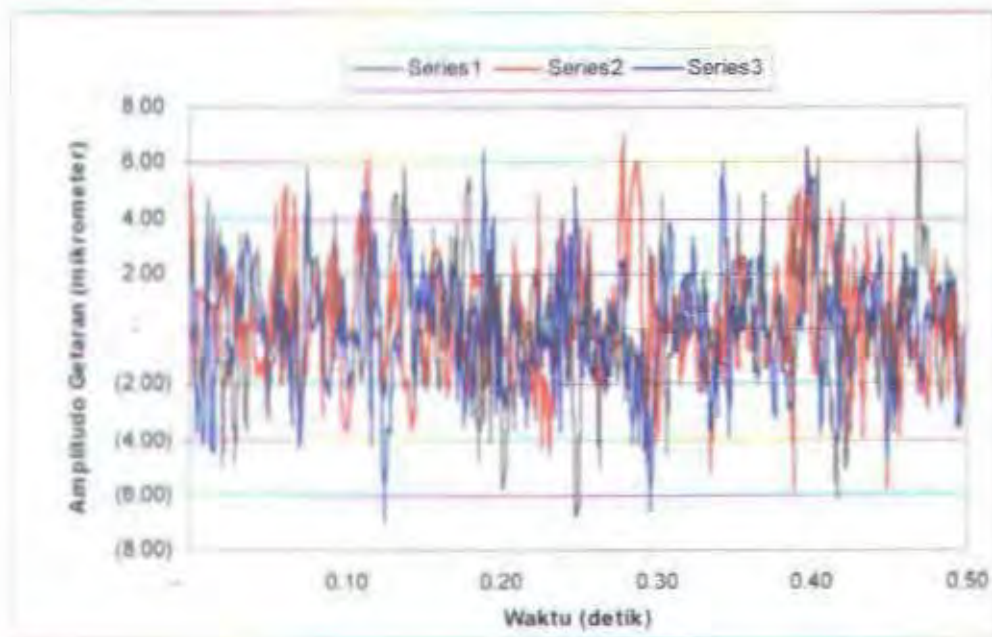
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (lurus) pada 400 rpm



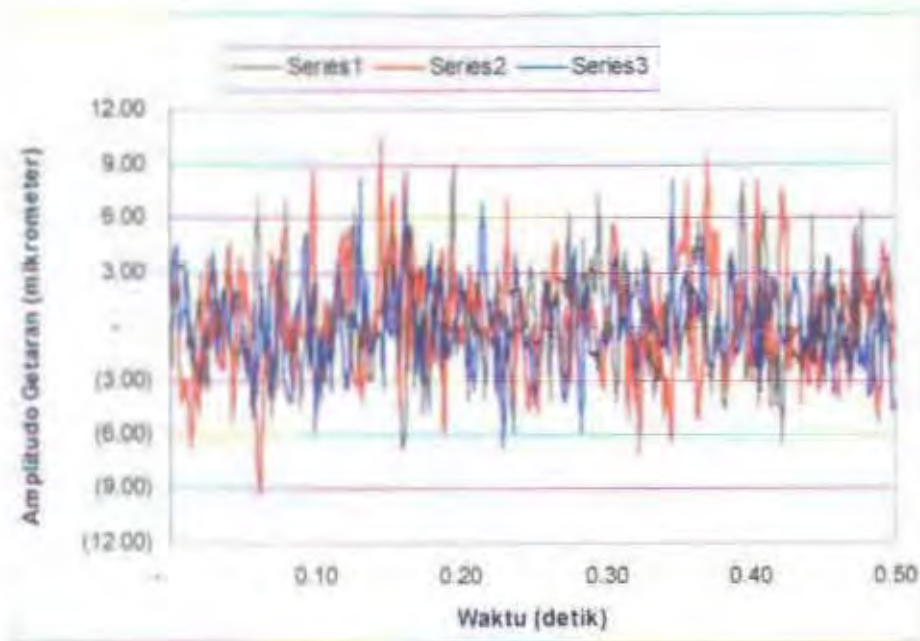
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (lurus) pada 600 rpm



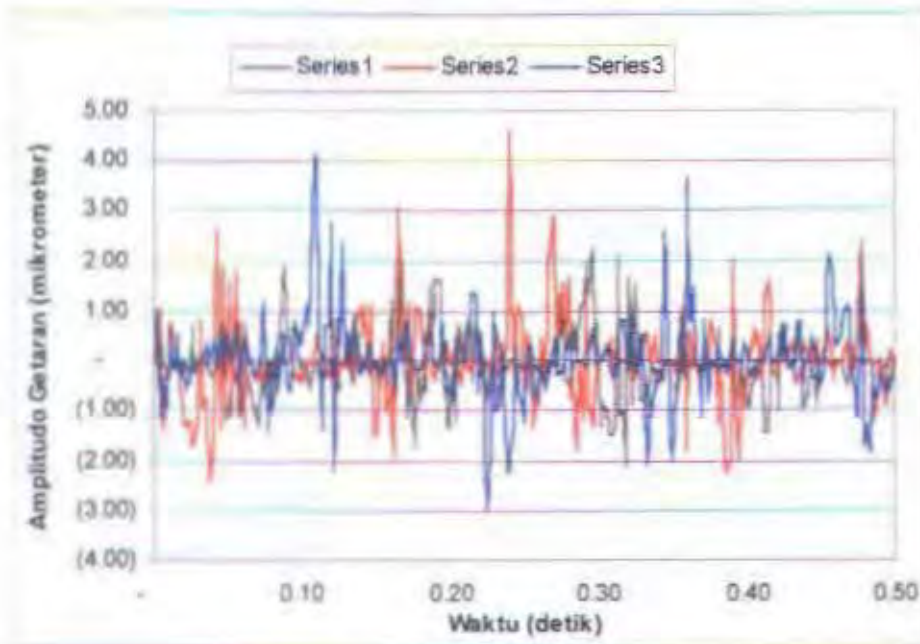
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (lurus) pada 800 rpm



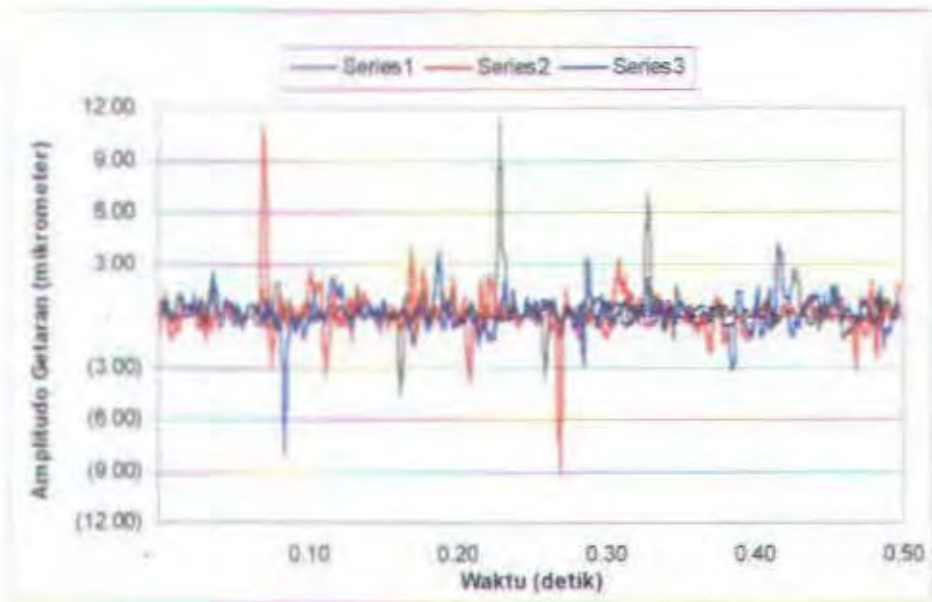
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (lurus) pada 1000 rpm



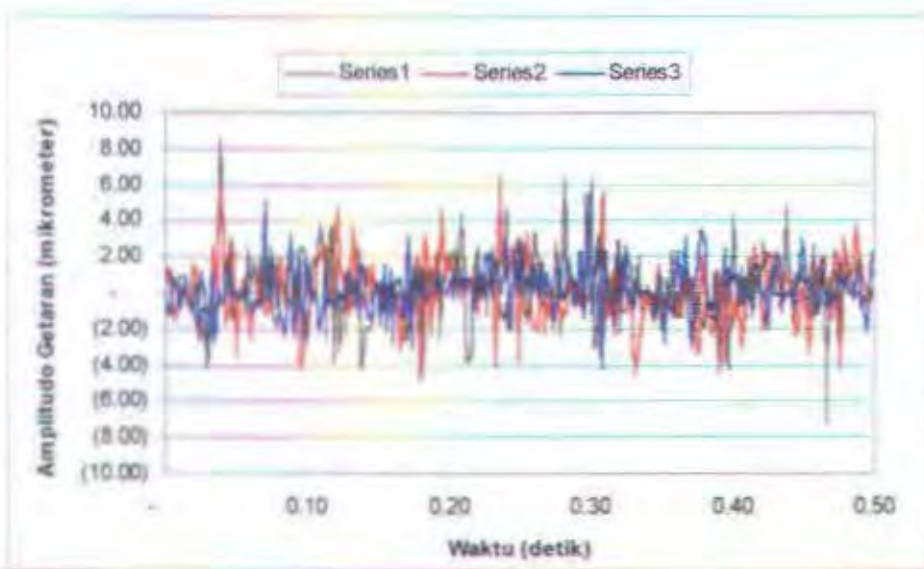
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (lurus) pada 1200 rpm



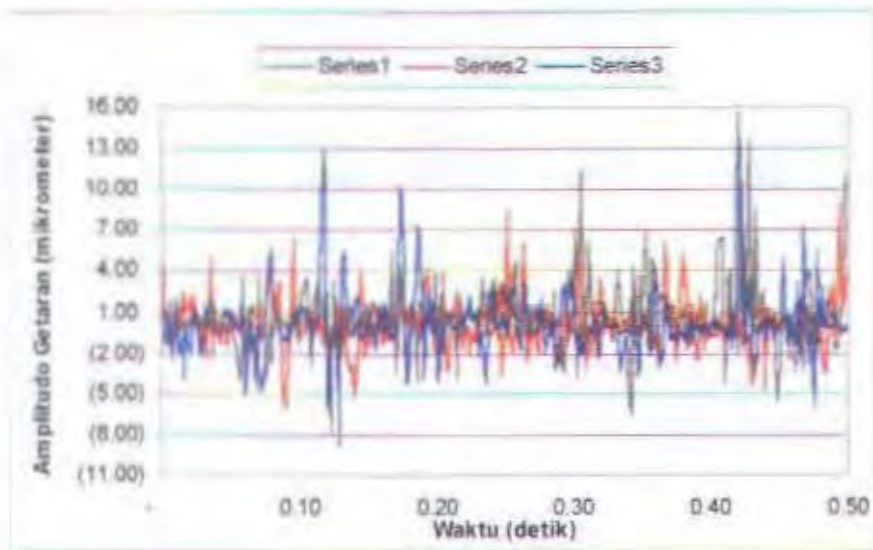
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (lurus) pada 400 rpm



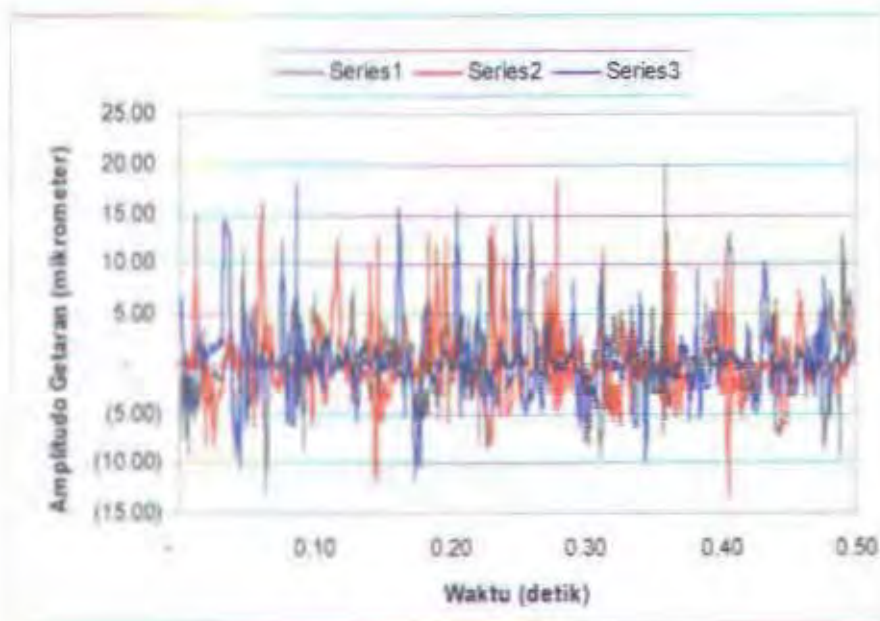
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (lurus) pada 600 rpm



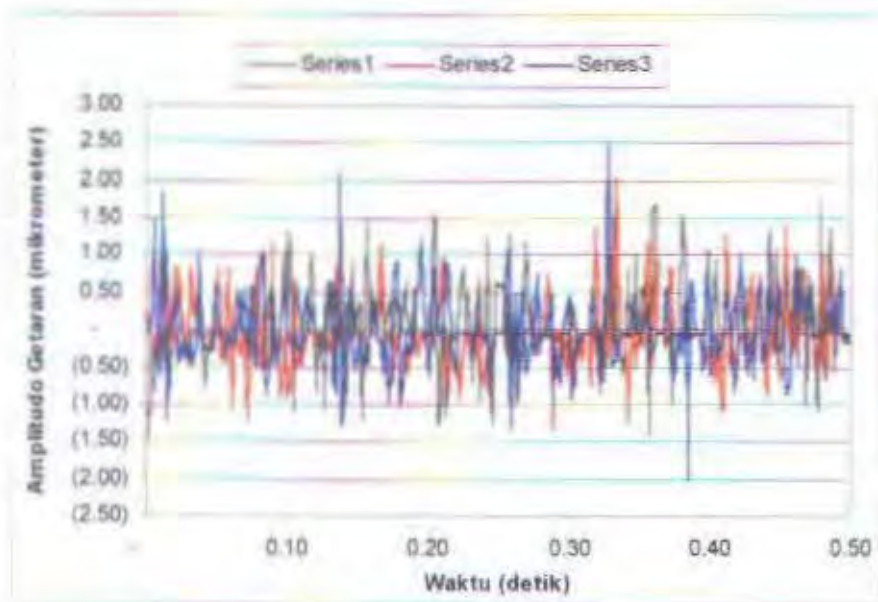
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (lurus) pada 800 rpm



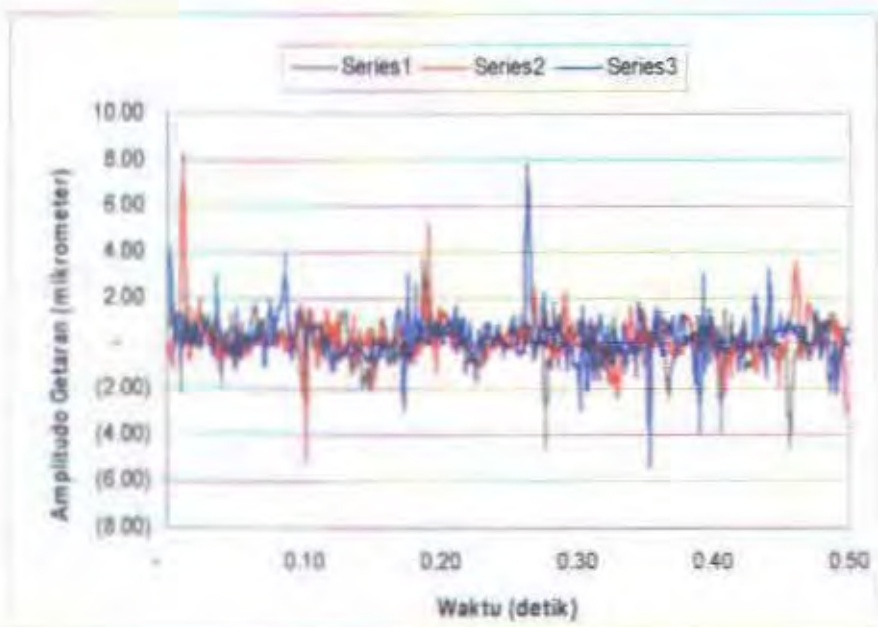
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (lurus) pada 1000 rpm



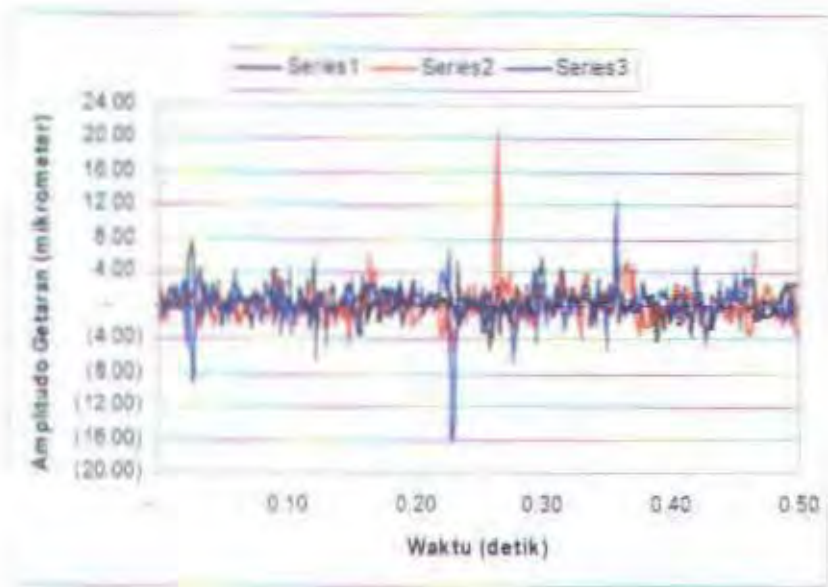
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (lurus) pada 1200 rpm



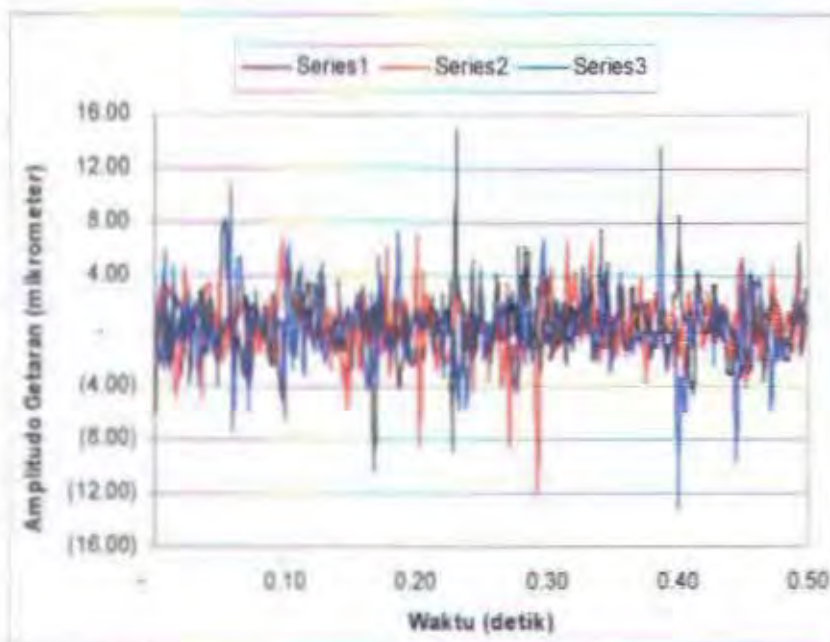
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (lurus) pada 400 rpm



Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (lurus) pada 600 rpm

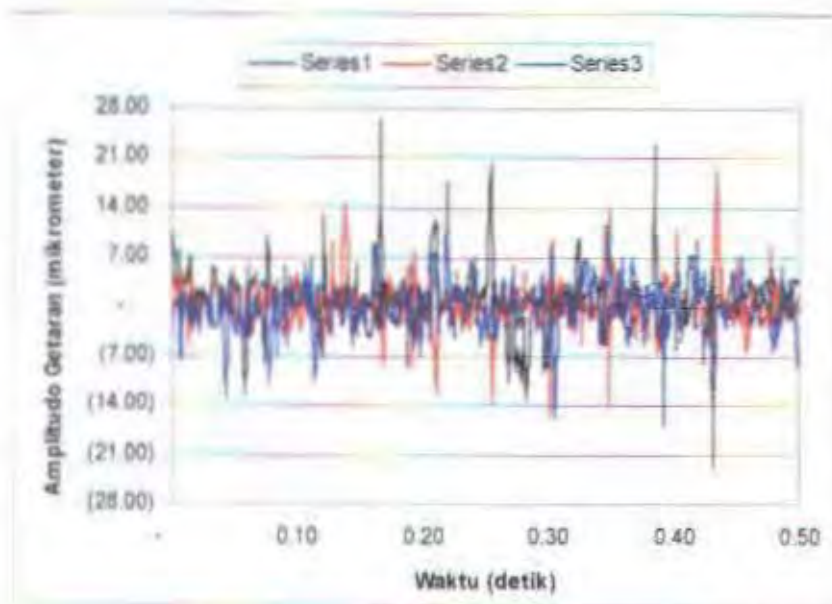


Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (lurus) pada 800 rpm

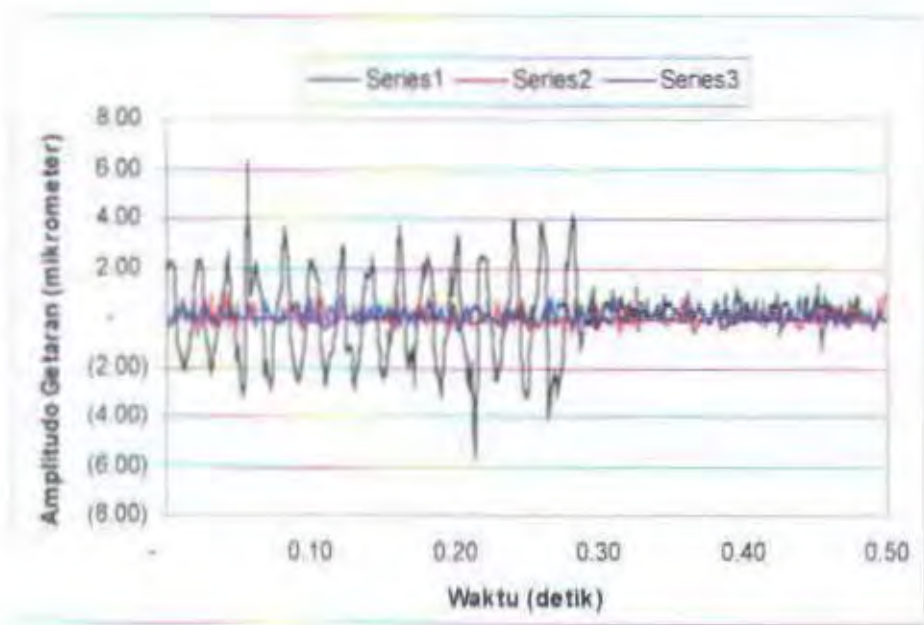


Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (lurus) pada 1000 rpm

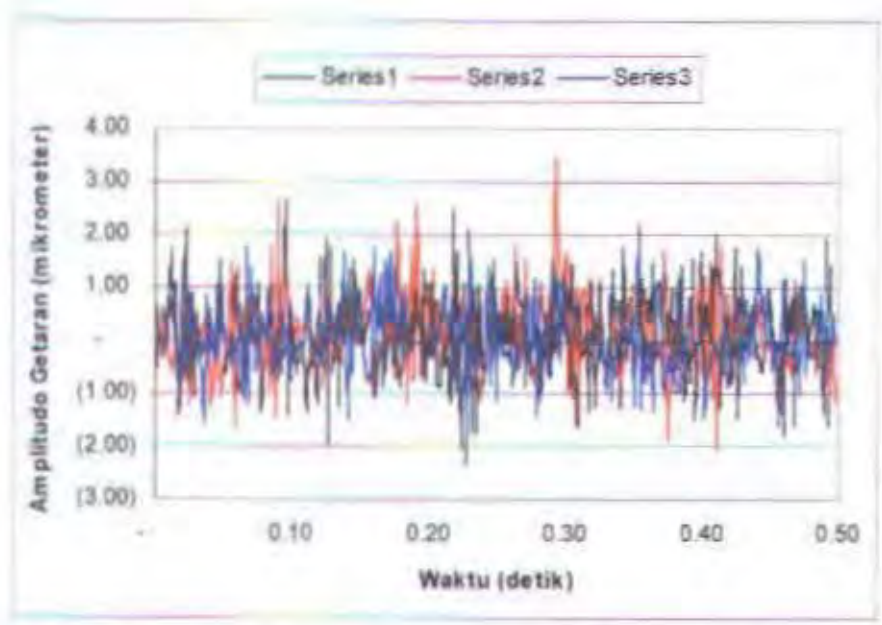




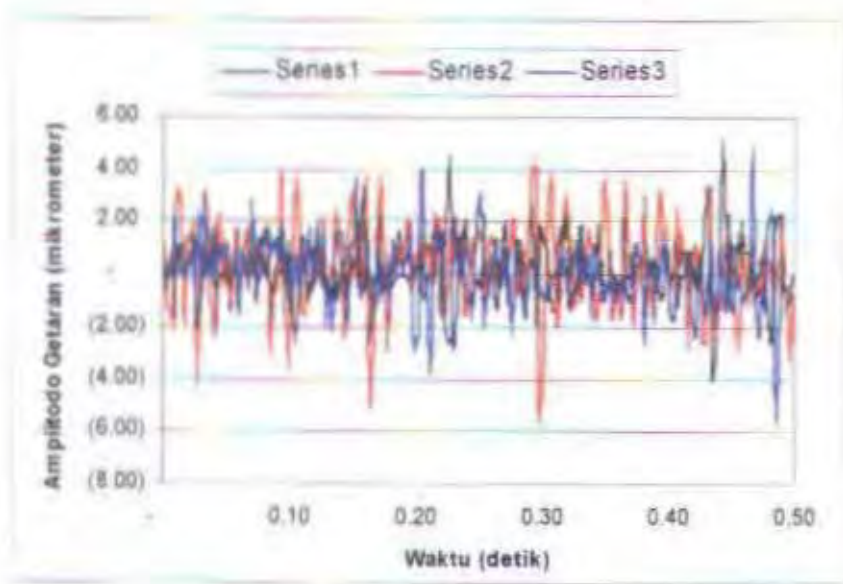
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (lurus) pada 1200 rpm



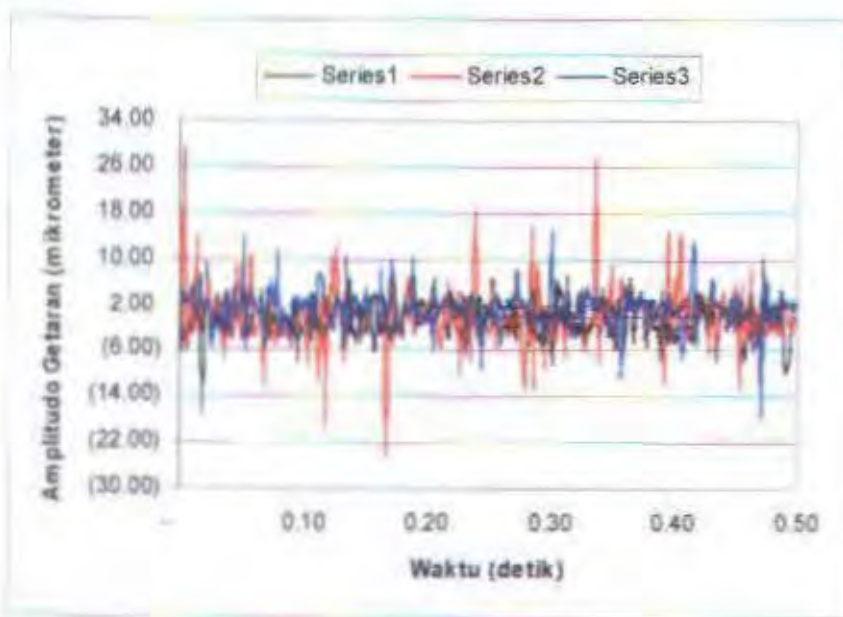
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 1⁰) pada 400 rpm



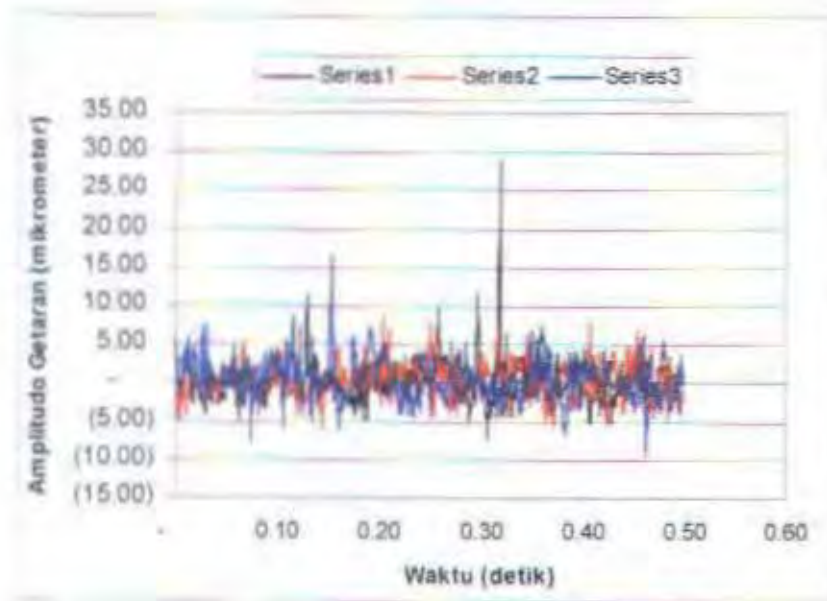
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 1⁰) pada 600 rpm



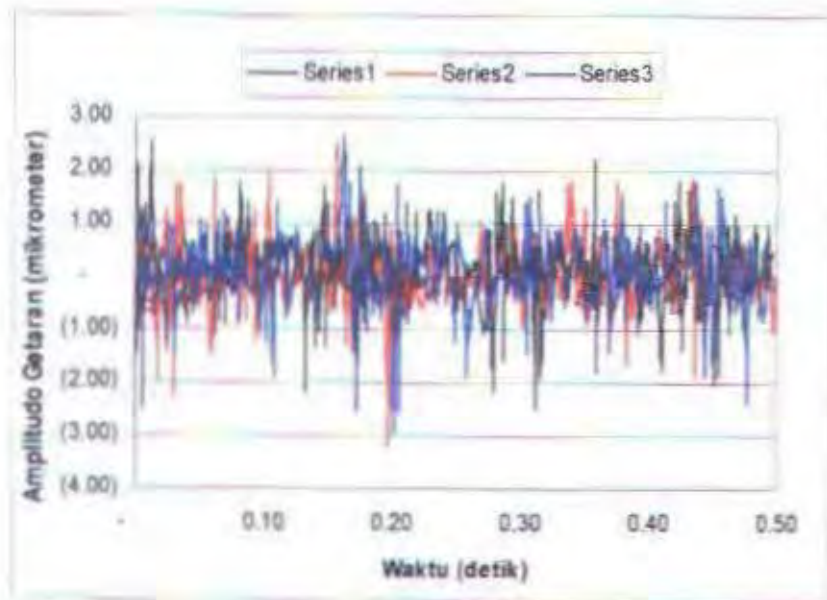
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 1°) pada 800 rpm



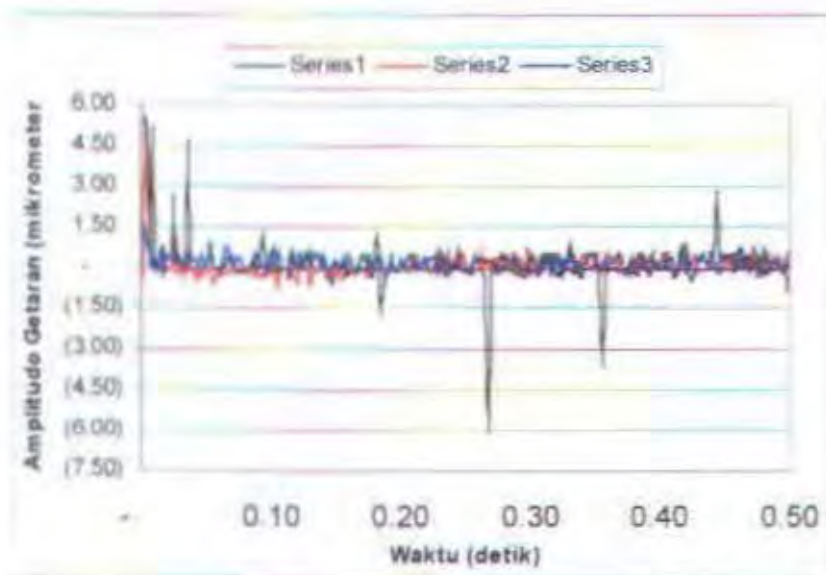
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 1°) pada 1000 rpm



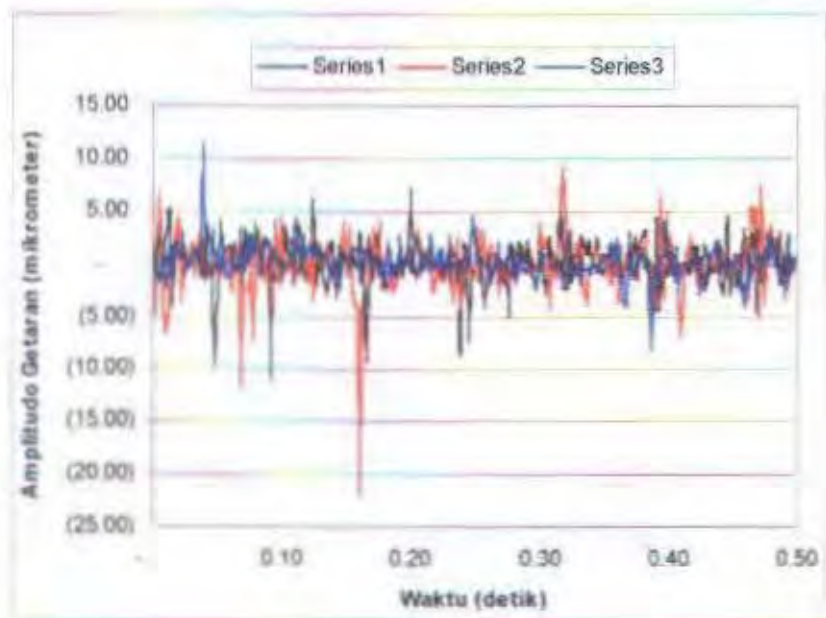
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada koplíng tetap (sudut 1^o) pada 1200 rpm



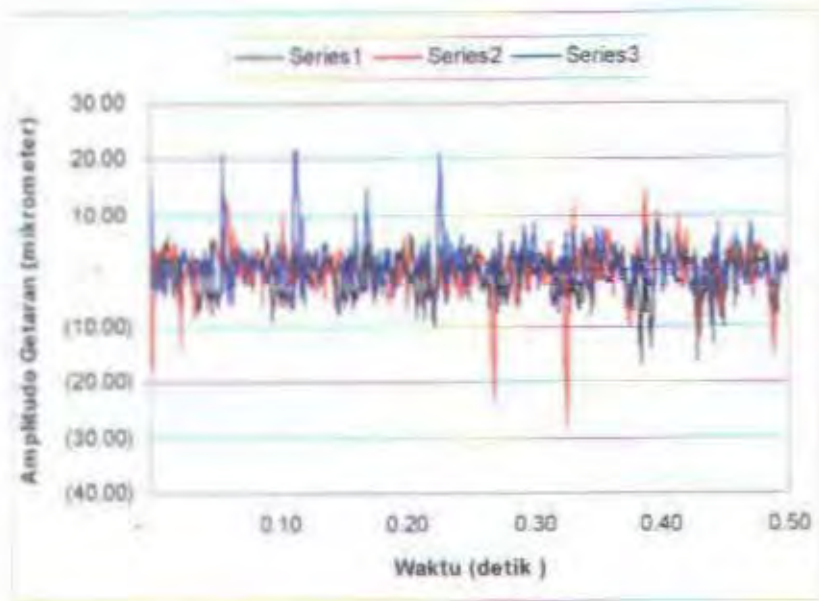
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada koplíng tetap (sudut 1^o) pada 400 rpm



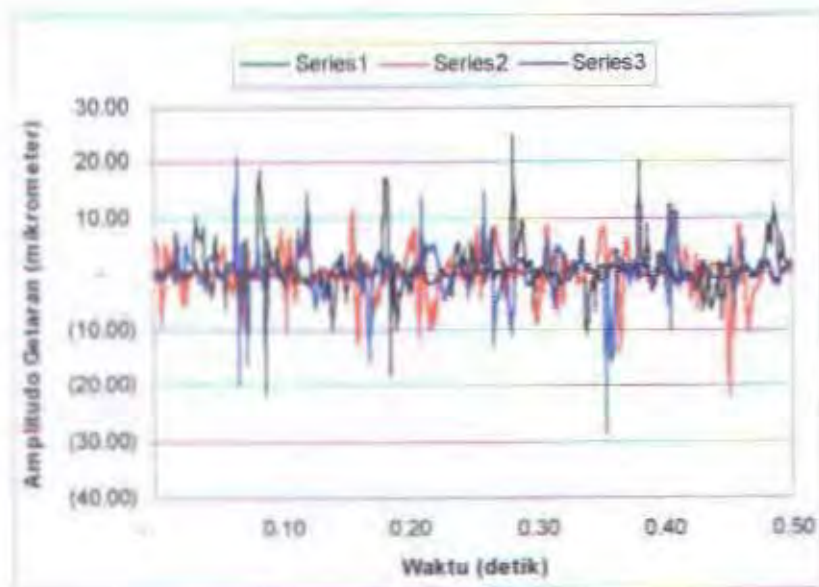
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing I pada kopling tetap (sudut 1°) pada 600 rpm



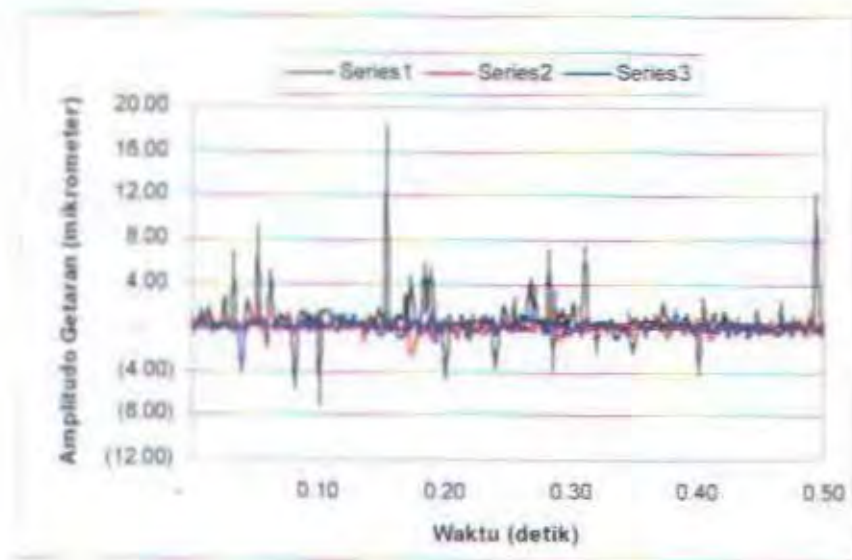
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing I pada kopling tetap (sudut 1°) pada 800 rpm



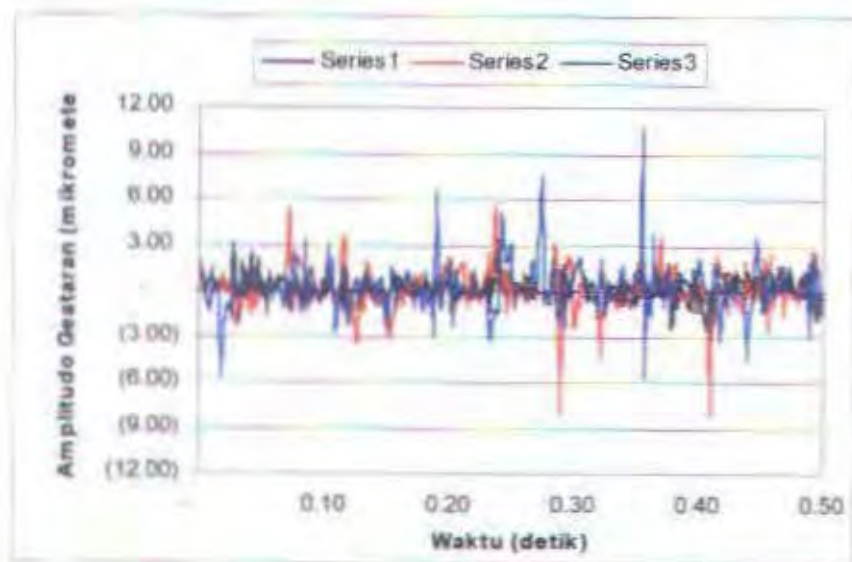
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (sudut 1°) pada 1000 rpm



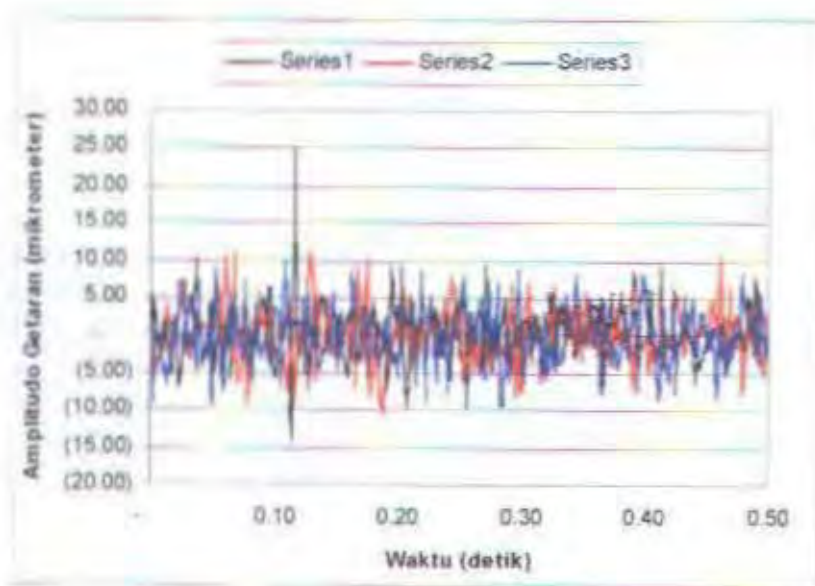
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (sudut 1°) pada 1200 rpm



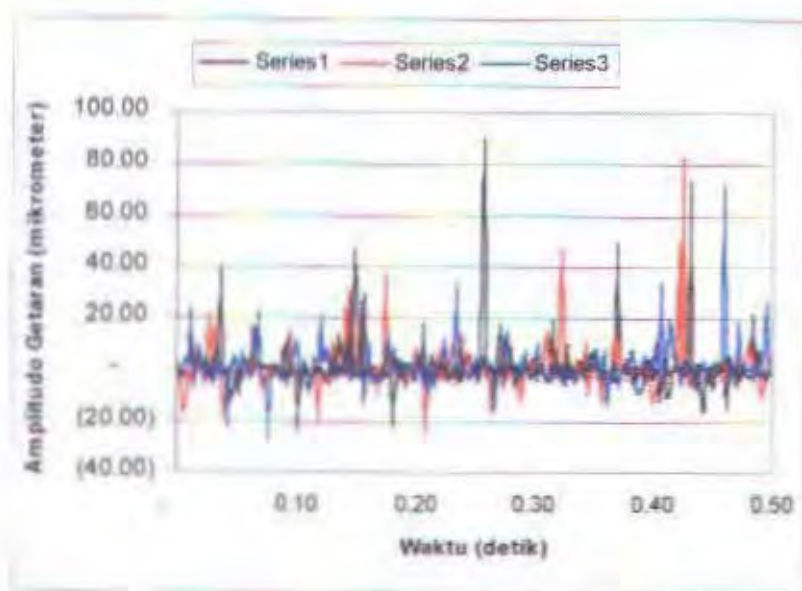
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 1^0) pada 400 rpm



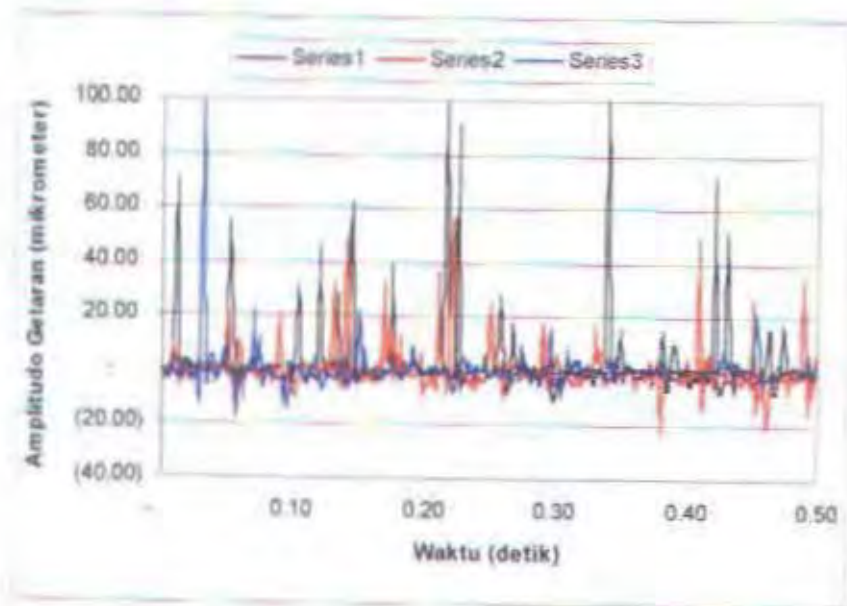
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 1^0) pada 600 rpm



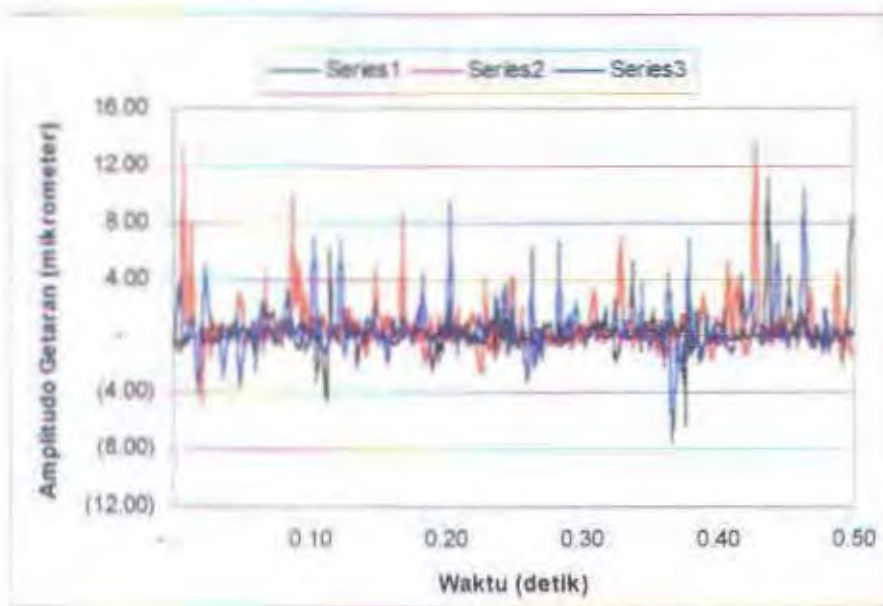
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 1°) pada 800 rpm



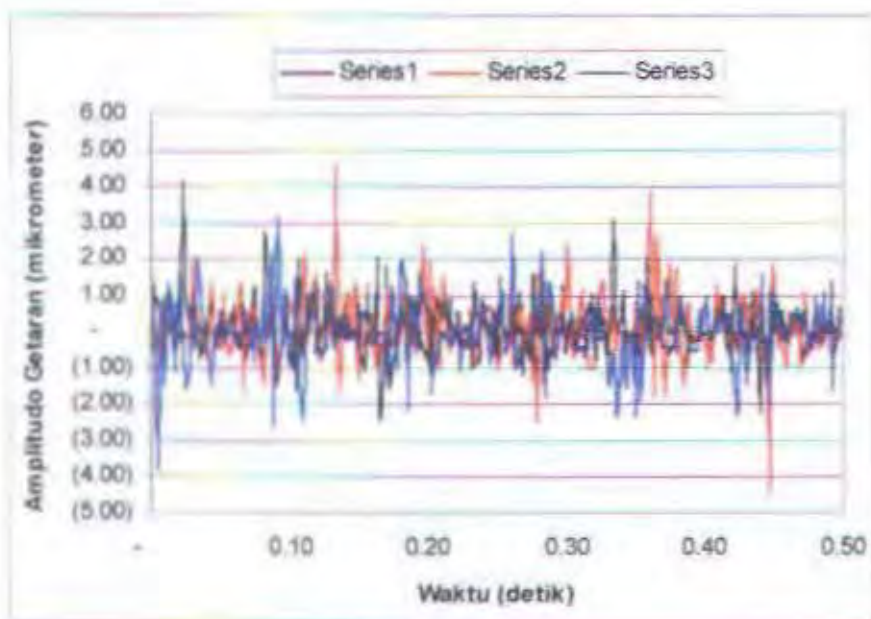
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 1°) pada 1000 rpm



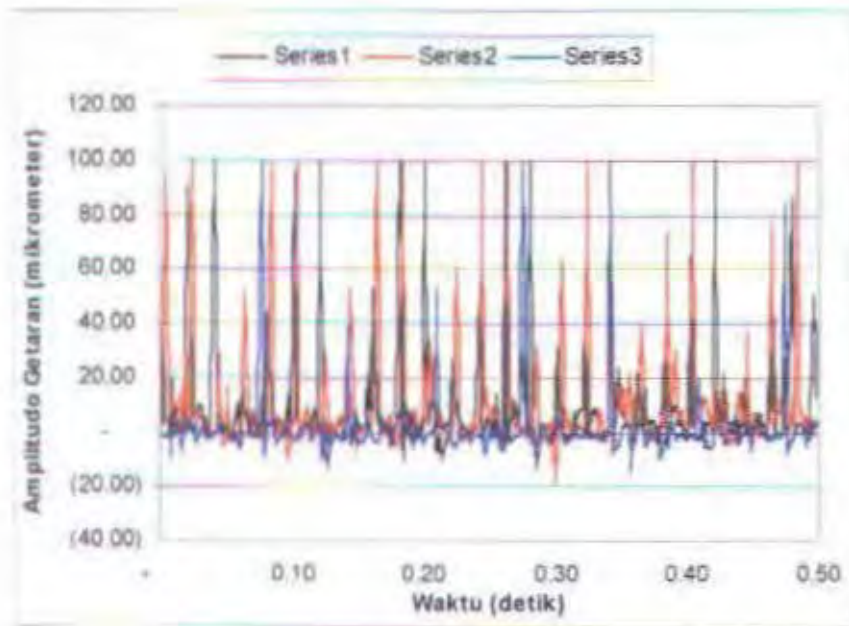
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 1°) pada 1200 rpm



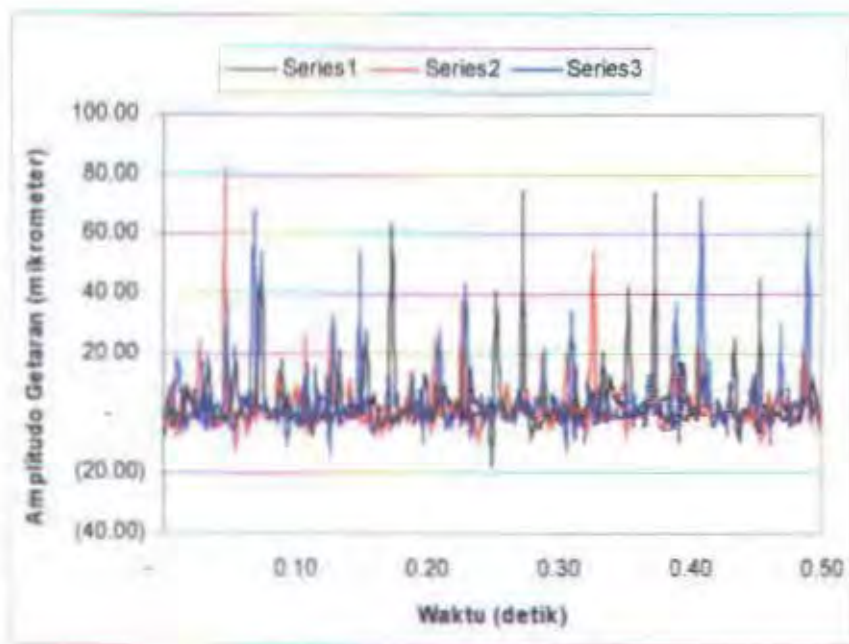
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 2°) pada 400 rpm



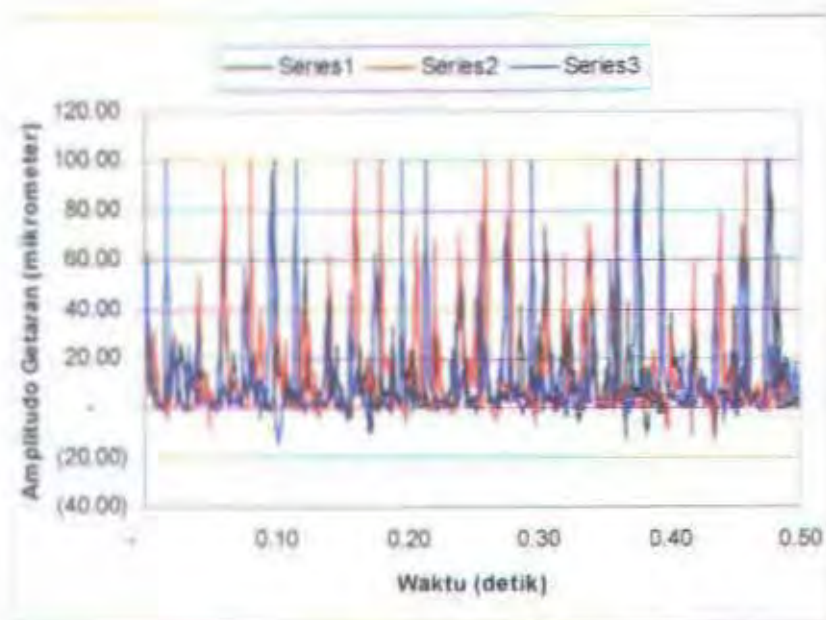
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 2°) pada 600 rpm



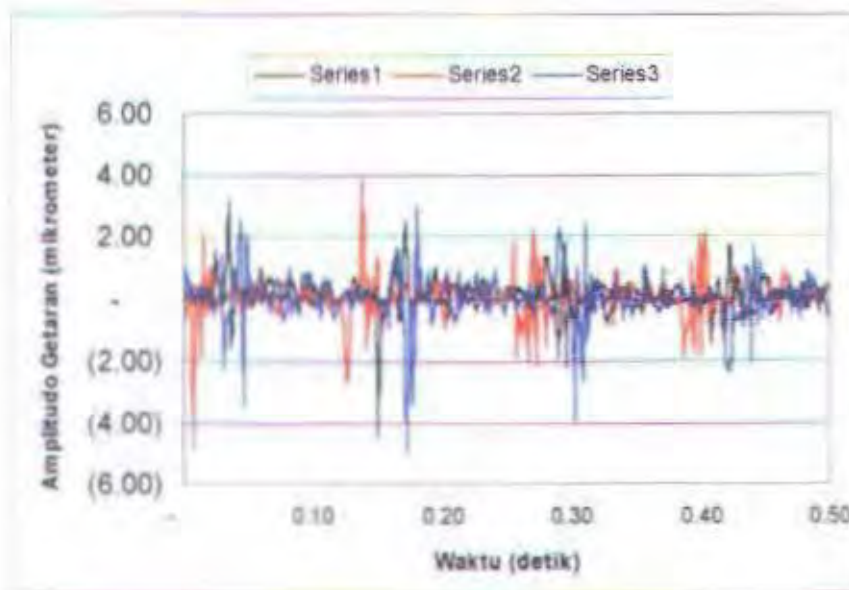
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 2°) pada 800 rpm



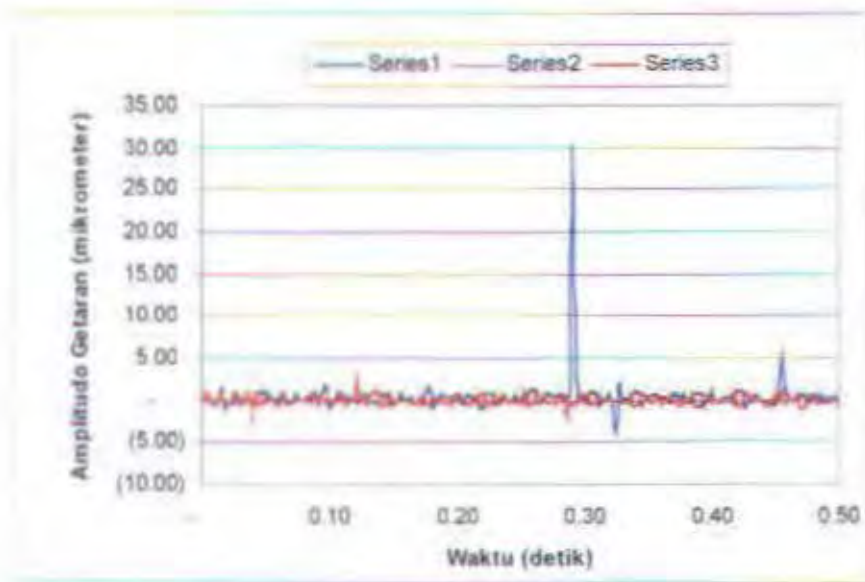
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 2°) pada 1000 rpm



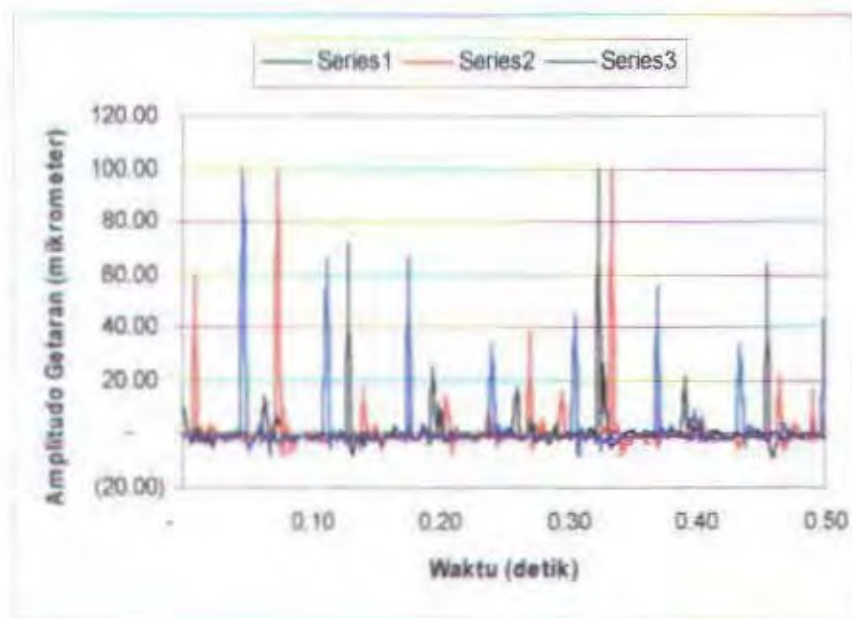
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling tetap (sudut 2°) pada 1200 rpm



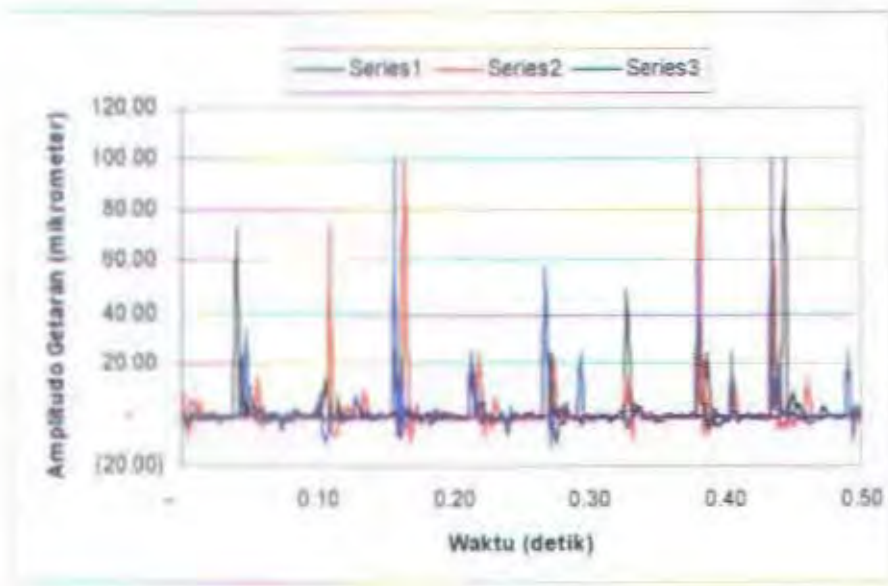
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (sudut 2°) pada 400 rpm



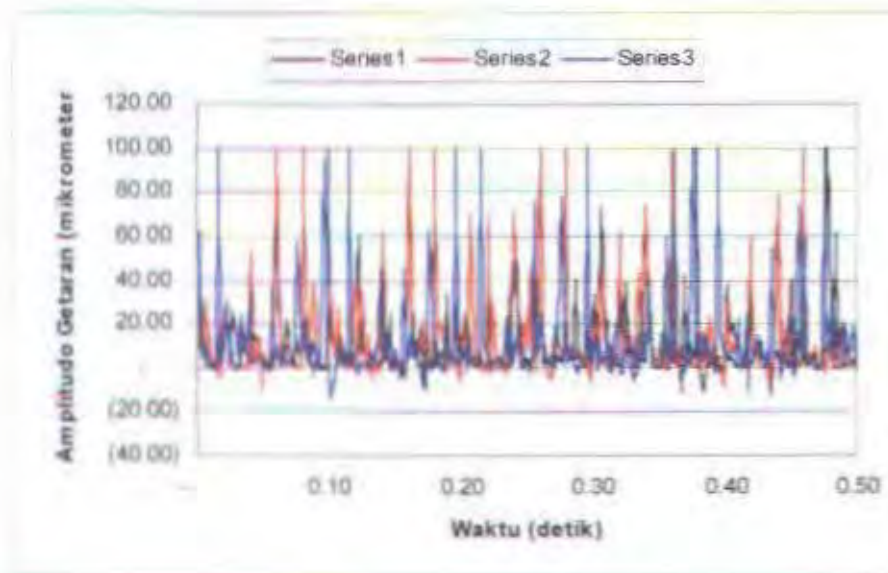
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing I pada kopling tetap (sudut 2°) pada 600 rpm



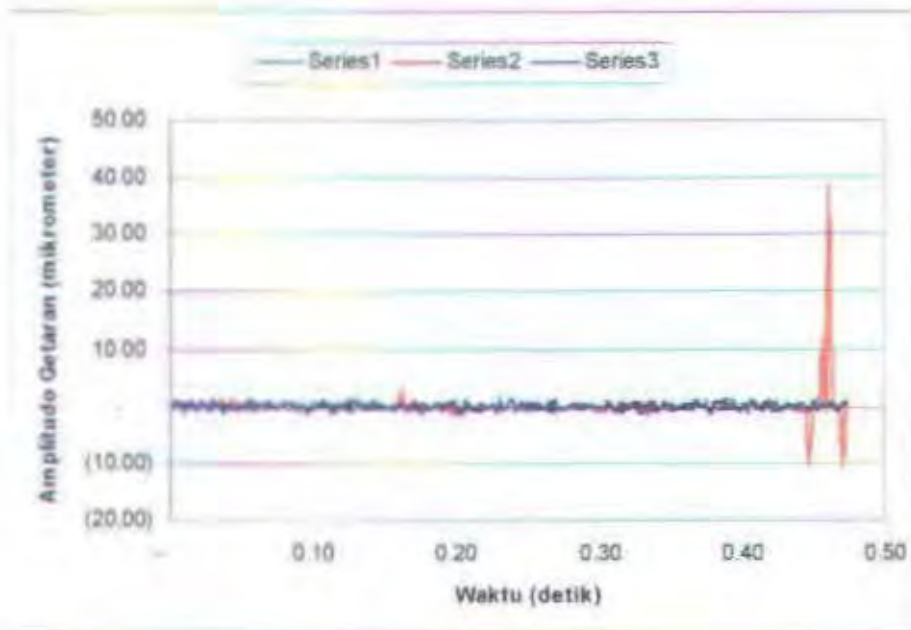
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing I pada kopling tetap (sudut 2°) pada 800 rpm



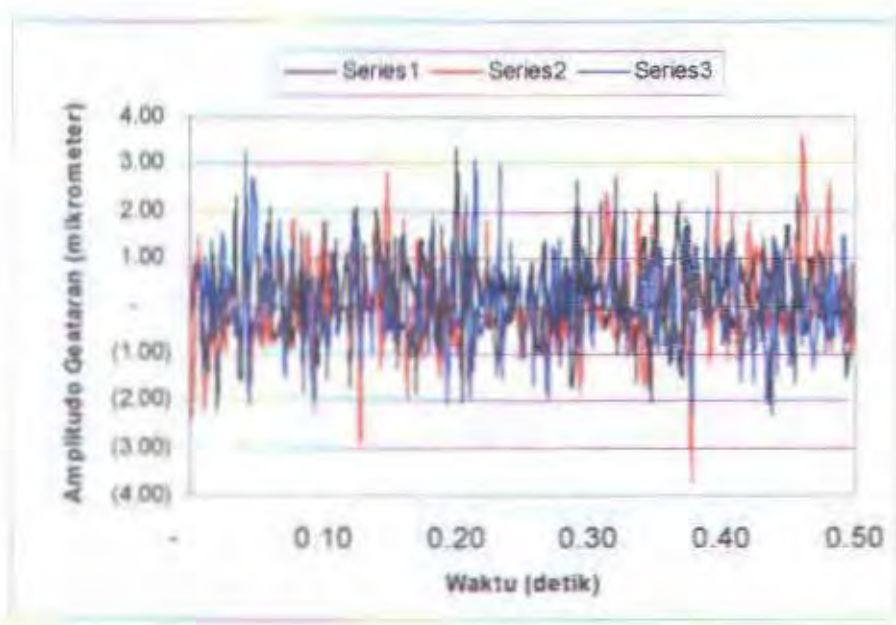
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (sudut 2°) pada 1000 rpm



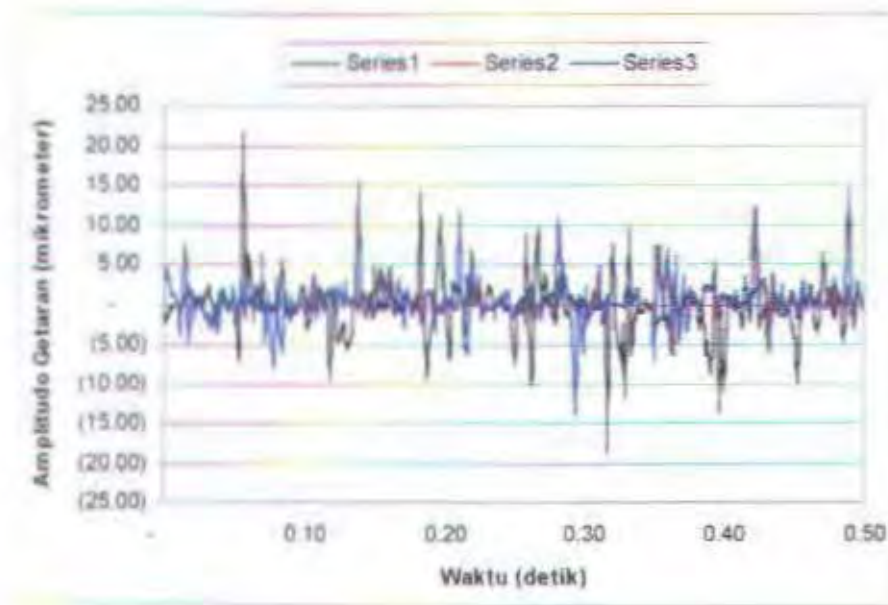
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling tetap (sudut 2°) pada 1200 rpm



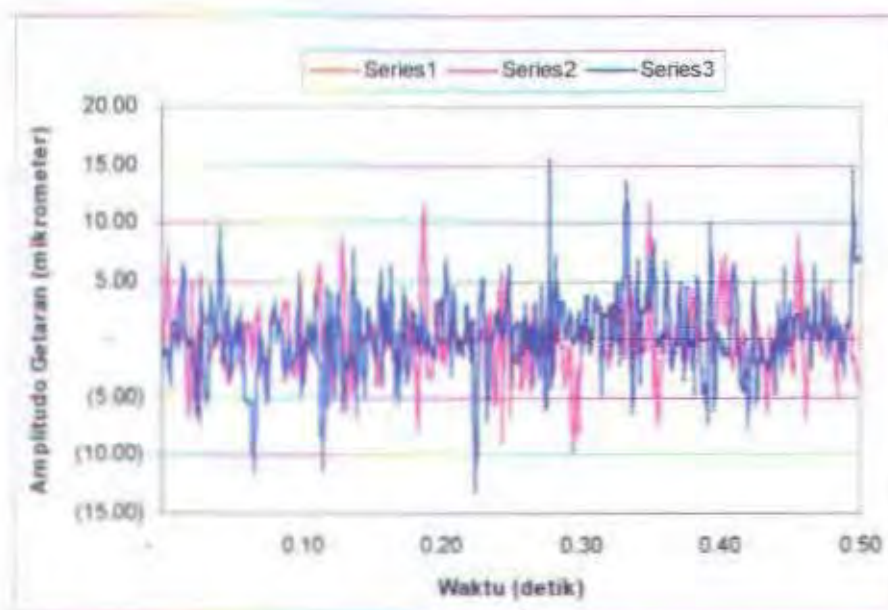
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 2°) pada 400 rpm



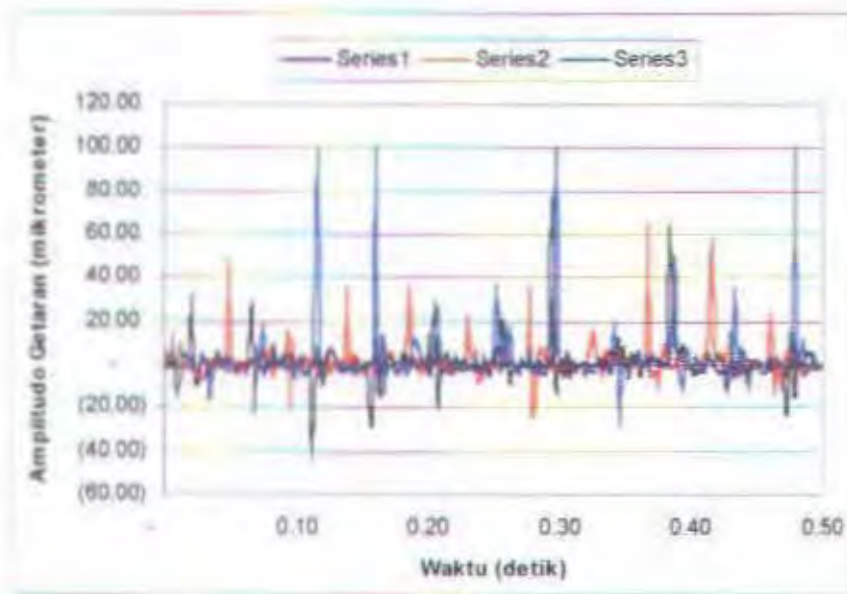
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 2°) pada 600 rpm



Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 2^0) pada 800 rpm



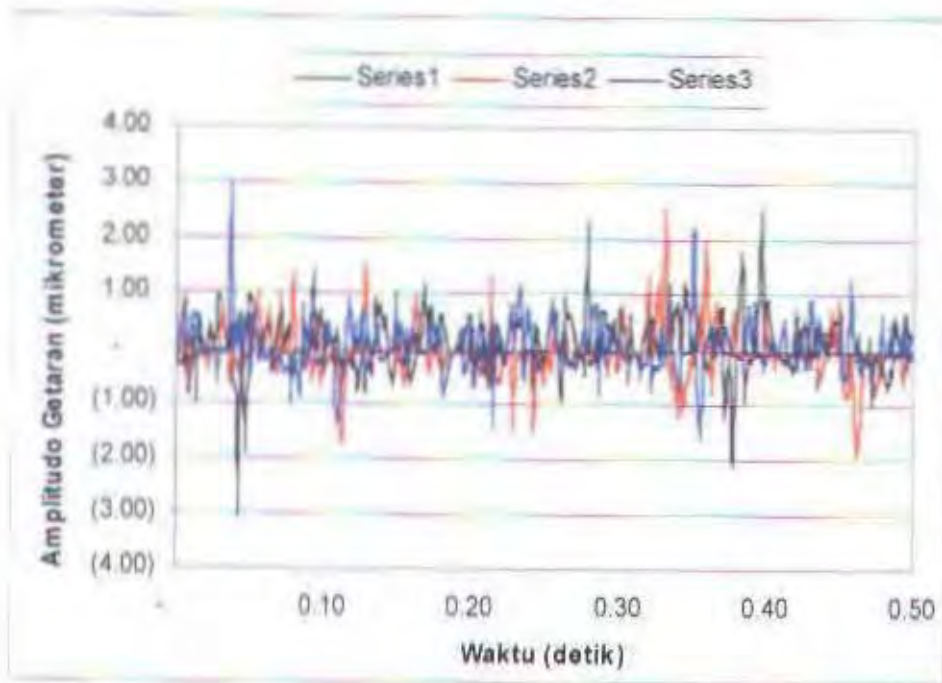
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 2^0) pada 1000 rpm



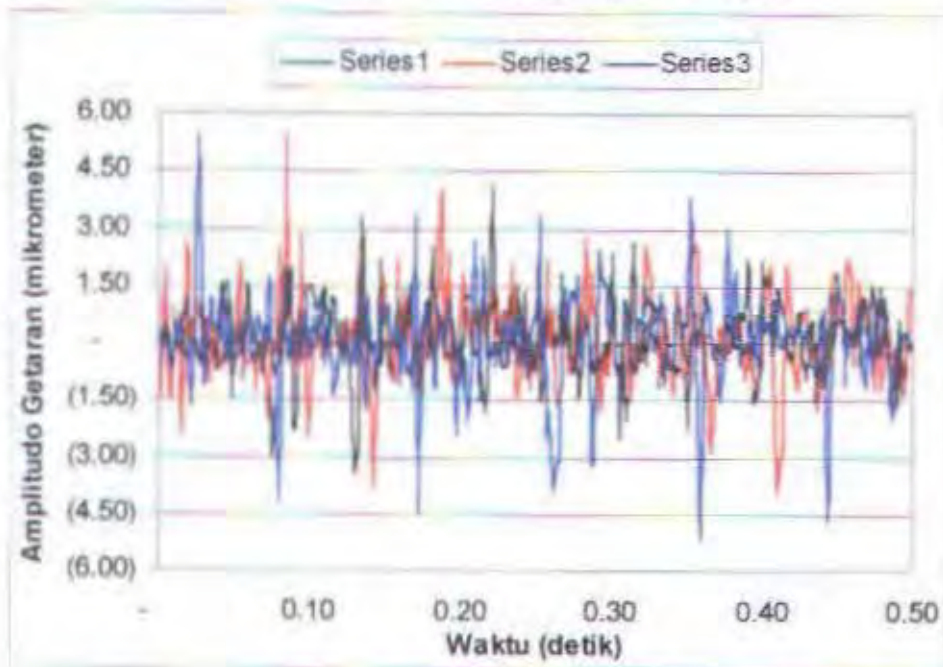
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling tetap (sudut 2°) pada 1200 rpm

**KETERANGAN GRAFIK LAMPIRAN PADA KOPLING SILANG KARET
BAN PADA BADAN MOTOR LISTRIK, BERAING 1, BEARING 2, BAIK
YANG MENGALAMI DEVIASI SUDUT MAUPUN TIDAK**

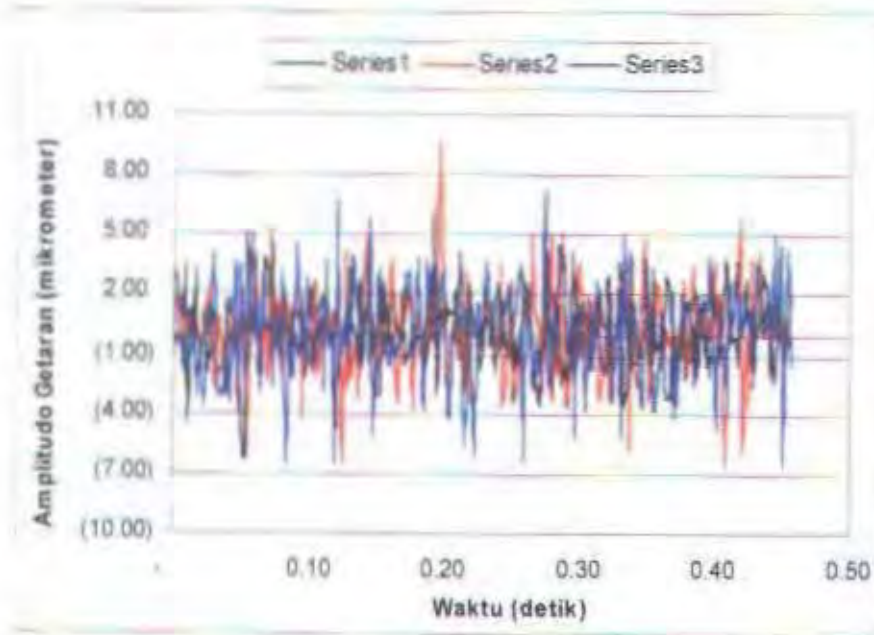
1. Series 1 = data pengukuran 1 pada titik dan putaran yang sama.
2. Series 2 = data pengukuran 2 pada titik dan putaran yang sama.
3. Series 3 = data pengukuran 3 pada titik dan putaran yang sama.



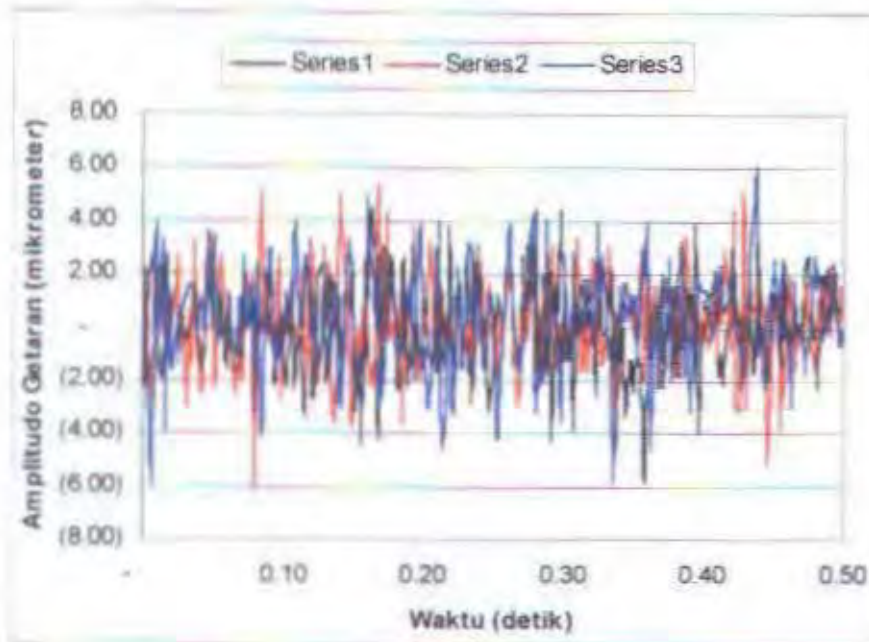
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (lurus) pada 400 rpm



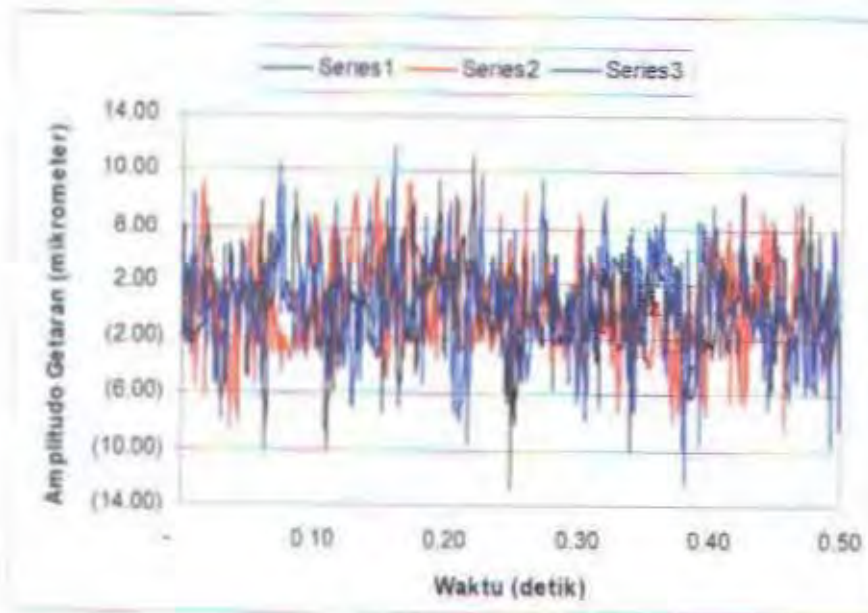
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (lurus) pada 600 rpm



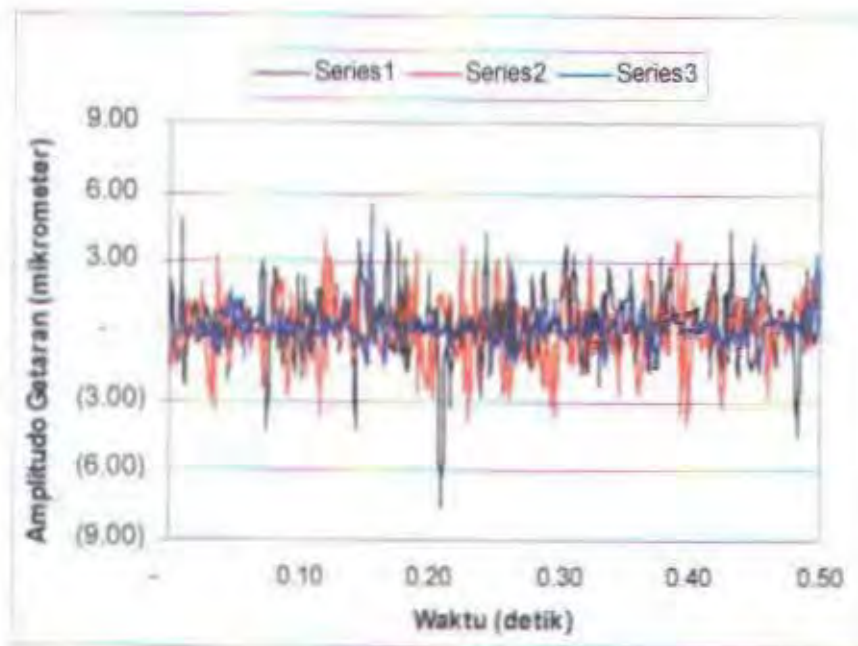
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (lurus) pada 800 rpm



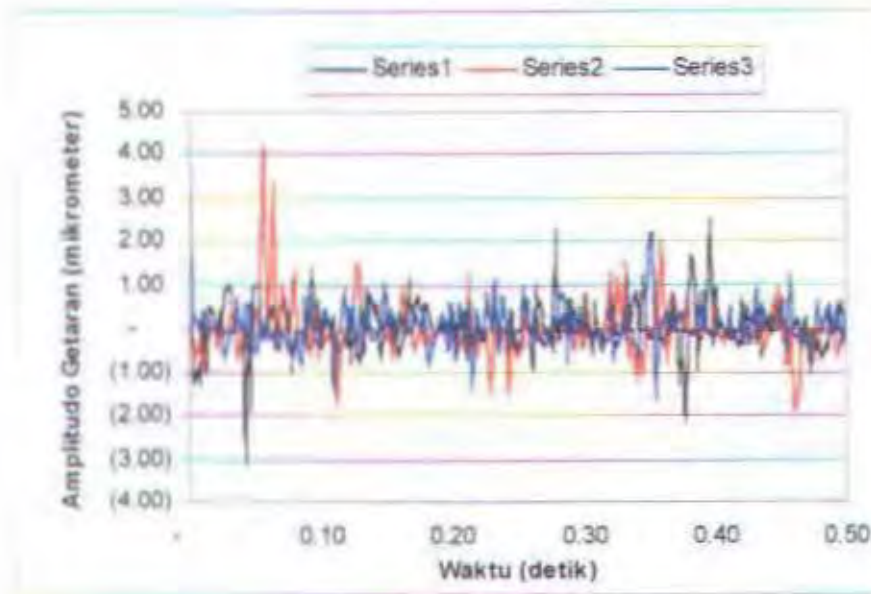
Grafik Besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (lurus) pada 1000 rpm



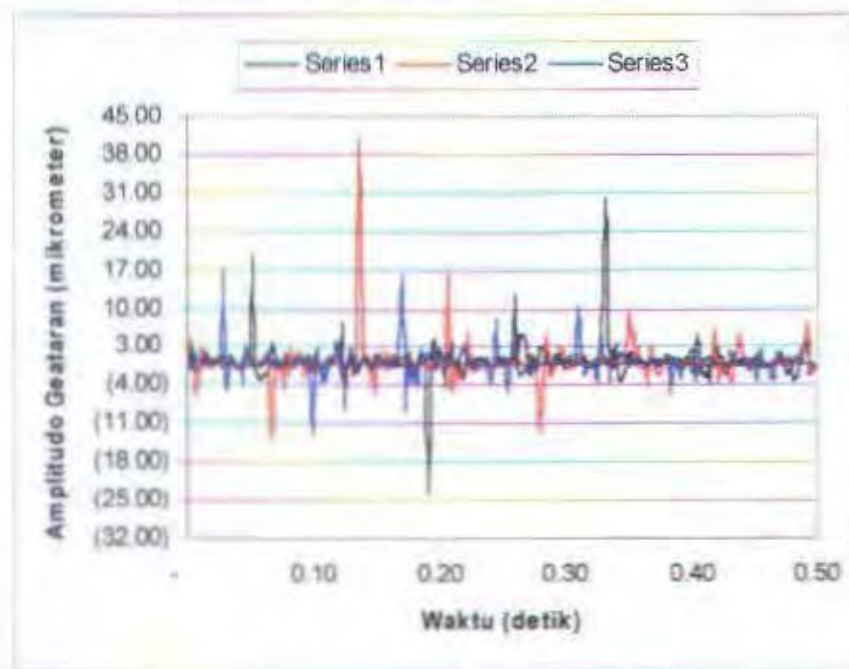
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (lurus) pada 1200 rpm



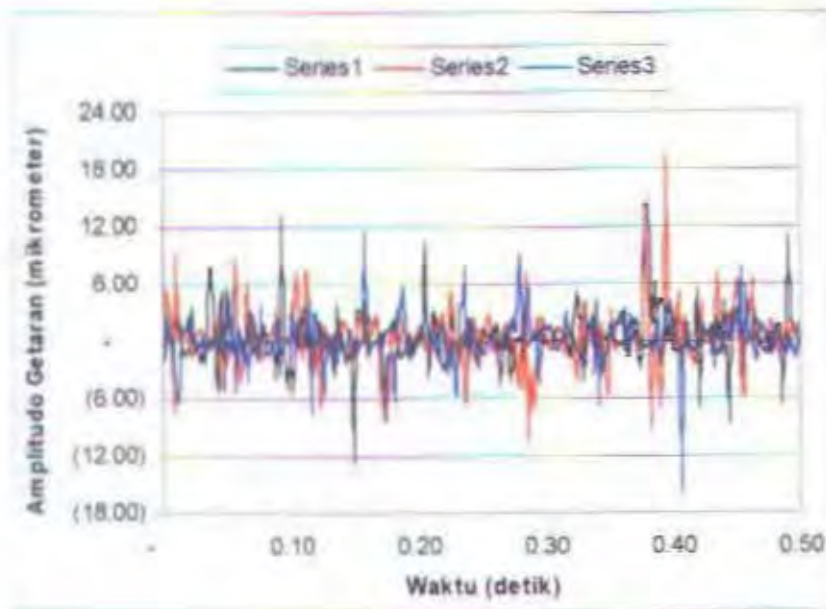
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 400 rpm



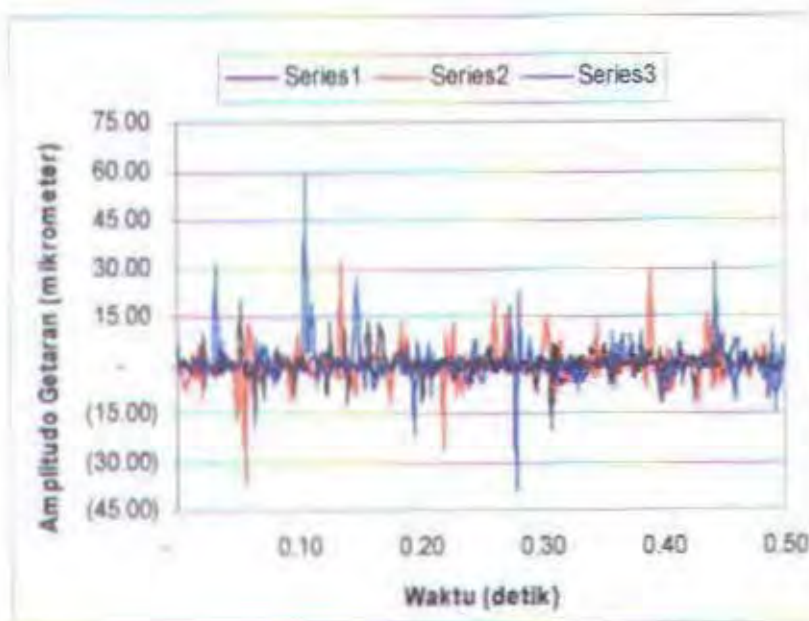
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 600 rpm



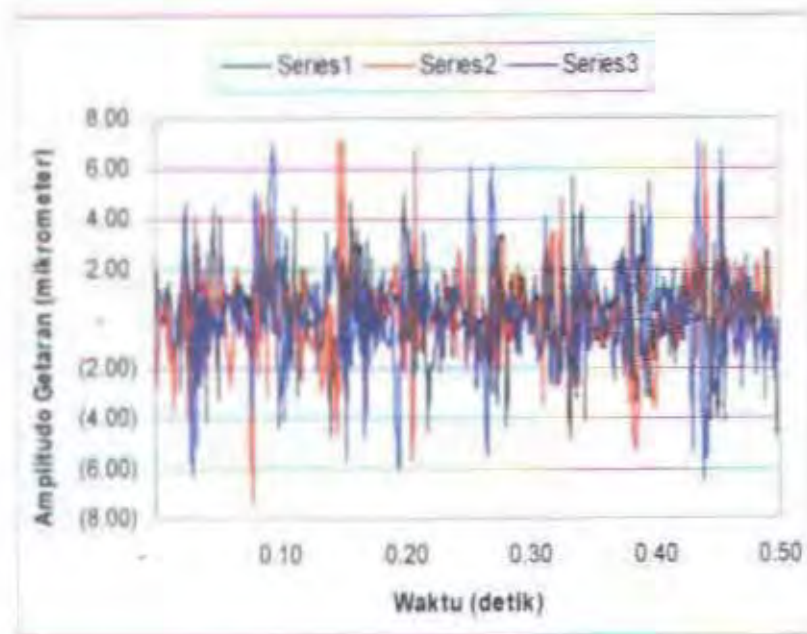
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling kopling silang karet ban (lurus) pada 800 rpm



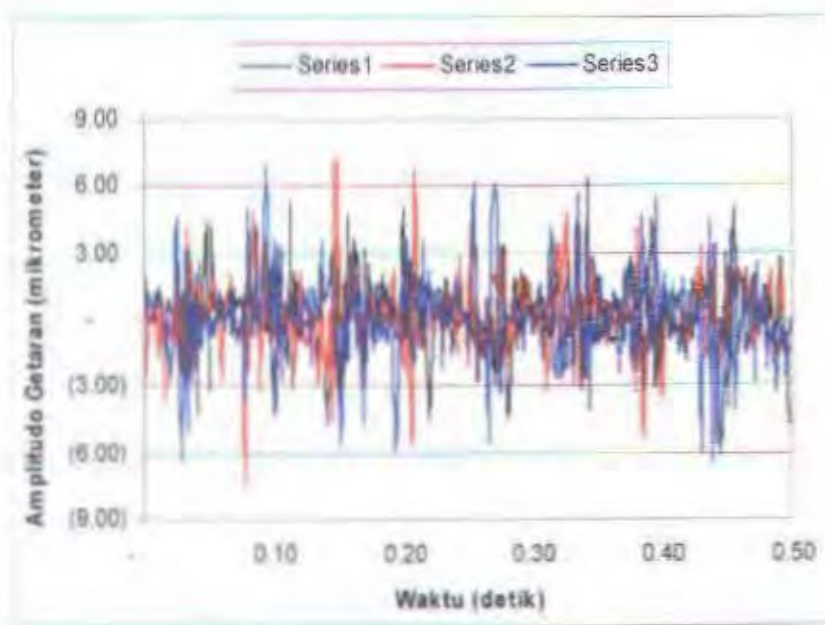
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing I pada kopling silang karet ban (lurus) pada 1000 rpm



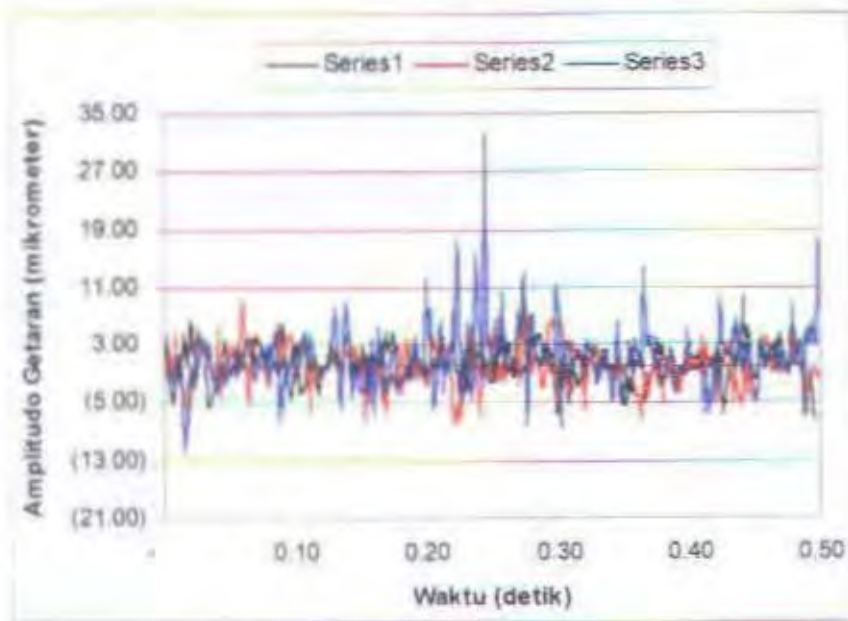
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing I pada kopling silang karet ban (lurus) pada 1200 rpm



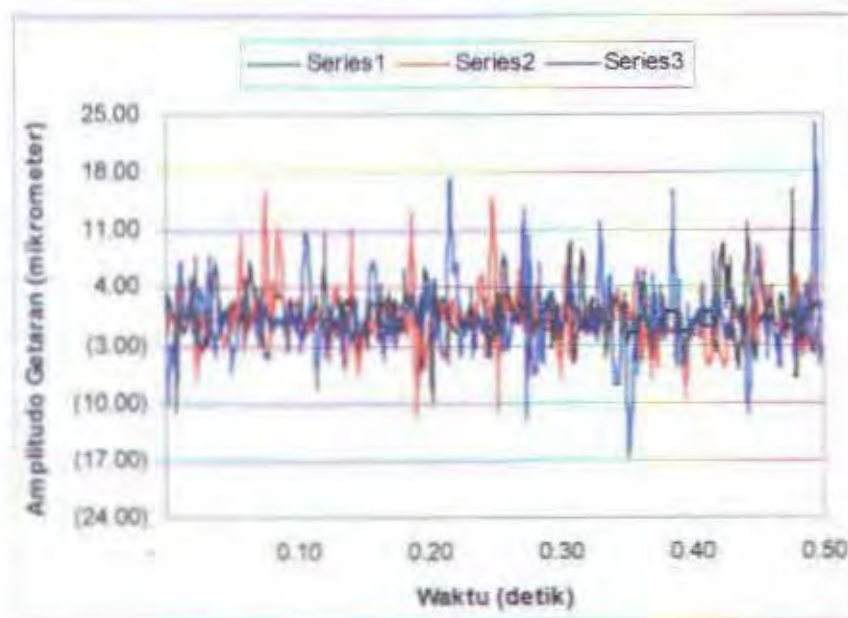
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 400 rpm



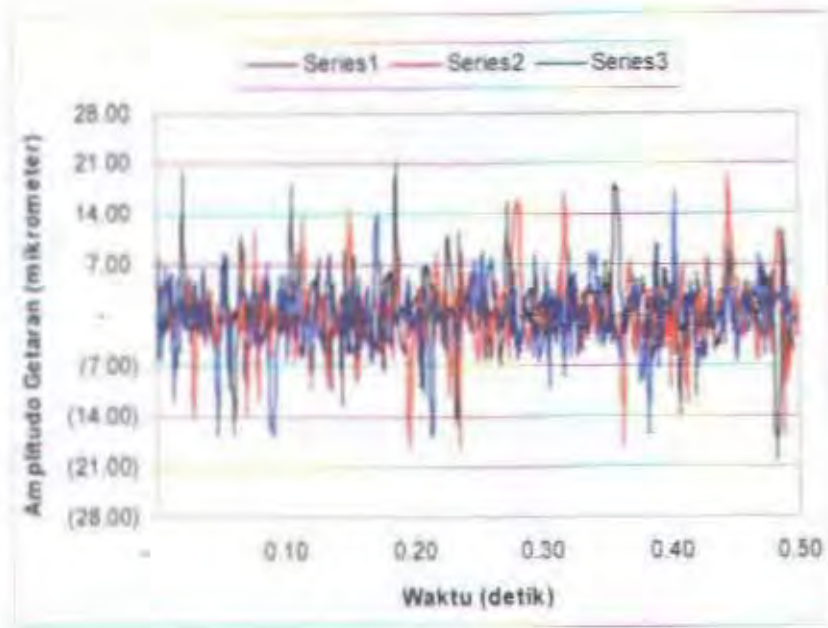
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 600 rpm



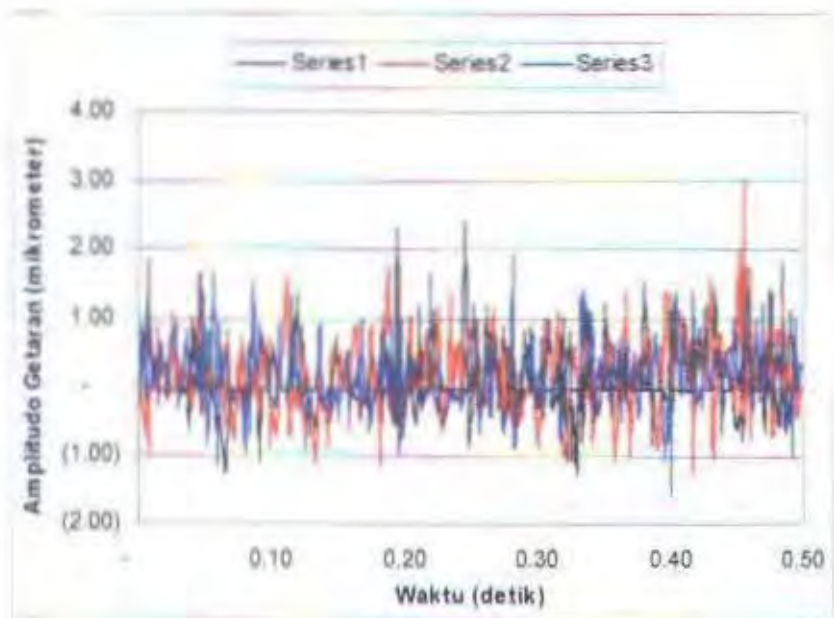
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 800 rpm



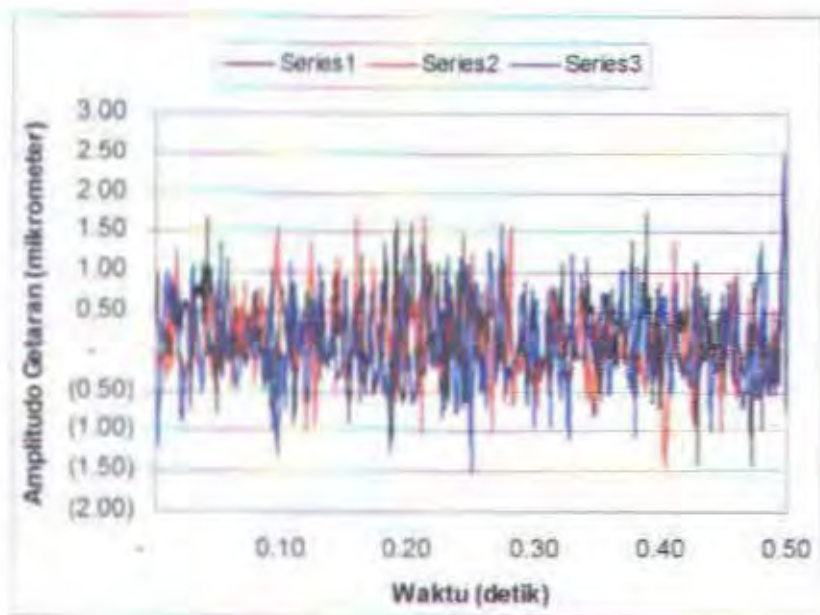
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 1000 rpm



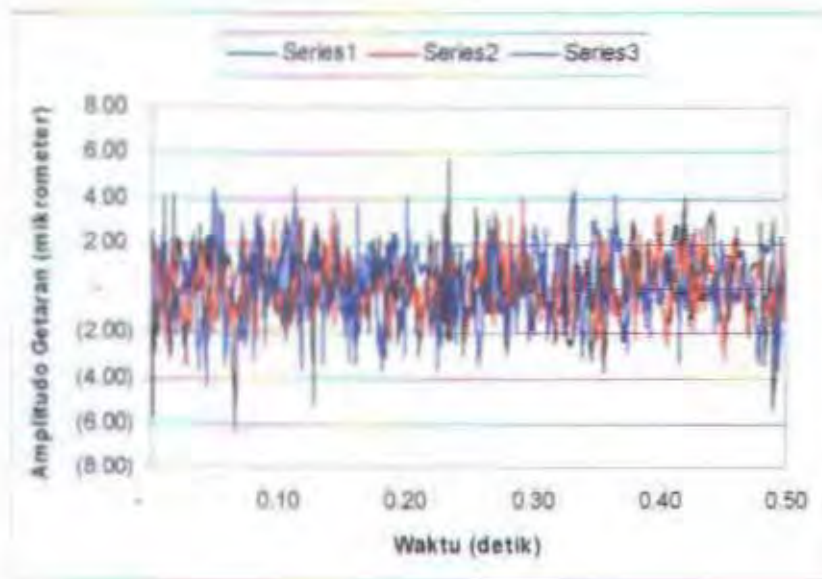
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (lurus) pada 1200 rpm



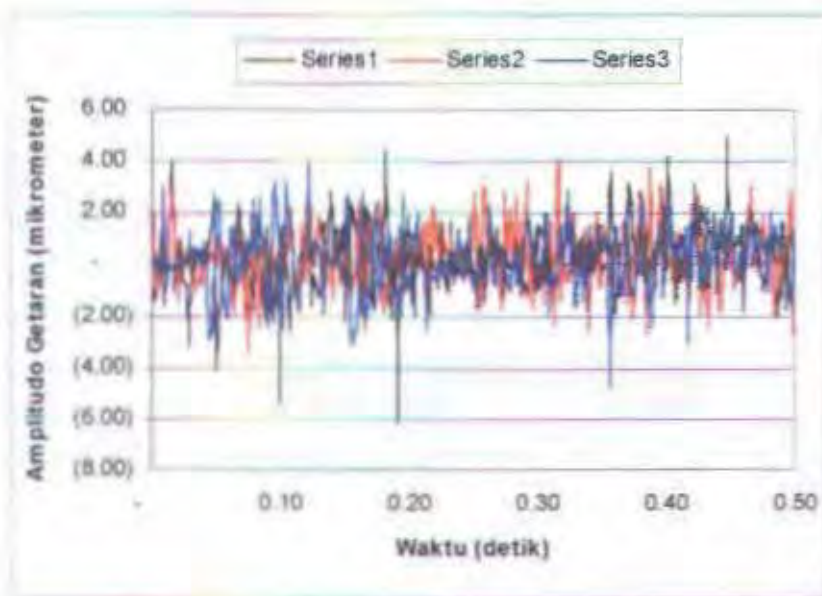
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 400 rpm



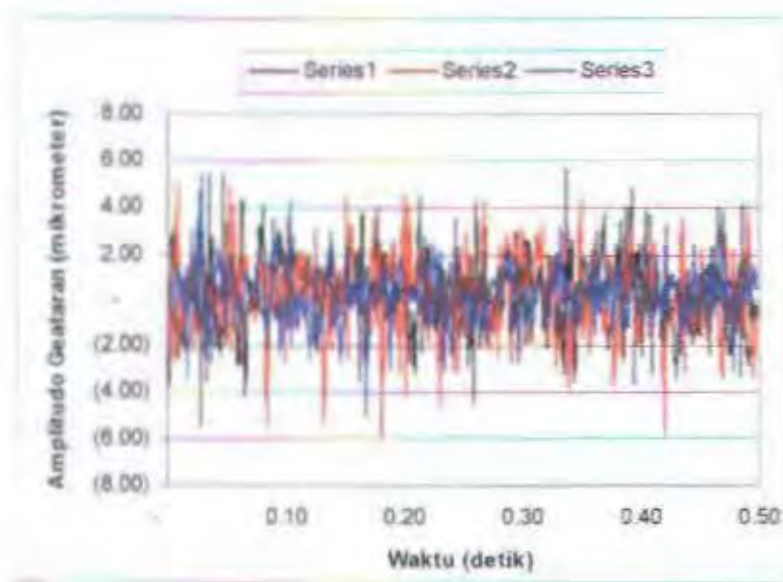
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 600 rpm



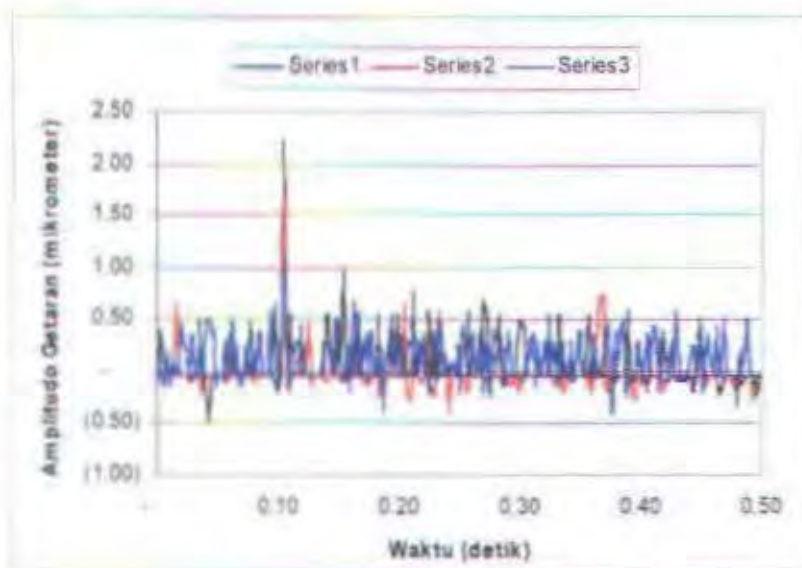
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 800 rpm



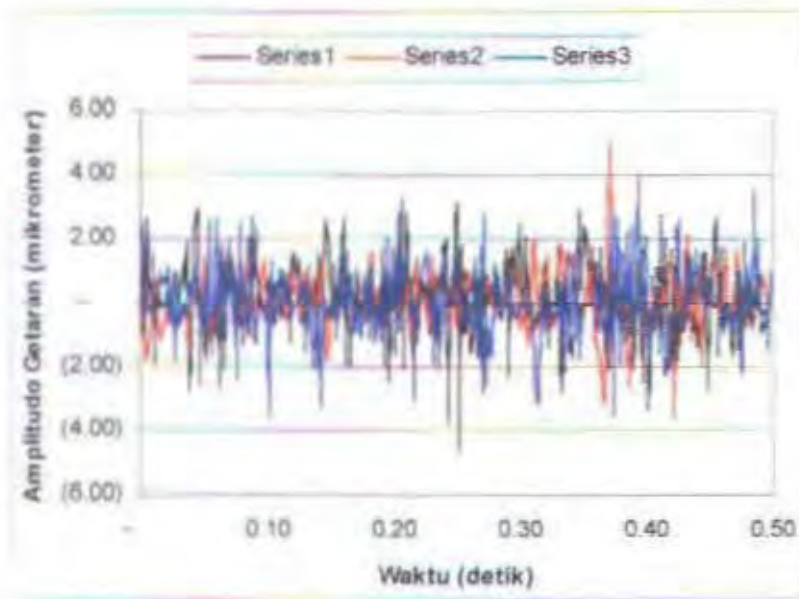
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 1000 rpm



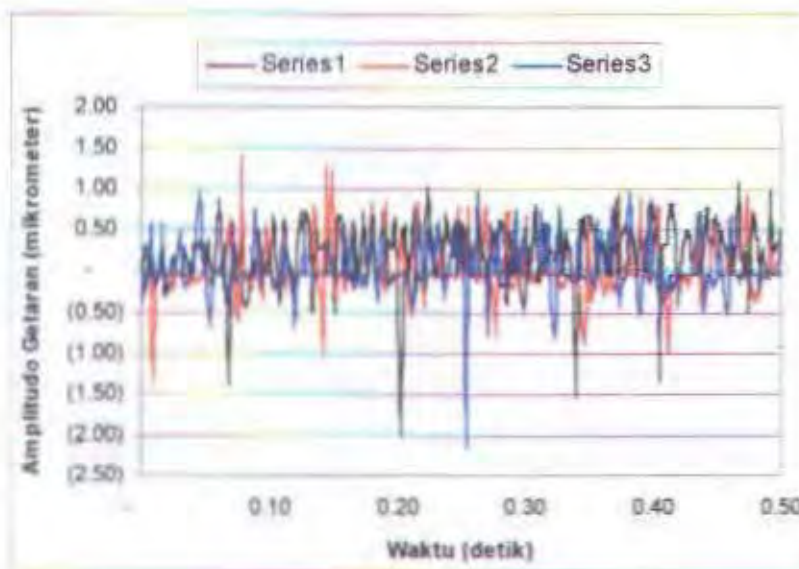
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 1200 rpm



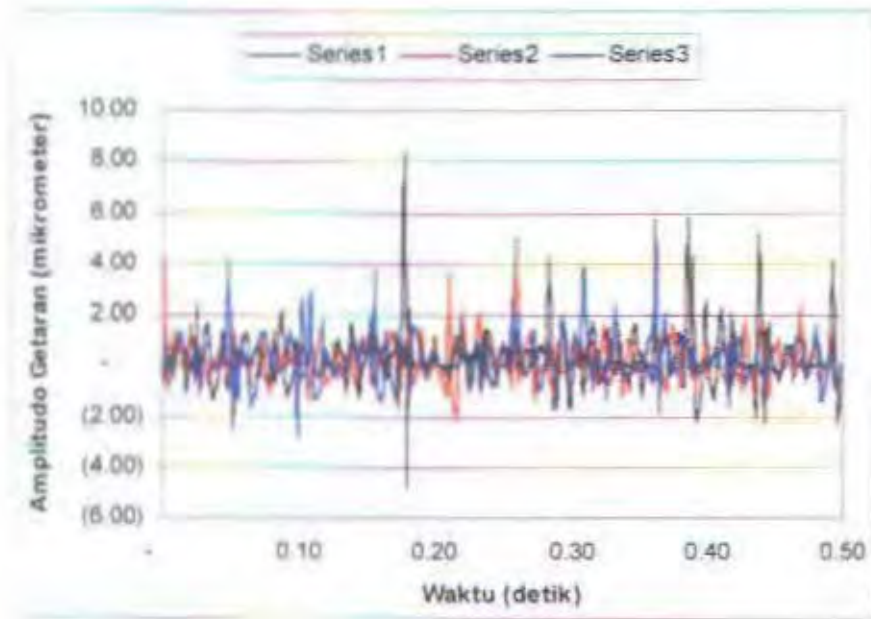
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 400 rpm



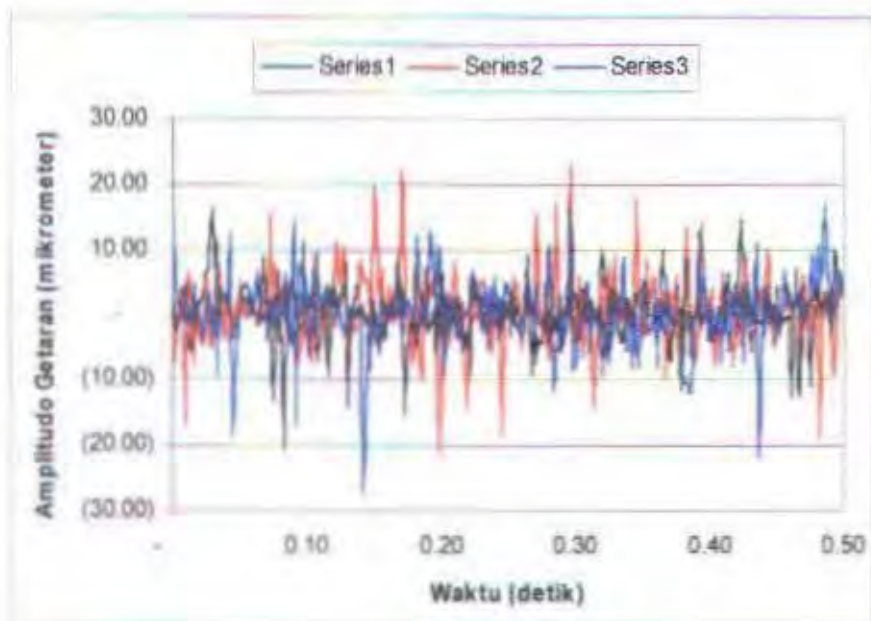
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 600 rpm



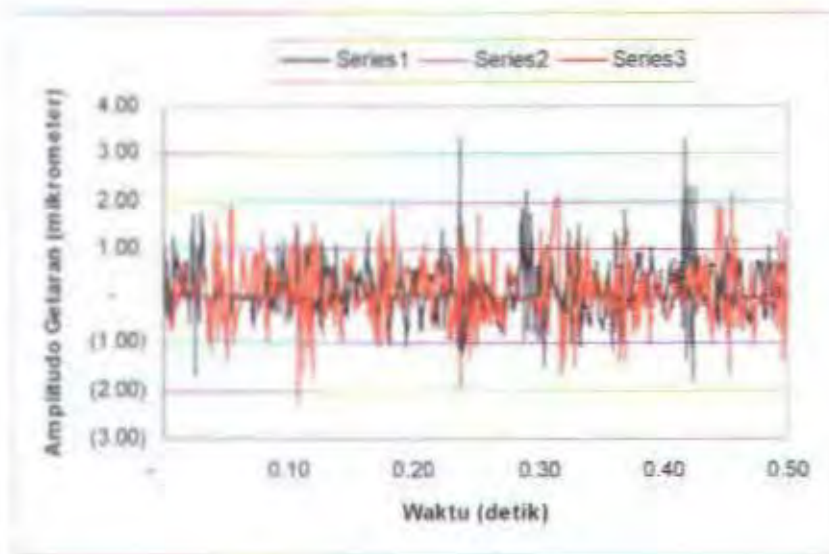
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 800 rpm



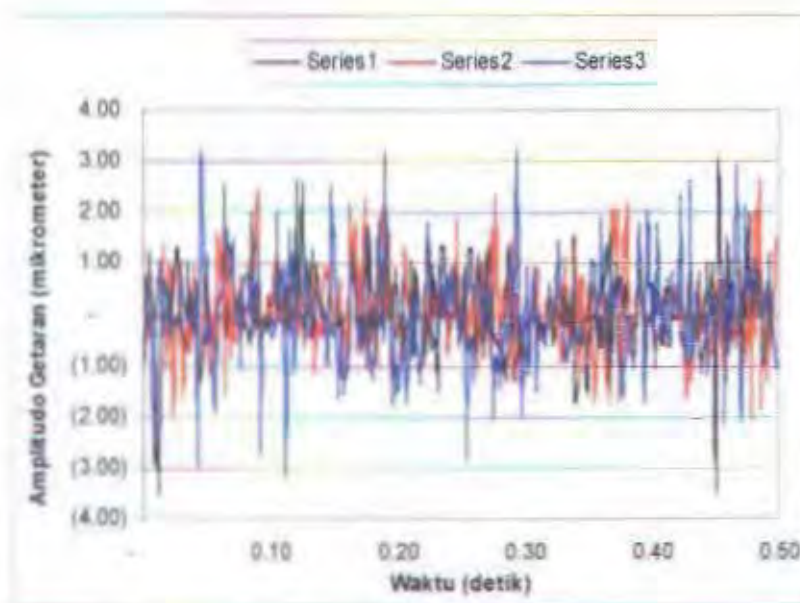
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 1000 rpm



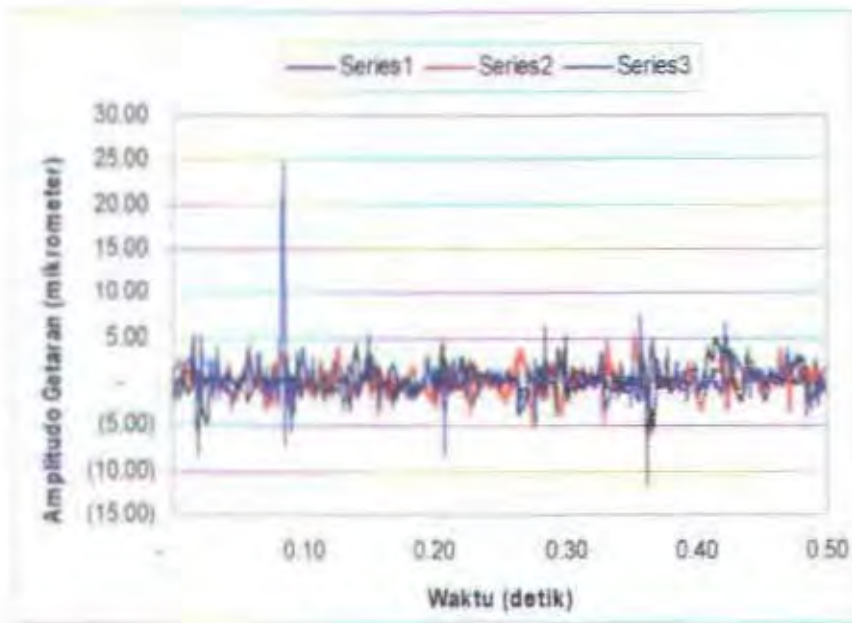
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 1200 rpm



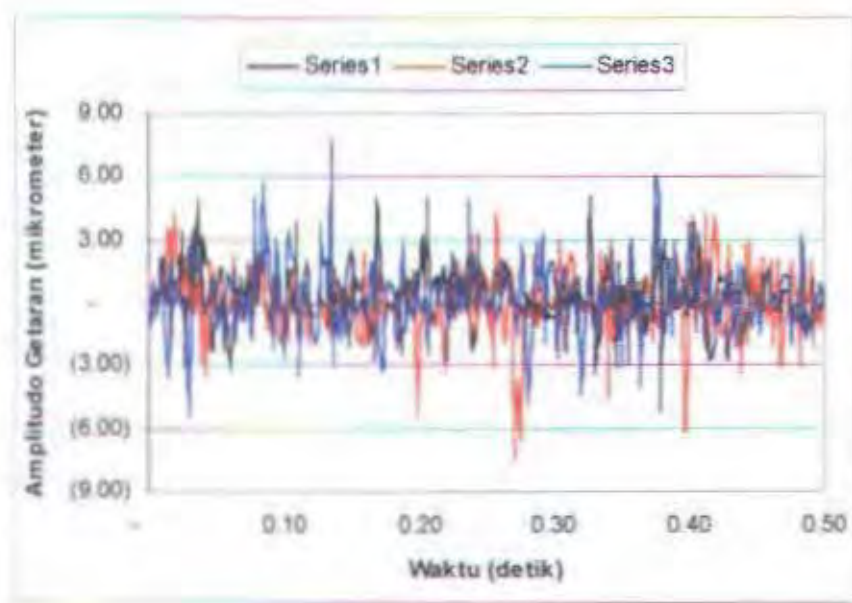
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 400 rpm



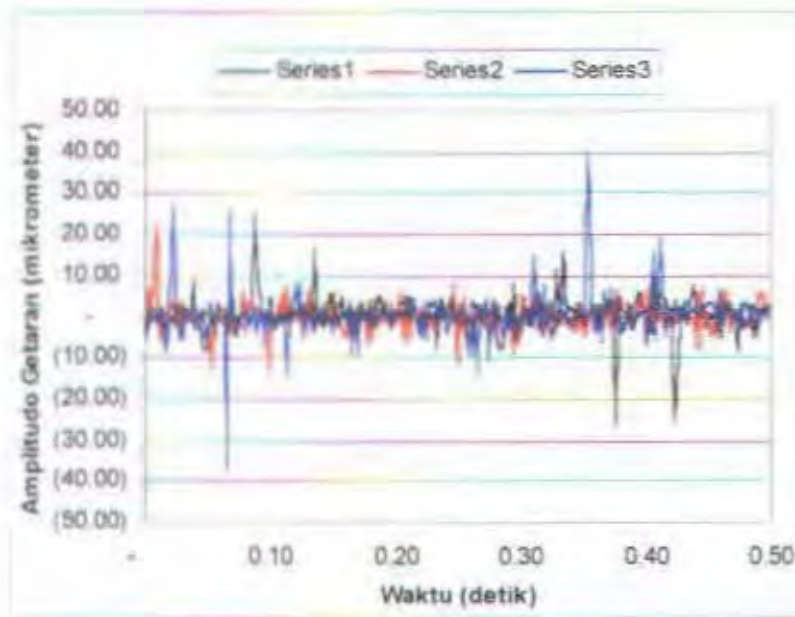
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 600 rpm



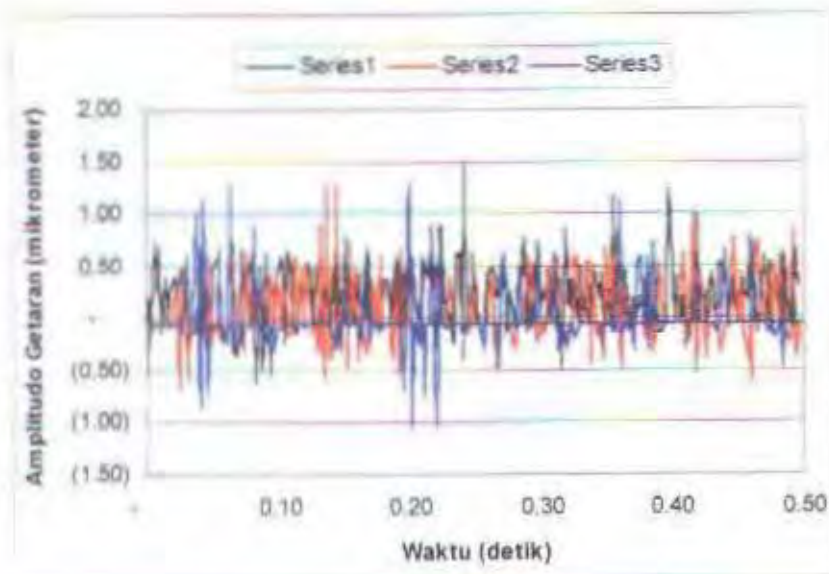
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 800 rpm



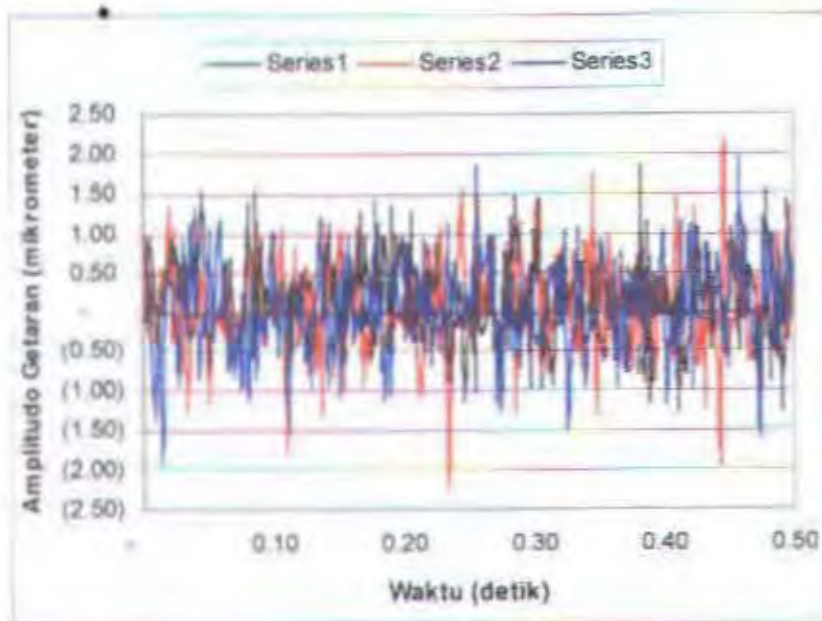
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 1000 rpm



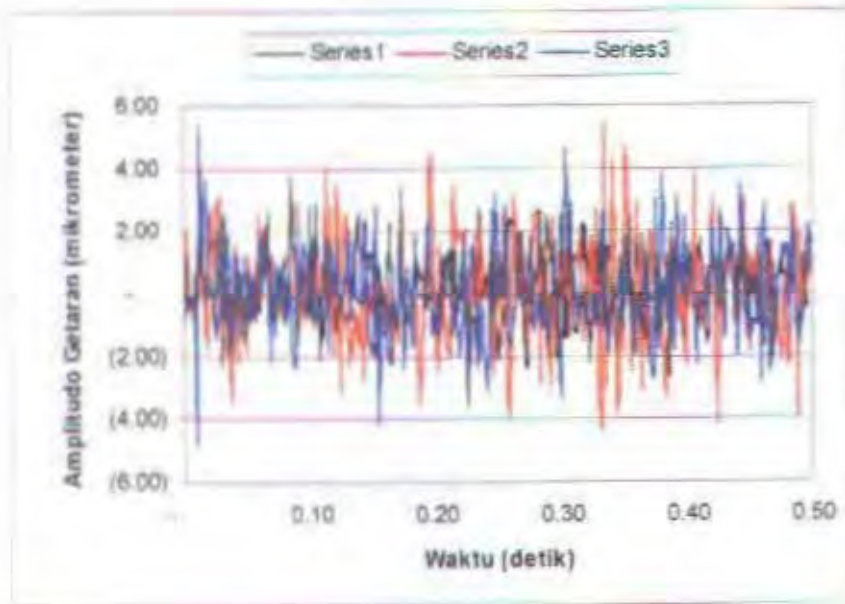
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 1°) pada 1200 rpm



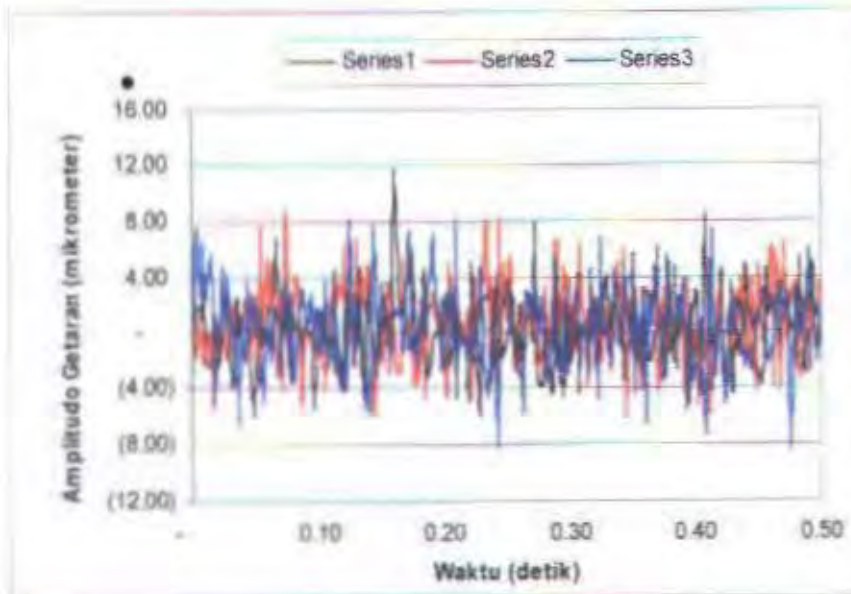
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 400 rpm



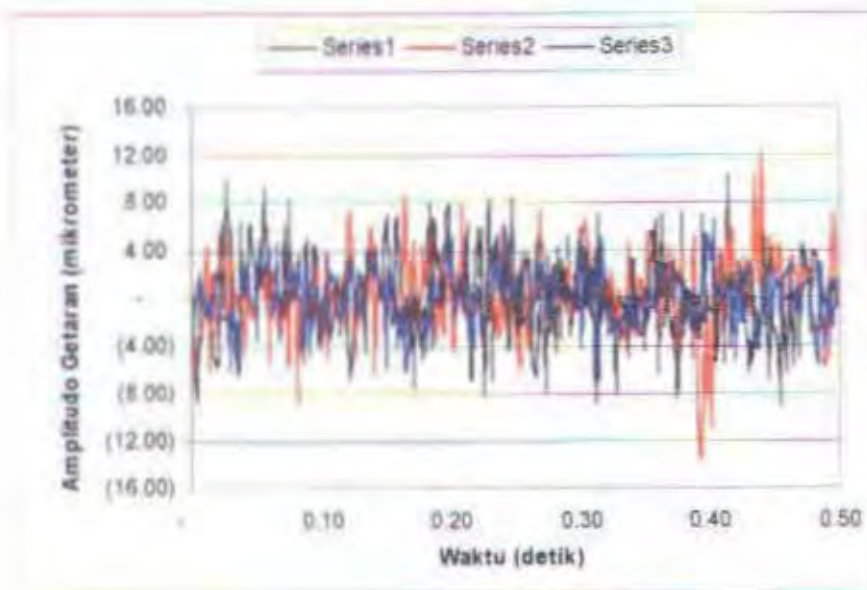
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 600 rpm



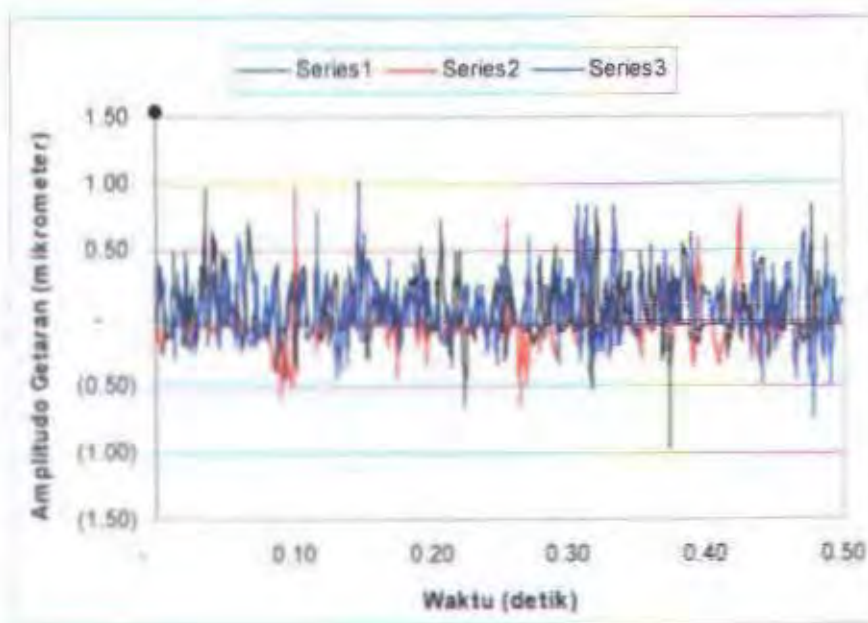
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 800 rpm



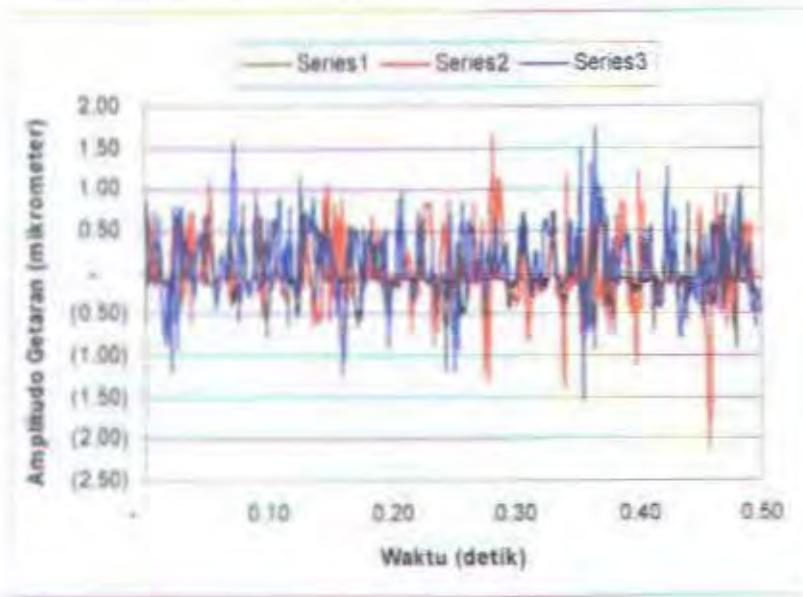
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 1000 rpm



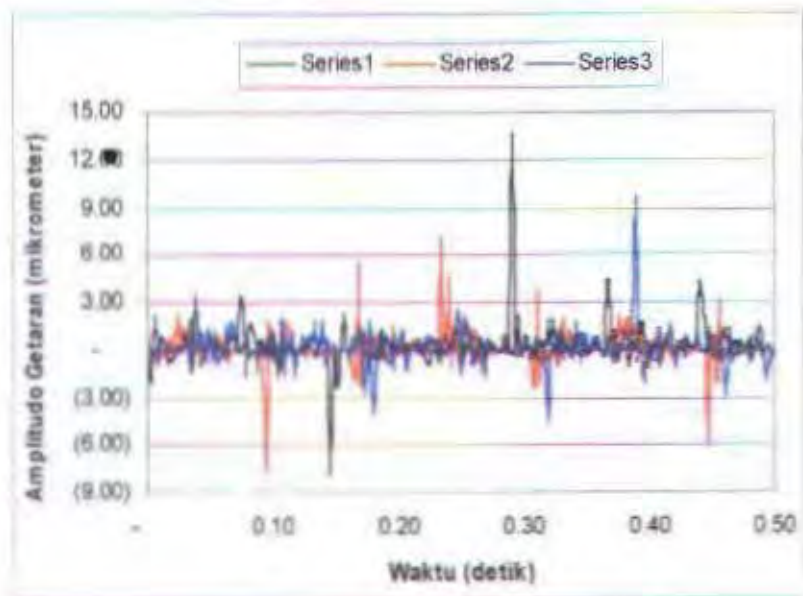
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada badan motor listrik pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 1200 rpm



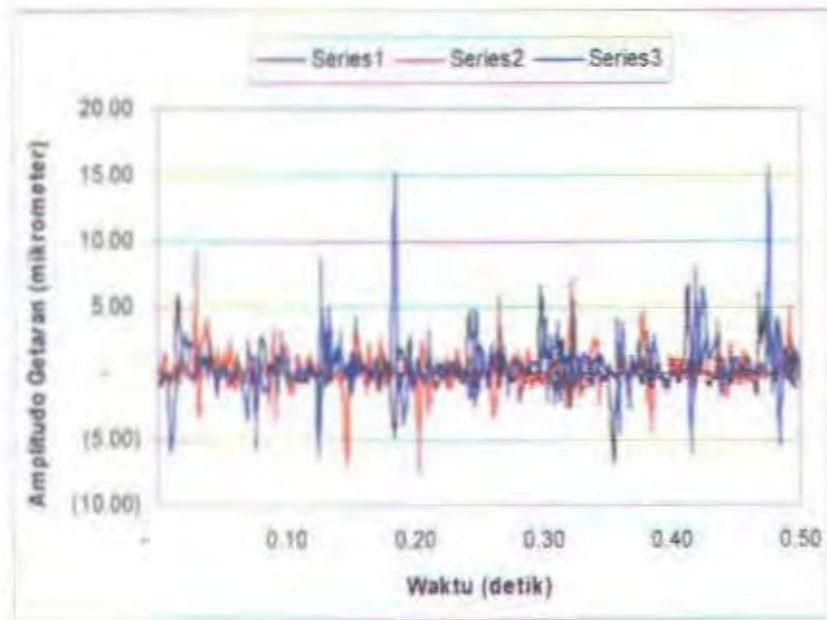
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 400 rpm



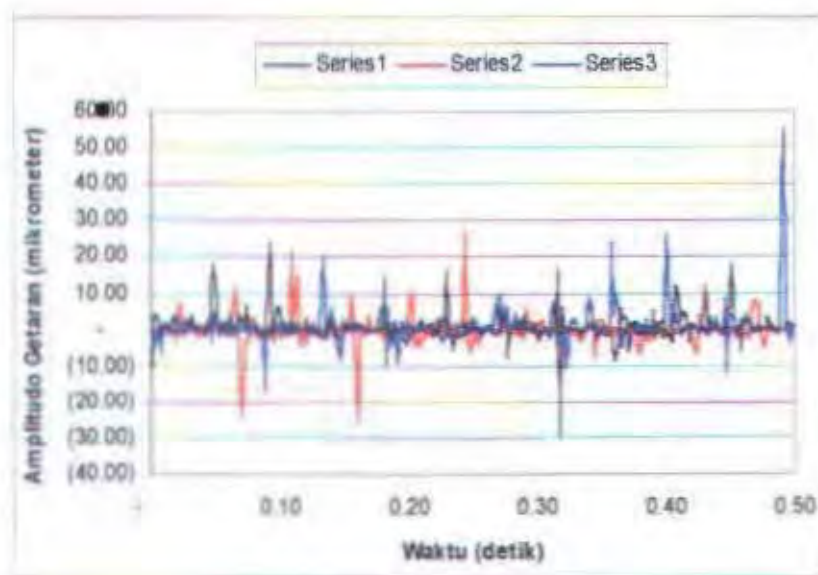
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 600 rpm



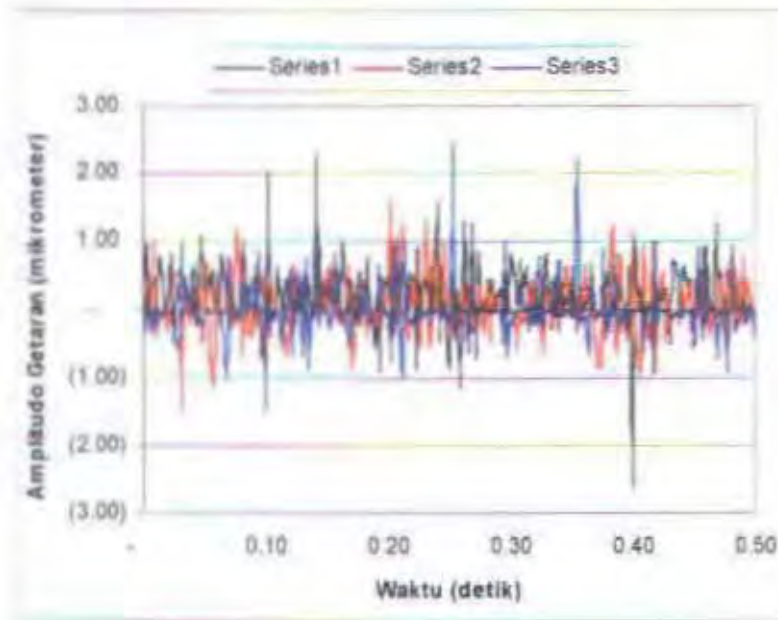
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 800 rpm



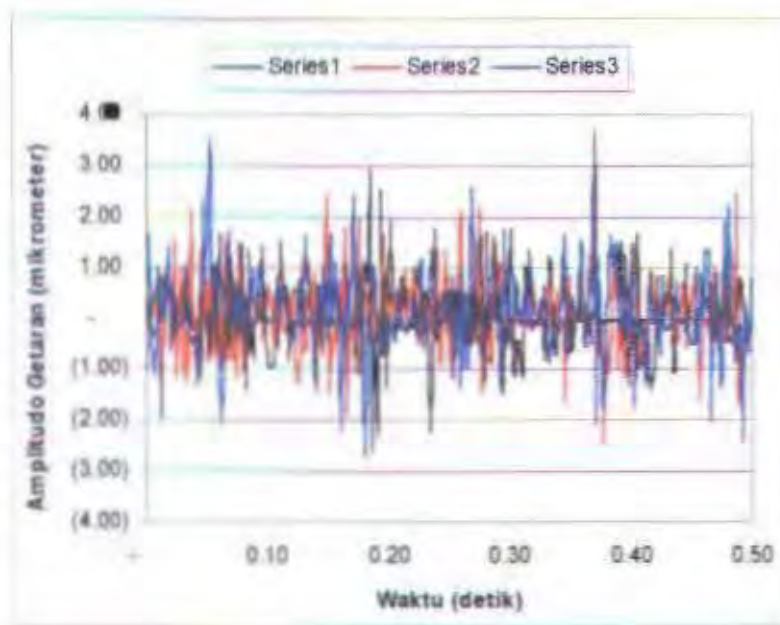
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 1000 rpm



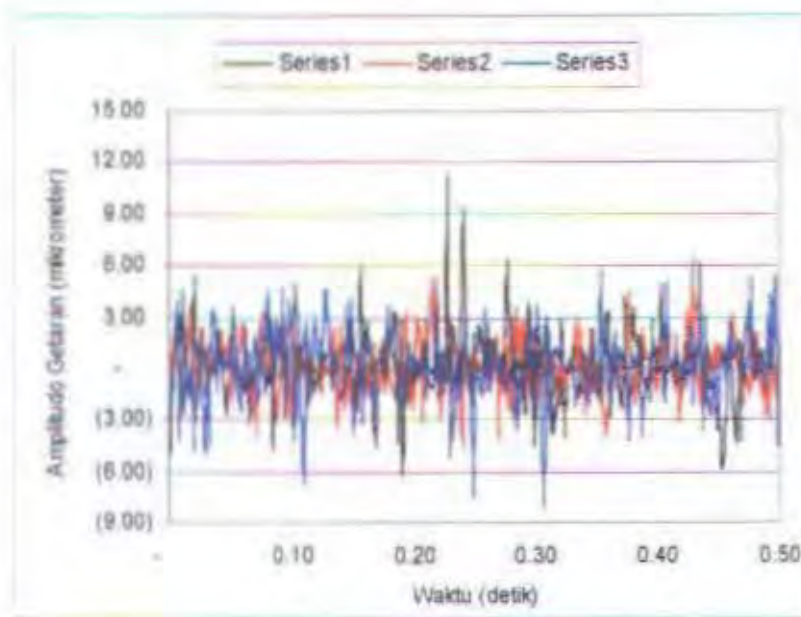
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 1 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 1200 rpm



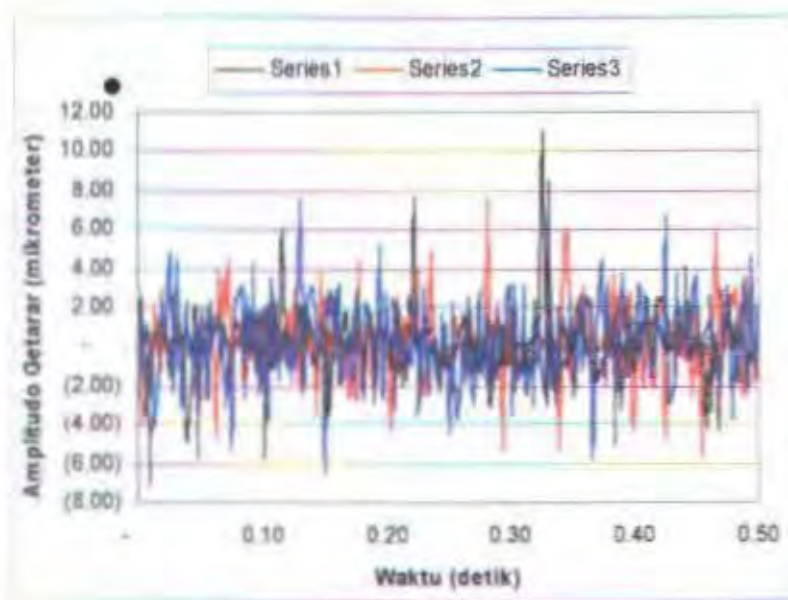
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 400 rpm



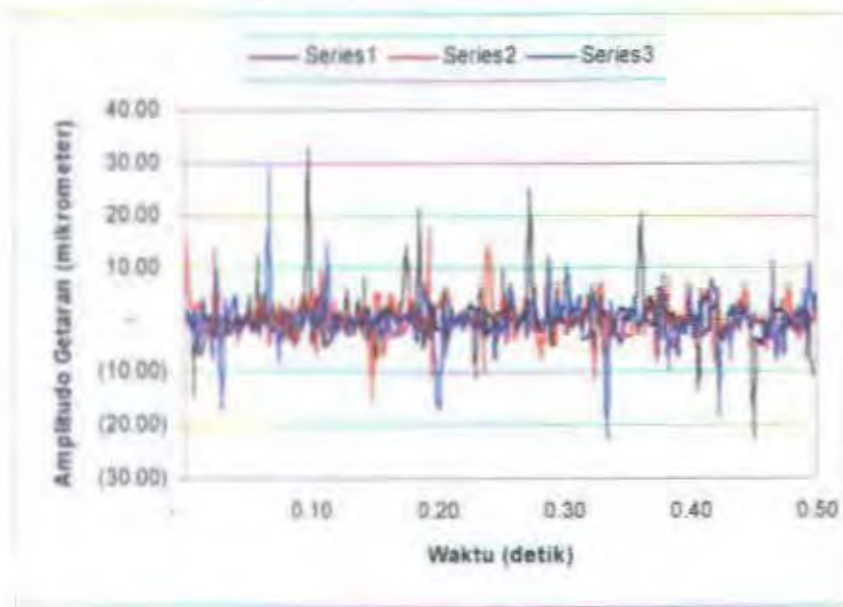
Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 2^0) pada 600 rpm



Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 800 rpm



Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 1000 rpm



Grafik besarnya amplitudo getaran Vs waktu pada bearing 2 pada kopling silang karet ban (sudut 2°) pada 1200 rpm




SURAT KEPUTUSAN Pengerjaan Tugas Akhir KSI701

Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan ITS, maka perlu diterbitkan Surat Keputusan Pengerjaan Tugas Akhir yang memberikan tugas kepada mahasiswa tersebut dibawah untuk mengerjakan Tugas sesuai judul sesuai judul dan lingkup bahasan yang telah ditentukan.

Nama Mahasiswa	: Zaini
Nrp	: 4298.109.003
Dosen Pembimbing	1. Ir. Eddy Setyo, MSc. 2. Ir. I. Made ariana, MT
Tanggal Diberikan Tugas	: 01 Oktober 2003
Tanggal Diselesaikan Tugas	: 20 Januari 2003
Judul Tugas Akhir	: PENGUJIAN KOPLING SILANG KARET BAN PADA MOTOR LISTRIK SEBAGAI TENAGA PENGGERAK

Surabaya, Oktober 2003
Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
FT. Kelautan ITS


DR. Ir. Agus A. Mastroeti, M.Eng
NIP. 131.407.591

Surabaya, 02 Oktober 2003
Yang menerima tugas

Mahasiswa

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Zaini
NRP. 4298 109 003

Ir. Eddy Setyo, M.Sc
NIP. 132.133.978

Ir. I. Made ariana, MT
NIP. 132.133.971

**LEMBAR KEMAJUAN Pengerjaan Tugas Akhir
(KS 1701)**

Nama : Zaini

NRP : 4298 109 003

Dosen Pembimbing I : Ir. Eddy Setyo, M.Sc

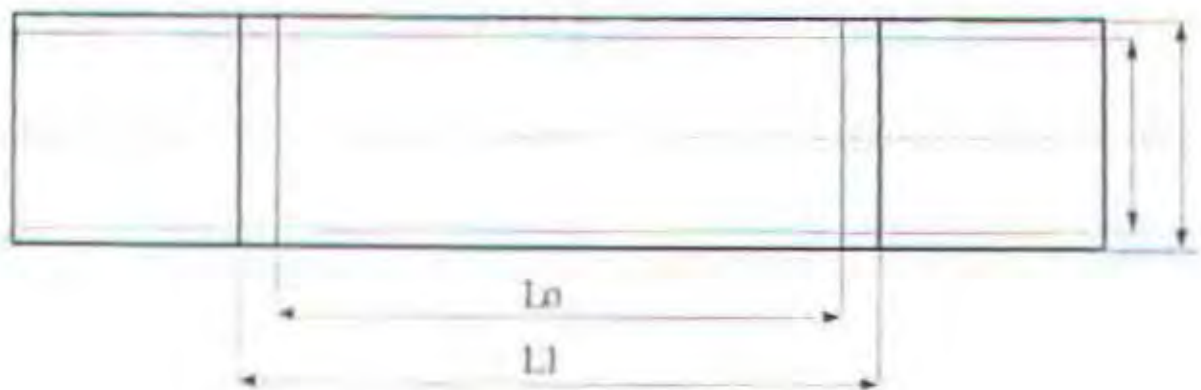
Dosen Pembimbing II : Ir. I. Made artana, MT

No	Tanggal	Materi Kegiatan	Paraf
1	13-10-03	Pendahuluan & Dasar Teori	A.
2	17-10-03	Definisi & metode pengujian	A.
3	28-10-03	Dimensi Sistem	A.
4	4-11-03	Standarisasi pengujian SNI	A.
5	12-11-03	1.1.1	A.
6	14-11-03	Model	A.
7	19-11-03	Pengujian Material	A.
8	21-11-03	2.1	A.
9	14-11-03	Pengujian Pr	A.
10	23-11-03	Properties Hasil Uji Material	A.
11	12-1-04	Model pengujian	A.



Data pengujian tarik karet jenis NBR dengan benang nilon

KODE SPECIMEN / BAHAN	KARET JENIS NBR PAKAI NILON
STANDARD PENGUJIAN	SNI
STANDARD SPECIMEN	SNI
UKURAN SPECEMENT - LEBAR (mm)	50
- TEBAL (mm)	9.4
LUAS PENAMPANG ($A_0 \text{ mm}^2$)	5000
GAUGE LENGTH ($L_0 \text{ mm}$)	100
BEBAN MAXIMUM ($P_u \text{ KN}$)	10
PANJANG SETELAH PATAH ($L_1 \text{ mm}$)	107
TENSILE STRENGTH (Kg/mm^2)	0.204
ELONGATION (E %)	7
LEBAR SETELAH PATAH (mm)	51
TEBAL SETELAH PATAH (mm)	9.2
LUAS SPECEMENT SETELAH PATAH (mm^2)	5457





LABORATORIUM "METALURGI"
JUR. TEKNIK MESIN FTI-ITS

Data pengujian Uji Puntir karet Ban jenis NBR dengan benang nilon

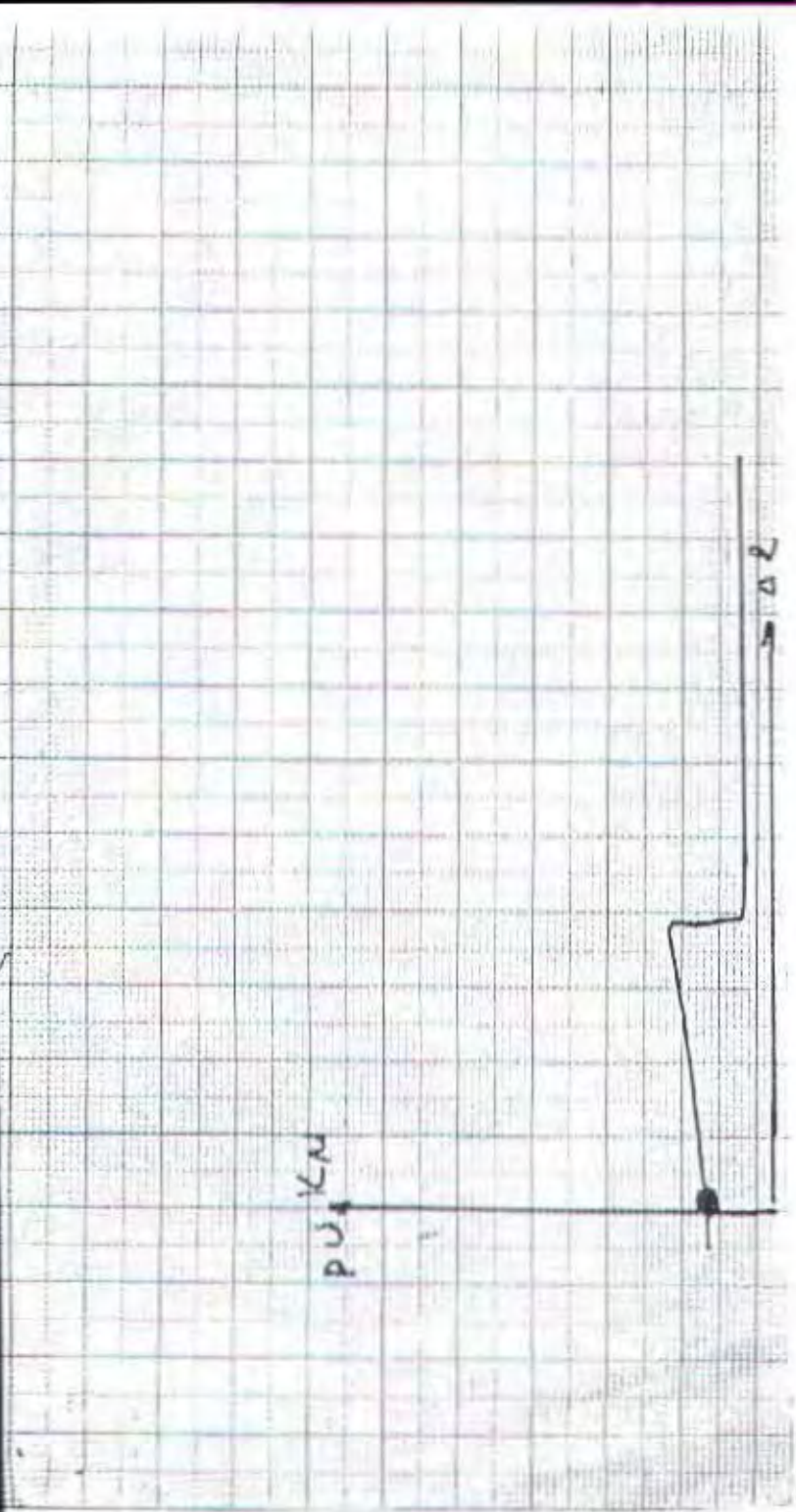
No	Sudut Puntir (derajat)	Kekuatan Puntir (kg.m)
1	3	2
2	5	4
3	10	6
4	12	7.5
5	15	8
7	20	9
8	23	11.5
9	25	16.5
10	30	23

Surabaya 10 Desember 2003

Mengetahui
Pengawas Laboratorium Uji Material



Bapak Budiono





LEMBAR HASIL EVALUASI PRESENTASI INTERIM (P2) TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa	Zaini	NRP	42 98 109 003
Tanggal presentasi	16/12/2003	Semester	Casal Tnn Ajarah 03/04
Judul Tugas Akhir	Pengujian keefektifan Silang Unit ban pada motor listrik sbg tenaga penggerak		
Dosen Pembimbing Utama	Edby S. K.		
Dosen Pembimbing Pendamping	I Made Ariana		

HASIL EVALUASI
A. Melanjutkan ke Presentasi Akhir Istimewa (P3+) 1 (satu) minggu setelah P2
<input checked="" type="radio"/> B. Melanjutkan ke Presentasi Akhir Reguler (P3) 3 (tiga) minggu sebelum yudisium
C. Melanjutkan ke Presentasi Interim (P2) semester yang akan datang
D. Membatalkan Tugas Akhir dan mengikuti Presentasi Proposal (P1) semester yang akan datang

CATATAN :
 (Bila diperlukan bisa dilanjutkan pada halaman kosong di balik halaman ini)

Keterangan misalignment nilai diluruskan :

No	Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan	No	Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan
1			6	AB	
2	Agnes S.		7	AB	
3	AB		8		
4	SA		9	JOY & UHDI	
5	MA		10	JP	



LEMBAR EVALUASI PRESENTASI PROPOSAL TUGAS AKHIR (P-1)

Nama Mahasiswa: ZAINI	NRP: 4298109003
Judul Proposal: PEREQUIAN KOPLING SILANG KARET BAN PADA MOTOR LISTRIK SEBAGAI TENAGA PENGGERAK	
Semester: Gasal/Genap	Tahun Ajaran: 03/04 Tanggal Presentasi: 17 SEPT. 2003

EVALUASI OLEH TIM PENGUJI	
Hasil Evaluasi Presentasi Proposal	* Kelompok Bidang Studi yang direkomendasikan
<ol style="list-style-type: none"> 1. Proposal diterima tanpa perbaikan 2. Proposal diterima dengan perbaikan 3. Proposal ditolak dan ikut Pra-TA lagi 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Marine Power Plants (MPP) 2. Marine Machinery and Systems (MMS) 3. Marine Automation and Electrical System (MEAS) 4. Marine Reliability and Safety (MRS) 5. Marine Manufacture and Design (MFD)
Catatan: (bila diperlukan dapat dilanjutkan pada halaman kosong dibalik) <ul style="list-style-type: none"> - Konsultasi proposal of ES - Perlu detail lebih lanjut mengenai material - Standar yg akan di pergunakan dan perencanaannya ✓ - Perhitungan → getaran - Perhitungan/ sheet alignment ✓ kemungkinan adanya ts akan ditransmisikan pengukuran 2 di 	

No	Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan	No	Nama Dosen Penguji	Tanda Tangan
1	SM		6	DP	
2	MA		7	AB	
3	EW		8		
4	AG		9		
5	ES		10		

EVALUASI OLEH KELOMPOK BIDANG STUDI (disi oleh Kelompok bidang Studi yang ditunjuk)	
Dosen Pembimbing yang ditunjuk	34A Eddy Setyo K, ST, MSc sbg Dosen Pembimbing Utama ES Mado Ariata, ST, MT sbg Dosen Pemb Pendamping
Catatan: (bila diperlukan dapat dilanjutkan pada halaman kosong dibalik)	
Nama Koord. Bdg. Studi:	Tanda Tangan Koord. Bdg Studi: