

Analisis Peluruhan Respon Dinamik Sistem Poros-Rotor Terhadap Kelembaman Massa dan Redaman Viscous

Nusyirwan

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang

Email: nusyirwan@ft.unand.ac.id

Abstrak

Pemodelan rotor bergerak cepat banyak diaplikasikan pada berbagai mekanisme diantaranya mekanisme mesin rotasi seperti turbin gas, gear train, mesin tool presisi dan lain-lain. Akibat terjadinya pergerakan tiba-tiba dan overload dalam operasi maka respon dinamik dari sistem poros rotor menjadi tidak stabil dan dalam kondisi tertentu dapat menjadi penyebab kegagalan sistem. Respon amplitudo akan menjadi membesar disebabkan sistem mempunyai inersia, kekakuan dan tahanan pada bantalan dan motor penggerak. Karakteristik daya dari motor penggerak akan mempengaruhi berapa besarnya amplitudo respon sistem dan kecepatan untuk menyeimbangkan gerakan menuju kestabilan yang diinginkan. Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai respon dinamik yang stabil merupakan kajian yang penting bagi sistem poros-rotor. Dalam proses pengontrolan respon dinamik dilibatkan komponen mekanik dan elektrik, hal yang diharapkan adalah waktu respon elektrik jauh lebih sedikit dari waktu respon komponen mekanik. Waktu respon komponen elektrik pada penelitian lima kali lebih besar dari respon komponen mekanik. Pada Penelitian ini ditunjukkan berapa besarnya waktu respon sistem poros-rotor akibat massa dan peredam yang digunakan. Besarnya redaman dan inersia rotor dapat menghasilkan respon pergerakan suatu rotor apakah rotor teredam lebih atau rotor dapat berfluktuasi dengan redaman kurang. Untuk hal tersebut kita perlu memberikan faktor penguatan (K) yang merupakan kombinasi antara frekuensi pribadi, rasio redaman dan untuk menentukan berapa lamanya waktu mencapai respon yang stabil suatu sistem. Pada penelitian ini akan ditunjukkan perubahan amplitudo respon dengan faktor K tertentu. Harga peluruhan yang terbesar terjadi pada harga $K=7.248$ rotor bergerak dengan redaman lebih.

Kata kunci: mesin rotasi, respon dinamik, poros-rotor, faktor penguatan, rasio redaman.

Abstract

Modelling the rotor moves quickly widely applied in a variety of mechanisms including mechanisms such as gas turbine engine rotation, gear train, machine tools and other precision. Due to the sudden movement and overload in the operation of the dynamic response of the rotor shaft system becomes unstable and under certain conditions can be the cause of the system failure. Amplitude response will be enlarged due to the system has inertia, stiffness and resistance to the bearings and the motor. Power characteristics of the motor will affect how much the amplitude response of the system and speed to balance the move towards the desired stability. The time needed to achieve a stable dynamic response is an important study for shaft-rotor system. In the process of controlling the dynamic response of mechanical and electrical components are involved, it is desirable electrical response time is much less than the response time of mechanical components. The response time of electrical components in the study five times larger than the response of the mechanical components. In this study demonstrated how much poros- rotor system response time due to the mass and damping are used. The amount of damping and inertia of the rotor can produce a response to the motion damped rotor or rotor may fluctuate more with less damped. For this we need to provide amplification factor (K) which is a combination of natural frequency, damping ratio and to determine how the length of time achieving a stable response of a system. This research will be shown changes in response amplitude by a factor of K particular. Price greatest decay occurs at price $K = 7248$ rotor moves with more damping.

Keywords: rotating machine, dynamics response, rotor-shaft, amplifying factor, damping ratio

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Respon dinamik suatu mesin rotasi sangat tergantung dari beberapa hal diantaranya, inersia, tahanan bearing dan daya motor penggerak. Amplitudo respon pergerakan rotor akan semakin tidak linear terhadap input pergerakan motor bila terjadi beban kejut, dan tahanan yang besar. Apabila beban penggerak tidak linear dengan inersia, tahanan pergerakan akan menyebabkan terjadi respon yang tidak stabil. Untuk menempatkan respon rotor keposisi semula kita perlu memberikan sebuah penguatan agar respon dapat berada pada posisi yang diinginkan. Pergerakan rotor untuk turbin gas sangat memerlukan sistem pengendalian yang cepat agar respon getaran yang dihasilkan tidak merusak sistem maka dari segi konstruksi sistem poros-rotor memerlukan pembuatan yang sangat teliti dan presisi.

Suatu struktur rotor yang berbentuk cakram mempunyai distribusi massa yang kompleks terhadap fungsi ketebalan dan bentuk topologi penampang yang rumit. Pusat massa akan mengalami pergeseran yang cepat bila perubahan posisi akan semakin cepat pula. Bila perubahan posisi linear dengan perubahan inersia hal ini tidak terlalu rumit. Tapi bila perubahan posisi tidak linear dengan perubahan inersia rotor persoalan akan semakin kompleks dan saling memberikan persamaan simultan yang memerlukan eksekusi program yang panjang.

Bila suatu rotor diputar dengan perubahan kecepatan sudut yang besar akan terjadi gaya inersia yang besar disebabkan karena gaya inersia adalah fungsi dari percepatan. Eksekusi program akan memberikan pergeseran posisi dari rotor bila lengan bergerak lebih cepat dari eksekusi program. Disamping itu tahanan yang terjadi pada pusat sumbu poros tempat dipasangnya rotor akan memberikan tahanan akibat terjadinya gesekan sebagai fungsi dari perubahan kecepatan. Bila pergerakan rotor dihentikan maka posisi pusat massa akan mengalami pengembalian ke posisi awal. Untuk melakukan gerakan awal rotor harus menerima gaya putar yang akan berpengaruh terhadap besarnya kelembaman benda. Gaya gerak akan mengalami perlawanan dari kelembaman rotor dan faktor kedua yang akan melawan gerakan adalah gesekan di bantalan pemegang poros. Gaya tersebut akan mengalami fungsi transien dan bila tahanan gerakan akan semakin besar gaya yang diberikan akan terakumulasi dalam bentuk fungsi kejut karena tahanan tiba-tiba hilang akibat berkurangnya gaya gesek dan tahanan gerak.

Beberapa kajian teoritik untuk menganalisis dalam menentukan amplitudo respon sistem poros-rotor terhadap perubahan gaya inersia telah banyak dilakukan [4,5]. Kajian terhadap besarnya tahanan atau redaman yang terbentuk akibat gaya gerak akan dikaji pada penelitian ini.

Untuk mengetahui seberapa perubahan pergeseran posisi rotor dari perubahan gaya penggerak dimulai dari melakukan pemutaran pada rotor sederhana dengan penampang yang seragam. Kemudian dilanjutkan dengan memberikan gaya pemutar rotor yang bersifat harmonik. Setelah itu dilakukan penambahan kecepatan sudut rotor, kemudian dilakukan pengukuran posisi dan perubahan posisi ini akan dievaluasi, apakah perubahan posisi sesuai dengan perubahan gaya yang diberikan. Jika terjadi kesalahan dievaluasi apakah kesalahannya bersifat linear atau bukan. Lalu dilanjutkan dengan mengubah gaya pemutar dengan fungsi yang lain fungsi ram atau fungsi steps.

1.2 Ruang Lingkup Pembahasan

Pembahasan diterapkan pada struktur model pemodelan sistem poros-rotor dimulai dengan memisalkan rotor sebuah lengan dengan penampang seragam dan tahanan bantalan dimodelkan dengan tahanan pena diusahakan dengan viscositas konstan dan dijaga perubahan pergerakan sangat lambat sekali. Setelah itu dilanjutkan dengan perubahan bentuk rotor dengan penampang yang membesar secara linear dengan memberikan gaya penggerak fungsi harmonik. Nanti akan dievaluasi apakah perubahan respon linear dengan perubahan bentuk penampang benda ini akan memberikan informasi yang sesuai dengan yang diharapkan.

Setelah dievaluasi dilanjutkan dengan memvariabelkan viscositas peredam apakah respon yang terbentuk linear atau tidak linear dengan gaya yang diberikan. Apakah perubahan posisi masih bersifat linear terhadap perubahan penampang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Tinjauan Sistem Kinematika

Suatu benda yang bergerak melingkar dapat memenuhi persamaan

$$s = R\theta \quad (1)$$

Persamaan untuk kecepatan dapat diturunkan dengan hubungan

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{ds}{dt} \tag{2}$$

Untuk gerak melingkar hubungan antara kecepatan sudut dan kecepatan melingkar adalah

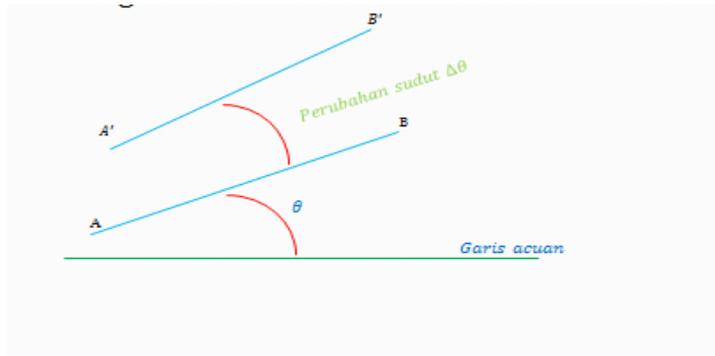
$$v = \frac{\Delta \omega}{\Delta t} = \frac{d(\frac{d\theta}{dt})}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \tag{3}$$

Pergerakan relatif titik B terhadap bidang diam O dalam arah sumbu x adalah

$$x = R \cos \theta \tag{4}$$

Bila kita turunkan terhadap waktu terhadap pergerakan relative untuk arah x, sedangkan untuk

$$\frac{dx}{dt} = R (\cos \theta) \frac{d\theta}{dt} \tag{5}$$



Gambar 1. Hubungan perpindahan dua titik

Kecepatan dapat dibagi menjadi dua arah yaitu kecepatan dalam arah x adalah

$$V_b^x = -R\omega \sin \theta \tag{6}$$

sedangkana hubungan kecepatan dalam arah y adalah

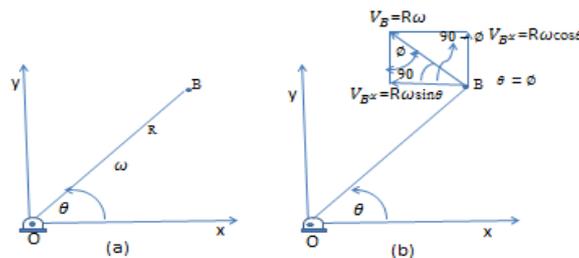
$$V_b^y = R\omega \cos \theta \tag{7}$$

Kedua vektor tersebut dapat dijumlahkan sebagai berikut

$$V_B = R\omega \sin \theta + R\omega \cos \theta$$

$$V_B = [(R\omega \sin \theta)^2 + (R\omega \cos \theta)^2]^{1/2} \tag{8}$$

$V_B = R\omega$ dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. Kecepatan dalam arah x dan y

Bila dua titik relatif A dan B bergerak relatif terhadap titik kaku O. Pada Gambar 2.3 dapat dilihat hubungan persamaan dua buah titik pada batang diam adalah

$$x_B = X_A + R \cos \theta \tag{9}$$

Untuk perubahan posisi berlaku hubungan

$$y_B = Y_A + R \sin \theta \tag{10}$$

Untuk perubahan posisi terhadap perubahan waktu adalah

$$\frac{dx_B}{dt} = \frac{dx_A}{dt} - R \sin \theta \frac{d\theta}{dt}$$

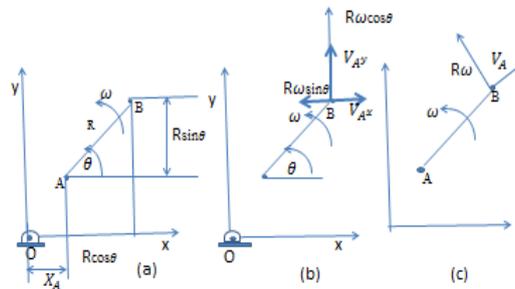
$$\frac{dy_B}{dt} = \frac{dy_A}{dt} + R \cos \theta \frac{d\theta}{dt}$$

$$V_{Bx} = V_{Ax} - R\omega \sin \theta$$

$$V_{By} = V_{Ay} + R\omega \cos \theta$$

(11)

Perubahan posisi dua buah titik relatif terhadap posisi titik diam O dapat ditentukan dengan dua buah kecepatan V_A dan V_B . Perubahan posisi relatif dua buah titik dapat dievaluasi untuk batang dengan penampang berbeda.



Gambar 3. Perubahan Posisi dua buah titik terhadap titik diam O

Dalam penggambaran matematik secara umum dapat digambarkan dengan persamaan

$$R_t = R(x, t) \tag{13}$$

Untuk posissi linear perubahan posisi dapat diturunkan dengan persamaan berikut

$$R_t = R(\theta, t) \tag{14}$$

[erubahan posisi dua buah titik terhadap titik diam adalah

$$R_{Bt} = R_{At} + R(\theta, t) \tag{15}$$

2.2 Tinjauan Sistem Dinamik

Suatu sistem dinamik memenuhi persamaan berikut ini

$$R_{xy} = F(x, u) \tag{16}$$

Dimana R adalah panjangnya jari-jari terhadap koordinat x dan y. Sedangkan F adalah gaya yang diberikan ke batang, sedangkan u adalah kecepatan.

Bila y adalah suatu posisi yang bergantung pada harga x maka berlaku

$$y = G(x) \tag{17}$$

Dimana G adalah fung si dimensi lengan. Selanjutnya untuk melakukan gerakan putar berlaku

$$\frac{\partial F}{\partial u} > 0 \tag{18}$$

Kesalahan posisi x terhadap posisi yang telah ditentukan dengan harga kesalahan

$$e = x - x_{set} \tag{19}$$

Penentuan kecepatan (u) yang terbaik adalah yang menghasilkan kesalahan (e=0) Jika kecepatan (u) menghasilkan posisi kesalahan e≠0, maka posisi yang dihasilkan menyimpang dari (x) menjadi x' dan x'' maka kecepatan (u) dapat dinyatakan dengan persamaan

$$u = \mathbf{u}(x') \tag{20}$$

kecepatan putar lengan harus dikurangi sampai dicapai kecepatan putar (u) menghasilkan posisi

$$u = \mathbf{u}(x) \tag{21}$$

sekarang kita ambil harga vektor u=(x), maka posisi x didefenisikan sebagai pengontrol kecepatan untuk kasus vektor posisi x=(x)

$$(u) = \mathbf{x}^Y = (x^Y) = \mathbf{F}(x, u) \tag{22}$$

Untuk mengontrol percepatan yang terjadi bila gaya (F) mendapat tahanan karena ada efek inersia dan tahanan maka berlaku

$$u = \mathbf{u}(x'') \tag{23}$$

untuk posisi adanya percepatan $x=(x, v)^T$

$$\begin{aligned} \mathbf{x}^{Y'} &= \begin{pmatrix} x^{Y'} \\ v^{Y'} \end{pmatrix} \\ &= \mathbf{F}(x, u) = \begin{pmatrix} v \\ u \end{pmatrix} \\ \mathbf{v}^Y &= \mathbf{x}^Y = \mathbf{u} \end{aligned} \tag{24}$$

Persamaan diatas menyatakan pada kasus yang terjadi dialam, kita tidak bisa selalu bisa membuat ketepatan posisi (x) selalu adanya kesalahan posisi dalam karena adanya pengaruh inersia, tahanan atau redaman, maka perlu adanya usaha tambahan untuk mengembalikan kesalan keposisi semula.

2.3 Pengontrolan Kesalahan Posisi

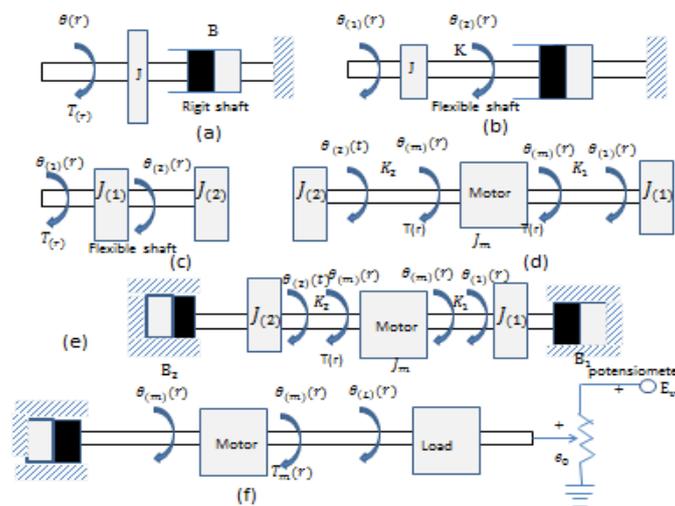
Untuk melakukan kesalahan apakah (e=0) perlu adanya system umpan balik antara data yang diberikan oleh sensor kepada motor penggerak lengan.

Untuk system yang sederhana adalah dengan memakai system kontrol motor mati hidup (on – off pus back control). Kesalahan error yang terjadi dapat dinyatakan dengan

$$e = x - x_{set} \tag{25}$$

Kondisi ini dapat digunakan untuk mengatur tingkat keadan motor apakah motor hidup atau mati. Dengan kondisi sebagai berikut

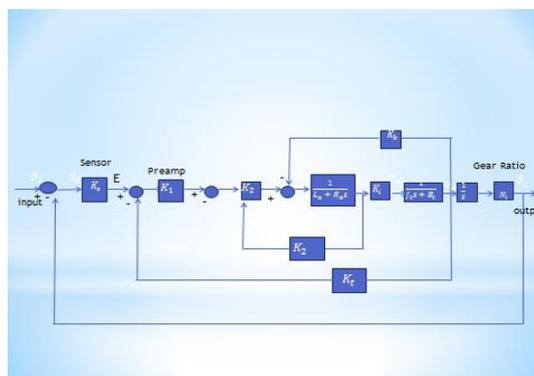
$$\begin{aligned} e < 0 & \text{ untuk } u = \text{on} \quad _xY = F(x, \text{on}) > 0 \\ e > 0 & \text{ untuk } u = \text{off} \quad _xY = F(x, \text{off}) > 0 \end{aligned} \tag{26}$$



Gambar 4 Sistem Pengontrolan Poros-rotor dengan peredam

Kondisi ini dapat dinyatakan dengan

$$\begin{aligned} e < -\epsilon & \text{ untuk } u = \text{on} \\ e < +\epsilon & \text{ untuk } u = \text{off} \end{aligned} \tag{27}$$



Gambar 5 Sistem loop tertutup poros-rotor

Fungsi trasfer dari sistem dapat dinyatakan dengan

$$G(s) = \frac{\theta_c(s)}{\theta_e(s)} = \frac{K_s K_1 K_t K_N}{s[L_s J_t s^2 + (R_a J_t + L_a B_t + K_1 K_2 J_t) s + R_a B_t + K_1 K_2 B_t + K_1 K_b + K K_1 K_t K_i]} \tag{28}$$

dimana $\theta_c(s)$ output sistem dan $\theta_e(s)$ adalah input system. Sistem ini berbentuk persamaan orde tiga dalam domain s atau memenuhi s^3 . Electrical time constan dari sistem amplifier- motor adalah

$$\tau_a = \frac{L_a}{R_a + K_1 K_2} \tag{29}$$

Sedangkan mecanikal time- constan adalah

$$\tau_1 = \frac{J_t}{B_t} \tag{30}$$

Untuk sistem yang baik electrical time constan harus lebih kecil dari mechanical time constan untuk pendekatan kita mengabaikan harga L_a , sehingga persamaan (28) menjadi

$$G(s) = \frac{\theta_c(s)}{\theta_e(s)} = \frac{K_s K_1 K_i K_N}{s[L_s J_t s^2 + (R_a J_t + K_1 K_2 J_t)s + R_a B_t + K_1 K_2 B_t + K_i K_b + K K_1 K_t K_i]} \tag{31}$$

Maka harga fungsi transfer berdasarkan persamaan (2.31) dalam domain (s) adalah

$$G(s) = \frac{4500K}{s(s+361.2)} \tag{32}$$

Sedangkan frekuensi teredam

$$\omega_d = \sqrt{\frac{K_s K_1 K_i K_N}{R_a J_t + K_1 K_2 J_t}} = \pm \sqrt{4500K} \text{ (rad/s)} \tag{32}$$

Sedangkan rasio redaman

$$\zeta = \frac{R_a B_t + K_1 K_2 B_t + K_1 K_b + K K_1 K_t K_i}{2\sqrt{K_1 K_s K_i K_N (R_a J_t + K_1 K_2 J_t)}} = \frac{2.692}{\sqrt{K}} \tag{33}$$

Dimana frekuensi pribadi teredam sebanding dengan akar penguatan (K) dan rasio redaman (ζ) berbanding terbalik dengan rasio redaman (K) . Persamaan dalam bentuk sintem kontrol umpan balik unity (feedback berharga 1) adalah

$$s^2 + 361.2 s + 4500K = 0 \tag{34}$$

Suatu sistem poros- rotor dengan penguatan (K) yang diberi input pergerakan motor fungsi step berharga (1).

$$\theta_r(t) = u_s(t) \tag{35}$$

Maka $\theta_r(s) = 1/s$. Output system pada kondisi awal adalah

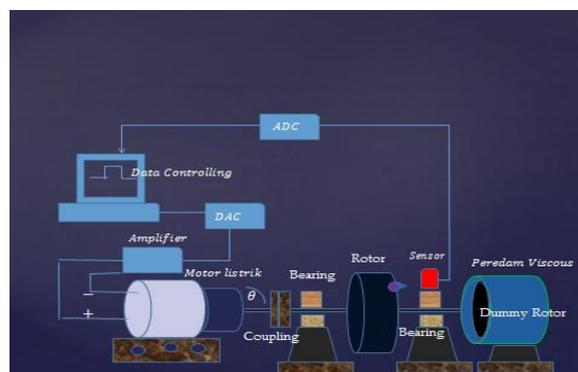
$$\theta_c(t) = \mathcal{E}^{-1} \left[\frac{4500K}{s(s^2 + 361.2s + 4500K)} \right] \tag{36}$$

3. Metodologi

3.1 Pengantar

Kendala yang dihadapi adalah sifat kelembaman (inersia) masing-masing komponen sistem kontrol. Misal antara komponen listrik dan komponen mekanik keduanya mempunyai sifat kelembaman yang berbeda apakah masing-masing komponen masih mempunyai sifat analogi yang bersifat linear atau analoginya bersifat non linear terhadap kelembaman komponen. Misal Pada komponen mekanik luas penampang yang tidak linear akan sangat berpengaruh terhadap kelembaman. Sedangkan pada komponen listrik seperti tahanan sangat berpengaruh untuk mengurangi kecepatan respon yang diberikan.

Benda yang yang dimodelkan untuk penelitian adalah struktur batang yang berbentuk memanjang dengan berbagai luas penampang yang berbeda sehingga inersianya berbeda dan kan memberikan efek inersia yang berbeda.. Tumpuan yang dipakai adalah pin yang berbentuk bulat dengan kelonggaran tertentu dimana dapat diberikan fluida pelumas dengan berbagai viskositas tertentu yang dapat memberikan efek peredaman tertetentu.



Gambar 6. Set-Up Pengujian Poros- Rotor dengan Peredam Viscous

3.2 Data Referensi Pengujian

Pada umumnya untuk struktur berbentuk bulat memanjang dengan berat tertentu gerakannya akan dipengaruhi oleh didistribusi massa poros tersebut. Pada posisi sudut tertentu gerakannya akan lebih mudah, tetapi pada posisi sudut yang lain gerakannya akan lebih sulit. Kolonggaran yang terjadi pada tumpuan atau bearing juga mempengaruhi tingkat kepresisian posisi.

Data referensi untuk pengujian sistem poros –rotor dengan peredam viscous sebagai berikut ini;

Gain encoder $K_s = 1 \text{ V/rad}$.

Gain preamplifier $K = \text{variabel}$.

Gain power amplifier $K_1 = 10 \text{ V/V}$.

Gain arus Feedback $K_2 = 0.5 \text{ V/A}$.

Gain tachometer Feedback $K_t = 0 \text{ V.s/rad}$.

Armature resistance motor $R_a = 5.0 \Omega$.

Armature inductance motor $L_a = 0.003 \text{ H}$.

Torsi konstan motor $K_t = 9.0 \text{ oz-in./A}$.

Back-emf konstan motor $K_b = 0.0636 \text{ V/rad/s}$.

Inersia rotor motor $J_m = 0.0001 \text{ oz-in./s}^2$.

Inersia beban $J_l = 0.01 \text{ oz-in./s}^2$.

Koefesien gesekan viscous motor $B_m = 0.005 \text{ oz-in./s}^2$.

Koefesien gesekan viscous beban $B_l = 1.0 \text{ oz-in./s}^2$.

Gear train rasio $\frac{\theta_c}{\theta_m} = 1/10$.

Inertia Total $J_t = J_m + N^2 J_l = 0.0001 + \frac{0.01}{100} = 0.0002 = \text{oz-in./s}^2$.

Koefesien viscous Total $B_t = B_m + N^2 B_l = 0.05 + \frac{1}{100} = 0.015 = \text{oz-in./s}^2$.

Oli pelumas yang digunakan SAE 10, SAE 40, SAE 70.

3.3 Pengaruh Viscositas Peredam

Pengaruh viscositas oli peredam akan menentukan besarnya tahanan yang menentukan efek tahanan pada gerakan batang. Besar kecilnya inersia massa benda dapat mempengaruhi time respon suatu benda untuk bergerak. Sehingga posisi yang ditunjukkan juga dapat terpengaruh. Bentuk geometri yang rumit serta pembebanan yang kompleks perhitungan algoritma untuk menghitung inersia yang memberikan efek kelembaban harus memenuhi persyaratan matematik yang terjadi pada struktur kontinum.

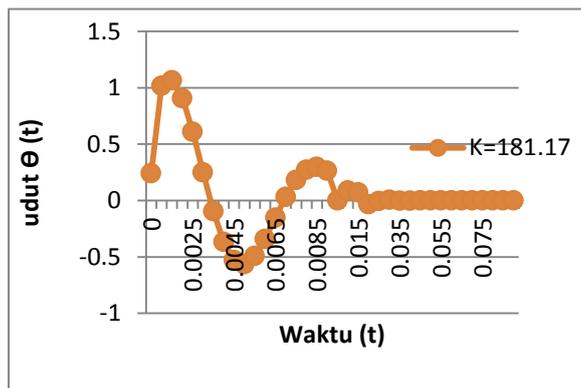
Prinsip yang digunakan untuk menentukan inersia massa batang dengan penampang yang rumit adalah dengan metode elemen hingga dimana struktur dibagi menjadi elemen kecil yang saling berhubungan dengan titik-titik nodal elemen. Proses ini dikenal dengan diskritisasi elemen. Teknik ini adalah membagi struktur menjadi sejumlah elemen kecil dan elemen yang dipilih bisa segitiga, segi empat dan lain-lain. Bentuk elemen yang dipilih sangat mempengaruhi hasil perhitungan.

Redaman sangat berpengaruh terhadap posisi, karena redaman mengandung efek menahan gerakan batang. Beberapa faktor yang menentukan perubahan redaman adalah luas penampang benda, viscositas pelumasan dan lebarnya celah pelumasan. Untuk kasus tertentu dimensi batang dan efek perubahan temperatur terhadap viscositas sangat menentukan efek redaman yang terjadi pada suatu pelumas. Oleh sebab itu pelumas dengan viscositas tertentu sangat berpengaruh pada time respon dari gerakan batang.

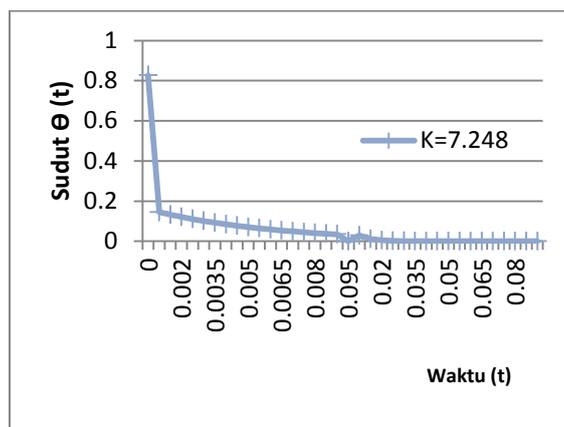
4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

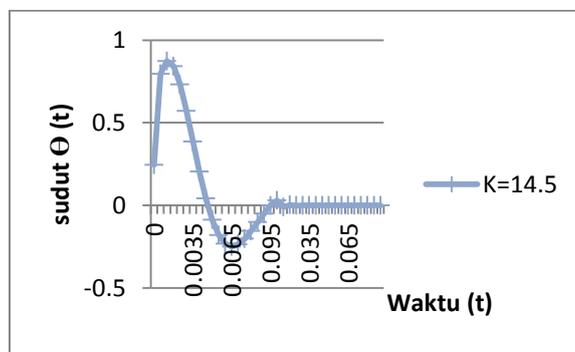
Untuk menentukan hal tersebut diatas besarnya redaman akan berpengaruh terhadap efek gerakan benda. Untuk mengatasi hal tersebut diatas perlu mengkaji lebih dalam besarnya efek redaman tersebut.



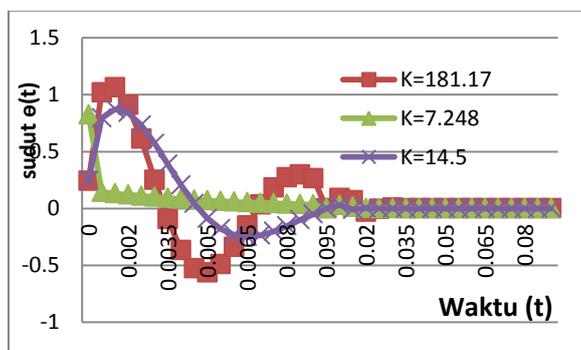
Gambar 7. Grafik Peluruhan Gerakan poros-rotor dengan Gain $K= 181.17$



Gambar 8. Grafik Peluruhan Gerakan poros-rotor dengan Gain $K= 7.248$



Gambar 9. Grafik Peluruhan Gerakan poros-rotor dengan Gain $K= 14.5$



Gambar 10. Grafik Gabungan Peluruhan Gerakan poros-rotor

Electrical time- constan dari sistem amplifier- motor dari persamaan (29) adalah

$$\tau_a = \frac{L_a}{R_a + K_1 K_2}$$

$$\tau_a = \frac{0.03}{5+5} = 0.003$$

Sedangkan mecanikal time- constan dari persamaan (30) adalah

$$\tau_1 = \frac{J_t}{B_t}$$

$$\tau_1 = \frac{0.0002}{0.015} = 0.01333$$

Untuk sistem yang baik electrical time constan harus lebih kecil dari mechanical time constan.

Maka harga frekuensi pribadi teredam untuk berbagai harga K berdasarkan persamaan (32) adalah

$$\omega_d = \sqrt{\frac{K_s K_1 K_i K N}{R_a J_t + K_1 K_2 J_t}} = \pm \sqrt{4500K}$$

Dan harga redaman berbagi harga K berdasarkan persamaan (33) adalah

$$\zeta = \frac{R_a B_t + K_1 K_2 B_t + K_1 K_b + K K_1 K_i K_t}{2\sqrt{K_1 K_s K_i K N (R_a J_t + K_1 K_2 J_t)}} = \frac{2.692}{\sqrt{K}}$$

Keduanya dapat hasilnya kita lihat dari Tabel 1.

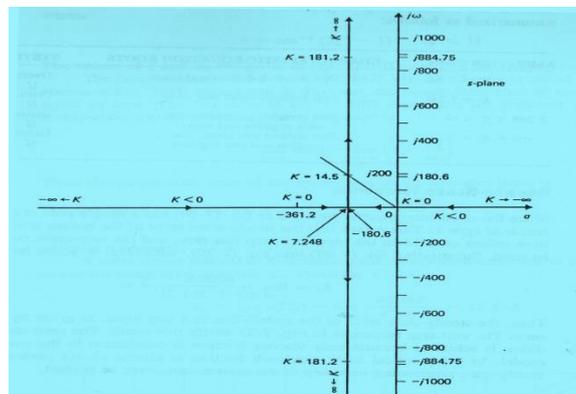
Tabel 1. Hasil Analisis Sistem Peredam Poros-Rotor

| Gain K | Rasio Redaman ζ | ω_d (rad/s) | Maksimu, Overshoot | Periodeu τ_d (s) |
|--------|-----------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|
| 7.248 | 1.000 | 180.62 | 0.0 | 0.001 |
| 14.5 | 0.707 | 255.44 | 0.043 | 0.0065 |
| 181.17 | 0.200 | 903.00 | 0.527 | 0.0013 |

Analisis kestabilan sistem dapat kita gunakan persamaan (32)

$$G(s) = \frac{4500K}{s(s+361.2)}$$

Hasil yang diperoleh adalah dapat menunjukan berapa harga fungsi s menunjukan akar pada daerah real negatif yang ditunjukan pada Gambar 11. Pada gambar tersebut dapat dilihat berapa berapa harga faktor penguatan K untuk sistem agar berada pada sumbu real negatif. Pada Tabel 1 dapat kita lihat bahwa untuk harga K =7.248 ,17.45 dan181.17 harga s berada pada sumbu negatif sumbu real.



Gambar .11 Fungsi Kestabilan poros-rotor dengan Peredam viscous

4.2 Pembahasan

Pada Tabel 3.1 dapat kita lihat bahwa untuk harga K =7.248 rasio redaman ζ adalah 1.000 yaitu harga tertinggi suatu rasio redaman sistem dikenal dengan redaman lebih. Untuk K= 181.17 diperoleh ζ =0.200. Dari hasil tersebut rasio redaman berbanding terbalik dengan harga penguatan K. Analisis menunjukan kita sedikit memberikan penguatan K.

Untuk frekuensi pribadi sistem harga penguatan sebanding dengan harga frekuensi pribadi. Untuk K=7.248 harga $\omega_d = 180.62 \frac{rad}{s}$. sedangkan untuk K=181.17 harga $\omega_d = 903.00 \frac{rad}{s}$

Dari persamaan(32) dan persamaan (33) untuk K=7.248 diperoleh rasio redaman ζ =1.000, Untuk K=14.5 diperoleh ζ = 0.707, sedangkan untuk K=181.17 diperoleh rasio redaman ζ =0.200. harga Penguatan (gain) pada K=7.248

merupakan bentuk peluruhan yang paling besar gerakan rotor dalam keadaan teredam lebih (*overdamped*) impak dari beban tidak dapat membuat rotor bergeta. Perbandingan harga peluruhan terbesar adalah $1.000/0.2000=5$.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini untuk membandingkan berapa besarnya peluruhan amplitudo respon dinamik sistem poros rotos dengan peredam viscous, karena respon yang tidak stabil dapat dikurangani dengan redaman. Penelitian dapat dikembangkan lebih lanjut dengan konstanta peredam yang lain dan bentuk komponen peredam yang lebih kompleks. Namun Hasil penelitian sangat bergantung dari metode pengukuran dan alat ukur yang digunakan dan metode numerik yang lebih akurat. Penelitian dilakukan pada laboratorium Konstruksi Mesin Jurusan teknik Mesin Universitas Andalas.

Nomenklatur

e, kesalahan.
 F, gaya.
 G, fungsi dimensi lengan.
 G(s), fungsi transfer.
 K, faktor penguatan.
 R, jari-jari gerak melingkar.
 O, pusat putar.
 S, lintasan gerak.
 U, kecepatan putar lengan.
 V, kecepatan translasi.
 V_b^x , kecepatan vector arah sumbu x.
 V_b^y , kecepatan vector arah sumbu y.
 X_A , panjang vector titik A pada sumbu x.
 x_B , panjang vector titik B pada sumbu x.
 Y_A , panjang vector titik A pada sumbu y.
 y_B , panjang vector titik B pada sumbu y.
 t, waktu tempuh.
 θ , sudut rotasi.
 θ_c ,perubahn sudut rotor output terhadap waktu.
 θ_e , perubahn sudut rotor input terhadap waktu.
 ω , kecepatan sudut.
 ω_d ,frekuensi pribadi teredam.
 ϵ , bilangan mendekati nol.
 τ_a ,time konstan.
 ζ , rasio redaman.

Daftar Pustaka

- [1.]Subrata, Ganda,"Korelasi Hasil Kaji Teoritik dan Eksperimental Getaran Pelat Model T', Tugas Sarjana S2, ITB, Thn, 1990
- [2.]Setyanto, Djoko, " Kaji Teoritik dan Eksperimental Perilaku dinamik Bodi Mobil Daihatsu Zebra, Tugas Sarjana , S2 ITB, THn ,1992.
- [3.]Eddy, Noor," Pengukuran Fungsi Transper dan Model Elemn Hinggauntuk Analisis Dinamik Body Mobil, Tugas Sarjan , S2, ITB, 1992
- [4.]Sumendap, Fredy Robin, "Kaji Perbandingan Metode Curve Fitting dengan redaman Viscous Proprtional dan Redaman Kasus Umum", Tugas Sarjana , S1, ITB, 1991
- [5.]Nusyirwan., "Penggunaan Parameter Modus Getar Untuk Analisis Sensitifitas Struktur Mekanik", Tugas Sarjana, S2, ITB, THn 1995
- [6.]Nusyirwan, " Kaji Teoritik Frekuensi Pribadi dan Modus Getar Silinder Berdinding Tipis dengan Metode Geometri", Jurnal Teknika, No.34 Vol I THN XVII, Fakultas Teknik Universitas Andalas, 2010.