

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 Pengertian Satelit

Satelit adalah benda yang mengorbit benda lain dengan periode revolusi dan rotasi tertentu. Ada dua jenis satelit yakni satelit alam dan satelit buatan.

1. Satelit alami adalah benda-benda luar angkasa bukan buatan manusia yang mengorbit sebuah planet atau benda lain yang lebih besar daripada dirinya, seperti misalnya Bulan adalah satelit alami Bumi. Sebenarnya terminologi ini berlaku juga bagi planet yang mengelilingi sebuah bintang, atau bahkan sebuah bintang yang mengelilingi pusat galaksi, tetapi jarang digunakan. Bumi sendiri sebenarnya merupakan satelit alami Matahari.
2. Satelit buatan adalah benda buatan manusia yang beredar mengelilingi benda lain misalnya satelit Palapa yang mengelilingi Bumi.

2.2 Jenis – jenis orbit satelit

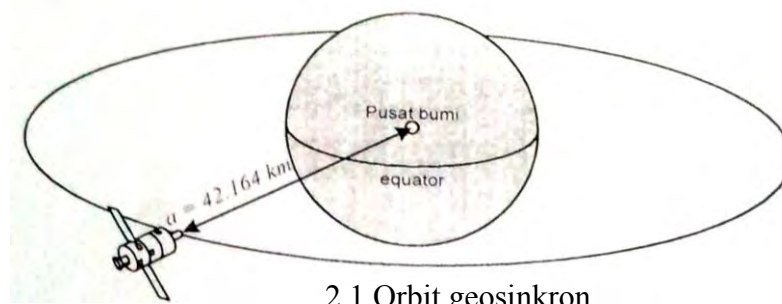
Di antariksa di sekitar bumi telah beredar ribuan satelit, dari satelit eksperimen hingga satelit mata – mata. Satelit tersebut memiliki orbitnya masing – masing, tergantung pada misi satelitnya. Dari berbagai orbit satelit tersebut jenis orbitnya dapat di bedakan berdasarkan posisi satelitnya, atau ketinggiannya.

Jenis orbit berdasarkan posisi satelit

Berdasarkan posisi satelit, orbit satelit dibedakan menjadi beberapa jenis orbit, yaitu geosinkron, sunsinkron, dan semi reckuren.

a. Orbit Geosinkron,

Yaitu orbit dimana kecepatan satelit mempunyai kecepatan sudut sama dengan kecepatan rotasi bumi, yang mempunyai periode 24 jam (86164,1detik). Inklinasi yaitu sudut yang di bentuk oleh bidang orbit dan bidang equator, adalah 0 drajat (0°). Disebut geosinkronus karena posisi satelit tetap terhadap bumi kelihatan tidak bergerak jika dilihat dari permukaan bumi pada equator. Gambar 2.1 menunjukan orbit geosinkron satelit. Satelit pada orbit ini akan meliputi daerah yang luas, contoh satelit yang menggunakan orbit ini adalah satelit komunikasi dan meteorologi.



2.1 Orbit geosinkron

b. Orbit Sunsinkron

Satelit – satelit yang digunakan untuk observasi bumi. Misalnya landsat, mengorbit dengan ketinggian yang rendah. Orbit sunsinkronus dapat di definisikan sebagai di mana bidang orbit selalu menghadap matahari. Satelit dalam orbit ini akan selalu memperoleh sinar matahari dalam pergerakannya. Sebagai contoh jika inklinasi orbit 100 derajat (100°) ketinggian 1200 km, maka perioda orbit (1 kali putaran) adalah 108 menit. Keuntungan orbit ini adalah bahwa sudut datang sinar matahari yang mengenai solar sel tetap sehingga dapat diprediksi dengan kepastian tinggi energi yang diperoleh oleh satelit, untuk lebih jelasnya perhatikan gambar 2.2

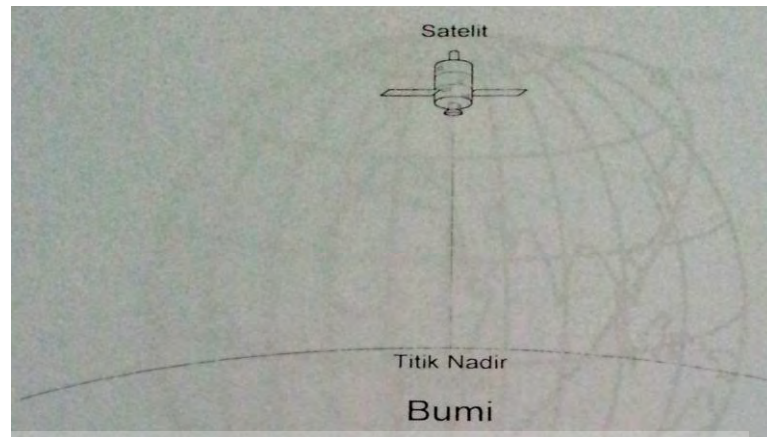


Gambar 2.2 Orbit sunsinkronus, terminator adalah batas antara siang dan malam, *line of nodes* adalah garis tengah orbit satelit.

c. Orbit Rekuren dan Semi-Rekuren

Orbit ini adalah orbit di mana satelit ketitik nadir (mengarah ke bumi) yang sama dalam waktu 1 hari. Sedangkan orbit semirekuran adalah sebagai orbit

dimana satelit mengarah ke titik nadir yang sama dalam waktu beberapa hari (n hari; $n > 1$). Untuk misi mengindra bumi, orbit semi rekuren akan lebih baik dari pada orbit rekuren.



Gambar 2.3 Satelit yang mengarah ke titik nadir.

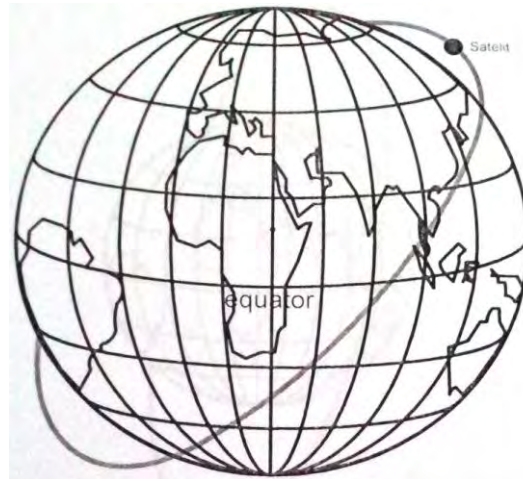
Jenis Orbit berdasarkan ketinggian satelit

Berdasarkan ketinggiannya orbit satelit dapat di kelompokkan menjadi:

- LEO atau Low Earth Orbit (Orbit rendah)
- MEO atau Medium Earth Orbit (Orbit menengah)
- Geo atau Geostationary Earth orbit (orbit geostationer / tetap)
- HEO atau Highly Elliptical orbit (Orbit elips tinggi)

A. LEO

Orbit ini memiliki ketinggian antara 300 km hingga 1000 km di atas permukaan bumi. Satelit pada orbit ini harus mempunyai kecepatan tinggi agar diperoleh gaya sentripugal yang kuat untuk mengimbangi gaya gravitasi bumi. Kecepatan satelit berkisar 28000 km per jam. Dengan kecepatan sebesar ini satelit dapat menempuh 1,5 jam untuk mengorbit bumi satu kali. Contoh satelit dengan orbit LEO adalah Iridium, Globalstar, ISS (International Space Station). Seperti pada gambar 2.4



Gambar 2.4. Orbit LEO (*Low Erth Orbit*)

B. MEO

Ketinggian orbit ini berkisar antara 1000 km hingga 2000 km di atas permukaan bumi. Orbit MEO mempunyai luas bidang orbit yang lebih besar dari pada LEO, dengan bentuk elips yang mampu meliputi kutub utara dan kutub selatan. Karena lebih besar dari pada LEO maka pelacak (tracking) di stasiun bumi dapat menerima sinyal atau data lebih lama. Contoh satelit yang mempunyai orbit jenis ini adalah satelit global position system (GPS).

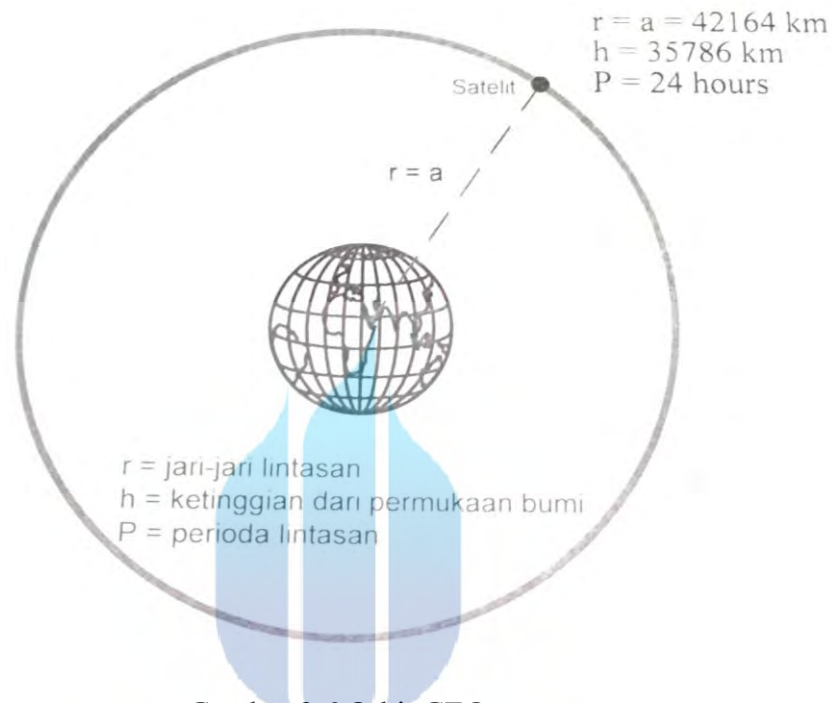


Gambar 2.5 Orbit MEO

C. GEO

Sesuai namanya, geosinkron atau sesuai bumi, maka satelit pada orbit ini akan berada di suatu titik di atas bumi secara permanen atau tetap. Untuk menjaga

posisinya. Satelit harus mengorbit bumi sesuai dengan rotasi bumi yang mempunyai perioda 24 jam. Sesuai dengan perhitungan ketinggian orbit ini berkisar 35.650 km di atas permukaan bumi. Posisi satelit berada di atas ekuator. Keuntungan satelit pada orbit ini adalah bahwa data atau sinyal yang di pancarkan meliputi daerah yang sangat luas. Sebagian besar satelit komunikasi menggunakan orbit ini.



Gambar 2.6 Orbit GEO

D. HEO

Kadang – kadang diperlukan peliputan terhadap bumi dengan ketinggian yang ekstrim rendah dan ekstrim tinggi dengan perioda waktu tertentu, misalnya 24 jam. Untuk keperluan ini di perlukan orbit yang berbentuk elips. Orbit HEO berbentuk elips dengan apogee (ketinggian maksimum) yang sangat tinggi dan perigee (ketinggian minimum) yang sangat rendah. Pada orbit ini satelit dapat meliputi bumi dalam jangka waktu yang lama dalam sekali liput. Dengan dua satelit dalam satu orbit maka peliputan dapat di lakukan lebih lama lagi dengan ketinggian ekstrim rendah secara bergantian. Contoh satelit yang menggunakan orbit ini adalah satelit Sirius digital audio radio. Ilustrasi orbit ini ditunjukkan oleh gambar 2.7 perioda orbit pada ilustrasi tersebut adalah 12 jam. Orbit jenis ini sering kali disebut sebagai orbit monilnya elemen – elemen orbit monilnya adalah sebagai berikut:

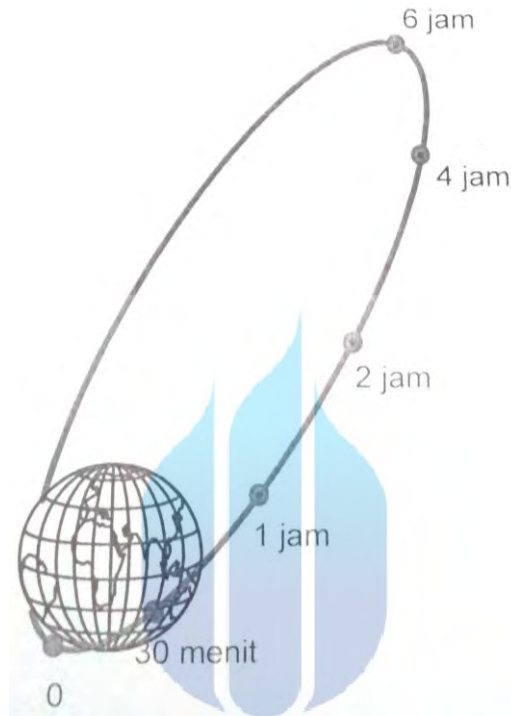
$$\alpha \text{ (sumbu semi mayor)} = 26.560 \text{ km}$$

e (eksentrisitas) = 0,722 dengan radius perigee (h_e) = 1000 km dan radius apogee (h_a) 39.360 km

i (sudut inklinasi) = $63,4^\circ$

ω (argumen perigee) = 270 ; perigee orbit berada pada bagian selatan bumi.

Ω tergantung pada wilayah yang akan diliput.

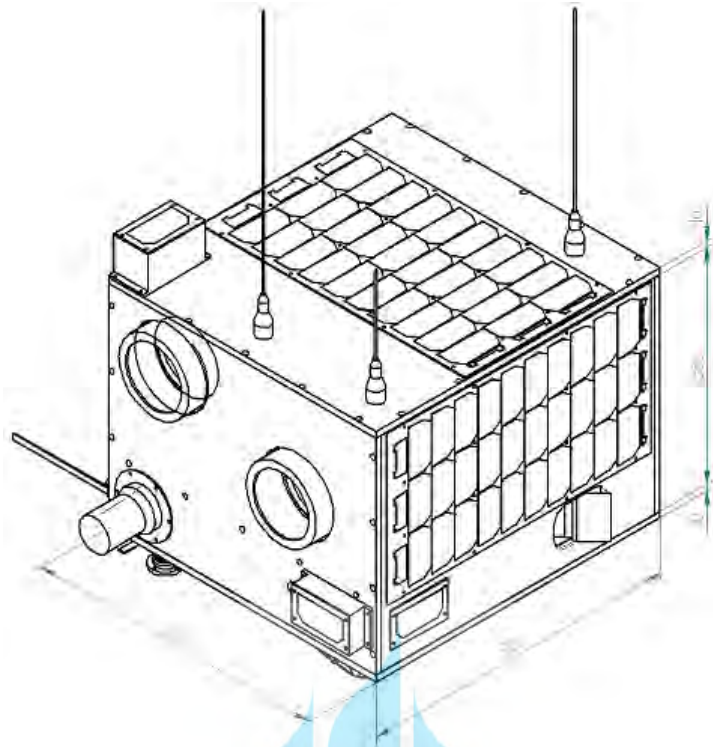


Gambar 2.7 Orbit HEO

2.3 Satelit Mikro

Satelit mikro adalah suatu satelit yang memiliki berat 10 kg – 200 kg. Penulis menggunakan model satelit LAPAN karena satelit LAPAN memiliki berat kurang dari 200kg, satelit ini memiliki misi pengamatan bumi, Pemantauan Maritime menggunakan AIS (*Automatic Identification System*), Komunikasi amatir untuk mendukung penanggulangan bencana. Adapun dimensi dari satelit mikro, yang diukur tanpa antenna dan kamera baffle adalah:

Panjang	: 500 mm
Lebar	: 470 mm
Tinggi	: 380 mm
Massa	: 74 kg



Gambar 2.8 Dimensi satelit mikro

2.4 Pengertian Software MSC/ Nastran

MSC/NASTRAN (*Mc Neal Schwendler Corporation/National Aeronautics and Space Industry for Structural Analysis*) adalah suatu paket program komputer dengan menggunakan matrik elemen hingga dan teknik analisa numerik untuk menganalisa suatu struktur. Dalam program ini berbagai macam analisa dapat diselesaikan antara lain : analisa statik linier, statik dan transient dari geometri dan material non linier, getaran dan tekukan, perpindahan panas steady linier, perpindahan panas transient, dan *aeroelasticity* (Schewendler, Mc. Neal, 1985 :9). Organisasi fungsional MSC/NASTRAN terdiri dari data base, *executive system*, dan 3 buah modul, yaitu modul untuk pemodelan (*modelling*), manipulasi data base (*functional*), serta masukan / keluaran (*input / output*). Data base dapat diciptakan langsung melalui modul masukan / keluaran atau modul pemodelan, kemudian dimanipulasi oleh modul fungsional (penjumlahan, pengurangan, penyelesaian persamaan, dll).

Program MSC/NASTRAN dikendalikan sepenuhnya melalui data masukan, yang berupa :

1. *Executive control deck*, berfungsi mengendalikan fungsi-fungsi *executive*, antara lain menentukan rigid format, memodifikasi rigid format, menyimpan data sementara dan menggunakannya kembali, serta mencetak data set.

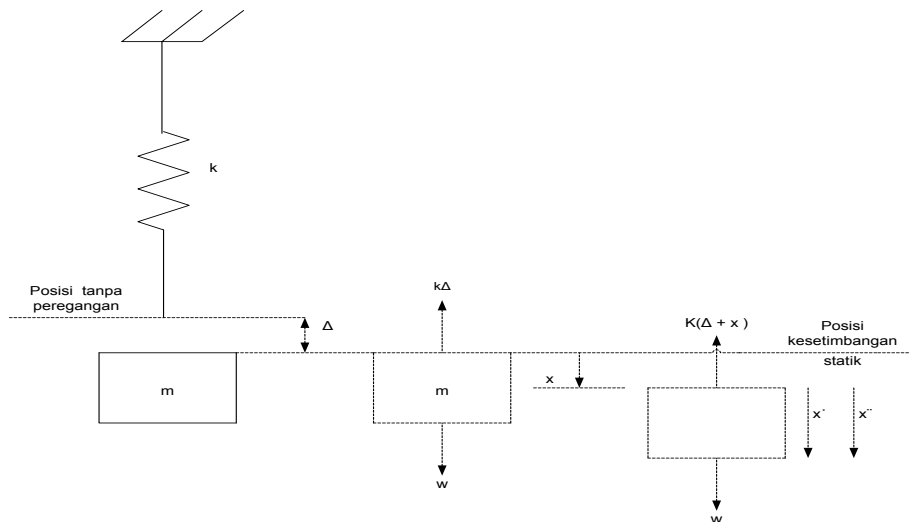
2. *Case control deck*, berfungsi mengendalikan masukan dan keluaran, antara lain menentukan himpunan data yang digunakan pada saat eksekusi, memilih metode penyelesaian, dan mengendalikan kasus. Penulisan pada *case control deck* mempunyai format : (Nama) = SID, dimana 'Nama menunjukkan jenis data dan SID menunjukkan nomor identifikasi himpunan data.
3. *Bulk data deck*, berfungsi menentukan masalah yang dihadapi. Batas serta besaran-besaran yang dibutuhkan dalam suatu rigid format antara lain berupa : koordinat titik simpul, data elemen, tumpuan, beban, sifat elemen, dan sifat material. *Bulk data deck* mendefinisikan model struktur yang dianalisa dengan menggunakan himpunan data yang memungkinkan pemasukan berbagai beban dan syarat batas. Himpunan data diberikan nomor identifikasi dan digunakan pada saat eksekusi melalui perintah pada *case control deck*.

2.5 Pengertian Getaran

Getaran adalah gerakan bolak-balik dalam suatu interval waktu tertentu. Getaran berhubungan dengan gerak osilasi benda dan gaya yang berhubungan dengan gerak tersebut. Semua benda yang mempunyai massa dan elastisitas mampu bergetar, jadi kebanyakan mesin dan struktur rekayasa (*engineering*) mengalami getaran sampai derajat tertentu dan rancangannya biasanya memerlukan pertimbangan sifat osilasinya. Secara umum getaran di kelompok menjadi menjadi dua getaran yaitu :

1. Getaran Bebas.

Getaran bebas terjadi jika sistem berosilasi karena bekerjanya gaya yang ada dalam sistem itu sendiri (*inherent*), dan jika ada gaya luar yang bekerja. Sistem yang bergetar bebas akan bergerak pada satu atau lebih frekuensi naturalnya, yang merupakan sifat sistem dinamika yang dibentuk oleh distribusi massa dan kekuatannya. Semua sistem yang memiliki massa dan elastisitas dapat mengalami getaran bebas atau getaran yang terjadi tanpa rangsangan luar.



Gambar. 2.9 Sistem Pegas – massa dan diagram benda bebas

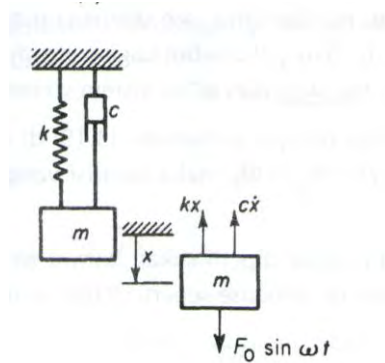
2. Getaran Paksa

Getaran paksa adalah getaran yang terjadi karena rangsangan gaya luar, jika rangsangan tersebut beresilasi maka sistem dipaksa untuk bergetar pada frekuensi rangsangan. Jika frekuensi rangsangan sama dengan salah satu frekuensi natural sistem, maka akan didapat keadaan resonansi dan osilasi besar yang berbahaya mungkin terjadi. Kerusakan pada struktur besar seperti jembatan, gedung ataupun sayap pesawat terbang, merupakan kejadian menakutkan yang disebabkan oleh resonansi. Jadi perhitungan frekuensi natural merupakan hal yang utama.

Semua sistem yang bergetar mengalami redaman sampai drajat tertentu karena energi didisipasi oleh gesekan dan tahanan lain. Jika redaman itu kecil, maka pengaruhnya sangat kecil pada frekuensi natural biasanya dilaksanakan atas dasar tidak ada redaman. Sebaliknya redaman adalah penting sekali untuk membatasi amplitudo osilasi pada waktu resonansi.

Jumlah koordinat bebas yang di butuhkan untuk menggambarkan gerak sistem disebut derajat kebebasan sistem. Jadi suatu partikel bebas yang mengalami gerak

umum dalam ruang akan mempunyai tiga derajat kebebasan, yaitu tiga komponen posisi dan tiga sudut yang menyatakan orientasiya.



Gambar 2.10 Getaran paksa dengan peredam

Bila $F(t) = F_0 \sin \omega_0 t$ adalah gaya luar (*external force*) dalam sistem ini maka persamaan diferensial bagi persamaan gerak massa tersebut adalah:

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + c \frac{dx}{dt} + kx = F_0 \sin \omega_0 t \quad \dots(2.1)$$

Dan solusi khusus persamaan diatas adalah dalam bentuk :

$$\begin{aligned} \psi(t) &= \frac{F_0}{(k - m\omega_0^2)^2 + c^2\omega_0^2} [(k - m\omega_0^2) \cos \omega_0 t + c\omega_0 \sin \omega_0 t] \\ &= \frac{F_0}{(k - m\omega_0^2)^2 + c^2\omega_0^2} [(k - m\omega_0^2)^2 + c^2\omega_0^2]^{1/2} \cos(\omega_0 t - \delta) \\ &= \frac{F_0 \cos(\omega_0 t - \delta)}{[(k - m\omega_0^2)^2 + c^2\omega_0^2]^{1/2}} \end{aligned} \quad \dots(2.2)$$

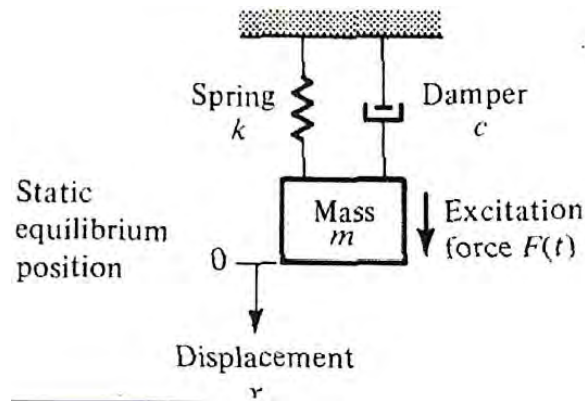
Di mana $\tan \delta = c\omega_0(k - m\omega_0^2)$. Oleh karena itu setiap solusi $X(t)$ dari persamaan (2.1) dapat di tulis menjadi :

$$x(t) = \phi(t) + \psi(t) = \phi(t) + \frac{F_0 \cos(\omega_0 t - \delta)}{[(k - m\omega_0^2)^2 + c^2\omega_0^2]^{1/2}} \quad \dots(2.3)$$

Di sini, $\phi(t)$ adalah solusi dari persamaan *homogeneous* yang akan mendekati nol dengan $t \rightarrow \infty$ sehingga untuk harga t yang besar maka $x(t) = \psi(t)$. Dan $\psi(t)$ disebut *steady state* sedangkan $\phi(t)$ disebut *transient* dari solusi sistem vibrasi ini.

Bila dalam persamaan (2.3) $\omega_n = \omega_0$ maka kondisi yang disebut 'resonansi' akan terjadi.

2.5.1 Elemen dari Sebuah Sistem *Vibratory*



Gambar 2.11 Elemen sistem vibrasi

Elemen (unsur) yang merupakan suatu sistem vibratory di gambarkan pada gambar 2.11 unsur – unsur itu adalah (1) massa, (2) pegas, (3) damper, dan (4) eksitasi. Tiga unsur pertama itu menggambarkan sistem fisik. Sebagai contoh, itu mungkin dapat di katakan bahwa suatu sistem yang diberikan terdiri dari massa, pegas dan damper tersusun sebagi yang diperlihatkan dalam gambar 2.11 energi mungkin saja disimpan Dalam massa dan pegas serta membuang pada damper dalam bentuk panas. Energi masuk dalam sistem melalui aplikasi dari suatu eksistensi. Sejalan yang diperlihatkan pada gambar 2.11 suatu gaya eksistensi diterpkan untuk sistem massa (m).

Massa (m) diredakan sebagai benda tegar. Itu melakukan getaran dan bisa meningkatkan atau menghilangkan tenaga gerak sesuai dengan kecepatan mengubah massa. Dari hukum gerak newton, produk dari massa dan akselerasinya sepadan dengan gaya diaplikasikan. Usaha dari massa adalah produk antara waktu dan jarak pada arah gaya. Usaha ditransformasikan dari massa ke energi kinetik meningkat jika usaha bernilai positif dan menurun jika usaha adalah negatif.

Pegas k mempunyai sifat *elasticity* (kekenyalan) dan diasumsikan dengan masa di abaikan. Gaya pegas terjadi jika pegas berubah bentuk, seperti perpanjangan atau pengerutan dari pegas koil. Oleh karena itu gaya pegas kekuatan terjadi hanya jika ada

perubahan panjang relatif antara kedua ujung pegas. Pegas linier yang mematuhi hukum Hooke, yaitu gaya pegas sebanding dengan panjang pegas. Konstanta dari *proportionality*, diukur dalam gaya persatuan displacement yang disebut kekakuan atau konstanta pegas **K**.

Damper **c** tidak mempunyai massa maupun *elasticity*. Gaya damping terjadi hanya jika ada relative motion antara kedua ujung damper. Usaha atau input energi pada damper di konversikan ke dalam panas. Karenanya elemen damping adalah *nonconservative*. Viscous damping, dimana gaya damping atau ekivalennya, adalah secara umum diasumsikan dalam rekayasa engineering.

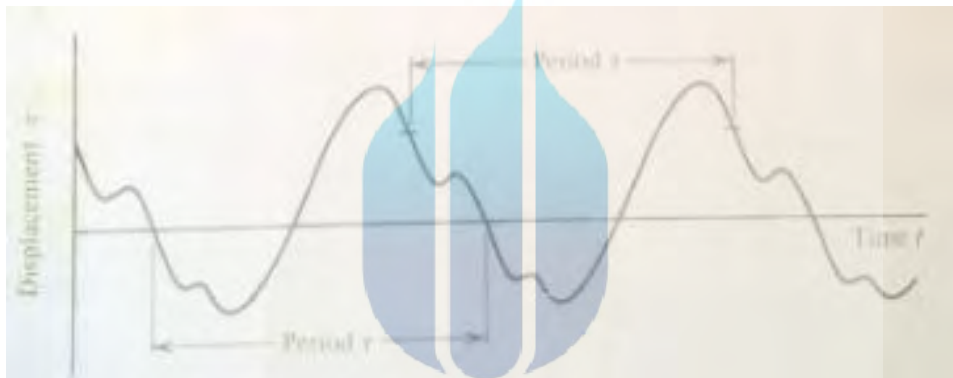
Koefisien viscos damping **c** diukur dalam unit gaya per *velocity*. Banyak jenis nonlinier damping ditemui pada umumnya ditemui. Sebagai contoh frictional drag suatu benda dalam fluida adalah kira – kira sebanding dengan kecepatan kuadrat, tetapi nilai tepat dari eksponen tergantung pada variable.

Energi memasuki suatu sistem melalui aplikasi suatu eksitasi. Gaya – eksitasi mungkin saja diaplikasikan pada massa atau suatu eksitasi gerak diaplikasikan pada pegas dan damper. Suatu gaya eksitasi $F(t)$ diaplikasikan pada massa **m** bisa dilihat pada gambar 2.11. eksitasi bervariasi sesuai dengan fungsi waktu. Karenanya eksitasi selalu diketahui pada waktu yang diberikan. Sebagai alternatif, jika sistem disimpan dari suatu topangan (support), eksitasi mungkin saja diterapkan pada sistem melalui suatu gerakan yang menentukan pada topangan. Getaran sistem di bawah pengaruh dari definisikan sebagai getaran yang di sebabkan oleh satu eksitasi periodik.

Jika gerak vibratory adalah periodik, sistem gerak pada interval yang waktu sama seperti dalam gambar 2.12 waktu minimum yang diperlukan sistem untuk mengulangi gerakanyadisebut perioda **T**, yaitu waktu untuk melingkapi siklus gerakan. Frekuensi

F adalah jumlah gerakan ulang per unit waktu. Gerak yang tidak berulang pada interval waktu disebut gerak tidak periodik (*aperiodic motion*).

Sebuah sistem dinamis dapat diset ke arah gerak oleh beberapa kondisi awal, ataupun gangguan pada waktu sepadan dengan nol, gerakan sistem tersebut disebut getaran bebas (*free vibration*). Karenanya getaran bebas menggambarkan perilaku alami atau gaya alami dari vibration suatu sistem. Syarat awal adalah suatu input energi. Jika pegas berdeformasi, inputnya adalah energi potensial. Jika massa diberikan kecepatan awal, inputnya energi kinetik. Karenanya kondisi awal sehubungan dengan energi pada awal sehubungan dengan energi pada awalnya tersimpan dalam sistem.



Gambar 2.12 Sistem Getaran Bebas digambarkan pada Gambar 2.11 (a) dan (b)

Displacement awal = x_0 ; kecepatan awal = 0

Jika sistem tidak mempunyai redaman, maka tidak ada disipasi (hilang) energi.

Kondisi awal akan menyebabkan sistem bergetar dan sistem getaran bebas tidak teredam tidak akan hilang dengan waktu. Jika suatu sistem mempunyai damping energi akan hilang dalam damper. Karena vibrasi bebas akan secepatnya hilang lenyap dan sistem kemudian tersisa di posisi keseimbangan statisnya. Karena energi tersimpan terkait dengan kondisi awal, getaran bebas juga menggambarkan perilaku alami dari sistem sebagaimana itu diam dari keadaan awalnya pada keseimbangan statisnya.

Suatu properti yang penting dari sistem linier adalah bahwa mereka mengikuti principle of superposition. Sebagai contoh gerak resultandari simultan dari dua excitasi adalah kombinasi gerak linier dari setiap akting eksitasi secara terpisah.

Tabel 2.1

Perbandingan sitem Rectilinier dan Rotational

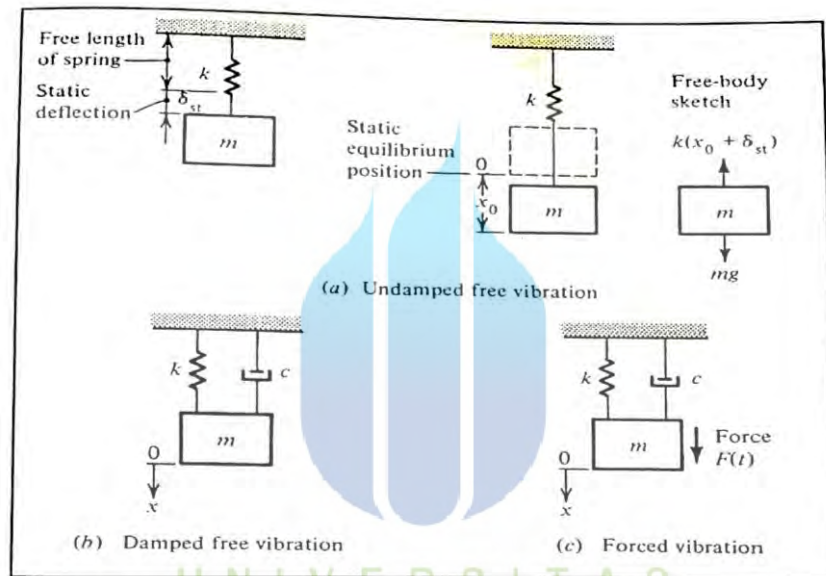
Rectilinier	Rotational
Spring force = kx	Spring torque = $k_t\theta$
Damping Force = $c \frac{dx}{dt}$	Damping Torque = $c_t \frac{d\theta}{dt}$
Inertia force = $m \frac{d^2x}{dt^2}$	Inertia torque = $J \frac{d^2\theta}{dt^2}$

Untuk sistem gerak rotasi, elememnya adalah (1) momen inersia massa J, (2) pegas torsi dengan konstanta k_t dan (3) torsional damper dengan torsional damping coefficient C_t . displacement sudut θ dapat disamakan dengan satu jarak seperti garis lurus X dan exitasi torsi T (t) dapat di samkan dengan gaya eksitasi F (t). Kedua tipe sistem tersebut yang diperlihatkan pada tabel 2.1

2.5.2 Contoh Gerak Vibratori

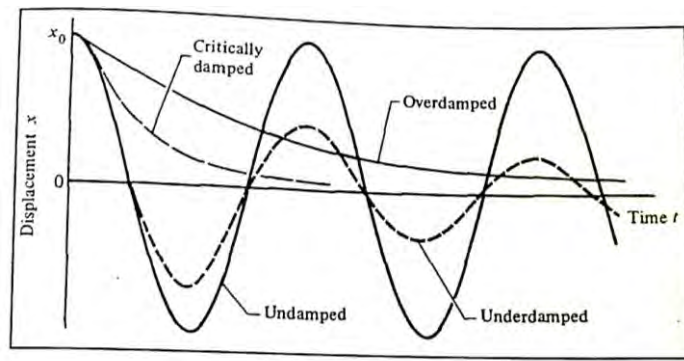
Sistem pegas – massa dari gambar 2.12 (a) menggambarkan getaran bebas tidak teredam. Massa m awalnya diam diposisi keseimbangan setatisnya. Pada massa dikerjakan oleh dua gaya yang sama besar tetapi saling berlawanan, yakni gaya pegas sepadan dengan produk konstanta pegas fc dan defleksi statis δ_{st} pegas dan gaya gravitasi mg berkaitan dengan beban massa m. Jika massa dipindahkan dari keseimbangan sejauh x_0 Dan dilepaskan dengan kecepatan awal nol terlihat pada free body diagram gaya pegas sama denagn $k(x_0) + (\delta_{st})$.

Dalam hal ini, energi potensial tersimpan dalam pegas dan sistem adalah konservatif karena tidak ada damper untuk membuang energi. Ketika massa bergerak melewati keseimbangan energi potensial sistem adalah nol. Maka energi potensial ditransformasikan menjadi energi kinetik dari massa. Ketika massa bergerak di atas posisi keseimbangan. Pegas melakukan kompresi dan meningkatkan potensial energi dari energi kinetik massa. Ketika massa berada di posisi paling atasnya adalah nol. Seluruh energi kinetik massa ditransformasikan menjadi energi potensial.



Gambar 2.13 contoh gerak vibratory

Damping *viscous* akan menyebabkan (1) akhirnya *dying out of* dari osilasi dan (2) sistem berosilasi lebih pelan dibandingkan tanpa damper. Dengan kata lain, pengurangan amplitudo disetiap siklus osilasi, dan frekuensi getaran dengan adanya *viscous* damping adalah lebih rendah dari frekuensi tanpa teredam. Jika damping terlalu besar gerak adalah nonoscillatory, dikatakan *over damped*. Massa, ketika dilepaskan akan cenderung kembali ke posisi keseimbangan statisnya, di katakan sebagai *critically damped* jika resultan geraknya antara *overc damped* dan posisi keseimbangan statis. Sistem getaran bebas diperlihatkan pada gambar berikut:



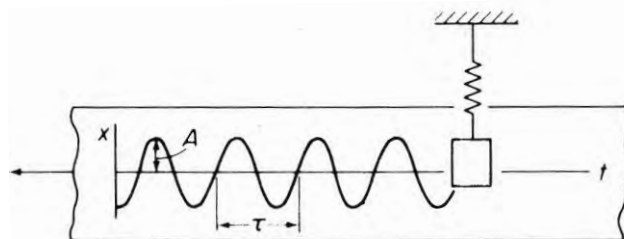
Gambar 2.14 Sistem Getaran Bebas di Gambarkan pada Gambar 2.13 (a) dan (b) displacement awal $= x_0$, kecepatan awal $= 0$.

Jika gaya eksitasi diterapkan untuk sistem massa seperti yang terlihat pada gambar 2.13 (c) resultan gerakanya tergantung pada kondisi awal dan eksitasi.

Gerak yang di teruskan oleh eksitasi sinusoidal disebut steady state vibration atau steady state response. Karena steady state response harus pada frekuensi eksitasi tanpa menghiraukan kondisi awal atau frekuensi natural dari sistem. Akan diperlihatkan pada bahwa steady state response, respon dijelaskan oleh integral dan gerak transient oleh fungsi komplementer persamaan differensial dari sistem.

Resonansi terjadi jika frekuensi eksitasi sama dengan frekuensi natural dari sistem tidak ada input energi diperlukan untuk memelihara getaran dari sistem tidak teredam di frekuensi naturalnya. Dengan begitu input energi apapun akan di gunakan untuk mengembangkan amplitudo dari getaran, dan amplitudo pada resonansi dari suatu sistem tidak teredam akan meningkat tanpa batas.

2.6 Gerak Harmonik



Gambar 2.15 Rekaman Gerak Harmonik

Gerak osilasi dapat berulang secara teratur atau dapat juga tidak teratur, jika gerak itu berulang dalam selang waktu yang sama maka gerak itu disebut gerak

periodik. Waktu pengulangan tersebut disebut perioda osilasi dan kebalikannya disebut frekuensi. Jika gerak dinyatakan dalam fungsi waktu $x(t)$, maka setiap gerak periodik harus memenuhi hubungan $x(t) = x(t + \tau)$.

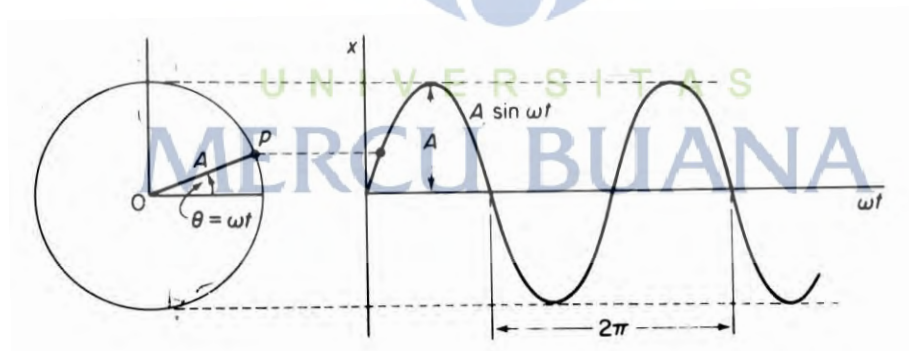
Bentuk gerak periodik yang paling sederhana adalah gerak harmonik. Hal ini dapat diperagakan dengan sebuah massa yang digantung pada sebuah pegas ringan. Jika massa tersebut dipindahkan dari posisi diamnya dan dilepaskan, maka massa tersebut akan berosilasi naik turun sehingga dapat dinyatakan dengan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

$$x = A \sin 2\pi \frac{t}{\tau} \quad \dots(2.4)$$

dimana : A = Amplitudo

t = τ Gerak berulang

Gerak Harmonik sering juga dinyatakan sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar dengan kecepatan tetap kepada suatu garis lurus.



Gambar 2.16 Gerak harmonik sebagai proyeksi suatu titik yang bergerak pada lingkaran

Seperti terlihat pada gambar 2.16 dengan kecepatan sudut (garis $op = \omega$) dimana perpindahan simpangan x dapat dinyatakan sebagai $x = A \sin \omega t$.

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

$$\omega = \frac{2}{\tau} \pi = 2\pi f \quad \dots(2.5)$$

Besarnya kecepatan dan percepatan gerak harmonik diperoleh dari differensial persamaan $x = A \sin \omega t$ sehingga didapat :

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \omega A \cos \omega t = \omega A \sin\left(\omega t = \frac{\pi}{2}\right) \\ \ddot{X} &= -\omega^2 A \sin \omega t = \omega^2 A \sin(\omega t = \pi) \end{aligned} \quad \dots(2.6)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \dot{X} &= \text{Kecepatan.} \\ \ddot{X} &= \text{Percepatan} \end{aligned}$$

2.6.1 Parameter getaran

Dengan A adalah amplitude osilasi di ukur dari posisi setimbang phassa, dan r adalah perioda. Gerak diulang pada $T = r$. gerak harmonik sering di nyatakan sebagai suatu proyeksi suatu titik yang bergerak melingkar dengan dengan kecepatan tetap kepada suatu garis lurus, seperti terlihat dalam gambar 2.16 dengan kecepatan sudut dengan garis besar (ωt) , dapat ditulis sebagai

$$x = A \sin \omega t \quad (2.7)$$

Besaran ω diukur. Dalam radian perdetik dan disebut frekuensi lingkaran f. karena gerak berulang dalam 2π radian, maka di dapat hubungan dengan π dan f adalah dalam periode dan frekuensi gerak harmonik, berturut –turut biasanya diukur dalam detik dan siklus perdetik.

Kecepatan dan percepatan gerak harmonik dapat di peroleh secara mudah diferensiasi persamaan 2.13 dengan menggunakan notasi titik untuk turunannya, maka di dapat :

a. Amplitude dan frekuensi sudut getaran

A adalah amplitude, ω sebagai frekuensi lingkaran atau kecepatan sudut dan T adalah perioda,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \dots(2.8)$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Frekuensi dalam c/s , cps, Hz

Persamaan 2.5 dapat di tulis menjadi

$$x = A \sin(\omega t + \alpha) = A \cos\left(\omega t + \alpha - \frac{\pi}{2}\right) \quad \dots(2.9)$$

$$= A \cos(\omega t + \alpha')$$

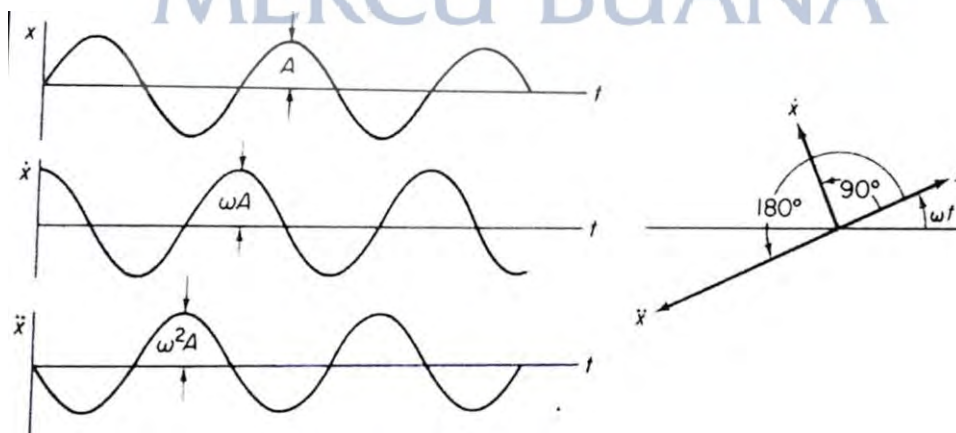
Dengan kata lain gerak harmonik adalah gerak sin ataupun cos.

b. Kecepatan sudut dan percepatan sudut getaran

Dalam gambar 2.13 kecepatan v adalah sebagai berikut:

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega A \cos(\omega t + a) \quad \dots(2.10)$$

$$= \omega A \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2} + a\right)$$



Gambar 2.17 pada gerak harmonik kecepatan dan percepatan lebih dulu dari simpangan dengan $\frac{\pi}{2}$ dan π

Percepatan sudut

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2}$$

Jadi dalam gambar 2.17 percepatan sudut a :

$$\begin{aligned} a &= \frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \omega^2 A \sin(\omega t + a) \quad \dots(2.11) \\ &= \omega^2 A \sin(\omega t + \pi + a) \end{aligned}$$

2.7 Resonansi

Resonansi atau springing adalah proses bergetarnya suatu benda di karenakan adanya benda lain yang bergetar, hal ini terjadi karena suatu benda bergetar pada frekuensi yang sama dengan frekuensi benda yang terpengaruhi. Fenomena springing atau resonansi dapat dipelajari dengan persamaan seperti ini :

$$\frac{X}{F_0/k} = \frac{1}{\left[(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2 \right]^{1/2}} = R \quad \dots(2.12)$$

Pada persamaan ini, $r = \omega_0/\omega_n$ dan kondisi resonansi terjadi bila $\omega_n = \omega_0$. Apabila di notasikan frekuensi natural satelit sebagai ω_s dan frekuensi gaya eksitasi (roket) adalah ω_e maka bila notasi frekuensi natural roket ini di substitusikan, pada persamaan diatas maka akan didapat:

$$\frac{X}{F_0/k} = \frac{1}{\left[\left\{ 1 - (\omega_s/\omega_e)^2 \right\}^2 + \left\{ 2\zeta(\omega_s/\omega_e) \right\}^2 \right]^{1/2}} = R \quad \dots(2.13)$$