MODUL : Kinematika & Dinamika Teknik 1

UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN
Fakultas Teknik dan Komputer
2021

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Modul mata kuliah Kinematika & Dinamika Teknik 1 (21-3-09-3-5-01-2) ini berhasil disusun dengan semaksimal mungkin. Modul ini disusun mengacu pada silabus mata kuliah yang diberlakukan untuk program S1 yang disajikan pada tiap semester dengan jumlah SKS 2 (Dua). Modul ini diterbitkan untuk kalangan sendiri pada Program Teknik Mesin FAKULTAS TEKNIK DAN KOMPUTER UNIVERSITAS HARAPAN MEDAN . Penulis mengucapkan terimakasih atas suport dan masukan yang diberikan teman teman Dosen di Fakultas Teknik dan Komputer Universitas Harapan Medan, selama penyusunana Modul ini.

Modul mata kuliah Kinematika & Dinamika Teknik 1 ini diharapkan bisa membantu mahasiswa dalam memahami materi yang disampaikan Dosen. Dalam diktat ini menyajikan bermacam-macamcontoh soal dan latihan soal dalam setiap BAB, yang mana mahasiswa diharapkan bisa memanfaatkan dengan baik untuk memperkuat pemahaman materi setiap BAB. Namun demikian, mahasiswa sebaiknya juga membaca buku-buku referensi yang lain tentang Kinematika & Dinamika Teknik 1 sehingga diperoleh informasi yang lebih lengkap dalam upaya memahami materi perkuliahan.

Bagaimanapun, diktat ini masih diperlukan perbaikan secara bertahap, oleh karena itu mohon kritik dan saran untuk kesempurnaan diktat ini.

Kami menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang membantu penulisan diktat ini. Semoga bermanfaat bagi pembaca.

Medan, Januari 2021

Penulis

(Ir.Junaidi,M.M.,M.T.)

NIDN :0103036301

DAFTAR ISI

BAB I KONSEP DASAR

1.1 Tujuan

Mahasiswa dapat Menjelaskan Diagram Kinematika, Pasangan, Engsel dan DerajatKebebasan.

1.2 Pendahuluan

Pada tahap awal proses perancangan mekanisme suatu mesin, perlu terlebih dahulu dilakukan analisis terhadap mekanisme pergerakan dan kecepatan tiap-tiap komponennya agarmemenuhi fungsi keseluruhan dari mesin tersebut. Adapun bidang ilmu pengetahuan yang mempelajari pergerakan komponen mesin adalah kinematika. Pada bab ini akan mempelajari dari suatu mekanisme atau mesin.

1.3 Kinematika

Kinematika adalah suatu bidang ilmu yang mempelajari gerak relatif dari elemen – elemen mesin, yaitu kecepatan dan percepatannya. Kecepatan dan percepatan tersebut diperoleh dalam bentuk yang berguna sebagai informasi untuk memdapatkan gaya-gaya dinamik yang bekerja pada elemen-elemen mesin tesebut.

1.4 Dinamika

Dinamika adalah bidang ilmu yang mempelajari gaya-gaya yang bekerja pada elemen mesin yang diakibatkan oleh percepatan translasi atau rotasi yang terjadi pada elemen-elemen mesin.

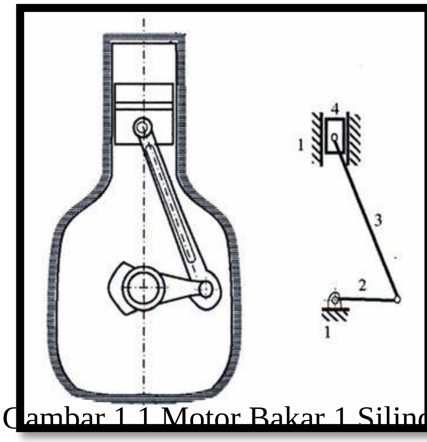
Hubungan antara gaya-gaya dan gerak benda didasarkan pada hukum Newton:

a. Suatu partikel akan tetap diam atau bergerak dengan kecepatan tetap pada suatu garis lurus bila tidak ada gaya yang bekerja padanya.
b. Percepatan berbanding lurus dengan gaya resultan yang bekerja padanya dan berbanding terbalik dengan massanya.
c. Aksi = Reaksi.

1.5 Diagram Kinematika

Untuk membuat simulasi gerakan mesin, baik yang dilakukan dengan bantuan computer maupun secara manual, langkah awal yang sangat penting adalah membentuk Gambar mesin sesungguhnya berupa bentuk sketsa sehingga hanya bagian-bagian yang akan memberikan efek pada gerakannya yang diperhatikan. Pada Gambar 1.1 diperhatikan mekanisme motor bakar satu silinder berikut diagram kinematikanya.

Dalam permodelan diagram kinematika, perlu dilakukan pemberian identitas atau penomoran atas setiap batang hubung. Batang hubung bagian-bagian yang diam ditandai dengan angka 1 sehingga dapat dikatakan sebagai batang hubung 1. Batang hubung 1 merupakan referensi dari seluruh posisi, kecepatan, dan percepatan batang hubung lain yang bersifat relatif terhadapnya



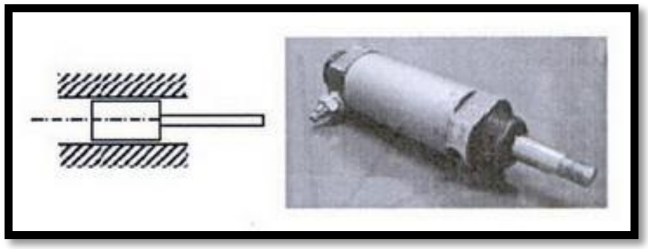
Gambar 1.1 Motor Bakar 1 Silinder

1.6 Pasangan

Pasangan (pairing) terdiri dari 2 bagian atau elemen yang saling berkontak. Pasangan dibedakan menjadi 2 antara lain :

a. Pasangan Rendah (*Lower pair*)

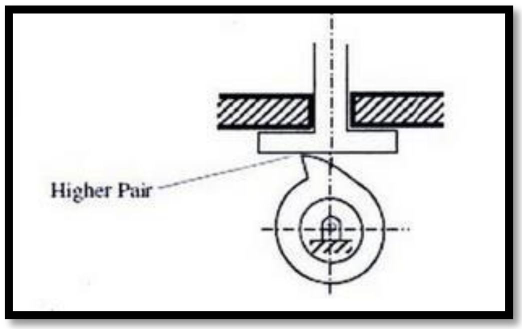
Titik kontak pada pasangan ini berupa bidang. Sebagai contoh. Perhatikan Gambar silinder pneumatik pada Gambar 1.2 yang pada bagian sisi dalam silinder perkontak translasi dengan piston.



Gambar 1.2 Silinder Pneumatic

b. Pasangan Tinggi (*Higher Pair)*

Titik kontak pada pasangan ini berupa titik. Contohnya, pasangan *cam* dan *follower* seperti ditunjukkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.3 Pasangan Cam dan Follower

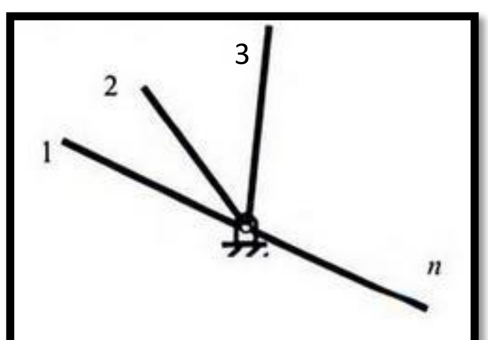
1.7 Engsel

Engsel adalah sambungan (*joint)* antara 2 atau lebih batang hubungan (*n* batang hubung). Untuk *n* batang hubung yang dihubungkan pada satu titik sambungan, jumlah sambungan yang dimiliki sebanyak *n*-1 sambungan atau dalam bentuk persamaan berikut:

***j* = *n* - 1**

***j* = jumlah sambungan**

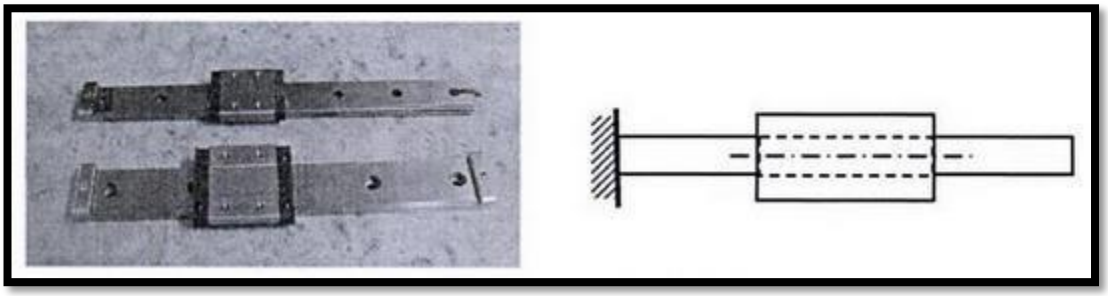
***n* = jumlah batang hubung**



Gambar 1.4 Permodelan Engsel

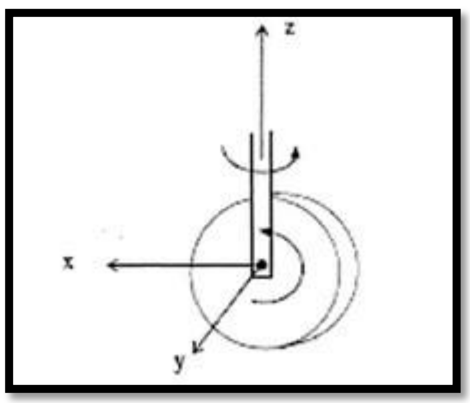
1.8 Derajat Kebebasan

Derajat kebebasan menunjukkan jumlah kemungkinan pergerakan pada saat yang bersamaan. Misalkan, engsel pintu atau jendela mempunyai jumlah derajat kebebasan satu karena gerakan yang terjadi adalah rotasi satu arah. Pada Gambar 1.5, tampak Gambar *slinder bearing* berikut model kinematikanya yang mempunyai satu derajat kebebasan dengan arah gerakan translasi satu arah.



Gambar 1.5 Slinder bearing dan Model Kinematikanya

Contoh lain, roda belakangnya troli yang mempunyai 2 derajat kebebasan, yaitu putaran dalam arah sumbu y dan z seperti terlihat pada Gambar 1.6.



Gambar 1.6 Sistem dengan 2 Derajat Kebebasan

Suatu rangkaian mekanisme juga mempunyai derajat kebebasan. Jumlah derajat kebebasan suatu mekanisme dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$x = 3(n-1)-2j-h$ (1.2)

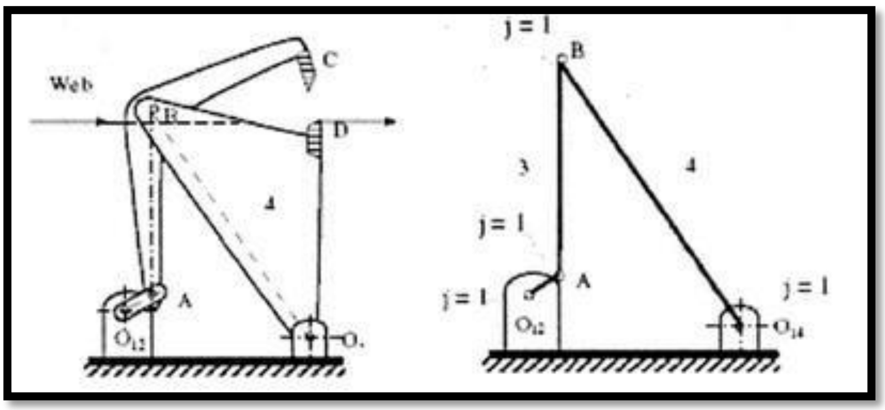
di mana:

x = derajat kebebasanj =

jumlah sambungan

n = jumlah batang hubung h =
jumlah pasangan tinggi

Sebagai ilustrasi, perhatikan mekanisme pemotong jarring (*web)* berikut dengankinematikanya. Fondasi (*base)* mesin kita notasikan dengan angka 1, batang hubung $\overline{O_{12}B}$ kita notasikan sebagai batang hubung 2, $\overline{AB}$ adalah batang hubung 3, dan $\overline{O_{14}B}$ sebagai batang hubung 4.



Gambar 1.7 Mekanisme Pemotong Jaring dengan Diagram Kinematikanya

Dari diagram kinematika itu, diketahui bahwa jumlah batang hubung adalah 4 dan jumlah sambungan atau pasangan rendah:

$n = 4$ dan $j = 4$

sehingga derajat kebebasannya:

$x = 3 (n – 1) – 2 j$

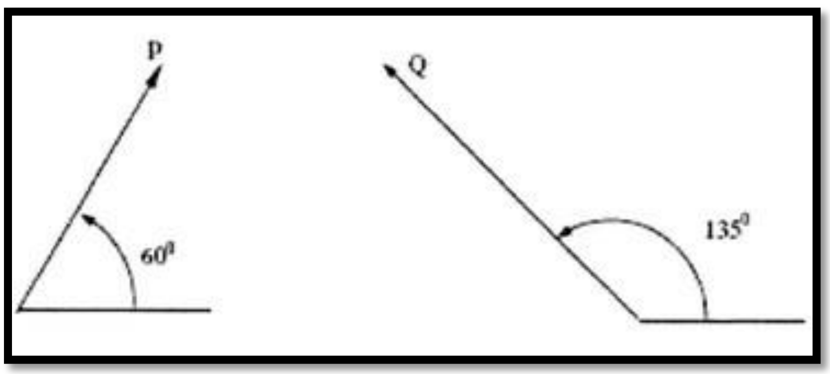
$= 3 (4 – 1) – 2 * 4 = 9 – 8 = 1$

1.9 VEKTOR

Dalam ilmu mekanika, besaran yang digunakan secara garis besar dibagi atas besaran scalar dan besaran vektor. Besaran skalar adalah suatu besaran yang mempunyai besar, tetapi tidak mempunyai arah, misalnya volume suatu benda dan luas bidang. Adapun besaran vektor adalah suatu besaran yang mempunyai besar dan arah, misalnya lintasan, gaya, kecepatan, dan percepatan.

Suatu besaran vektor dapat dinyatakan dalam bentuk garis lurus dengan ujung berbentukanak panah yang menunjukkan arah vektor tersebut. Untuk memudahkan di dalam mengGambarkan vektor, kita dapat menggunakan skala tententu. Misalnya kita ingin menyatakan kecepatan 120 m/s dengan arah 60^o dalam bentuk vektor *P*. Jika kita menskalakan 30 m/s adalah 1 cm maka panjang vektor *P* adalah 120/30 cm atau 4 cm. Kita juga dapat mengGambarkan vektor *Q* dengan skala yang sama, yang menunjukkan suatu kecepatan sebesar 150 m/s dengan arah 135^o.

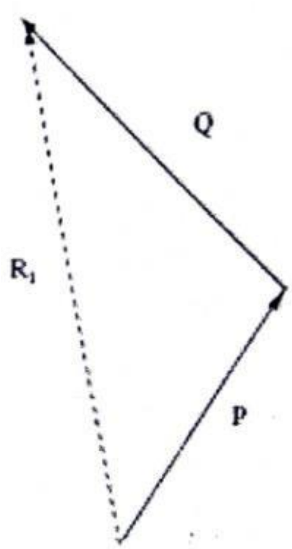
Gambar 1.8 Vektor P dan Vektor Q



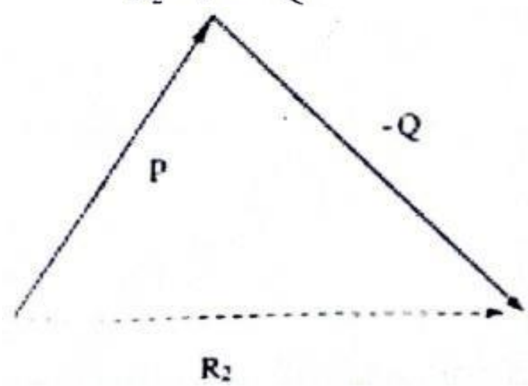
Operasi penjumlahan dan pengurangan juga berlaku untuk vektor. Secara umum, penjumlahan vektor disimbolkan dengan ➔ dan pengurangan dengan symbol ➔.

Sebagai ilustrasi, perhatikan contoh berikut:1.

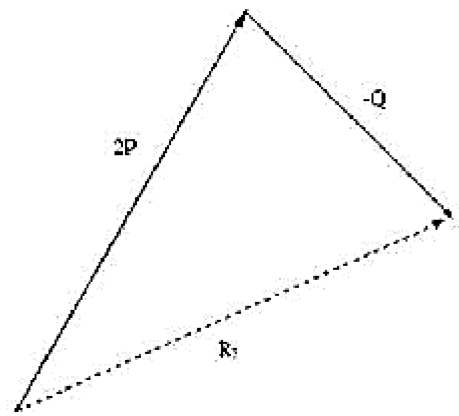
$R_1 = P \;+\!\!\!\rightarrow Q$



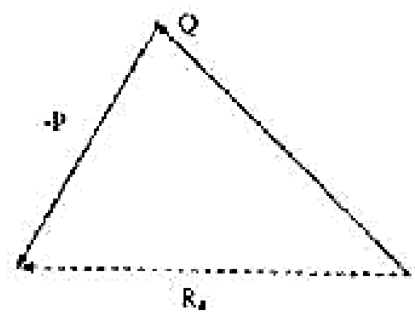
2. $R_2 = P \rightarrow Q$



3. R4 = Q ➔ P



4. R3 = 2P ➔ Q



BAB II
SIFAT-SIFAT GERAKAN

2.1 Tujuan

a. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan lintasan dan kecepatan liner.

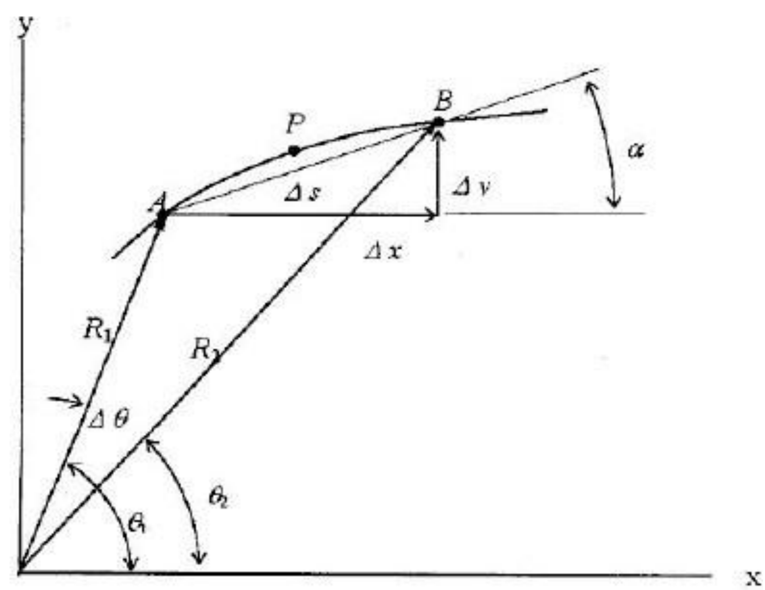
b. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan perpindahan sudut dan kecepatan sudut.

c. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan percepatan linier dan percepatan sudut.

d. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan gerakan absolut dan gerakan relatif.

2.2 Lintasan dan Kecepatan Linier

Lintasan suatu partikel dedefinisikan sebagai pcrubahan posisi partikel tersebut, sedangkan besar lintasan merupakan perbedaan jarak antara posisi awal dan posisi akhir partikel tcrsebut. Sebagai contoh, pada Gambar 2.1 tampak titik P bergerak dari A ke B.



Gambar 2.1 Pergerakan Titik P dari A ke B

Vektor lintasan dan besamya lintasan linier dinyatakan dalam fungsi x dan y:

$$\Delta_s = \Delta_x + \to \Delta_y \tag{2.1}$$

$$\Delta_s = \sqrt{(\Delta_x)^2 + (\Delta_y)^2} \tag{2.2}$$

Dan arah lintansannya dinyatakan sebagai berikut

$$\alpha = tan^{-1} \left(\frac{\Delta_y}{\Delta_x}\right) \tag{2.3}$$

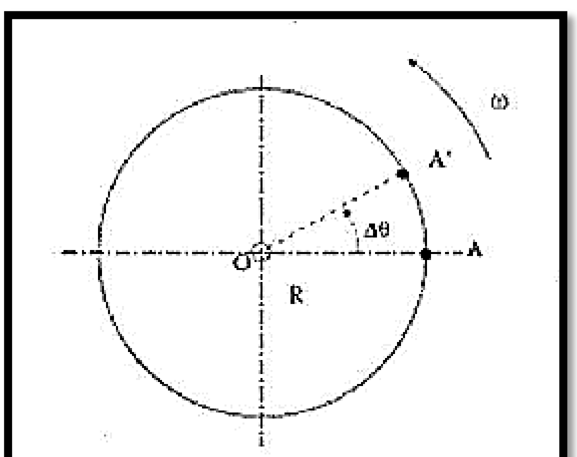
Jika jarak lintasan kecil dan mendekati nol maka vector Δs pada titik B merupakan garis singgung lintasan pada titik B . Kecepatan linier suatu titik yang bergerak pada lintasannya adalah perubahan posisi dibagi perubahan waktu yang secara matematis dinyatakan sebagai berikut:

$$V = \lim_{\Delta_t \to 0} \frac{\Delta_s}{\Delta_t} = \frac{d_s}{d_t} \tag{2.4}$$

Jarak lintasan s adalah fungsi dari waktu t dan kecepatan V, yang merupakan gradient lintasan AB atau garis singgung pada titik A.

2.3 Perpindahan Sudut dan Kecepatan Sudut

Rotasi atau perpindahan sudut suatu titik dideflnisikan sebagai perubahan posisititik tersebut dengan jarak yang tetap terhadap suatu titik lain. Sebagai ilustrasi, kita tinjau titik A pada roda yang berputar terhadap sumbu 0.



Gambar 2.2 Rotasi

Pada Gambar 2.2, posisi awal adalah A dan bergerak ke posisi A dengan lintasan sudutOA scbesar ∆0 dalam selang waktu ∆t. Kecepatan sudut dari roda:

$$\omega = \lim_{\Delta_t \to 0} \frac{\Delta_\theta}{\Delta_t} = \frac{d_\theta}{d_t} \quad (2.5)$$

Pada Gambar 2.2, jari-jari roda R sama dengan panjang OA sehingga panjang lintasan dari A ke A' adalah R∆Θ, dengan Θ adalah besar sudut yang dinyatakan dalam satuan radian. Melalui persamaan diperoleh .

$$V = \lim_{\Delta_t \to 0} \frac{\Delta_s}{\Delta_t} = \lim_{\Delta_t \to 0} \frac{R\Delta\theta}{\Delta_t} = R \frac{d_\theta}{d_t} \quad (2.6)$$

Dengan mensubtitusikan persamaan (2.5) ke dalam persamaan (2.6) maka diperoleh hubungan kecepatan linier dengan kecepatan sudut ;

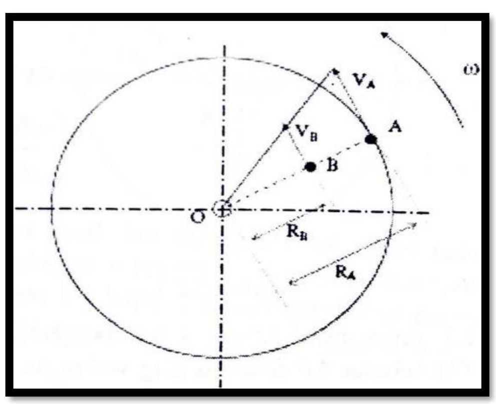
$$V = R \times \omega \quad (2.7)$$

o adalah kecepatan sudut dengan satuan rad/s . Umumnya, kecepatan sudut dinyatakan dalam putaran per menit atau rpm. Mengingat bahwa satuan putaran adalah 2π radian maka diperoleh hubungan sebagai berikut:

$$\omega = \frac{2\pi}{60} n \quad (2.8$$

di mana:

ω = kecepatan sudut (rad/s)n =



putaran per menit (rpm)

Gambar 2.3 Kecepatan Sudut

Mengingat bahwa kecepatan sudut semua titik dalam sebuah benda yang berputar adalah sama dengan kecepatan linier suatu titik adalah berbanding linier dengan jari-jarinya (persamaan 2.7) maka diperoleh hubungan :

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{R_A}{R_B} \qquad (2.9)$$

2.4 Percepatan Linier dan Percepatan Sudut

Sebuah titik atau partikel yang bergerak lurus dapat mempunyai percepatan. Percepatan linier adalah perubahan kecepatan Δt dalam selang waktu Δt, yang secara matematis dijabarkan sebagai berikut:

$$A = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta 7}{\Delta t} = \frac{d_7}{d_t} \qquad (2.10)$$

sedangkan kecepatan linier ;

$$V = \frac{d_s}{d_t} \qquad (2.11)$$

di mana:

s = panjang lintasan V = kecepatan linier A = percepatan linier

Dengan demikian, hubungan anatara lintasan dan percepatan ;

$$A = \frac{d^2{}_s}{d_t{}^2} \qquad (2.12)$$

Serupa dengan gerakan linier maka untuk sebuah benda yang berputar dengan percepatan α berlaku hubungan sebagai berikut :

$$\omega = \frac{d_\theta}{d_t} \qquad (2.13)$$

dan

$$\alpha = \frac{d^2\theta}{d_t{}^2} \qquad (2.14)$$

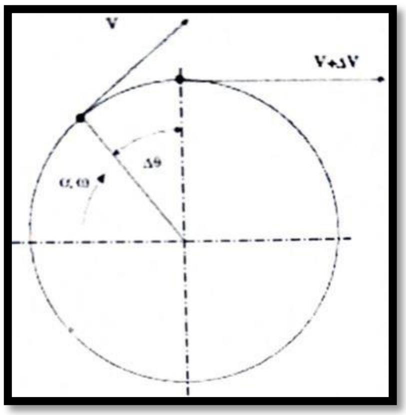
di mana:

θ = besar lintasan sudut

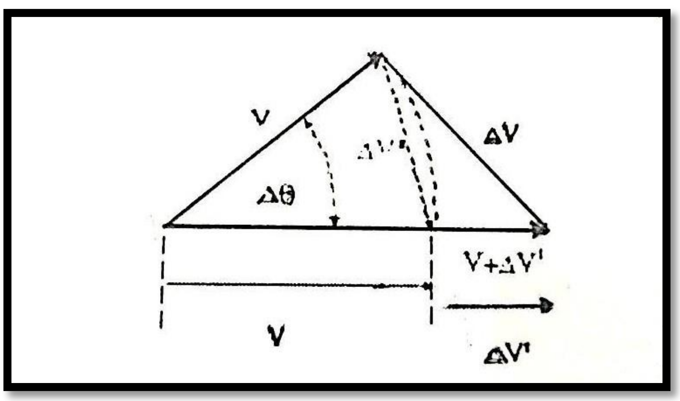
ω = kecepatan sudut

α = percepatan sudut

titik yang bergerak dengan lintasan berupa kurva akan mempunyai percepatan normal sebagai akibat perubahan arah kecepatan liniernya. Jika besar kecepatan liniernya berubah maka titik tersebut juga mempunyai kecepatan tangensial. Pada Gambar berikut terlihat suatu titik yang bergerak melingkar dengan percepatan sudut ω.



Gambar 2.4 Pergerakan dengan Percepatan Sudut α



Gambar 2.5 Uraian Perubahan Kecepatan ΔV

Dari Gambar 2.5 tampat bahwa perubahan kecepatan ΔV adalah jumlah dari vector ΔV^n yang diakibatkan oleh perubahan arah kecepatan dan vector ΔV^t yang diakibatkan oleh percepatan sudut α.

$$\Delta V = \Delta V^t + \Delta V^n \tag{2.15}$$

Besarnya kecepatan tangensial dinotasikan A^t dan percepatan normal adalah A^n. Percepatan tangensial didapatkan dari persamaan berikut :

$$A^t = \lim_{\Delta_t \to 0} \frac{\Delta V^t}{\Delta_t} = \frac{dV^t}{d_t} \qquad (2.16$$

Dimana $dV^t = Rd\,\omega$ sehingga persamaan (2.16) menjadi :

$$A^t = R \frac{d\omega}{d_t} \qquad (2$$

Atau $A^t = R\alpha$ (2.18)

Percepatan normal adalah percepatan akibat perubahan arah kecepatan. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa kecepatan V berubah arah sebesar d θ sehingga terjadi perubahan kecepatan sebesar ΔV^n.

$$A^n = \lim_{\Delta_t \to 0} \frac{\Delta V^n}{\Delta_t} = \frac{dV^n}{d_t} \qquad (2.$$

Dari trigonometri, kita ketahui bahwa panjang busur adalah besar sudut dikalikan jari-jari sehingga besar ΔVn :

$$\Delta V^n = V\Delta\theta \quad \text{atau} \quad dV^n = Vd\theta \qquad (2.20)$$

Dengan menggunakan persamaan (2.17),(2.19)dan (2.20) diperoleh :

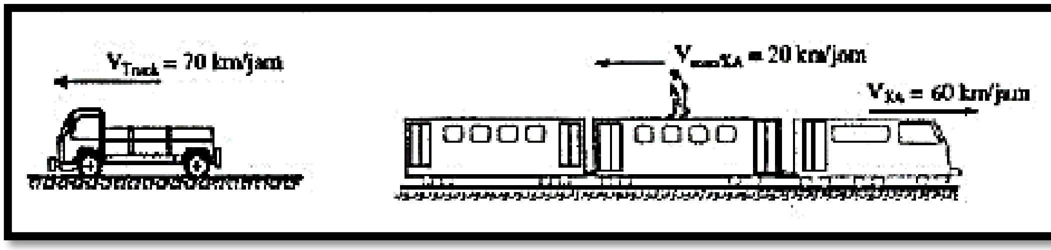
$$A^n = V\omega = \omega^2 R = \frac{V^2}{R} \qquad (2$$

Perhatikan Gambar 2.5. Jika sudut Δθ mengecil hingga mendekati nol maka ΔV^n akan berarah menuju pusat putaran. Disini, percepatan normal selalu menuju pusat putaran, sedangkan percepatan linier total dari titik yang bergerak melingkar adalah resultan dari percepatan normal dan percepatan tangensialnya.

A = $\sqrt{(A^n) + (A^t)^2}$

2.5 Gerakan Absolut dan Gerakan Relatif

Gerakan relatif suatu benda terhadap benda lain adalah gerak benda terhadap benda lain yang dianggap diam. Jika kedua benda tersebut masing-masing bergerak maka mereka mempunyai perbedaan dalam gerak absolutnya. Contohnya, orang yang berjalan diatas kereta api. Jika kereta api bergerak kekanan dengan percepatan 60 km/jam, sedangkan orang yang berada diatas kereta api berjalan dengan kecepatan 20 km/jam kekiri maka kecepatan absolut orang tersebut adalah 40 km/jam kekanan dan kecepatan relatif orang tersebut terhadap kereta api adalah 20 km/jam.



Gambar 2.6 Contoh Kecepatan Relatif dan Kecepatan Absolut

Jika arah kecepatan ke kiri dinyatakan dengan negative dan arah kekanan dinyatakan dengan positif maka:

$V_{truk} = V_T$ = -70km/jam, V_{KA} = 60km/jam dan $V_{man/KA}$ = -20km/jam dan kecepatan kereta api relative truk :

$V_{truk} = V_{ka} \rightarrow V_r$

V_{KA} V_r

$V_{KA/r}$ = 190 km/jam

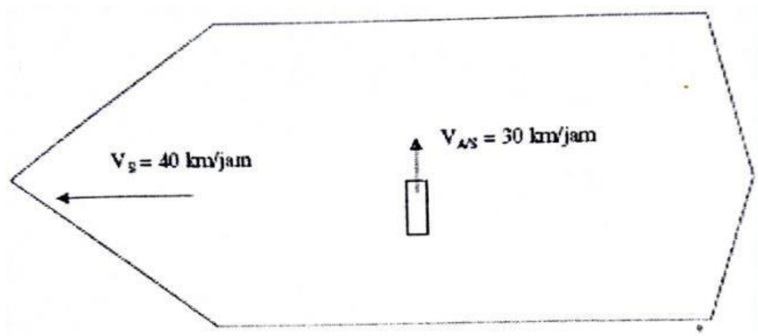
Adapun kecepatan absolut orang yang berjalan :

$V_{man} = V_{man\,/\,ka} + V_{KA}$

V_{KA}

V_{min} = 40 $V_{man/KA}$

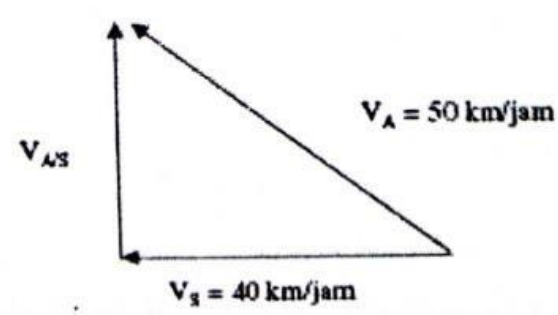
Sebagai ilustrasi terakhir, perhatikan kecepatan kendaraan di suatu kapal induk. Kecepatan absolut kapal adalah 40 km/jam dan kecepatan relatif kendaraan adalah 30 km/jam.



Gambar 2.7 Kecepatan Kendaraan Disuatu Kapal IndukKecepatan absolut

kendaraan A yang berjalan :

$$V_A = V_{A/S} + V_S$$



BAB III

PUSAT KECEPATAN SESAAT

3.1 Tujuan

a. Mahasiswa mampu memahami dan menentukan pusat kecepatan sesaat.

b. Mahasiswa mampu memahami berbagai kondisi pusat kecepatan sesaat.

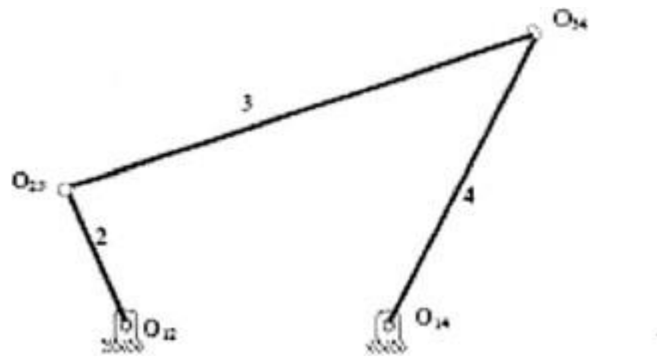
c. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan teori kennedy.

d. Mahasiswa mampu mengetahui jumlah pusat kecepatan sesaat.

e. Mahasiswa mampu memahami metode diagram lingkaran untuk menentukan letak pusat kecepatan sesaat.

3.2 Definisi

Pusat kecepatan sesaat suatu benda adalah sebuah titik pada suatu benda di mana benda lain berputar relatif terhadapnya. Sebagai ilustrasi, perhatikan Gambar 3.1 yang memperlihatkan suatu mekanisme 4 batang. Batang hubung yang tidak bergerak kita notasikan sebagai 1, sedangkan O_{12} yang merupakan sambungan antara batang hubung 1 dan batang hubung 2 dapat dikatakan sebagai titik pusat 12. Pada titik pusat tersebut, batang hubung 2 berputar terhadap benda. Hal ini juga berlaku pada titik pusat O_{23}. Pada tiitk pusat tersebut, batang huubung 3 berputar relatif terhadap batang hubung 2 dengan pusat O_{23} dan jiabatang 3 ditahan maka batang hubung 2 berputar relatif terhadap batang hubung 3 dengan pusat O_{23} . Dalam hal ini, perbedaaan O_{12}, O_{14}, O_{23} dan O_{34}, antara lain O_{12} dan O_{14} sebagai titik pusat tetap (*fixed center*), sedangkan O_{23} dan O_{34} sebagai titik pusat yang bergerak.



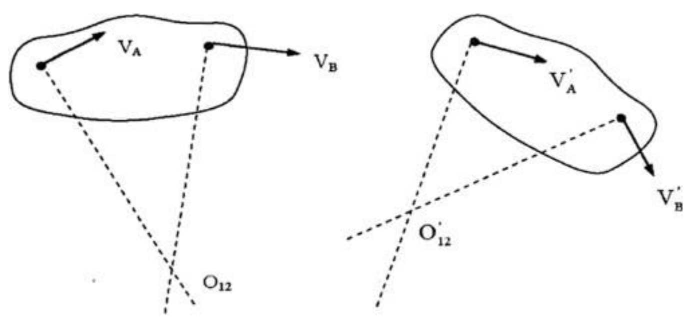
Gambar 3.1 Titik Pusat Tetap dan Titik Pusat Bergerak

3.3 Menentukan Pusat Kecepatan Sesaat

Pada bab sebelumnya telah kita ketahui bahwa setiap benda yang mempunyai gerakan relatif suatu titik terhadap titik lainnya akan mempunyai pusat kecepatan sesaat. Titik-titik pada benda tersebut memenuhi kondisi sebagai berikut :

a. Semua titik pada benda tersebut akan mempunyai pusat kecepatan sesaat yang sama.
b. Pusat kecepatan sesaat terletak pada garis yang tegak lurus dengan arah kecepatan titik tersebut. Tentunya, garis tersebut ditarik dari titik yang kita tinjau.
c. Perpotongan garis tegak lurus dari setiap titik yang kita ketahui arah kecepatannya adalah pusat kecepatan sesaat benda tersebut.

Sebagai ilustrasi, perhatikan Gambar 3.2. pada Gambar tersebut tampak benda 2 bergerak dari posisi pertama ke posisi kedua dengan kecepatan titik *A* dan *B* pada posisi pertama adalah V_A dan V_B, sedangkan kecepatan titik *A* dan *B* pada posisi kedua adalah V_A' dan V_B'. Pertama-tama kita cari pusat sesaat pada posisi pertama, yaitu dengan menarik garis tegak lurus terhadap V_A dan V_B. perpotongan garis tegak lurus tersebut adalah pusat kecepatan ssesaat O_{12}. Hal yang sama kita lakukan untuk posisi kedua. Setelahnya akan terlihat bahwa pusat sesaat kedua benda tersebut berubah. Itulah alasan titik O_{12} dissebut pusat kecepatan sesaat.



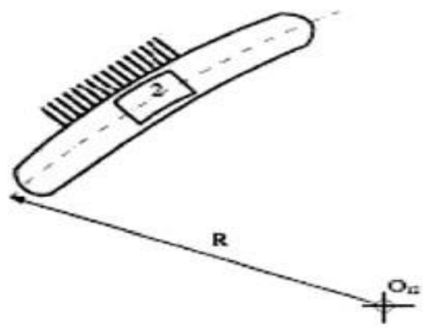
Gambar 3.2 Pusat Kecepatan Sesaat Yang Dapat Berubah-Ubah

3.4 Berbagai Kondisi Pusat Kecepatan Sesaat

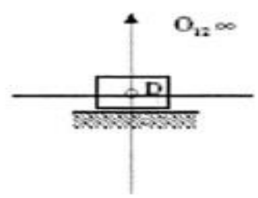
Pada subbab ini akan dibahas mengenai kondisi pusat kecepatan sesaat pada benda yang meluncur, benda yang menggelinding sempurna, dan benda yang menggelinding tidak sempurna.

Benda Yang Meluncur

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa benda yang bergerak dianggap berotasi terhadap suatu pudat gerak. Pada Gambar 3.3a tampak suatu benda yang meluncur dangan pusat O_{12}, sedangkan pada Gambar 3.3b adalah slider yang bergerak translasi. Benda yang bergerak tegak lurus juga dapat dianggap bergerak rotasi dengan jari-jari tak hingga. Dengan demikian, titik pusat benda yang bergerak translasi adalah tak hingga.



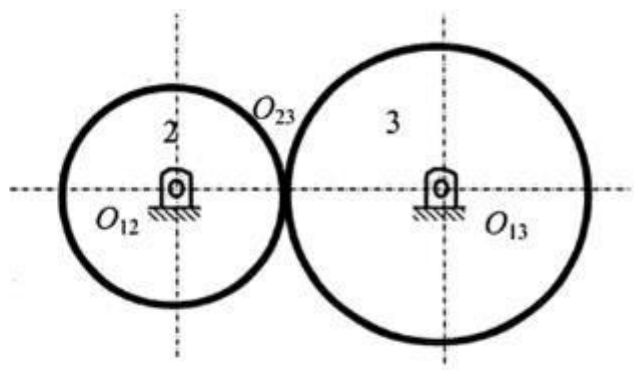
Gambar 3.3a Gerak Rotasi



Gambar 3.3b Gerak Translasi

Benda Yang Menggelinding Sempurna

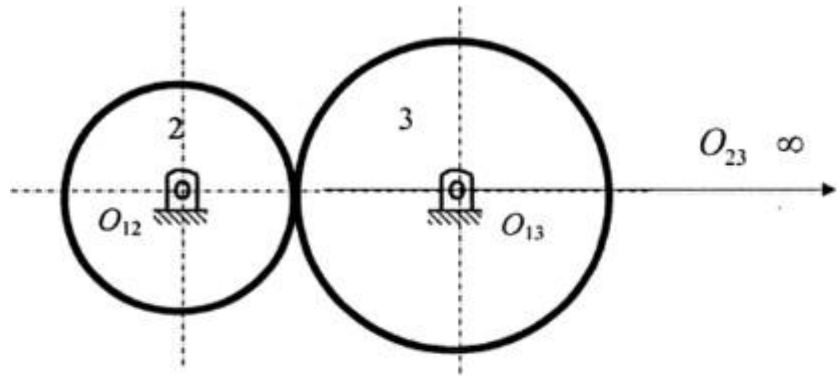
Untuk benda-benda yang melakukan rolling, pusat kecepatan sesaatnya terletak padatitik kontak kedua benda tersebut.



Gambar 3.4 Pusat Kecepatan Sesaat Pada Benda yang Menggelinding Sempurna

Benda Yang Menggelinding Tak Sempurna

Pada benda-benda yang bergerak menggelinding (*rolling*) tak sempurna, pusatkecepatan sesaatnya tak terhingga dan tegak lurus dengan bidang kontak.

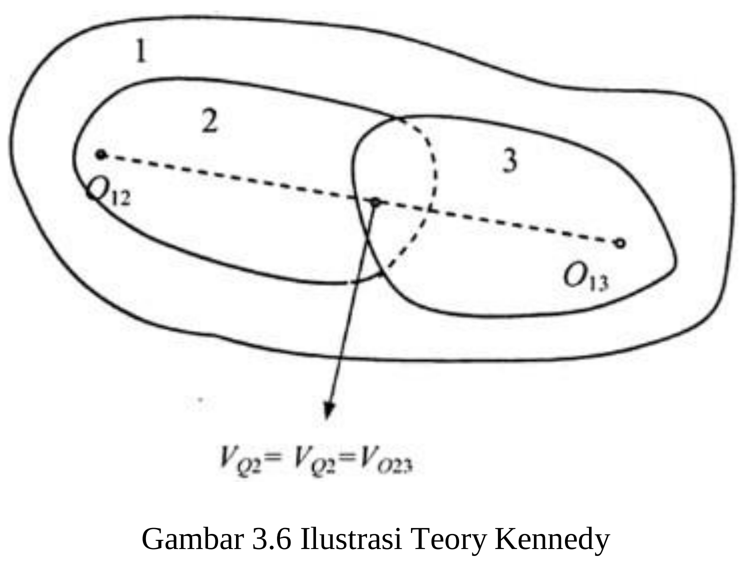


Gambar 3.5 Pusat Kecepatan Sesaat Pada Benda yang Menggelinding Tak Sempurna

3.5 Teori Kennedy

Teori Kennedy didefinisika sebagai berikut: "Bila ada tiga benda pada suatu beidang gerak relative satu terhadap lainnya maka akan terdapat 3 pusat kecepatan sesaat yang akanterletak pada satu garis lurus"

Untuk membahas teori ini, perhatikan 3 buah benda dalam satu bidang seperti terlihat pada Gambar 3.6 berikut. Berdasarkan teori Kennedy maka titik O_{12}, O_{13} *dan* O_{23} haru berada pada satu garis lurus. Kita umpamakan titik Q terletak pada O_{23}, serta titik Q_2 dan Q_3 merupakan milik benda 2 dan 3. Karena titik Q merupakan titik pusat sekutu antara benda 2 dan benda 3 maka kecepatan $V_{Q2} = V_{Q3} = V_{O23}$. Kemudian akan terlihat bahwa arah kecepatan tidak sama.



Gambar 3.6 Ilustrasi Teory Kennedy

3.6 Jumlah Pusat Kecepatan Sesaat

Jumlah pusat kecepatan sesaat pada sebuah mekanisme dapat ditentukan denganpersamaan berikut :

$$N = \frac{n(n-1)}{2} \tag{3.1}$$

di mana :

N = Jumlah pusat kecepatan sesaat pada mekanisme

n = Jumlah batang hubung pada mekanisme

untuk mencari pusat kecepatan sesaat, kita dapat menggunakan teori Kennedy ataumenggunakan diagram lingkaran.

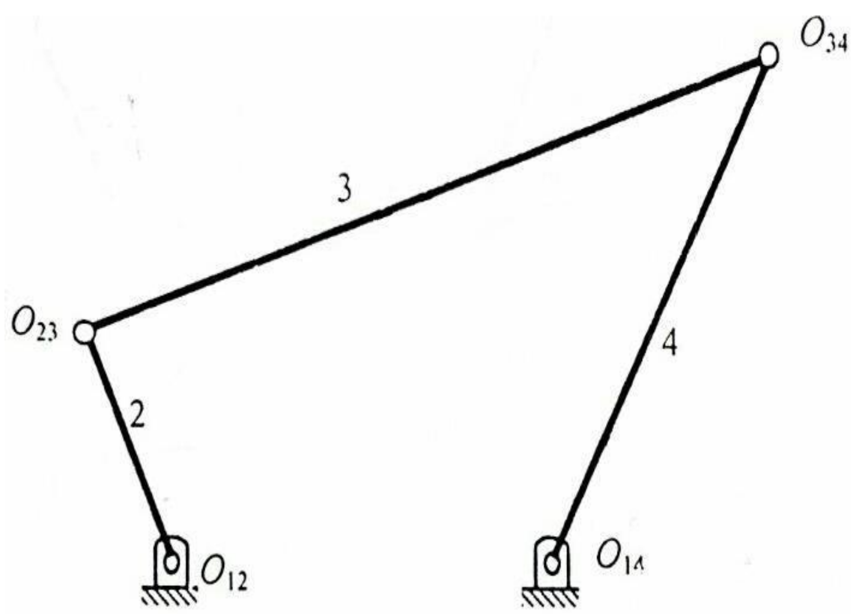
3.7 Metode Diagram Lingkaran Untuk Menentukan Letak Pusat Kecepatan Sesaat

Untuk menjelaskan penggunaan diagram lingkaran, perhatikan mekanisme 4 batangpada Gambar berikut ini. Kita akan melakukan tahap-tahap sebagai berikut:

1. Pertama-tama, kita tentukan dahulu titik pusat utama, yaitu O_{12}, O_{14}, O_{23}, dan O_{34}. Jumlah titik pusat meknisme tersebut:

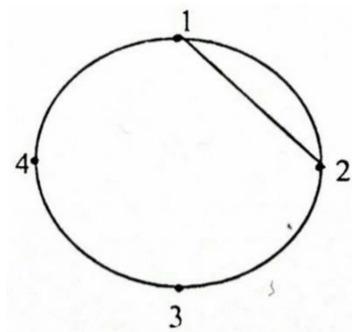
$$N = \frac{n(n-1)}{2} = \frac{4(4-1)}{2} = 6$$

Berarti ada 2 buah titik pusat kecepatan sesaat yang harus dicari.

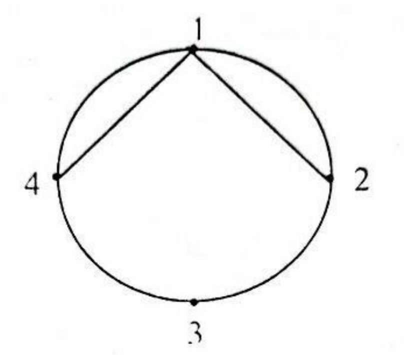


2. Pada mekanisme tersebut, kita melihat 4 buah batang hubung. Kita bua lingkaran yang dibagi dengan 4 buah titik berikut:

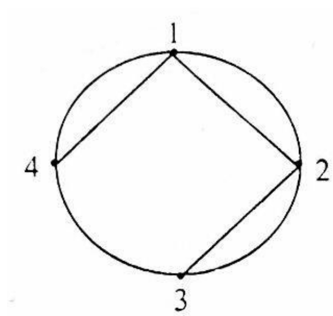
3. Untuk pusat kecepatan sesaat O_{12}, Tarik garis antara titik 1 dan 2.



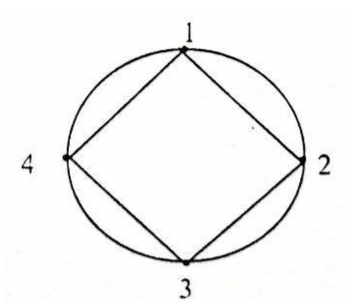
4. Untuk pusat kecepatan sesaat O_{14}, Tarik garis antara titik 1 dan 4.



5. Untuk pusat kecepatan sesaat O_{23}, Tarik garis antara titik 2 dan 3.



6. Untuk pusat kecepatan sesaat O_{34}, Tarik garis antara titik 3 dan 4.

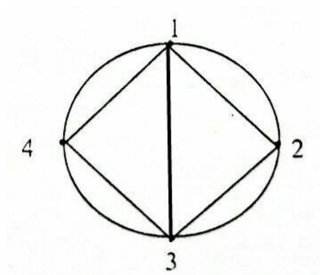


Titik pusat kecepatan sesaat yang belum diketahui dapat dicari dengan tahap tahap berikut ini:

1. Penentuan pusat kecepatan sesaat O_{13}

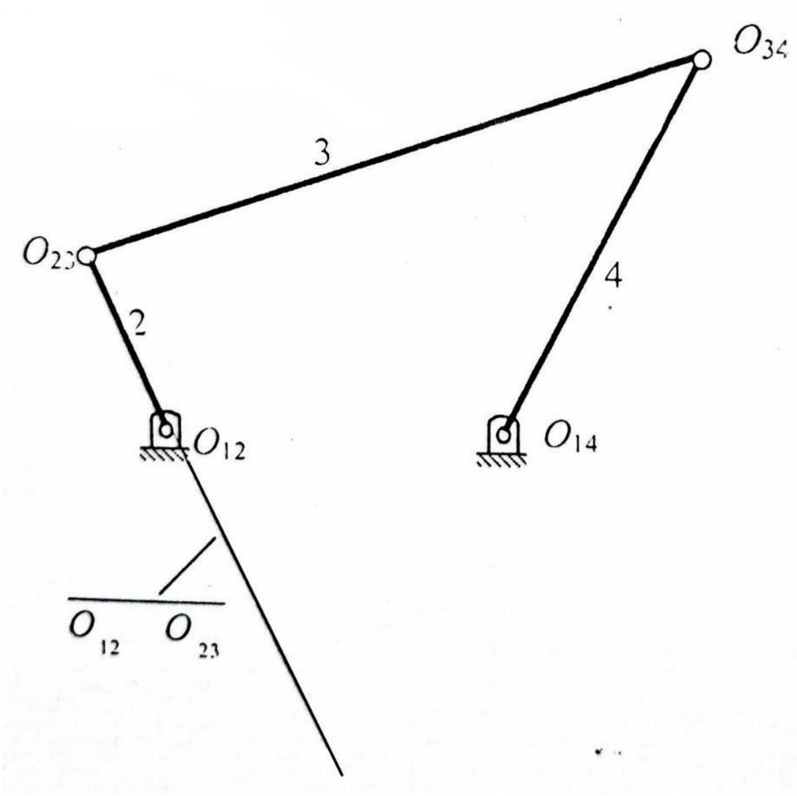
Pertama-tama, kita tarik garis 13. Perhatikan Gambar, garis antara titik 1 dan 3 merupakan sisi yang sama pada Δ123 dan Δ134. Dengan demikian, pusat kecepatan sesaat O_{13}merupakan titik potong antara 2 buah garis:

$$\left.\begin{array}{l} \overline{O_{12} \quad O_{13}} \\ \overline{O_{14} \quad O_{34}} \end{array}\right\} O_{13} \rightarrow$$



Pada Gambar mekanisme, kita tarik garis:

$\overline{O_{12} \quad O_{23}}$



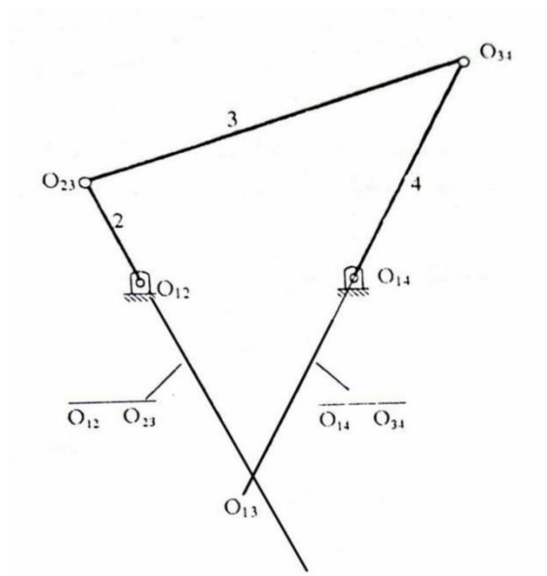
Selanjutnya, pada Gambar mekanisme kita tarik garis:

$\overline{O_{14} \qquad O_{34}}$

Titik potong garis

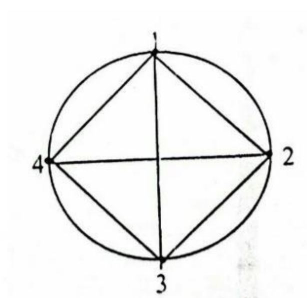
$\overline{O_{12} \qquad O_{23}}$ dan $\overline{O_{14} \qquad O_{34}}$

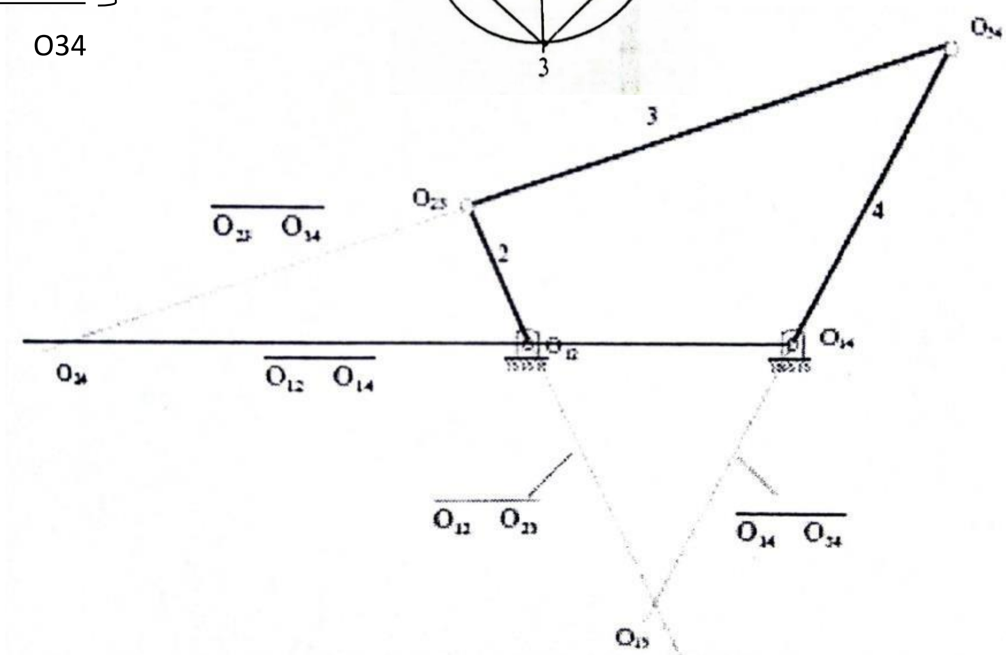
Adalah O_{13}



Penentuan pusat kecepatan sesaat O_{24}

$$\left.\begin{array}{l}\overline{O12 \qquad O14} \\ \\ \overline{O23 \qquad O34}\end{array}\right\} \rightarrow O_{24}$$





BAB IV

MENCARI KECEPATAN MENGGUNAKAN PUSATKECEPATAN SESAAT

4.1 Tujuan

Mahasiswa Mampu Memahami dan Mencari Kecepatan Mengunakan Pusat Kecepatan Sesaat dengan Metode 4 Batang Penghubung.

4.2 Prinsip-Prinsip Dasar

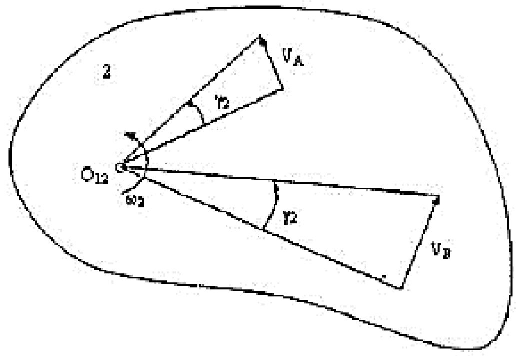
Kecepatan sebuah titik pada benda yang berotasi pada suatu pusat rotasi adalah kecepatan sudut benda tersebut dikalikan jarak titik tersebut terhadap pusat rotasinya. Berdasarkan prinsip tersebut maka kecepatan suatu titik pada suatu mekanisme merupakan hasil perkalian antara kecepatan sudut benda tempat titik tersebut berada dengan pusat kecepatan sesaatnya.

Prinsip-prinsip dasar yang harus diperhatikan :

a. Besar kecepatan linier titik-titik pada suatu benda berputar berbanding lurus dengan jari-jari putarannya. Adapun jari-jari putaran sebuah titik adalah jarak titik tersebut terhadap pusat sesaatnya.

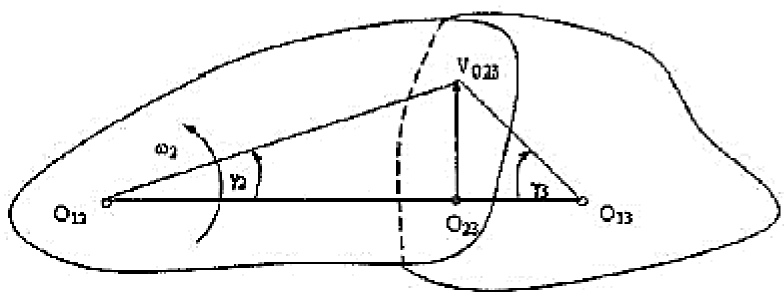
b. Kecepatan linier sebuah titik tegak lurus dengan jari-jari putarannya.

c. Kecepatan sudut yang bersumber pada sebuah pusat kecepatan sesaat adalah sama di semua tempat di dalam benda yang sama. Sebagai ilustrasi, pada Gambar 4.1 tampak titik *A* dan *B* yang berada pada benda 2, dengan pusat kecepatan sesaat benda 2 adalah titik O_{12}. Kecepatan titik *A* adalah kecepatan sudut benda 2 (w_2) dikalikan jari-jari putaran ($O_{12}\,A$) sehingga $V_A = w_2 * O_{12}\,A$. Kecepatan sudut di titik *B* juga sama besarnya sehingga kecepatan titik *B* adalah $V_B = w_2 * O_{12}\,B$.



Gambar 4.1 Kecepatan Sudut Pada Benda Yang Sama

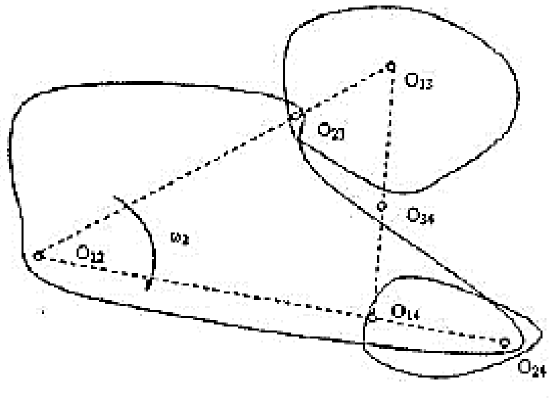
d. Pusat kecepatan sesaat sekutu dari 2 buah benda mempunyai kecepatan translasi yang sama dalam arah dan besarnya.



Gambar 4.2 Pusat Kecepatan Sudut Sesaat Sekutu

Dalam pembahasan selanjutnya, kecepatan sudut benda juga merupakan tangen sudut γ. Jadi, kecepatan sudut w_2 = tan γ_2, w_3 = tan γ_3, dan seterusnya. Berdasarkan prinsip-prinsip dasar tersebut maka melalui pusat kecepatan sesaat tersebut kita dapat mencari kecepatan sudut tiap-tiap benda. Sebagai ilustrasi, akan diperlihatkan contoh berikut ini.

Pada Gambar 4.3 ditunjukkan 3 buah benda pada suatu bidang, yaitu benda 2, 3, dan 4. Benda 1 adalah referensi. Jika kecepatan sudut benda 2 diketahui dengan menggunakanprinsip-prinsip dasar yang telah dijelaskan sebelumnya, kita dapat menentukan kecepatan sudut benda lainnya.



Gambar 4.3 Tiga benda yang Terletak Pada Sebuah Bidang

Jika diketahui kecepatan sudut benda 2 dan kita ingin mencari kecepatan sudut benda 3 maka pusat kecepatan sesaat yang kita gunakan adalah O_{23}.

Dengan demikian kecepatan Vo_{23} :

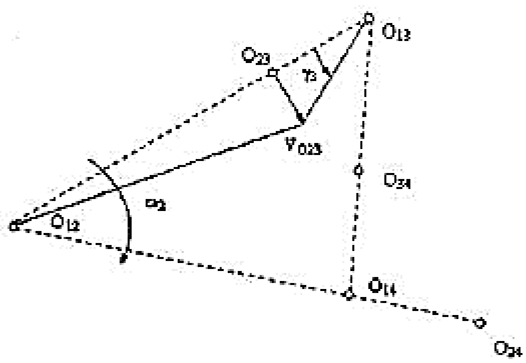
$$V_{O23} = \omega_2 \times \overline{O_{12}O_{23}} \qquad (4.1)$$

Jika tan γ_3 maka dari Gambar kita ketahui :

$$V_{O23} = tan\,\gamma_3 \times \overline{O_{13}O_{23}} = \omega_3 \times \overline{O_{13}O_{23}} \qquad (4.2)$$

Dengan menyamakan persamaan (4.1) dan persamaan (4.2), diperoleh :

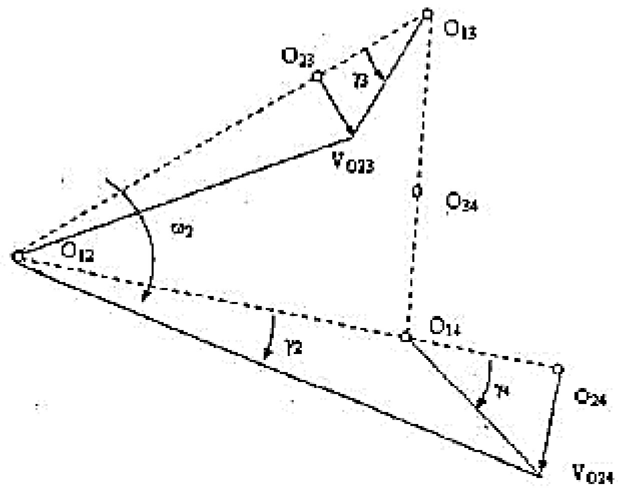
$$\omega_3 = \omega_2 \frac{\overline{O_{12}O_{23}}}{\overline{O_{13}O_{23}}} \qquad (4.3)$$



Untuk mencari kecepatan sudut benda 4 kita dapat menggunakan ω_3 atau ω_2. Kedua cara tersebut akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Mencari ω_4 dengan menggunakan ω_2 .

Pusat kecepatan sesaat yang digunakan adalah O_{24} seperti terlihat pada Gambar 4.4 sebagai berikut :



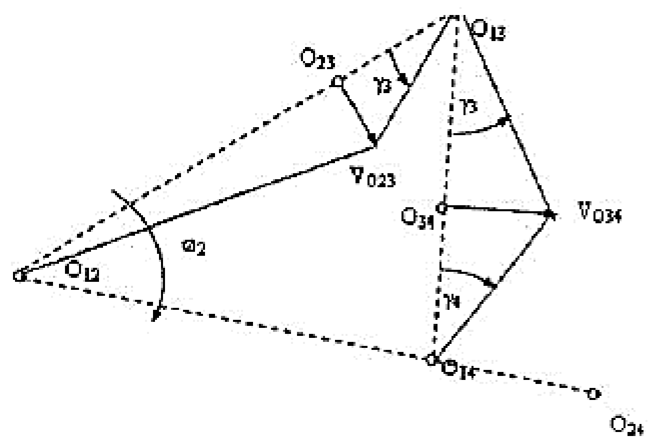
Gambar 4.4 Pusat Kecepatan Sesaat Yang Digunakan Adalah O$_{24}$

Harga ω_4 diperoleh dengan cara sebagai berikut :

$$\omega_4 = \omega_2 \frac{\overline{O_{12}O_{24}}}{\overline{O_{14}O_{24}}} \qquad (4.4)$$

2. Mencari w_4 dengan menggunakan w_3

Pusat kecepatan sesaat yang digunakan adalah O_{34} seperti terlihat pada Gambar 4.5 berikut :



Gambar 4.5 Pusat Kecepatan Sesaat yang digunakan adalah O$_{34}$

Harga ω_4 diperoleh dengan cara sebagai berikut :

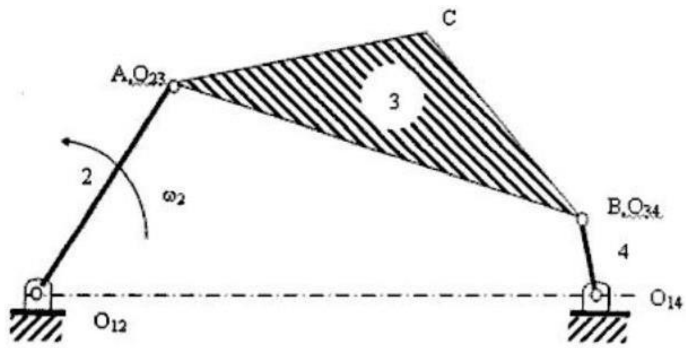
$$\omega_4 = \omega_3 \frac{\overline{O_{13}O_{34}}}{\overline{O_{14}O_{34}}} \qquad (4.5)$$

4.3 Mekanisme 4 Batang Hubung

Sebagai ilustrasi, perhatikan contoh soal berikut. Mekanisme pada Gambar berikut merupakan mekanisme 4 batang, tentunya batang hubung berputar dengan kecepatan $\omega_2$berlawanan arah jarum jam. Kita akan mencari kecepatan sudut batang hubung 3 dan 4. Penyelesaian soal ini akan dilakukan dengan du acara.

Cara 1:

Mencari kecepatan sudut batang hubung 3 terlebih dahulu.

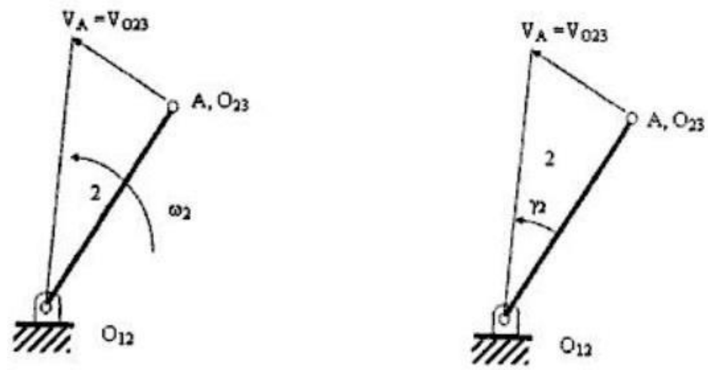


Gambar 4.6 Batang Hubung Berputar dengan Kecepatan ω_2 Berlawanan Arah Jarum Jam Karena

kecepatan sudut yang diketahui adalah ω_2 yang terkait dengan batang hubung 2
dan kecepatan sudut yang dicari adalah ω_3 yang terkait dengan batang hubung 3 maka pusat kecepatan sesaat yang digunakan adalah pusat kecepatan sesaat yang terkait dengan batang hubung 2 dan 3. Dengan demikian, pusat kecepatan sesaat yang digunakan untuk mencari ω_3 dengan ω_2 yang telah diketahui adalah O_{12} , O_{13} dan O_{23} Kemudian kita cari pusat kecepatan sesaat sekutu antara batang hubung 2 dan 3, yaitu titik O_{23} yang juga merupakan titik A sehingga diperoleh:

$V_A = \omega_2 \times O_{12} O_{23}$

Atau $V_A = V_{O23}$



Gambar 4.7 Vektor VA Membentuk Segitiga

Pada Gambar 4.7 terlihat $\overline{O_{12}O_{23}}$ dan vektor V_A membentuk segitiga sehingga dapat dipakai hubungan trigonometri berikut:

$$\tan\gamma_2 = \frac{V_{O_{23}}}{\overline{O_{12}O_{23}}}$$

Atau

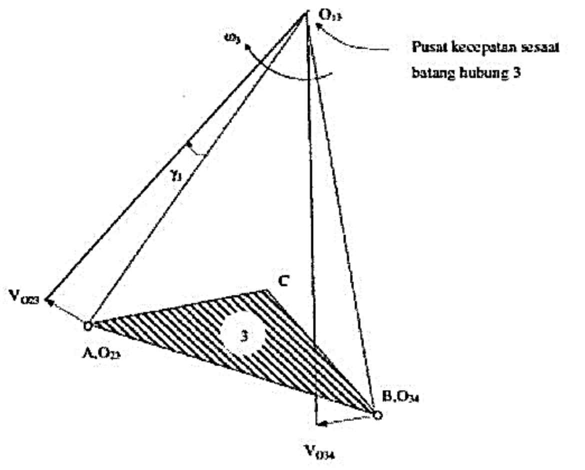
$\omega_2 = \tan\gamma_2$

Perhatikan Gambar 4.8. Tampak bahwa vektor kecepatan V_{O23} juga terkait dengan batang hubung 3. Kita dapat menentukan kecepatan sudut batang hubung 3 dengan rurnus scbagai berikut:

$$\omega_2 = \tan\gamma_3 = \frac{V_A}{O_{12}\,O_{13}}$$

Selanjutnya, kita mencari kecepatan sudut batang hubung 4. Pada kasus ini, ω_3 telah diketahui. Dengan demikian, pusat kecepatan sesaat yang digunakan untuk mencari ω_4 dengan ω_3 telah diketahui, yaitu O_{12} , O_{13} dan O_{34}. Setelah itu, kita dapat menentukan kecepatantitik B (O_{34}) yang terkait dengan batang hubung 3 dan 4 sehingga:

$$V_B = \tan\gamma_3 \times \overline{O_{13}O_{34}}$$

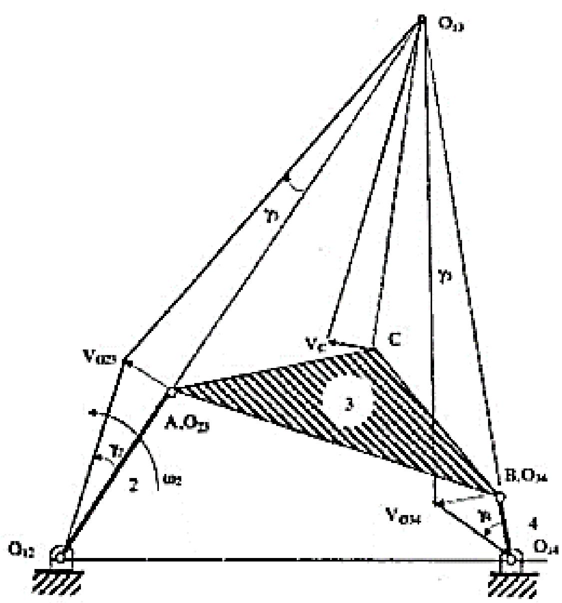


Gambar 4.8 Vektor kecepatan V_{023} Terkait dengan Batang Hubung 3

$\omega_4 = \tan\gamma_4 = \dfrac{V_B}{0_{34}\,0_{14}}$ (berlawanan arah jarum jam).

Titik C terletak pada batang hubung 3 sehingga kecepatan titik C adalah sebagai berikut:

$V_C = \tan\gamma_3 \times \overline{0_{13}C}$

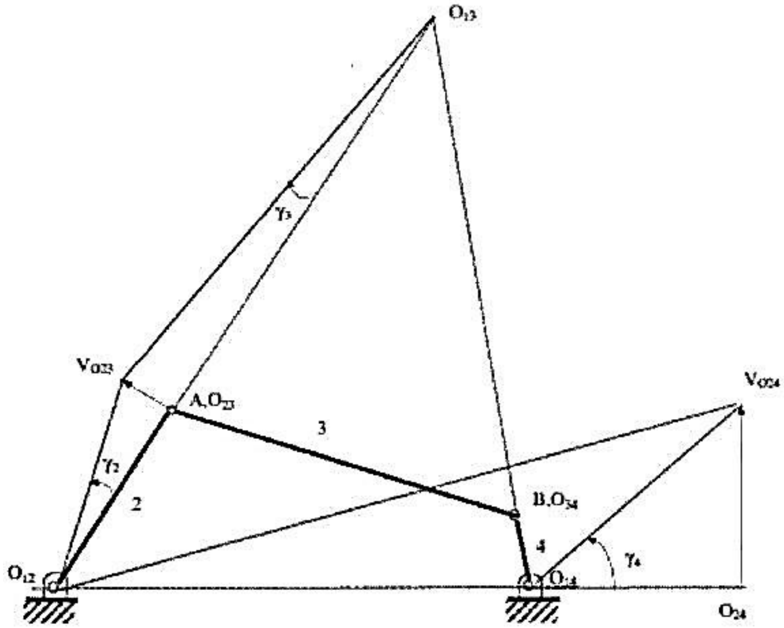


Gambar 4.9 Titik C Terletak Pada Batang Hubung 3

Cara 2:

Mencari kecepatan sudut batang hubung 4 terlebih dahulu, kemudian baru mencari kecepatan sudut batang hubung 3.

Pertama-tama, kita tentukan dahulu pusat kecepatan sesaat O_{24} sehingga didapatkan hal berikut:



Titik A, selain terletak pada batang hubung 3 juga terletak pada batang hubung 2. Titik B, selain terletak ada batang hubung 3 juga terletak pada batang hubung 4. Dengan demi ian, pusat kecepatan sesaat O_{24} dapat digunakan pada persamaan berikut:

$V_{024} = \omega_2 \times \overline{O_{12}O_{24}}$

kemudian:

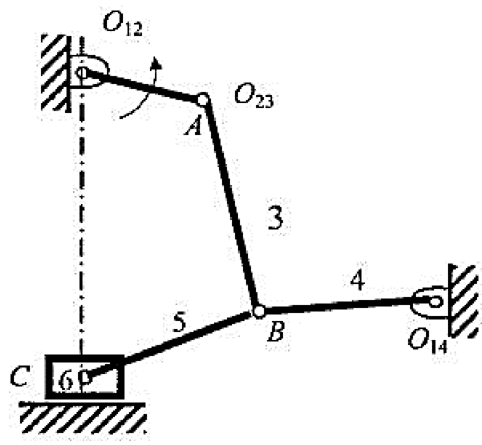
$\omega_4 = tan\,\gamma_4 = \dfrac{V_{024}}{0_{24}\ 0_{14}}$ berlawanan arah jarum jam

sehingga didapatkan:

$V_B = \omega_2 \times \overline{O_{13}O_{14}}$

Contoh Soal:

1. Pada mekanisme berikut, jika batang hubung 2 berputar dengan kecepatan sudut 1.000 rpm berlawanan arah jarum jam maka tentukanlah:
   a. Kecepatan sudut 4 dan batang hubung 5.
   b. Kecepatan titik C.



Gambar 4.10 Batang Hubung O_{12} Berputar dengan Kecepatan Sudut 1.000 rpmBerlawanan Arah Jarum Jam

Solusi:

Skala Gambar adalah 1:10 maka:

$\overline{O_{12}O_{24}}$ = 0,14 m

$\overline{O_{12}O_{12}}$ = 0,67 m

$\overline{O_{1}B}$ = 0,58 m

$\overline{O_{1}O_{12}}$ = 0,49 m

$\overline{O_{1}B}$ = 0,2 m

$\overline{O_{B}C}$ = 0,06 m

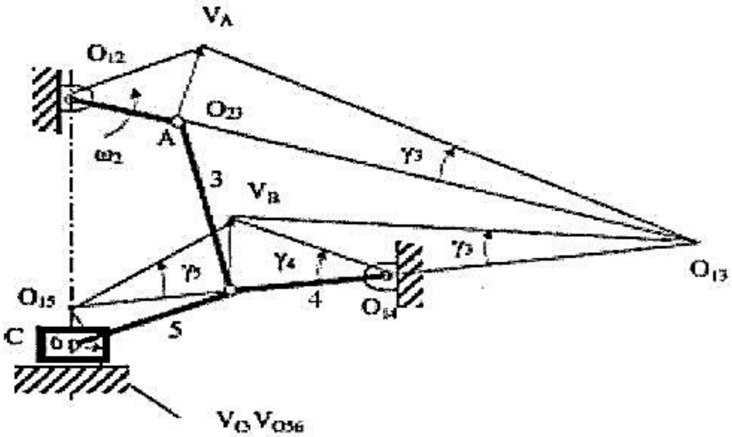
$\overline{O_{23}O_{4}}$ = 0,81 m

Cara 1:

$$\omega_2 = 1000 \frac{2\pi}{60} = 104,72 \text{ rad/s}$$

$V_B = \omega_2 \times \overline{O_{12}O_{23}}$

= 104,72 × 0,14 = 14,66 m/s



Karena titik A dan B terletak pada batang hubung 3 maka tentukan dahulu pusat kecepatan sesaat O_{13} yang merupakan pusat gerakan batang hubung 3 sehingga:

$$\tan \gamma_3 = \frac{V_A}{0_{13}\ 0_{23}}$$

$$= \frac{14,66}{0,67} = 21,88 \text{ rad/s}$$

di mana:

$\omega_2 = \tan \gamma_3 = 21,88$ rad/s

searah jarum jam

dan

$V_B = \tan \gamma_3 \times \overline{O_{13}B}$

$= 21,88 \times 0,58 = 12,69$ m/s

Titik B dan titik C terletak pada batang hubung 5. Oleh karena itu, tentukan dahulutitik pool O_{15} yang merupakan pusat gerakan batang hubung 5 sehingga:

$$\omega_2 = \tan \gamma_5 = \frac{V_B}{0_{15}\ B}$$

$$= \frac{12,69}{0,2} = 63,45 \text{ rad/s}$$

berlawanan arah jarum jam

$V_B = \tan \gamma_5 \times \overline{O_{15}C}$

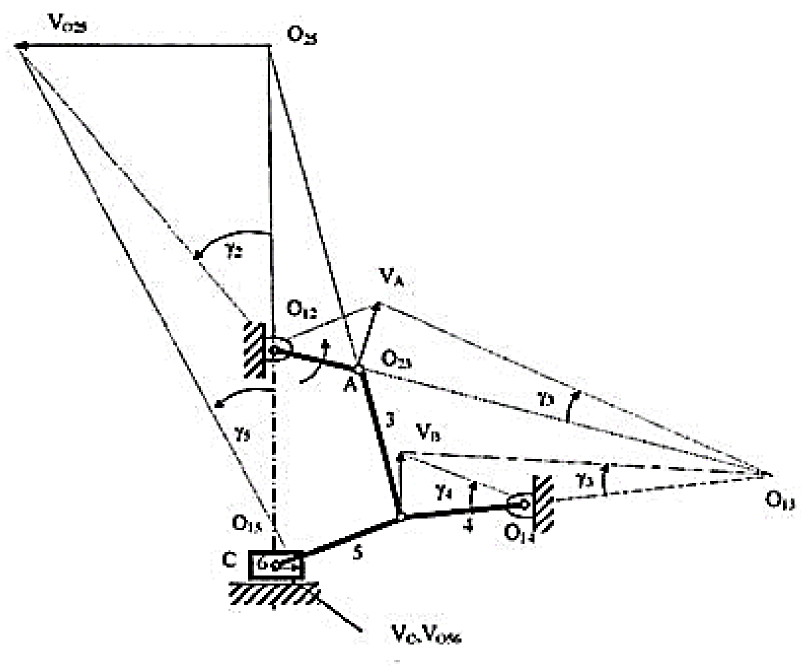
$= 63,45 \times 0,66 = 3,8$ m/s

Cara 2:

Selain terletak pada batang hubung 2, titik A juga terletak pada batang hubung 3. Adapun titik B dan titik C terletak pada batang hubung 5. Oleh karena itu, O_{25} dapat digunakan:

$V_{O25} = \omega_2 \overline{O_{12}O_{25}}$

$= 104{,}72 \times 0{,}49 = 51{,}31$ m/s



maka :

$$\omega_5 = \tan \gamma_5 = \frac{V_{O25}}{\overline{O_{15}O_{25}}}$$

$$= \frac{51{,}31}{0{,}81} = 63{,}34 \text{ rad/s}$$

Sehingga didapatkan :

$V_C = \omega_5 \times \overline{O_{15}C}$

$= 63{,}34 \times 0{,}06 = 3{,}8$ m/s

BAB V

MENENTUKAN KECEPATAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN KECEPATAN RELATIF

5.1 Tujuan

a. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan linier.

b. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan metode bayangan.

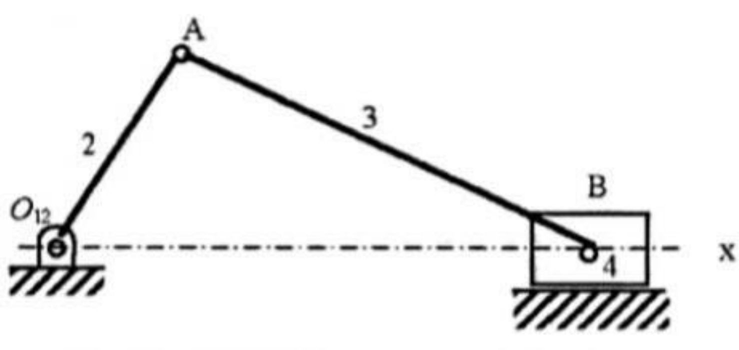
c. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan sudut.

d. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan titik berimpit.

5.2 Kecepatan Linier

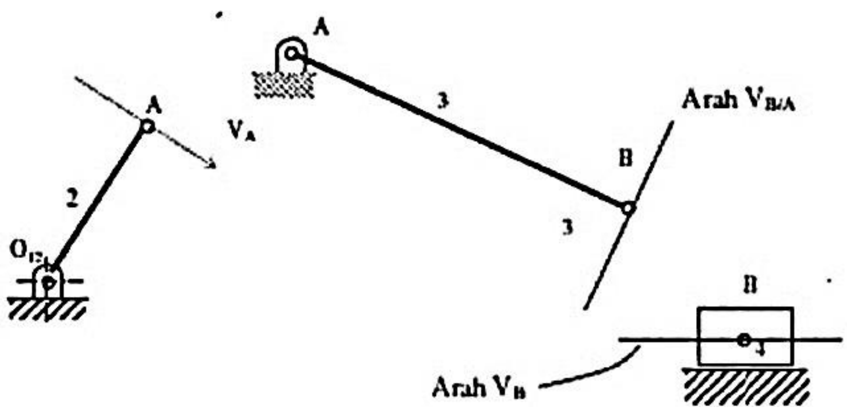
Kecepatan suatu titik atau partikel merupakan besaran vektor sehingga dalam analisis kecepatan kita dapat menggunakan kaidah-kaidah yang berkenaan dengan aturan-aturan operasi vektor. Analisis vektor dapat dilakukan, baik secara analitis maupun grafis. Secara analitis, dapat digunakan metode koordinat kartesian atau metode bilangan kompleks. Dalam hal ini, kecepatan diperoleh dangan mendiferensiasikan persamaan posisi terhadap waktu *t* (persamaan posisi merupakan fungsi waktu *t*).

Berikut ini akan diberikan contoh penentuan kecepatan dengan menggunakan persamaan vektor kecepatan secara grafis.Pada Gambar 5.1 tampak mekanisme engkol peluncur. Kita umpamakan kecepatan sudut batang hubung 2 adalah ω_2 berlawan arah jarum jam. Arah dan besaran kecepatan titik A terletak pada batang hubung 2 yang berputar terhadapsatu titik tetap O_{12}, dengan $V_A = \overline{O_{12}A} \times \omega_2$ ($\overline{O_{12}A}$ adalah jari-jari titik *A* terhadap pusat rotasi tetap).



Gambar 5.1 Mekanisme Engkol Peluncur

Arah kecepatan titik *B* sejajar garis x dan arah krcepatan relatif titik *B t*erhadap titik *A* ($V_{B/A}$) adalah tegak lurus AB. Titik *A* dimodelkan sebagai titik tetap dan kecepatan $V_{B/A}$ berpusat pada titik *A* seperti diuraikan pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Titik *A* Dimodelkan sabagai Titik Tetap dan Kecepatan $V_{B/A}$ Berpusat pada titik *A*

Kecepatan titik *B* dapat ditentukan menggunakan persamaan kecepatan relatif berikut:

$$\underset{a}{V_B} = \underset{a,b}{V_A} \nrightarrow \underset{\perp AB}{V_{B/A}}$$

di mana:

a = arahnya diketahui

b = besar vektor diketahui

Sebagai pelengkap contoh, kita anggap kecepatan sudut ω_2 adalah 30 rad/s dan skala Gambar 5.2 adalah 1:10. Dari skala terseebut, dapat kita ketahui dimensinya :

$\overline{O_2A} = 30\ cm$; $\overline{AB} = 56\ cm$

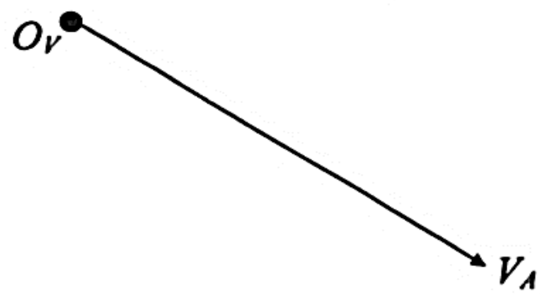
Kecepatan titik *A* diperoleh sebagai berikut:

V_A = 30 rad/s × 0,3 m = 9 m/s

Poligon kecepatannya dibuat dengan langkah sebagai berikut:

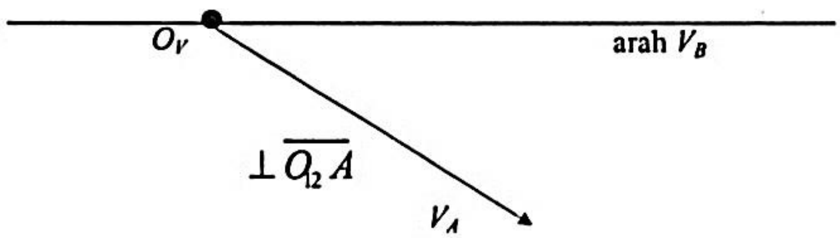
Langkah 1:

Menggambarkan vektor kecepatan yang sudah dikethui arah dan besarnya, yaitu V_A dengan skala tertentu, misalkan 2 m/s/cm. Dengan demikian, panjang vektor V_A adalah 4,5 cm.



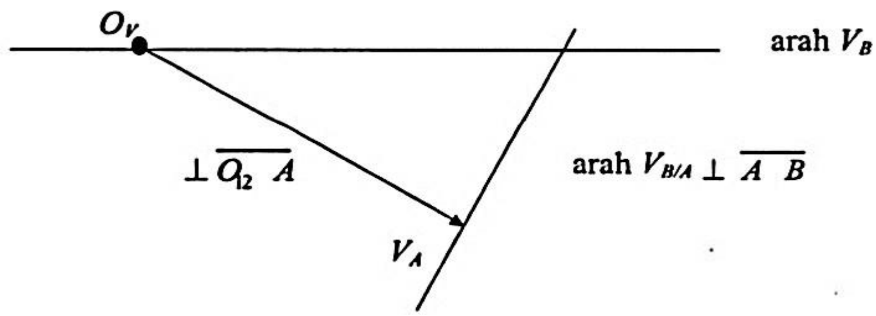
Langkah 2:

Menggambarkan vektor kecepatan absolut yang diketahui arahnya, yaitu V_B.

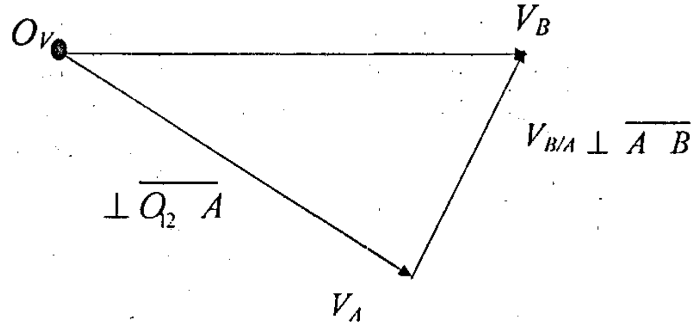


Langkah 3:

Menggambarkan vektor kecepatan relatif titik *B* terhadap titik *A* (V_B).

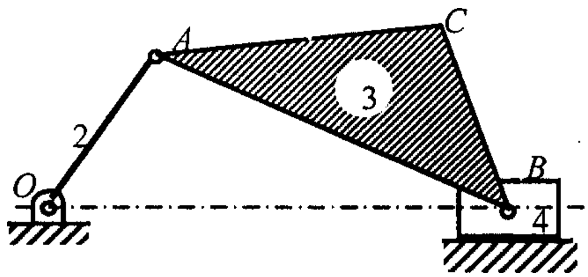


Sehingga diperoleh poligon kecepatan sebagai berikut:



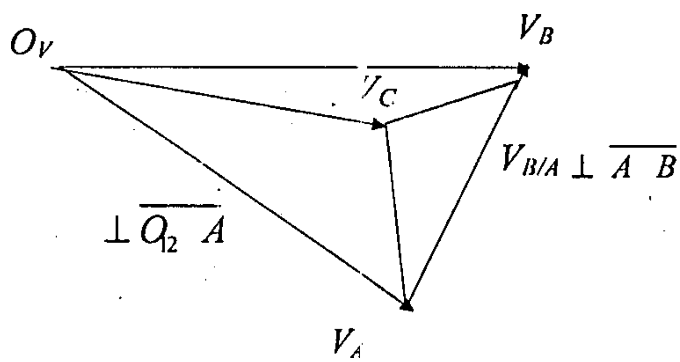
5.3 Metode Bayangan

Jika batang hubung (*link*) 3 diperluas menjadi ΔABC seperti pada Gambar 5.3 berikut:



Gambar 5.3 Batang Hubung (*Link*) 3 Diperluas Menjadi ΔABC

Maka kecepatan *Vc* dapat di tentukan dengan memproyeksikan batang hubung *ABC* dalam bentuk poligon kecepatan seperti terlihat pada Gambar 5.4 berikut:

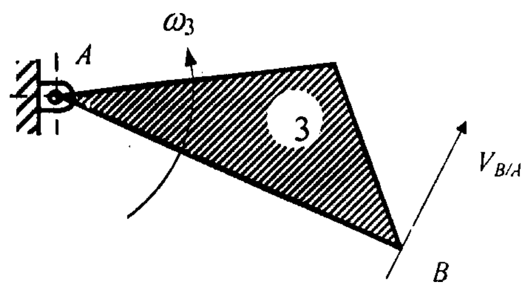


Gambar 5.4 Kecepatan Vc Ditentukan dengan Memproyeksikan Batang Hubung ABCdalam Bentuk Poligon Kecepatan

5.4 Kecepatan Sudut

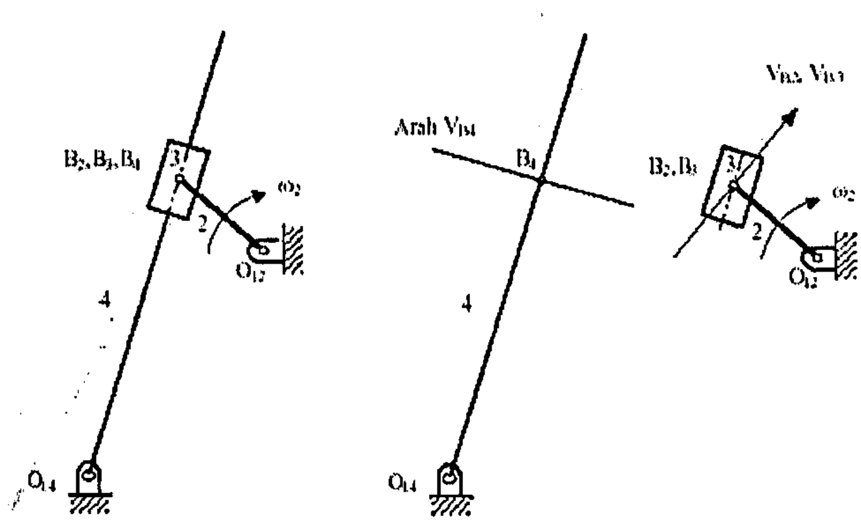
Kecepatan sudut suatu batang (*link*) sama dengan kecepatan relatif sebuah titik terhadap titik lain yang sama dibagi dengan jarak kedua titik tersebut. Dengan melihat contoh tersebut maka kecepatan sudut batang hubung 3 (*link 3*) :

$$\omega_{3/1} = \frac{V}{R} = \frac{V_{B/A}}{\overline{AB}} \qquad (5.1)$$



5.5 Kecepatan Titik Berimpit

Pada Gambar berikut tampak suatu mekanisme 4 batang hubung. Pada titik *B* terdapat 3buah titik yang berimpit, yaitu titik B,, B_3 dan B_4. Ketiga titik tersebut menotasikan bahwa B, adalah titik *B* milik batang hubung 2, serta B_3 dan B_4 yang masing-masing merupakan milik batang hubung 3 dan 4.

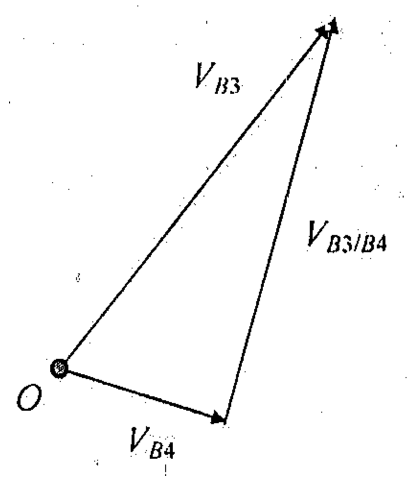


Gambar 5.5 Mekanisme 4 Batang Hubung

Dalam hal ini, kita mendapatkan dua informasi. *Pertama*, kecepatan titik B, dan B_3 adalah sama besar dan sama arah. *Kedua*, kecepatan sudut batang hubung 3 dan 4 adalah samabesar dan sama arahnya. Dengan menerapkan persamaan kecepatan, diperoleh :

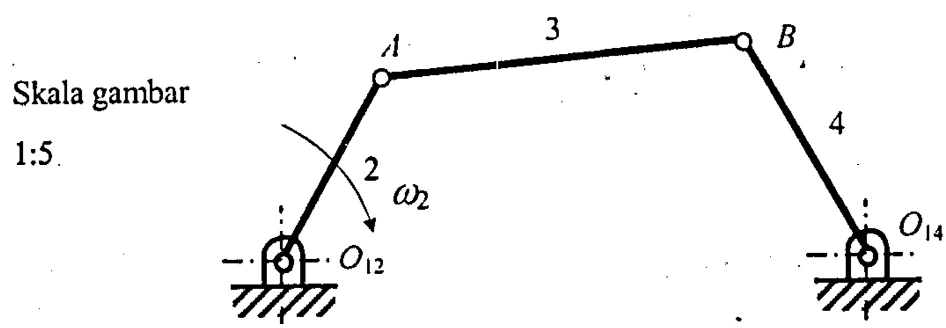
$$\underset{\perp \overline{O_{12}B}}{V_{B3}} = \underset{\perp \overline{O_{14}B}}{V_{B4}} \mathrel{+\!\!\!\to} \underset{// \overline{O_{14}B}}{V_{B3/4}}$$

Setelah poligon kecepatan diGambarkan maka kita dapat menentukan kecepatan sudut batang hubung 3 dan batang hubung 4.



Contoh Soal:

1. Pada Gambar berikut terlihat suatu mekanisme dengan 4 batang hubung. Jika batang hubung 2 berputar dengan kecepatan sudut 1.000 rpm searah jarum jam maka tentukanlah:
   a. Kecepatan titik *A* dan *B*.
   b. Kecepatan sudut batang hubung 3 dan batang hubung 4.



Gambar 5.6 Mekanisme dengan 4 Batang Hubung

Solusi:

Dari skala Gambar:

$\overline{O_{12}A} = 0{,}11\ m$ $\quad\quad\quad\quad$ $\overline{O_{14}A} = 0{,}145\ m$

$\overline{AB} = 0{,}21\ m$

Analisa kecepatan:

$V_A \quad = \omega^2 \times \overline{O_{12}A}$

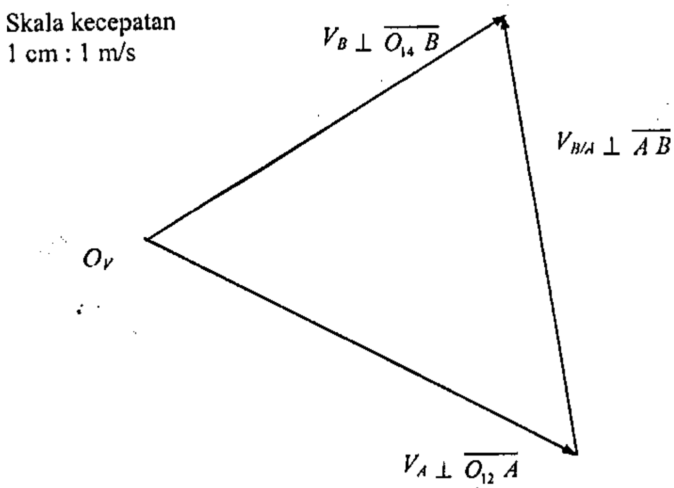
= 60 rad/s × 0,11 m = 6,6 m/s

$V_A \quad = V_A + \to V_{B/A}$

$A, b \quad \perp \overline{O_{14}B} \qquad \perp \overline{AB}$

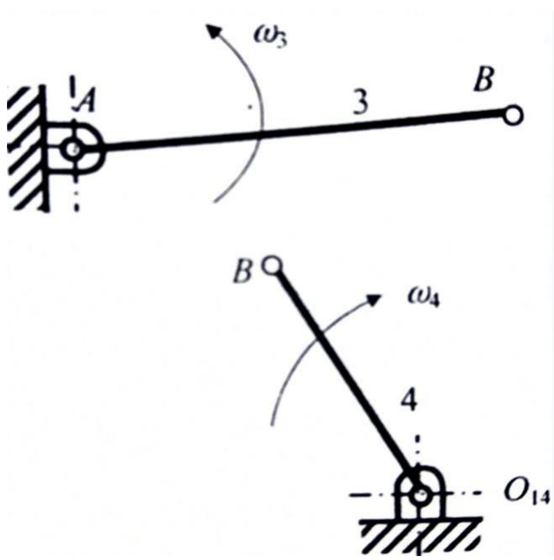
Dari poligon kecepatan didapat:

$V_B = 5{,}8\ m/s$ dan $V_{B/A} = 6.4\ m/s$



Harga-harga kecepatan sudut:

$$\omega_3 = \frac{V_{B/A}}{\overline{AB}} = \frac{6{,}4}{0{,}21} = 30{,}47\ rad/s$$



$$\omega_4 = \frac{V_B}{\overline{O_{14}B}} = \frac{5{,}8}{0{,}145} = 30{,}47\ rad/s$$

BAB VI

MENENTUKAN PERCEPATAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN PERCEPATAN RELATIF

6.1 Tujuan

a. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan normal dan percepatan tangensial.

b. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan metode bayangan.

c. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan sudut.

d. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan titik berimpit.

e. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan mekanisme kontak menggelinding.

f. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan titik bantu untuk analisa mekanisme kompleks.

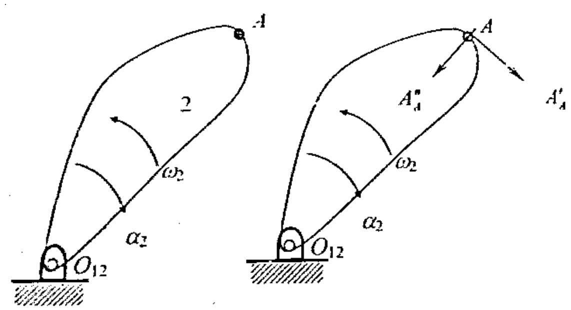
6.2 Pendahuluan

Percepatan merupakan komponen yang harus diketahui dalam perancangan mesin karena mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap gaya-gaya dinamik yang bekerja pada elemen-elemen mesin dan sekaligus juga memberikan efek getaran pada suatu mekanisme. Metode yang digunakan dalam analisis percepatan hampir sama dengan yang digunakan pada analisis kecepatan yang telah dibahas pada Bab V. Perbedaannya adalah setiap komponen percepatan terdiri dari dua komponen, yaitu komponen tangensial dan komponen normal.Arah komponen percepatan tangensial suatu titik adalah tegak lurus dengan vektor yang menghubungkan titik tersebut dengan pusat putaran dan arah percepatan normal menuju pusat putaran. Adapun kecepatan hanya terdapat komponen tangensial. Dalam pengGambaran poligon, percepatan kita notasikan kutubnya dengan O_A. Dengan demikian, seluruh komponen percepatan yang ditarik dari O_A adalah percepatan mutlak.

6.3 Percepatan Normal dan Percepatan Tangensial

Untuk menjelaskan percepatan normal dan tangensial suatu titik, perhatikan Gambar 6.1. Garnbar tersebut memperlihatkan suatu batang hubung yang berputar dengan kecepatan sudut ω dan percepatan sudut α

.



Gambar 6.1 Batang hubung Yang Berputar dengan Kecepatan Sudut w dan PercepatanSudut α

Pada Gambar tersebut diuraikan bahwa percepatan absolut titik A:

$$A_A = A_A{}^n +\!\!\rightarrow A_A{}^t \qquad (6.1)$$

$//\overline{O_{12}A} \perp \overline{O_{12}A}$

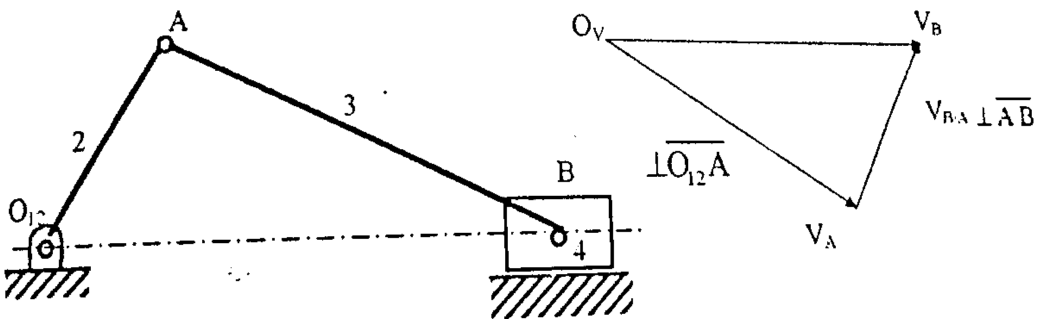
komponen percepatan normal:

$$A_A{}^n = \frac{V_A{}^2}{\overline{O_{12}A}} = \omega_2{}^2 \times \overline{O_{12}A}$$

dan percepatan tangensial:

$$A_A{}^t = \alpha_2 \times \overline{O_{12}A}$$

Untuk lebih memahami penerapan persamaan percepatan relatif pada mesin atau mekanisme, perhatikan Gambar 6.2. Gambar tersebut merupakan suatu mekanisme motor bakar 1 silinder berikut poligon kecepatannya dengan batang hubung 2 berputar berlawanan arah jarum jam dan dengan kecepatan tetap. Kita akan mencari percepatan linier titik b dan percepatan sudut batang hubung 3.



Gambar 6.2 Mekanisme Motor Bakar 1 Silinder Berikut Poligon Kecepatannya

Penguraian persamaan percepatan relatif adalah sama seperti penguraian persamaan kecepatan relatif:

$$A_B = A_A^{n+t} \nrightarrow A_{B/A}^{n+t}$$

$$\begin{array}{cccc} A_B = & A_A^n \nrightarrow & A_{B/A}^n \nrightarrow & A_{B/A}^t \\ // \; x & a,b & a,b & \perp AB \end{array} \qquad (6.2)$$

Adapun untuk menggambarkan poligon percepatannya, kita lakukan langkah berikut:

Langkah 1:

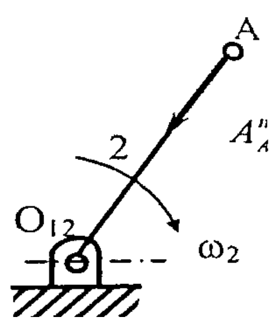
Pertama-tama, perhatikan batang hubung 2 yang berputar dengan kecepatan tetap sehingga percepatan di titik A dapat dapat ditentukan sebagai berikut:

$$A_A = A_A^n + \rightarrow A_A^t \qquad (6.3)$$

$$//\overline{O_{12}A} \quad \perp \overline{O_{12}A}$$

A_A^n Adalah percepatan normal yang arahnya menuju pusat lintasan yang besarnya:

$$A_A^n = \frac{V_A^2}{R_2} = \frac{V_A^2}{OA_{14}} \qquad (6.4)$$



Gambar 6.3 Percepatan Normal Mengarah Pusat Lintasan

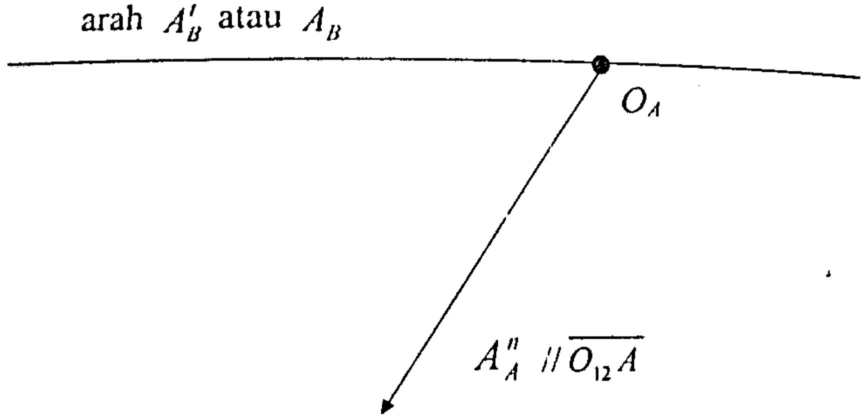
$A_A{}^t$ = percepatan tangensial yang arahnya tegak lurus terhadap percepatan normal

$= \alpha \times R = \overline{O_{12}A} \times \alpha_2$

= percepatan sudut = 0 Oleh

karena itu, $A_A{}^t = 0$

Adapun percepatan titik B dapat kita ketahui, yaitu hanya berupa percepatan tangensial yang arahnya sama dengan kecepatannya sehingga pada tahap awal penggambaran poligon percepatan, kita Gambar bentuk seperti yang terlihat pada Gambar 6.4



Gambar 6.4 Tahap Awal Penggambaran Poligon Percepatan

Langkah 2:

Perhatikan batang hubung 3. Di situ, terlihat percepatan relatif B terhadap titik A yang terdiri dari percepatan normal dan percepatan tangensial, yang dapat ditentukan sebagai berikut:

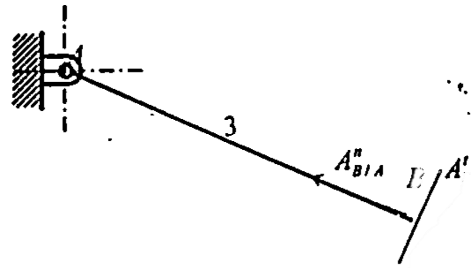
$A_{B/A} = A_{B/A}{}^n + \rightarrow A_{B/A}{}^t$

a, b ß $\overline{AB}$

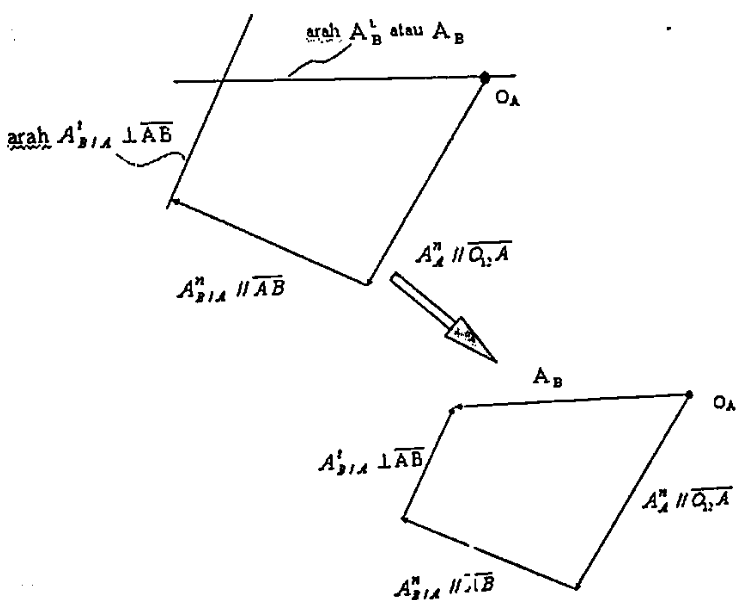
Adalah percepatan normal titik B relatif titikA yang arahnya menuju pusat lintasan yangbesarnya:

$$A_{B/A}{}^n = \frac{V_{B/A}{}^2}{R}$$

Kemudian kita tambahkan vector $A^n{}_{B/A}$ pada poligon kecepatan yang telah dibuat pada Gambar 6.4. Selanjutnya , tambahkan garis yang tegak lurus $A^n{}_{B/A}$ yang merupakan arah $A^t{}_{B/A}$ sehingga dihasilkan bentuk poligon percepatan sebagai berikut:



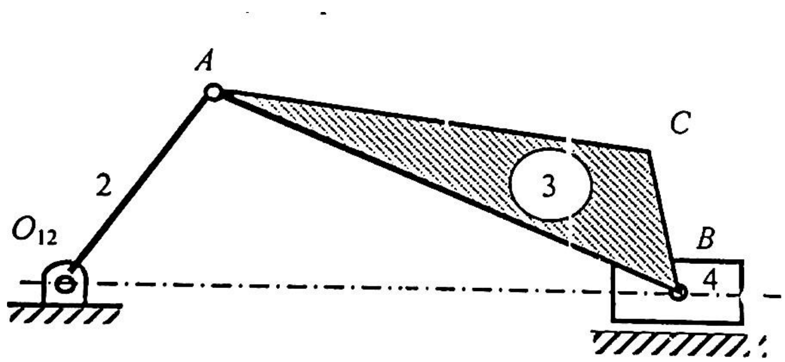
Gambar 6.5 Bentuk Setelah Ditambahkan Garis Tegak Lurus $A^n_{B/A}$ yang Merupakan Arah $A^t_{B/A}$



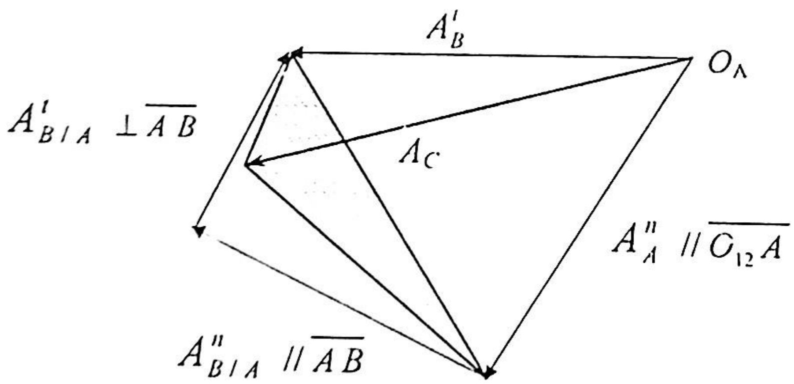
Gambar 6.6 Poligon Percepatan

6.4 Metode Bayangan

Jika batang hubung 3 diperluas ΔABC seperti terlihat pada Gambar berikut ini maka percepatan titik ditentukan dengan memproyeksikan batang hubung 3 dalam bentuk poligon percepatan.



Gambar 6.7 Batang Hubung Yang Diperluas ΔABC

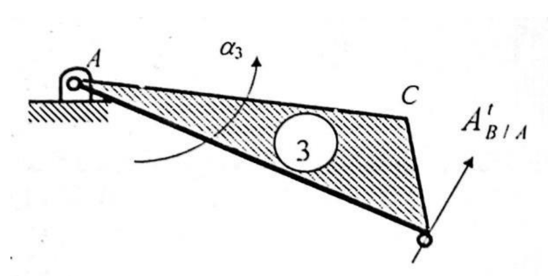


Gambar 6.8 Batang Hubung 3 Yang Diperluas Beserta Poligon Percepatannya

6.5 Percepatan Sudut

Percepatan sudut suatu batang hubung adalah percepatan tangensial relatif sebuah titik terhadap titik lain pada batang hubung yang sama dibagi dengan jarak kedua titik tersebut. Untuk mengetahui percepatan sudut batang hubung 3 dan karena titik A dan B terletak pada batang hubung 3 maka perhatikan percepatan relatif B terhadap A atau sebaliknya, percepatan A relatif B. Dari poligon percepatan pada Gambar 6.8, dapat kita ketahui percepatan titik B relatif titik A. Sesuai Gambar 6.9, percepatan sudut batang hubung 3 dapat langsung diketahui:

$$\alpha_3 = \frac{A^t_{B/A}}{AB}$$

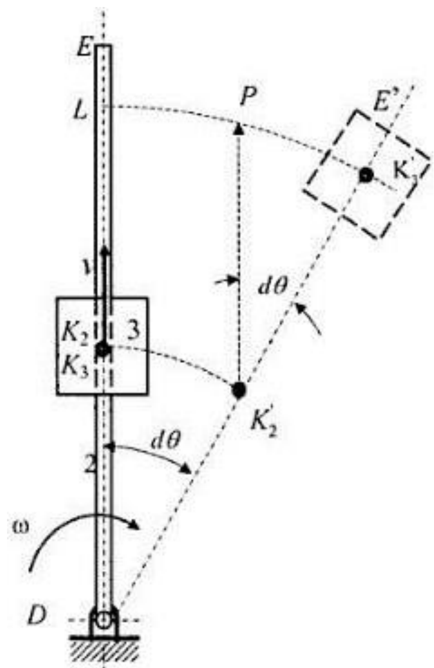


Gambar 6.9 Percepatan Sudut Batang Hubung 3

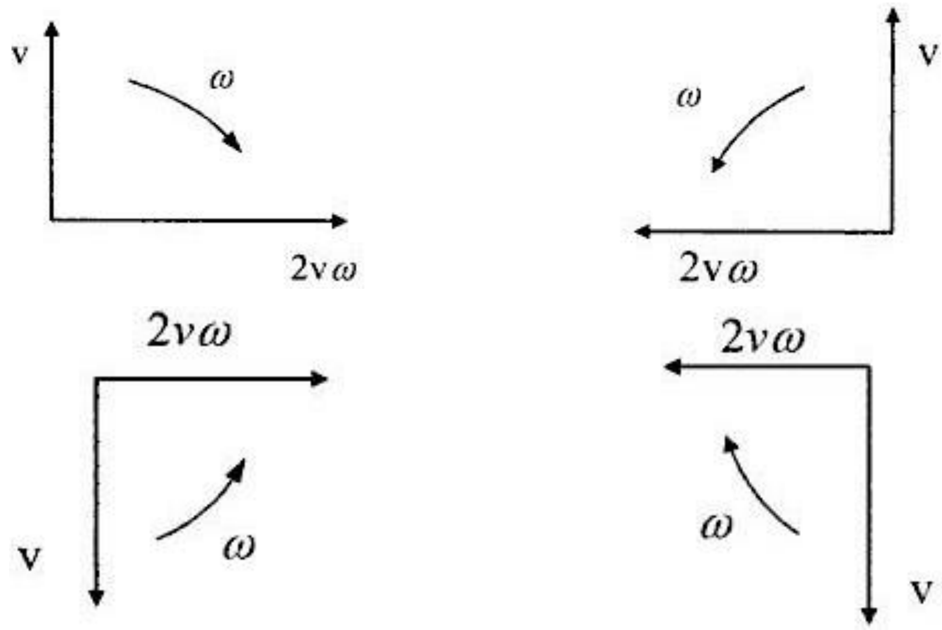
6.6 Percepatan Titik Berimpit

Jika suatu titik pada sebuah benda bergerak sepanjang alur tertentu pada benda lain dan benda lain tersebutberputar maka titik tersebut akan memiliki komponen Coriolis

Pada Gambar berikut terlihat batang hubung 2 berputar dengan kecepatan tetap dari posisi DF ke DE' dalam waktu dt. Selama waktu tersebut slider (batang hubung 3) bergerak sepanjang batang hubung 2 yang bergerak dengan kecepatan konstan v dari posisi K_3 ke K_3'. Jika ω_2 konstan maka perpindahan K_3 ke K_3' terdiri dari:



Gambar 6.10 Batang Hubung 2 Berputar Dengan Kecepatan Tetap dari Posisi DF keDE’ Dalam Waktu dt



Gambar 6.11 Arah Percepatan Coriolis

Gerakan slider dari $K_3 \rightarrow K_2'$ adalah akibat rotasi. Gerakan

slider dari $K_2' \rightarrow P$ adalah akibat kecepatan v.

Gerakan slider dari $P \rightarrow K_2'$ adalah akibat percepatan tegak lurus batang hubung 2.

Dengan demikian, perpindahan silinder dari $P \rightarrow K_3'$ adalah akibat percepatan coriolisyang dapat ditulis dengan persamaan :

$P\,K_3' = L\,K_3' - K_2K_2'$

$P\,K_3' = L\,D\,d\theta - K_2D\,d\theta$

$= K_2'\,P\,d\theta$

$= v\,dt\,\omega\,dt$

$= V\,\omega\,dt^2$ (6.5)

Karena percepatan sudut batang hubung 2 tidak ada maka dengan mengingat rumus mekanika S = (a/2) dt^2:

$P\,K_3' = \frac{1}{2} A\,dt^2$ (6.6)

Dengan mensubstitusikan persarnaan (6.5) pada persamaan (6.6) maka:

$\frac{1}{2} A\,dt^2 = V\,\omega\,dt^2$

$A = 2\,V\,\omega$

Dengan demikian, percepatan coriolis pada kasus slider tersebut:

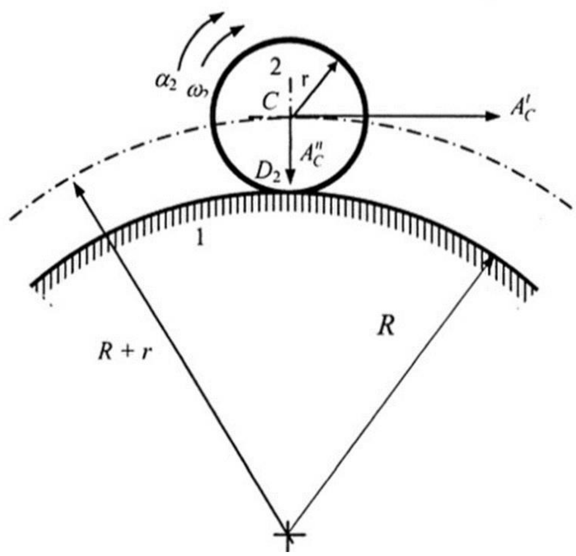
$A^c{}_{K3/2} = 2\, V_{K3/2}\, \omega_{1/2}$

6.7 Mekanisme Kontak Menggelinding

Pada subbab ini akan di jelaskan lintasan suatu benda yang menggelinding murni tanpa gesekan pada bidang rata atau terbentuk lingkaran. Gerakan menggelinding dibedakan berdasarkan lintasannya, antara lain;

$$A_{D2} = A_C \,+\!\!\!\!\rightarrow A_{D2/C}$$

$$A_{D2} = A^n_{D2} = \underset{a,b}{A^n_C} \,+\!\!\!\!\rightarrow \underset{a,b}{A^t_C} \,+\!\!\!\!\rightarrow \underset{a,b}{A^n_{D2/C}} \,+\!\!\!\!\rightarrow \underset{a,b}{A^t_{D2/C}}$$



Gambar 6.12 Lintasan CembungDengan komponen-komponen

percepatan sebagai berikut:

$$A^n_C = \frac{V_C^2}{R+r} = \frac{(\omega_2 r)^2}{R+r}$$

$$A^t_C = \overline{C\ D_2}\ \alpha_2$$

$$A^n_{D2/C} = \overline{C\ D_2}\ \omega_2^2$$

$$A^t_{D2/C} = \overline{C\ D_2}\ \alpha_2$$

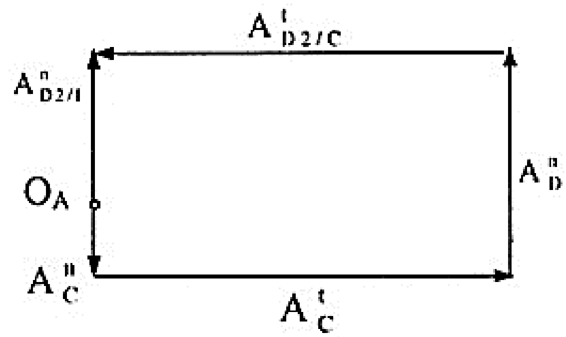
Dari poligon percepatan diperoleh:

$$A^n_{D2/1} = A^n_{D2/C} \;+\!\!\!\rightarrow\; A^n_C$$

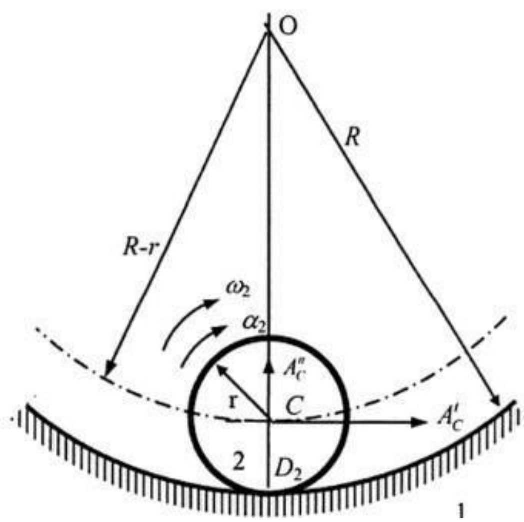
$$A^n_{D2/1} = \overline{C\ \ D_2}\ \ \omega_2^2 - \frac{(\omega_2 r)^2}{R+r}$$

$$A^n_{D2/1} = r\ \ \omega_2^2 - \frac{(\omega_2 r)^2}{R+r} = \omega_2^2 r\left(1 - \frac{r}{R+r}\right)$$

$$A^n_{D2/1} = \omega_2^2 r\left(\frac{R+r}{R+r} - \frac{r}{R+r}\right) = \frac{\omega_2^2 rR}{R+r}$$

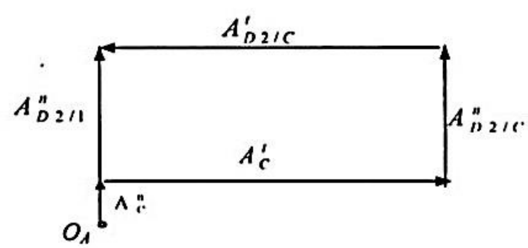


Lintasan Pada Permukaan Cekung



Gambar 6.13 Lintasan Cekung

$$A^n_C = \frac{V_C^2}{R-r} = \frac{(\omega_2 r)^2}{R-r}$$



Sehingga :

$$A^n_{D2/1} = A^n_{D2/C} \;+\!\!\!\rightarrow\; A^n_C$$

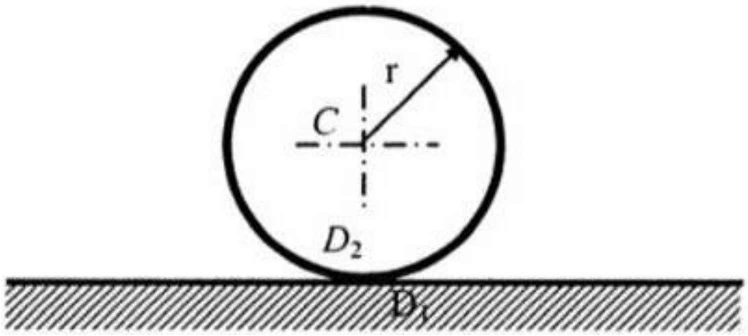
$$A^n_{D2/1} = \overline{C\ \ D_2}\ \ \omega_2^2 + \frac{(\omega_2 r)^2}{R-r}$$

$$A^n_{D2/1} = r\ \ \omega_2^2 + \frac{(\omega_2 r)^2}{R-r} = \omega_2^2 r\left(1 + \frac{r}{R-r}\right)$$

$$A^n_{D2/1} = \omega_2^2 r\left(\frac{R-r}{R-r} + \frac{r}{R-r}\right) = \frac{\omega_2^2 rR}{R-r}$$

Lintasaan Pada Permukaan Datar

Lintasan ini terjadi akibat gerakan lingkaran pada sisi bdang datar sehingga percepatan normal titik *C*:



Gambar 6.14 Lintasan Datar

$$A_C^n = \frac{V_C^2}{\infty} = 0$$

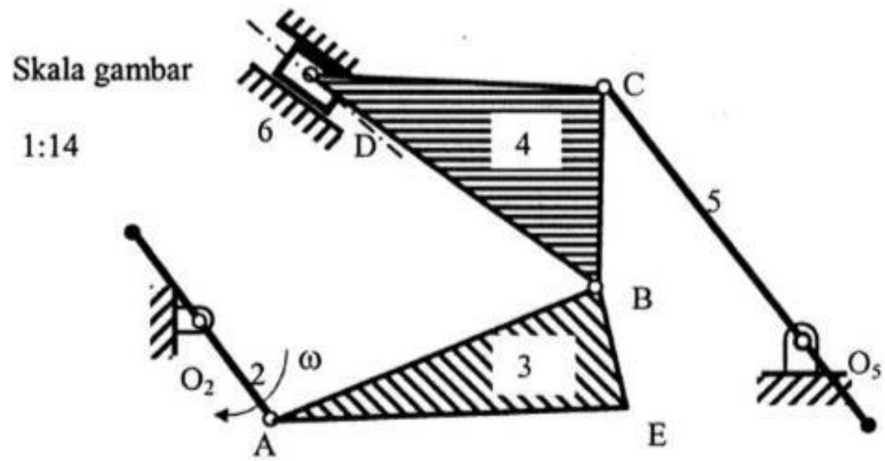
$$A_{D2/1}^n = A_{D2/C}^n \;\;\overset{\rightarrow}{+}\;\; \underbrace{A_C^n}_{=0}$$

$$A_{D2/1}^n = \overline{C\;\;D_2}\;\;\omega_2^2$$

$$A_{D2/1}^n = r\;\;\omega_2^2$$

6.8 Penggunaan Titik Bantu Untuk Analisis Mekanisme Kompleks

Dalam melakukan analisis kinematika, kadangkala persamaan yang diperoleh tidak cukup untuk mendapatkan variable kecepatan dan percepatan suatu titik. Hal ini sering kali dijumpai pada mekanisme yang kompleks. Sebagai ilustrasi, kita akan melakukan anaisis grafis untukmekanisme yang terlihat pada Gambar. Misalkan batang hubung dua berputar dengan kecepatan sudut 600 rpm searah jarum jam dengan kecepatan konstan dan kita akan menentukan kecepatan dan percepatan sudut batang hubung 3,4,5 dan 6,serta kecepatan dan percepatan titik A,B,C,D, dan E.



Gambar 6.15 Batang Hubung 2 Berputar Dengan Kecepatan Sudut 600 rpm SearahJarum Jam Dengan Kecepatan Kecepatan Konstan

Solusi:

Dari skala Gambar:

$\overline{O_2A}$	$= 0{,}2$ m	$\overline{DB}$	$= 0{,}53$ m
$\overline{AB}$	$= 0{,}53$ m	$\overline{BC}$	$= 0{,}29$ m
$\overline{AE}$	$= 0{,}53$ m	$\overline{O_5C}$	$= 0{,}49$ m
$\overline{BE}$	$= 0{,}19$ m	$\overline{CD}$	$= 0{,}45$ m

Pada tahap awal, kita akan mencari kecepatan titik A sebagai berikut:

$V_A = \omega_2 \times \overline{O_2A} = 62{,}83\ rad/s \times 0{,}2\ m = 12{,}5\ m/s$

Lalu kita cari kecepatan titik B berdasarkan prinsip-prinsip vektor berilut:

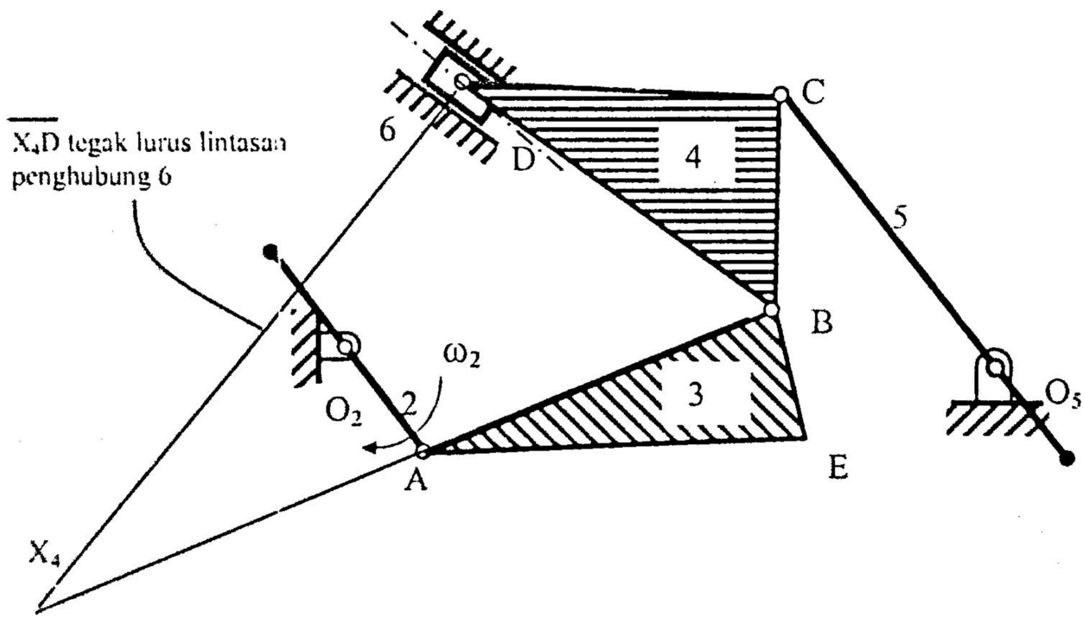
$V_B = V_B + \rightarrow V_{B/A}$ (6.7)

? a, b ß $\overline{AB}$

Tampak bahwa persamaan tersebut tidak dapat disselesaikan karena terdapat 3 variabel yang tak diketahui. Oleh karena itu, untuk menyelesaikan persamaan terseebut, diperlukan persamaan tambahan yang terkait dengan titik B. Terlihat dari Gambar bahwa titik B ada pada batang hubungan 3 dan 4, sedangkan persamaan (6.1) merupakan persamaan kecepatan yang terkait dengan batang hubung 3 (titik A dan B ada pada benda 3). Dengan demikian, kita akan menambahkan persamaan yang terkait dengan titkB. Pada kasus ini, kita memilih batang hubung 4 karena persamaan (6.6) terkait dengan batang hubung 3. Adapun syarat dalam pemilihan titik bantu, antara lain:

a. Arah kecepatan absolut suatu titik bantu harus diketahui. Misalkan, titik bantu tersebut adalah X4. karena kecepatan arah titik D sudah diketahui maka kita tarik garis LD yang tegaklurus dengan arah VD sehingga Vx4// VD dan letak titik bantu terletak padasepanjang garis LD.

b. Arah kecepaatan relatif dengan titik yang tidak diketahui arah dan besar kecepatannya (dalam hal ini, titik B) sama denga kecepatan relatif pada persamaan sebelumnya (dalam hal ini, VB/A L AB). kecepatan titik B relatif terhadap titik X4 harussama dengan VB/A L AB sehingga pada titik X4 diperoleh perpotongan antara garis tegak lurus lintasan batang hubung 6 dan garis AB yang merupakan perluasan batang hubung 4 seperti terlihat pada Gambar berikut:



Dari Gambar diperoleh

$$\overline{BX_4} = 1{,}05 \text{ m} \; ; \; \overline{CX_4} = 1{,}21 \text{ m}$$

$$\overline{DX_4} = 0{,}9 \text{ m}$$

Karena DX4 adalah garis tegak lurus dengan VD maka Vx4 // VD sehingga:

$$V_{K4} = V_B + \overrightarrow{V_{K4/B}} \qquad (6.8)$$

$//V_D$? ß $A\ B$

Dengan mensubstitusijan persamaan (6.7) pada persamaan (6.8) maka:

$$\begin{array}{ccccc} V_{X4} & = & V_A & +\!\!\!\!\rightarrow V_{B/A} & +\!\!\!\!\rightarrow V_{X4/B} \\ // V_D & & a,b & \perp \overline{A\;B} & \perp \overline{A\;B} \end{array} \qquad (6.9a)$$

atau

$$\begin{array}{cccc} V_{X4} & = & V_A & +\!\!\!\!\rightarrow \underline{Vektor} \;\; \perp \overline{A\;B} \\ // V_D & & a,b & \end{array}$$

(6

Dari persamaan di atas, diperoleh besar dan arah Vx4. Selanjutnya, kita cari arah dan besar kecepatan VC dan VD berturut-turut sebagai berikut:

$$\begin{array}{cccc} V_{X4} & = & \underline{V_C} & +\!\!\!\!\rightarrow \underline{V_{X4/B}} \\ a,b & & \perp \overline{O_5\,C} & \perp \overline{X_4\,C} \end{array}$$

(6

$$\begin{array}{cccc} V_C & = & V_D & +\!\!\!\!\rightarrow \underline{V_{C/D}} \\ a,b & & a & \perp \overline{C\,D} \end{array}$$

(6

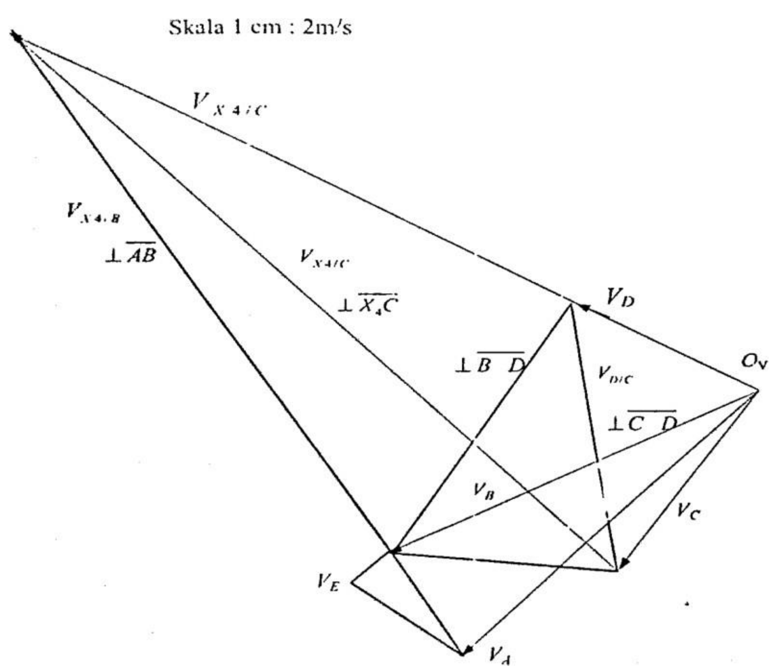
Kecepatan titik B didapat dari metode bayangan sehingga dari persamaan-persamaan tersebut didapatkan poligon kecepatan.

Harga-harga kecepatan:

V_C = 3,7 × 2 m/s = 7,4 m/s ; V_D = 3,2 × 2 m/s = 6,4 m/s

V_B = 6,1 × 2 m/s = 12,2 m/s ; V_E = 7 × 2 m/s = 14 m/s

$V_{X4/C}$ = 12,7 × 2 m/s = 25,4 m/s ; $V_{X4/B}$ = 10,4 × 2 m/s = 20,8 m/s



$V_{X4/D} = 9{,}4 * 2 \text{ m/s} = 18{,}8 \text{ m/s}$

$V_{B/A} = 2 * 2 \text{ m/s} = 4 \text{ m/s}$

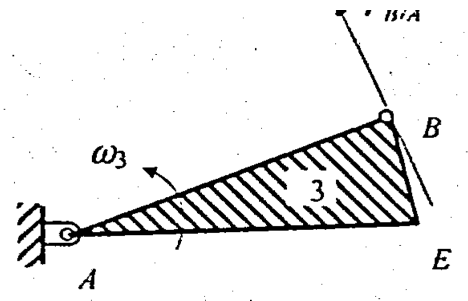
$V_{X4} = 12{,}8 * 2 \text{ m/s} = 25{,}6 \text{ m/s}$

$V_{D/C} = 4{,}7 * 2 \text{ m/s} = 9{,}4 \text{ m/s}$

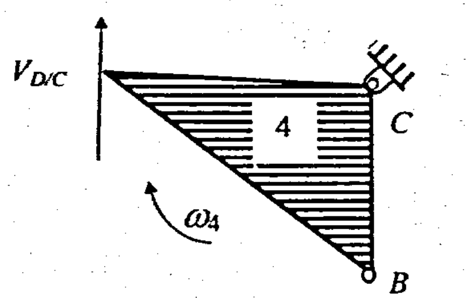
Harga-harga kecepatan sudut:

$$\omega_3 = \frac{V_{B/A}}{A\ B} = \frac{4}{0{,}53} \text{ rad/s}$$

$$= 7{,}54 \text{ rad/s}$$



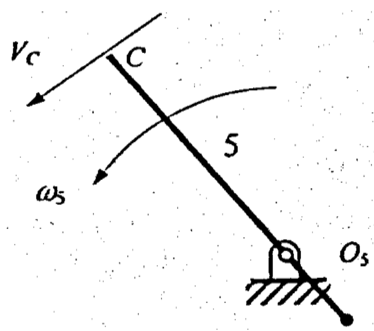
$$\omega_4 = \frac{V_{D/C}}{D\ C} = \frac{9{,}4}{0{,}45} \text{ rad/s}$$



$$\omega_5 = \frac{V_C}{O_5\ C} = \frac{7{,}4}{0{,}49} \text{ rad/s}$$

$$= 15{,}1 \text{ rad/s}$$

$$\omega_6 = 0 \text{ rad/s}$$



Analisis percepatan:

$$A^n_A = A_A = \frac{V_A^2}{O_1A} = \frac{12{,}5^2 \text{ m/s}^2}{0{,}2} = 781{,}25 \text{ m/s}^2$$

$$A^n_{B/A} = \frac{V^2_{B/A}}{A\ B} = \frac{4^2 \text{ m/s}^2}{0{,}53} = 30{,}18 \text{ m/s}^2$$

$$A^n_C = \frac{V^2_C}{O_2C} = \frac{7{,}4^2 \text{ m/s}^2}{0{,}49} = 111{,}75 \text{ m/s}^2$$

$$A^n_{X4/C} = \frac{V^2_{X4/C}}{X_2C} = \frac{25{,}2^2 \text{ m/s}^2}{1{,}21} = 524{,}82 \text{ m/s}^2$$

$$A^n_{X4/B} = \frac{V^2_{X4/B}}{X_4B} = \frac{20{,}8^2\ m/s^2}{1{,}05} = 412{,}03\ m/s^2$$

$$A^n_{X4/D} = \frac{V^2_{X4/D}}{X_4D} = \frac{18{,}8^2\ m/s^2}{0{,}9} = 392{,}71\ m/s^2$$

$$A^n_{C/D} = \frac{V^2_{X\,C/D}}{C\,D} = \frac{9{,}4^2\ m/s^2}{0{,}45} = 196{,}35\ m/s^2$$

Selanjutnya. Untuk menyelesaikan persamaan percepatan dapat dilakukan dilakuakn langkah berikut :

$$\underline{A_B} = A^n_A \leftrightarrow A^n_{B/A} \leftrightarrow \underline{A^1_{B/A}} \qquad (6.12)$$
$$?\qquad a,b \qquad a,b \qquad \perp AB$$

$$A_{X4} = A^n_{B} \leftrightarrow A_{X4/B4} \leftrightarrow A^n_{X4/B4} \qquad (6.13)$$
$$?\qquad \perp AB \qquad \perp \overline{A\,B}$$

Subtitusi persamaan (6.12) pada persamaan (6.13) menghasilkan persamaan berikut :

$$A_{X4} = A^n_A \leftrightarrow A^n_{B/A} \leftrightarrow A^t_{B/A} \leftrightarrow A^t_{X4/B4} \leftrightarrow A^n_{X4/B4} \qquad (6$$
$$?\qquad a,b \qquad a,b \qquad \perp\overline{A\,B} \qquad \perp\overline{A\,B} \qquad a,b$$

$$A_{X4} = A_D \leftrightarrow A^n_{X4/D4} \leftrightarrow A^t_{X4/D4} \qquad (6$$
$$?\qquad //\,V_D \qquad a,b \qquad //\,V_D$$

Dengan menyamakan persamaan (6.14) Dan Persamaan (6.15), yang dalam hal ini bagian kiri persamaan (6.14)digantikan dengan bagian kanan persamaan (6.15) maka :

$$A_D \leftrightarrow A^t_{X4/D4} \leftrightarrow A^n_{X4/D4} = A^n_A \leftrightarrow A^n_{B/A} \leftrightarrow A^t_{B/A} \leftrightarrow A^t_{X4/B4} \leftrightarrow A^n_{X4/B4}$$
$$//\,V_D \qquad //\,V_D \qquad a,b \qquad a,b \qquad a,b \qquad \perp\overline{A\,B} \qquad \perp\overline{A\,B} \qquad a,b$$

atau

$$\text{Vektor} \,//\, V_D \leftrightarrow A^n_{X4/B4} = A^n_A \leftrightarrow A^n_{B/A} \leftrightarrow A^n_{X4/B4} \leftrightarrow \text{Vektor} \perp A\ B \qquad (6.16)$$
$$a,b \qquad a,b \qquad a,b \qquad a,b$$

Persamaan (6.16) menghasilkan harga A_{X4} sehingga:

$$A_{X4} = A_C^n \nrightarrow A_C^t \nrightarrow A_{X4/C4}^n \nrightarrow A_{X4/C4}^t \quad (6.17)$$

$$a,b \quad a,b \quad \perp \overline{AB} \quad a,b \quad \perp \overline{AB}$$

Setelah arah dan besaran A_{C4} diketahui :

$$A_{D4} = A_{C4} \nrightarrow A_{D4/C4}^n \nrightarrow A_{D4/C4}^t \quad (6.18)$$

$$// V_D \quad a,b \quad a,b \quad \perp \overline{DC}$$

A_B dan A_E dipadatkan dari metode bayangan sehingga diperoleh polygon percepatan. Pengukuran polygon percepatan tersebut akan menghasilkan harga-harga percepatan berikut :

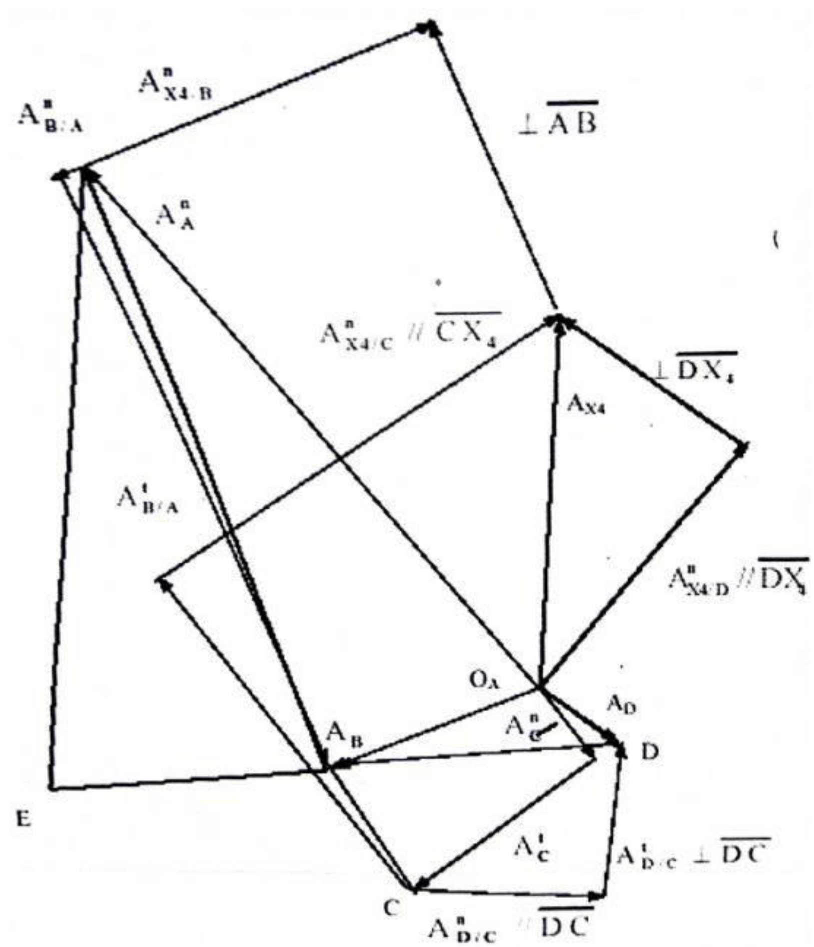
A_B = 255 m/s^2 : A_C = 247,5 m/s^2

A_D = 97,5 m/s^2 : A_E = 532,5 m/s^2 A^1_C

= 225 m/s^2 : $A^1_{D/C}$ = 187,5 m/s^2 $A^1_{B/A}$ =

727,5 m/s^2

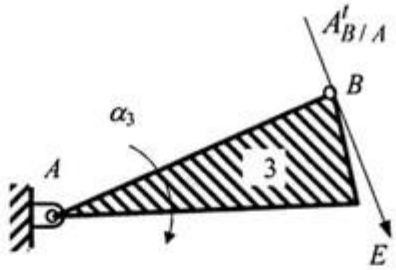
Skala percepatan 1 cm = 81 m/s



Harga – harga percepatan sudut :

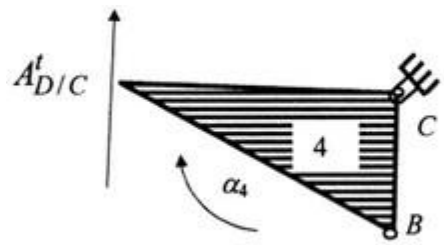
$a_3 = \frac{A^1_{B/A}}{AB} = \frac{727,5 \text{ rad/s}^2}{0,53}$

$= 1372,64 \text{ rad/s}^2$



$a_4 = \frac{A^1_{D/C}}{AB} = \frac{187,5 \text{ rad/s}^2}{0,53}$

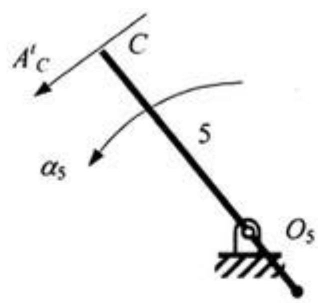
$= 416,67 \text{ rad/s}^2$



$a_5 = \frac{A^1_C}{O_{15}C} = \frac{25,5 \text{ rad/s}^2}{0,49}$

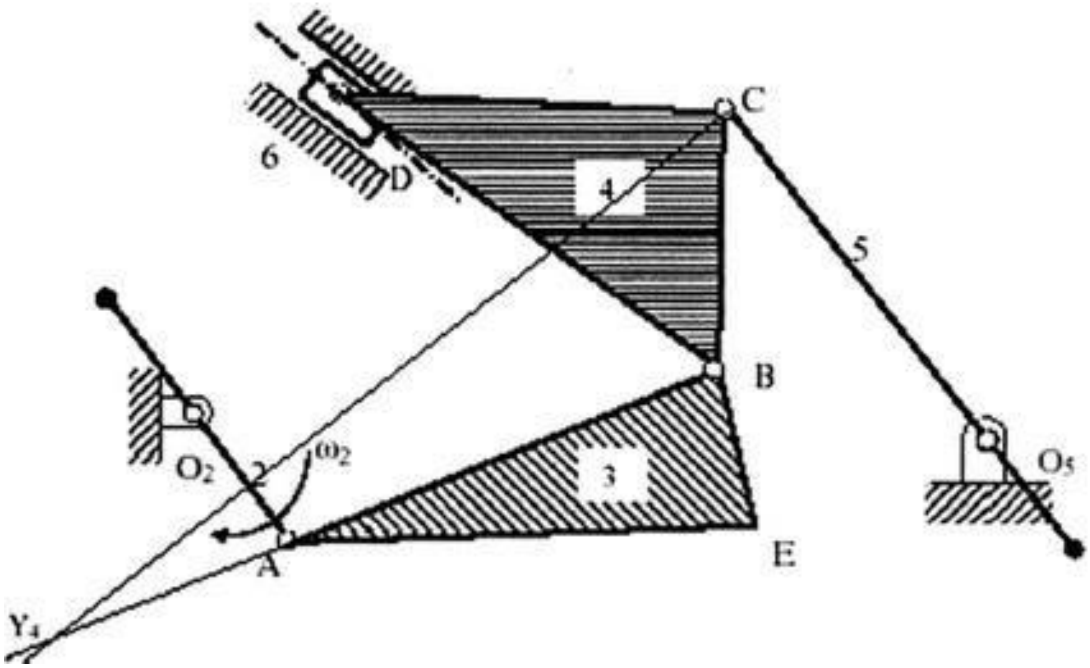
$= 520,408 \text{ rad/s}^2$

$a_6 = 0 \text{ rad/s}^2$



Pemakaian Titik Bantu yang Lain

Pada kasus ini, dapat dipilih titik bantu yang lain, yaitu titik yang merupakan perpotongan antara garis tegak lurus batang hubung 5 (arah kecepatan titik C) dan garis *AB* yang merupakan perluasan batang hubung 4 seperti terlihat pada Gambar berikut :



Gambar 6.16 Titik Bantu

Analisis kecepatan:

$$V_B \;=\; V_A \;+\!\!\!\rightarrow V_{B/A}$$

$$? \qquad a,b \qquad \overline{\perp AB} \qquad (6.19)$$

Karena CY_4 adalah garis tegak lurus dengan batang hubung 5 maka V_c maka V_{Y4} / V_c sehingga:

$$V_{Y4} \;=\; V_B \;+\!\!\!\rightarrow V_{Y4/B}$$

$$? \qquad a,b \qquad \overline{\perp AB} \qquad (6.20)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (6.19) pada persamaan (6.20) maka:

$$\underset{\perp O_5 C}{\overline{V_{Y4}}} = \underset{a,b}{V_A} \;+\!\!\!\rightarrow \underset{\perp A\ B}{\underline{V_{B/A}}} \;+\!\!\!\rightarrow \underset{\perp A\ B}{\underline{V_{Y4/B}}} \qquad (6.21a)$$

atau

$$\underset{\perp O_5 C}{\overline{V_{Y4}}} = \underset{a,b}{V_A} \;+\!\!\!\rightarrow \text{Vektor} \;+\!\!\!\rightarrow \perp \underline{A\ B} \qquad (6.21b)$$

Persamaan (6.21) menghasilkan harga V_{Y4} sehingga:

$$V_{Y4} = \quad V_D \;+\!\!\!\rightarrow V_{Y4/D}$$

$$\overline{a,b} \qquad a \qquad \overline{\perp Y_4\, D} \qquad (6.22)$$

atau

$$V_D = Vc \;\rightarrow\!\!\!| \; V_{D/C}$$

$$a,b \qquad \overline{\perp O_5 C} \; \overline{\perp C\ D} \qquad (6.23)$$

Metode banyangan menghasilkan kecepatan titik B dan persamaan-persamaan tersebut mengahasilkan poligon kecepatan. Untuk analisis kecepatan selanjutnya, silahkan kerjakan sendiri sebagai latihan.

Analisis kecepatan :

Untuk menyelesaikan persamaan percepatan, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

$$\begin{array}{llll} A_B = & A^n_A \;+\!\!\!\to & A^n_{B/A} \;+\!\!\!\to & A^n_{B/A} \\ ? & a,b & a,b & \perp \overline{A\ B} \end{array} \qquad (6.24)$$

atau

$$\begin{array}{llll} A_{Y4} = & A_B \;+\!\!\!\to & A^n_{Y4/B4} \;+\!\!\!\to & A^1_{Y4/B4} \\ ? & ? & a,b & \perp \overline{A\ B} \end{array} \qquad (6.25)$$

Substitusi persamaan (6.24) pada persamaan (6.25) mengahasilkan persamaan berikut :

$$\begin{array}{llllll} A_{Y4} = & A''_A \;+\!\!\!\to & A''_{B/A} \;+\!\!\!\to & \overline{A'_{B/A}} \;+\!\!\!\to & \overline{A'_{Y4/B4}} \;+\!\!\!\to & A''_{Y4/B4} \\ ? & a,b & a,b & \perp A\ B & \perp A\ B & a,b \end{array} \qquad (6.26)$$

atau

$$\begin{array}{lllll} A_{Y4} = & A''_C \;+\!\!\!\to & A''_{Y4/C4} \;+\!\!\!\to & \overline{A'_C} \;+\!\!\!\to & \overline{A'_{Y4/C4}} \\ ? & a,b & A,B & \perp A\ B & \perp A\ B \end{array} \qquad (6.27)$$

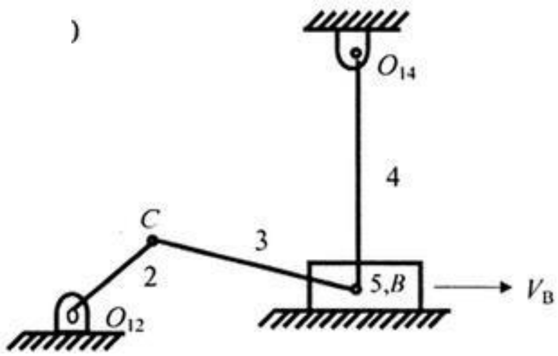
Persamaan (6.26) dan (6.27) menghasilkan (6.28) ;

$$\begin{array}{lllllll} A''_C \;+\!\!\!\to & A''_{Y4/C4} \;+\!\!\!\to & \text{Vektor} \perp O_5 C = & A''_A \;+\!\!\!\to & A''_{B/A} \;+\!\!\!\to & A''_{Y4/B4} \;+\!\!\!\to & \text{Vektor} \perp O_5 \\ a,b & a,b & & a,b & a,b & a,b & \end{array} \qquad (6.28)$$

Sehingga dari persamaan 6.28) didapat harga $A_{Y4.}$ Penyelesaian selanjutnya diserahkan kepada pembaca sebagai latihan.

Contoh soal

1. Pada Gambar berikut terlihat suatu mekanisme. Jika batang hubung 5 bergerak ke arah kanan dengan kecepatan 6 m/s maka tentukanlah :
   a. Kecepatan dan percepatan sudut batang hubung 2,3, dan 4.
   b. Kecepatan dan percepatan titik C.
      Skala Gambar 1 : 10



Gambar 6.18 Batang Hubung 5 Bergerak ke Arah Kanan dengan Kecepatan 6 m/s

Solusi :

Dari skala Gambar :

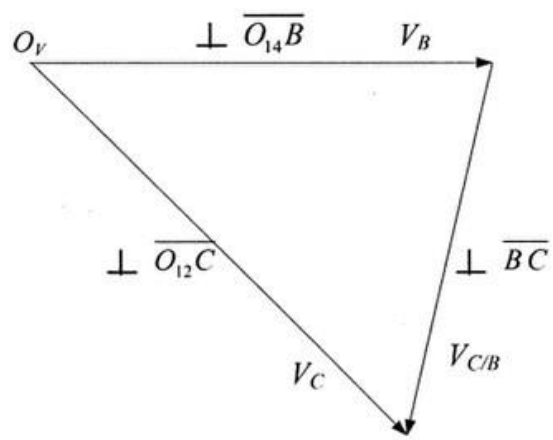
$\overline{O_{12}C} = 0{,}13\ m$: $\overline{O_{14}B} = 0{,}3\ m$:

$\overline{BC} = 0{,}25\ m$

Analisi kecepatan :

$\underset{\perp \overline{O_{12}C}}{V_B = V_C} + \underset{\perp \overline{BC}}{\rightarrow V_{B/C}}$ a,b

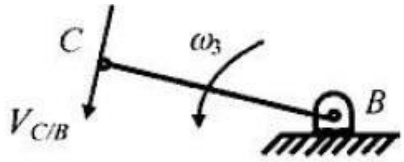
skala 1 cm : m/s



Harga – harga kecepatan :

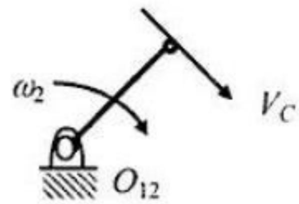
V	=	6,9 m/s
$V_{c/b}$	=	5 m/s

Harga – harga kecepatan sudut :



$$\omega_3 = \frac{V_{C/B}}{\overline{BC}} = \frac{5}{0,25} = 20 \text{ rad/s}$$

$$\omega_4 = \frac{V_B}{\overline{BO_{14}}} = \frac{6}{0,3} = 20 \text{ rad/s}$$



Analisis percepatan :

Percepatan normal:

$$A_B^n = \frac{V_B^2}{\overline{O_{14}B}} = \frac{8^2}{0,3} = 213,33 \text{ m/s}^2$$

$$A_C^n = \frac{V_C^2}{\overline{O_{12}C}} = \frac{6,9^2}{0,13} = 366,23 \text{ m/s}^2$$

$$A_{B/C}^n = \frac{V_{B/C}^2}{\overline{BC}} = \frac{5^2}{0,25} = 100 \text{ m/s}^2$$

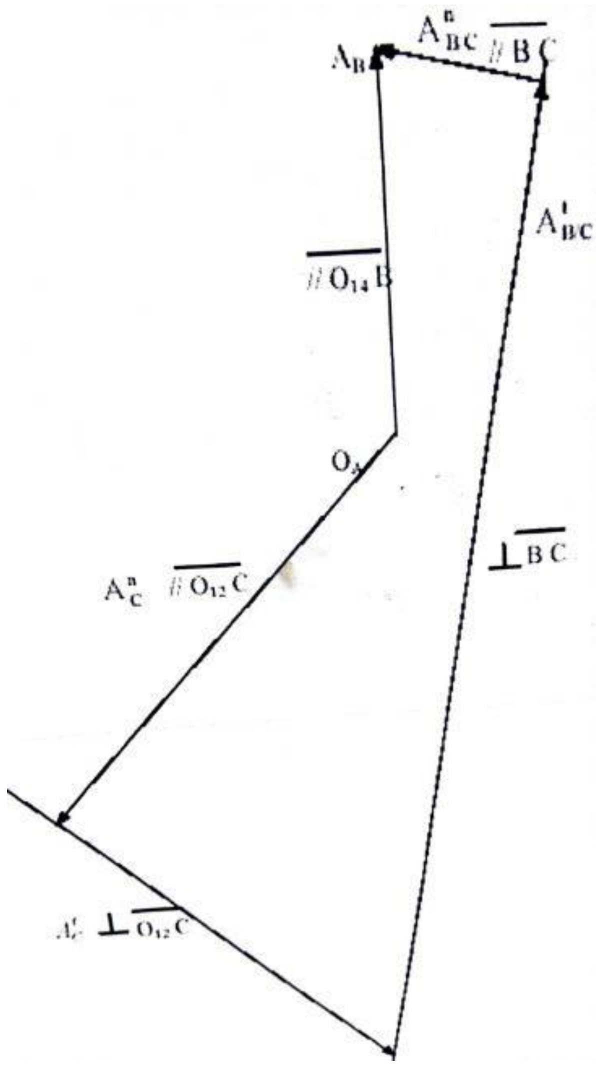
Dengan demikian, persamaan percepatan dapat dituliskan sebagai berkut

$$\begin{array}{ccccccccc} A_B^n & = & A_B & = & A_C^n & \rightarrow\!| & A_C^t & \rightarrow| & A_{B/C}^n \nrightarrow A_{B/C}^t \\ a,b & & a,b & & a,b\perp \overline{O_{12}\,C} & & & & a,b \perp \overline{B\;C} \end{array}$$

Dari persamaan tersebut dapat digambarkan polygon percepatan sehingga dihasilkan harga-harga percepatan sebagai berikut:

$A_C^t = 6,4 * 50 = 320 \text{ m/s}^2$; $A_{B/C}^t = 13,5 * 50 = 675 \text{ m/s}^2$

Skala percepatan 1 cm : 50 m/s^2



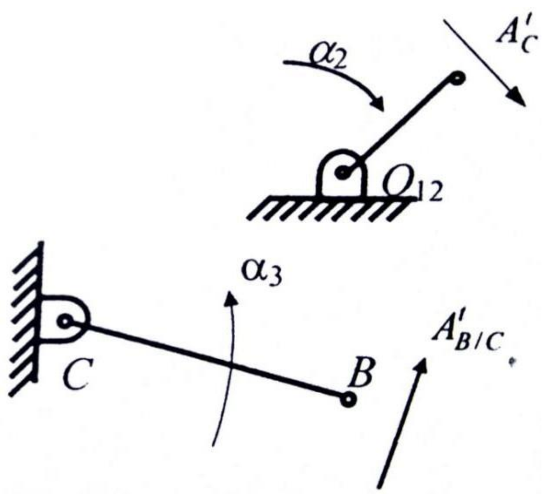
Harga-harga percepatan sudut:

$$\alpha_2 = \frac{A_C^t}{\overline{O_{12}C}} = \frac{320}{0,13}$$

$$= 2461 \text{ rad/s}^2$$

$$= \alpha_3 = \frac{A_{B/C}^t}{\overline{BC}} = \frac{675}{0,25}$$

$$\alpha_4 = 0$$



DAFTAR PUSTAKA

Amirouche. 1992. Computational Methods in Multybody Dynamics. Prentice Hall,Englewood Cliffs, New Jersey.

Erdman, G. Arthur & Sandor N. George. 1997. Mechanisme Desaign. Analysis AndSynthesis. Vol 2. Prentice Hall International, New Jersey.

George, Martin. 1982. Kinematicsand Dynamics of Machines. Mcgraw-Hill, Ltd. Hildebrand, Francis B. 1977. Advanced Calculus for Applications. Prentice Hall of India, New Delhi.

Holowenko, A.R. 1980. Dynamics of Machinery. John Willey & Sons, Inc.

Hutahaean, Ramses Y. 2010. Mekanisme dan Dinamika Mesin. Penerbit ANDI.Yogyakarta.

DAFTAR ISI

BAB I