NURADI, ST., MT.
SAUT PASARIBU, ST., MT.
JOKO PRIHARTONO, ST., MT.

Buku Ajar

KINEMATIKA dan DINAMIKA TEKNIK

Buku Ajar

KINEMATIKA dan DINAMIKA TEKNIK

Buku ajar ini ditujukan untuk matakuliah kinematika dan dinamika yang terdiri dari tiga belas bab, yaitu
Bab 1 membahas konsep dasar kinematika dan dinamika,
Bab 2 membahas sifat-sifat gerakan,
Bab 3 membahas pusat kecepatan sesaat,
Bab 4 membahas tentang mencari kecepatan menggunakan pusat kecepatan sesaat,
Bab 5 membahas tentang menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan relatif,
Bab 6 membahas tentang menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan relatif,
Bab 7 membahas tentang mekanisme engkol peluncur,
Bab 8 membahas tentang mesin powel,
Bab 9 membahas tentang mekanisme penghubung apung,
Bab10 membahas tentang mekanisme empat penghubung,
Bab11 membahasa tentang mekanisme-mekanisme ekuivalen,
Bab 12 membahas tentang gaya-gaya statik dan statika grafis,
Bab 13 membahas tentang gaya-gaya statik dalam mesin.
Untuk memudahkan pemahaman buku ajar ini diberikan soal-soal Latihan dan contoh kasus.

Setelah membaca buku ajar ini anda
akan mudah memahami tentang Kinematika dan Dinamika.

eureka media aksara
Anggota IKAPI
No. 225/JTE/2021

0858 5343 1992
eurekamediaaksara@gmail.com
Jl. Banjaran RT.20 RW.10
Bojongsari - Purbalingga 53362

ISBN 978-623-487-708-3
9 786234 877083

BUKU AJAR KINEMATIKA DAN DINAMIKA TEKNIK

Nuradi, ST., MT.
Saut Pasaribu, ST., MT.
Joko Prihartono, ST., MT.

PENERBIT CV.EUREKA MEDIA AKSARA

BUKU AJAR KINEMATIKA DAN DINAMIKA TEKNIK

Penulis : Nuradi, ST., MT.
Saut Pasaribu, ST., MT.
Joko Prihartono, ST., MT.

Desain Sampul : Ardyan Arya Hayuwaskita

Tata Letak : Rizki Rose Mardiana

ISBN : 978-623-487-708-3

No. HKI : EC00202317057

Diterbitkan oleh: **EUREKA MEDIA AKSARA, DESEMBER 2022**
ANGGOTA IKAPI JAWA TENGAH
NO. 225/JTE/2021

Redaksi:
Jalan Banjaran, Desa Banjaran RT 20 RW 10 Kecamatan Bojongsari Kabupaten Purbalingga Telp. 0858-5343-1992

Surel : eurekamediaaksara@gmail.com

Cetakan Pertama : 2022

All right reserved

Hak Cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun dan dengan cara apapun, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya tanpa seizin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, karena buku ajar Kinematika dan Dinamika Teknik dapat diselesaikan. Buku ajar ini memaparkan teori dasar tentang Kinematika. Buku ini berisikan konsep dasar kinematika, sifat-sifat gerakan, pusat kecepatan sesaat, mencari kecepatan menggunakan pusat kecepatan sesaat, menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan relatif, dan menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan relatif.

Kami sangat menyadari banyak pihak yang telah membantu terselesaikannya buku ajar ini. Terutama kami ucapkan terima kasih kepada para penulis yang menjadi buku acuan kami dalam pembuatan buku ajar ini. Kami menyadari bahwa buku ajar ini sangat jauh dari kata sempurna, maka apabila terdapat kesalahan dalam penulisan ataupun isi dari buku ini, kami mengharap kritik dan saran membangun untuk perbaikan ke depan buku ajar ini.

Penulis,

Tim Dosen

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR GAMBAR.....vii
BAB 1 KONSEP DASAR 1
A. Tujuan.....1
B. Pendahuluan 2
C. Kinematika dan Dinamika sebagai Bagian dari Proses Perencanaan 2
D. Contoh Mekanisme ; Terminologi Dasar 3
E. Pergerakan Mekanisme 4
F. Posisi, Kecepatan dan Percepatan Linear.....8
BAB 2 SIFAT-SIFAT GERAKAN 18
A. Tujuan.....18
B. Lintasan dan Kecepatan Linier 18
C. Perpindahan Sudut dan Kecepatan Sudut.....20
D. Percepatan Linier dan Percepatan Sudut 21
E. Gerakan Absolut dan Gerakan Relatif.....24
BAB 3 PUSAT KECEPATAN SESAAT 27
A. Tujuan.....27
B. Definisi.....27
C. Menentukan Pusat Kecepatan Sesaat 28
D. Berbagai Kondisi Pusat Kecepatan Sesaat.....29
E. Teori Kennedy.....31
F. Jumlah Pusat Kecepatan Sesaat 31
G. Metode Diagram Lingkaran untuk Menentukan Letak Pusat Kecepatan Sesaat.....32
BAB 4 MENCARI KECEPATAN MENGGUNAKAN PUSAT KECEPATAN SESAAT.....36
A. Tujuan.....36
B. Prinsip-Prinsip Dasar 36
C. Mekanisme 4 Batang Hubung.....40
BAB 5 MENENTUKAN KECEPATAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN KECEPATAN RELATIF.....48
A. Tujuan.....48

B. Kecepatan Linier 48
C. Metode Bayangan 51
D. Kecepatan Sudut 52
E. Kecepatan Titik Berimpit 52
BAB 6 MENENTUKAN PERCEPATAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN PERCEPATAN RELATIF 56
A. Tujuan 56
B. Pendahuluan 56
C. Percepatan Normal dan Percepatan Tangensial 57
D. Metode Bayangan 61
E. Percepatan Sudut 61
F. Percepatan Titik Berimpit 62
G. Mekanisme Kontak Menggelinding 64
H. Penggunaan Titik Bantu Untuk Analisis Mekanisme Kompleks 67
BAB 7 MEKANISME ENGKOL PELUNCUR 80
BAB 8 MESIN POWELL 87
A. Mekanisme Penyerut 88
BAB 9 MEKANISME PENGHUBUNG APUNG 91
A. Mekanisme Batang Apung 91
B. Mekanisme Penyerut Termodifikasi 95
BAB 10 PERCEPATAN SEBUAH TITIK YANG BERGERAK MELINGKAR 97
A. Percepatan Penghubung Melingkar 97
B. Percepatan Relatif Dua Buah Titik pada Satu Penghubung Kaku 99
C. Penerapan Persamaan Percepatan Relatif pada Mekanisme Engkol Peluncur 101
BAB 11 MEKANISME EMPAT PENGHUBUNG 105
A. Mesin Powell 108
BAB 12 MEKANISME-MEKANISME EKUIVALEN 111
BAB 13 PEMBAHASAN GAYA-GAYA STATIK DAN STATIKA GRAFIS 117
A. Persamaan Keseimbangan 117
B. Gaya sebagai Vektor 119
C. Kopel 119

D. Tiga Gaya Tak Sejajar dalam Keseimbangan 120
E. Empat Gaya Tak Sejajar dalam Keseimbangan..... 121
F. Lima atau Lebih Gaya Tak Paralel dalam Keseimbangan..... 123
G. Gaya-gaya Paralel 123
BAB 14 GAYA-GAYA STATIK DALAM MESIN 127
A. Bagaimana Gaya-gaya Diberikan dalam Mesin..... 127
B. Mekanisme Engkol Peluncur 129
C. Mekanisme Pres 131
D. Mekanisme Pemasang Paku Keling..... 133
E. Mekanisme Empat Penghubung..... 133
DAFTAR PUSTAKA..... 136
TENTANG PENULIS..... 137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Skema dari Cam yang Mengoperasikan Katup dan Gambar Berikutnya adalah Mekanisme Pukulan 3
Gambar 1. 2 Mekanisme Wiper Kaca Depan dan Gambar Selanjutnya, Mekanisme Truk Sampah dan juga Kerangka Mekanismenya..... 4
Gambar 1. 3 Berbagai Konfigurasi Penghubung dengan Dua Sambungan Putar 4
Gambar 1. 4 Berbagai Konfigurasi dari Dua Sambungan Pasangan Tingkat Tinggi..... 5
Gambar 1. 5 Mobilitas Berbagai Konfigurasi Link Terhubung: (a) n = 3, j1 = 3, j2 = 0, m = 0; (b) n = 4, j1 = 4, j2 = 0, m = 1; (c) n = 4, j1 = 4, j2 = 0, m = 1; (d) n = 5, j1 = 5, j2 = 0, m = 2..... 6
Gambar 1. 6 Pengaruh Link Tambahan pada Mobilitas: (a) m = 1, (b) m = 0, (c) m = -1 6
Gambar 1. 7 Mekanisme yang hanya Melibatkan Selip (a), dan Selip dan Guling (b) 7
Gambar 1. 8 Contoh Pelanggaran Kriteria Kutzbach: (a) n = 5, j1 = 6, j2 = 0, m = 0; (b) n = 5, j1 = 6, j2 = 0, m = 0 7
Gambar 1. 9 Contoh Mekanisme Senyawa dengan Sambungan Koaksial di B 7
Gambar 1. 10 Grafik Perpindahan terhadap Waktu 11
Gambar 1. 11 Garis Acuan dan Percepatan Sudut..... 12
Gambar 1. 12 Contoh Soal 13
Gambar 1. 13 Gambar Kecepatan Relative 14
Gambar 1. 14 Hubungan Dua Buah Titik pada Satu Penghubung Kaku 14
Gambar 1. 15 Gerak yang di Pandang sebagai Kombinasi dari Translasi dan Rotasi..... 16
Gambar 2. 1 Pergerakan Titik P dari A ke B..... 19
Gambar 2. 2 Rotasi 20
Gambar 2. 3 Kecepatan Sudut 21

Gambar 2. 4 Pergerakan dengan Percepatan Sudut α.....23
Gambar 2. 5 Uraian Perubahan Kecepatan ΔV.....23
Gambar 2. 6 Contoh Kecepatan Relatif dan Kecepatan Absolut.....25
Gambar 2. 7 Kecepatan Kendaraan Disuatu Kapal Induk.....26
Gambar 2. 8 Kecepatan Kendaraan Disuatu Kapal Induk Kecepatan Absolut.....26
Gambar 3. 1 Titik Pusat Tetap dan Titik Pusat Bergerak.....28
Gambar 3. 2 Pusat Kecepatan Sesaat yang dapat Berubah-ubah.....29
Gambar 3. 3 Gerak Rotasi.....29
Gambar 3. 4 Gerak Translasi.....30
Gambar 3. 5 Pusat Kecepatan Sesaat pada Benda yang Menggelinding Sempurna.....30
Gambar 3. 6 Pusat Kecepatan Sesaat pada Benda yang Menggelinding Tak Sempurna.....30
Gambar 3. 7 Ilustrasi Teory Kennedy.....31
Gambar 4. 1 Kecepatan Sudut pada Benda yang Sama.....37
Gambar 4. 2 Pusat Kecepatan Sudut Sesaat Sekutu.....37
Gambar 4. 3 Tiga benda yang Terletak pada Sebuah Bidang.....38
Gambar 4. 4 Pusat Kecepatan Sesaat yang Digunakan adalah O_{24}.....39
Gambar 4. 5 Pusat Kecepatan Sesaat yang digunakan adalah O_{34}.....40
Gambar 4. 6 Batang Hubung Berputar dengan Kecepatan $\omega 2$ Berlawanan Arah Jarum Jam.....41
Gambar 4. 7 Vektor VA Membentuk Segitiga.....41
Gambar 4. 8 Vektor kecepatan V_{023} Terkait dengan Batang Hubung 3.....42
Gambar 4. 9 Titik C Terletak Pada Batang Hubung 3.....43
Gambar 4. 10 Batang Hubung O_{12} Berputar dengan Kecepatan Sudut 1.000 rpm Berlawanan Arah Jarum Jam.....45
Gambar 5. 1 Mekanisme Engkol Peluncur.....49

Gambar 5. 2 Titik A Dimodelkan sabagai Titik Tetap dan Kecepatan VB/A Berpusat pada titik A 49
Gambar 5. 3 Batang Hubung (Link) 3 Diperluas Menjadi ΔABC 51
Gambar 5. 4 Kecepatan Vc Ditentukan dengan Memproyeksikan Batang Hubung ABC dalam Bentuk Poligon Kecepatan..... 52
Gambar 5. 5 Mekanisme 4 Batang Hubung..... 53
Gambar 5. 6 Mekanisme dengan 4 Batang Hubung 54
Gambar 6. 1 Batang hubung yang Berputar dengan Kecepatan Sudut w dan Percepatan Sudut α..... 57
Gambar 6. 2 Mekanisme Motor Bakar 1 Silinder Berikut Poligon Kecepatannya..... 58
Gambar 6. 3 Percepatan Normal Mengarah Pusat Lintasan 59
Gambar 6. 4 Tahap Awal Penggambaran Poligon Percepatan..... 59
Gambar 6. 5 Bentuk Setelah Ditambahkan Garis Tegak Lurus AnB/A yang Merupakan Arah AtB/A 60
Gambar 6. 6 Poligon Percepatan 60
Gambar 6. 7 Batang Hubung yang Diperluas ΔABC 61
Gambar 6. 8 Batang Hubung 3 yang Diperluas Beserta Poligon Percepatannya..... 61
Gambar 6. 9 Percepatan Sudut Batang Hubung 3..... 62
Gambar 6. 10 Batang Hubung 2 Berputar Dengan Kecepatan Tetap dari Posisi DF ke DE' Dalam Waktu dt..... 62
Gambar 6. 11 Arah Percepatan Coriolis 63
Gambar 6. 12 Lintasan Cembung..... 64
Gambar 6. 13 Lintasan Cekung 65
Gambar 6. 14 Lintasan Datar..... 66
Gambar 6. 15 Batang Hubung 2 Berputar dengan Kecepatan Sudut 600 rpm Searah Jarum Jam dengan Kecepatan Kecepatan Konstan..... 67
Gambar 6. 16 Titik Bantu..... 74
Gambar 6. 17 Batang Hubung 5 Bergerak ke Arah Kanan dengan Kecepatan 6 m/s 76

Gambar 7. 1 Analisa Kecepatan Mekanisme Engkol Peluncur 80
Gambar 7. 2 Jawab Kecepatan memberikan gambaran dari penghubung-penghubung yang berkaitan 82
Gambar 7. 3 Penyelesaian Kecepatan Mekanisme Empat Penghubung 83
Gambar 7. 4 Contoh Soal 85
Gambar 7. 5 Contoh Soal 86
Gambar 8. 1 Analisa Gerak Mesin Powel 88
Gambar 8. 2 Analisa Kecepatan mekanisme penyerut. Dua buah titik yang berhimpit di perhatikan dalam penyelesaiannya 89
Gambar 8. 3 Penyelesaian Kecepatan roda gigi katup joy 90
Gambar 9. 1 Analisa Kecepatan Memakai Satu Titik Bantu 92
Gambar 9. 2 Analisa Kecepatan Mekanisme Penyerut Termodifikasi, memakai satu titik bantu 96
Gambar 10. 1 Percepatan Sebuah Titik pada Sebuah Penghubung yang Berputar Terhadap Satu Pusat Tetap 98
Gambar 10. 2 Percepatan sebuah titik pada sebuah penghubung dalam gerak bidang 99
Gambar 10. 3 Analisa Percepatan sebuah mekanisme engkol peluncur 103
Gambar 10. 4 (Lanjutan) 104
Gambar 11. 1 Analisa Percepatan sebuah mekanisme empat penghubung 105
Gambar 11. 2 (lanjutan) 108
Gambar 11. 3 Jawab Kecepatan dan Percepatan Mesin Powel 109
Gambar 11. 4 Soal 110
Gambar 12. 1 Sebuah mekanisme ekuivalen kinematic untuk (a) adalah (b) 112
Gambar 12. 2 Mekanisme Ekuivalen kinematic untuk (a) dan (b) 112
Gambar 12. 3 Mekanisme Ekuivalen kinematic untuk bubungan dan pengikut di (a) adalah (b) 113

Gambar 12. 4 Mekanisme Ekuivalen Kinematik 114
Gambar 12. 5 Mekanisme ekuivalen kinematik 114
Gambar 12. 6 Mekanisme ekuivalen kinematik 115
Gambar 12. 7 Mekanisme Ekuivalen Kinematik 115
Gambar 12. 8 Mekanisme Ekuivalen Kinematik 116
Gambar 12. 9 Mekanisme Ekuivalen Kinematik 116
Gambar 12. 10 Mekanisme Ekuivalen Kinematik 116
Gambar 13. 1 Sebuah Kopel yang ddefinisikan sebagai dua buah gaya yang sama besar, parallel dan berlawanan arah 119
Gambar 13. 2 Untuk Memenuhi persamaan persamaan keseimbangan, tiga buah gaya harus memberikan satu polygon gaya tertutup dan harus berpotongan pada satu titik bersama 120
Gambar 13. 3 Gaya F2 dicari harganya, dan gaya F3 dicari arah maupun harganya atau ditentukan dengan tiga arahnya 121
Gambar 13. 4 Sebuah Sistem empat gaya yang direduksi kesuatu system tiga gaya 122
Gambar 13. 5 Persamaan momen diterapkan ke sebuah system tiga gaya parallel yang jawabnya di hasilkan dengan segitiga sgitiga sebangun..... 124
Gambar 13. 6 Metode alternative penyelesaian sebuah system tiga gaya sejajar dengan mengetengahkan komponen komponen yang saling menghilangkan satu dengan lainya, yaitu komponen komponen horisontak S1 dan S2..... 125
Gambar 13. 7 Lokasi dari resultante dua buah gaya sejajar diperoleh © dengan satu persamaan momen, dan (d) dengan menambahkan gaya-gaya yang sama besar, berlawanan arah, segaris kerja yang dapat saling menghilangkan satu dengan yang lainnya 125

Gambar 13. 8 Penambahan dua gaya yang sama besar, berlawanan arah, dan segaris kerja untuk menentukan lokasi dari resultante dua buah gaya yang berpotongan dilar kertas. Prosedur dapat juga diterapkan ke gaya gaya sejajar.....126
Gambar 14. 1 Gaya Gaya diberikan melalui roda roda gigi 128
Gambar 14. 2 Diagram benda bebas sebuah mekanisme engkol peluncur 131
Gambar 14. 3 Sistem gaya gaya yang diberikan pekerja pada sebuah mekanisme pres 132
Gambar 14. 4 Diagram benda bebas untuk mekanisme press. * Arah diperoleh dengan metode pada halaman sebelumnya 132
Gambar 14. 5 Analisa gaya untuk roda gigi, penghubung 4, dan polygon gaya lengkapnya 133
Gambar 14. 6 a,b Mekanisme Empat penghubung, dengan gaya gaya yang bekerja pada penghubung penghubung terisolasi. Terdapat Sembilan arah dan Sembilan persamaan keseimbangan.....134
Gambar 14. 7 Analisa Penghubung 3 dan 4, dengan enam arah dan enampersamaan keseimbangan 134
Gambar 14. 8 d,e Polygon gaya untuk penghubung 3 dan polygon gaya lengkap.....135

BAB 1 KONSEP DASAR

A. Tujuan

Mata kuliah ini merupakan lanjutan dari statika dan dinamika. Dalam kinematika dan dinamika mesin dan mekanisme, penekanan bergeser dari mempelajari konsep-konsep umum menjadi ilustratif untuk mengembangkan metode dan melakukan analisis desain nyata. Tujuan kinematika adalah untuk untuk mengubah gerak menjadi jenis gerakan tertentu yang dapat diterapkan di dunia permesinan.

Misalnya, suatu objek dipindahkan dari titik A ke titik B sepanjang suatu lintasan. Pertanyaan yang mungkin terlintas dalam menyelesaikan masalah ini adalah sebagai berikut:

1. Mekanisme seperti apa (jika ada) yang dapat digunakan untuk melakukan ini? Dan juga bagaimana fungsinya?
2. Bagaimana seseorang merancang mekanisme seperti itu?

Tujuan dari dinamika adalah analisis perilaku mesin tertentu atau mekanisme ketika mengalami gaya dinamis. Untuk contoh di atas, ketika mekanisme sudah diketahui, maka gaya eksternal diterapkan dan juga gerakannya akan dipelajari.

Dalam merancang mekanisme, ukuran, bentuk, dan berat benda semuanya harus dituangkan dalam proses desain dan tentunya Semua ini akan mempengaruhi ukuran mekanisme. Ada pertimbangan lain juga, seperti kecepatan mendekati titik B. Hasil dari penyelidikan ini dapat mempengaruhi baik konfigurasi atau jenis mekanisme.

B. Pendahuluan

Dalam perancangan konstruksi mesin mencakup beberapa subjek antara lain statika, kekuatan bahan, kinematika dan dinamika. Tahapan awal dalam perancangan mesin dimaksudkan untuk memenuhi aspek kekuatan dan kekakuan. Sebuah komponen mesin dirancang untuk tidak patah dan tidak bengkok. Dalam mata kuliah statika struktur telah dipelajari gaya-gaya yang bekerja pada komponen-komponen mesin. Gaya-gaya tersebut adalah gaya statik yang antara lain disebabkan oleh berat komponen itu sendiri maupun gaya aksi dari komponen lain yang tersambung dengan komponen yang bersangkutan. Gaya-gaya statik diperoleh ketika mesin dalam keadaan diam.

Aspek lain yang mendapat perhatian lebih besar karena adanya pemakaian mesin-mesin kecepatan tinggi adalah efek-efek dinamik yang diakibatkan oleh kecepatan tinggi. Dalam hal ini, komponen mesin bukan hanya menerima gaya-gaya statik, tetapi juga gaya-gaya dinamik yang diakibatkan oleh bergeraknya komponen yang bersangkutan. Untuk mesin-mesin kecepatan tinggi, gaya dinamik yang ditimbulkan bahkan jauh lebih besar dari gaya-gaya statik.

Kinematika adalah ilmu yang mempelajari gerak suatu benda, yang meliputi penentuan kecepatan dan percepatannya. Sedangkan Dinamika adalah ilmu yang menentukan gaya-gaya yang terjadi akibat bergeraknya suatu benda.

C. Kinematika dan Dinamika sebagai Bagian dari Proses Perencanaan

Peran kinematika adalah untuk memastikan fungsional dari suatu mekanisme, sementar peran dinamika adalah untuk memastikan penerimaan gaya induksi di mekanisme tersebut. Selanjutnya Fungsional dan gaya induksi tersebut nantinya akan bergantung pada berbagai kendala (spesifikasi) yang akan diterapkan pada perencanaan. Lihatlah contoh cam yang mengoperasikan katup (Gambar 1.1).

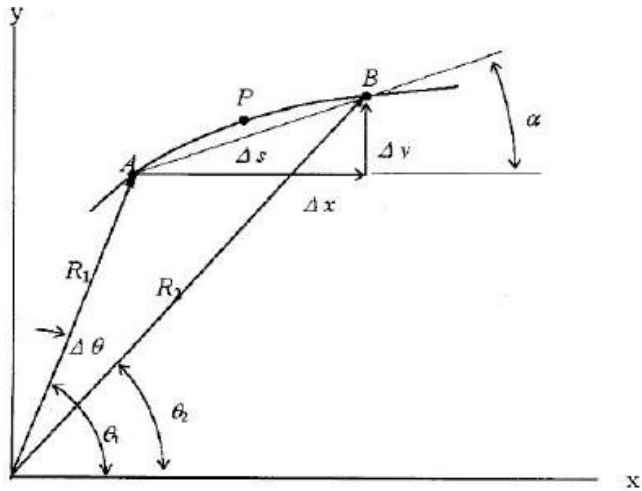
BAB 2 SIFAT-SIFAT GERAKAN

A. Tujuan

1. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan lintasan dan kecepatan liner.
2. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan perpindahan sudut dan kecepatan sudut.
3. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan percepatan linier dan percepatan sudut.
4. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan gerakan absolut dan gerakan relatif.

B. 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

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

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

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:

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

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

BAB 3 PUSAT KECEPATAN SESAAT

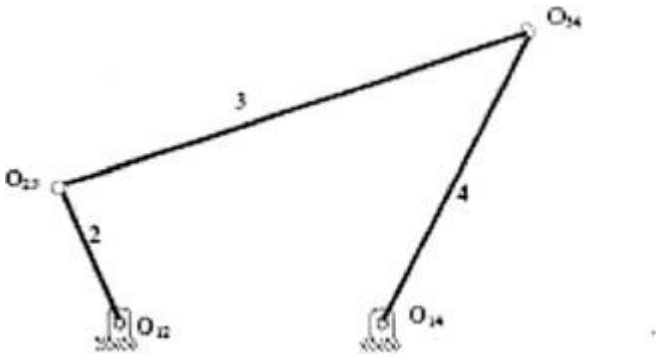
A. Tujuan

1. Mahasiswa mampu memahami dan menentukan pusat kecepatan sesaat.
2. Mahasiswa mampu memahami berbagai kondisi pusat kecepatan sesaat.
3. Mahasiswa mampu memahami dan menjelaskan teori kennedy.
4. Mahasiswa mampu mengetahui jumlah pusat kecepatan sesaat.
5. Mahasiswa mampu memahami metode diagram lingkaran untuk menentukan letak pusat kecepatan sesaat.

B. 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 jia batang 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

C. 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 :

1. Semua titik pada benda tersebut akan mempunyai pusat kecepatan sesaat yang sama.
2. Pusat kecepatan sesaat terletak pada garis yang tegak lurus dengan arah kecepatan titik tersebut. Tentunya, garis tersebut ditarik dari titik yang kita tinjau.
3. 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

BAB 4

MENCARI KECEPATAN MENGGUNAKAN PUSAT KECEPATAN SESAAT

A. Tujuan

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

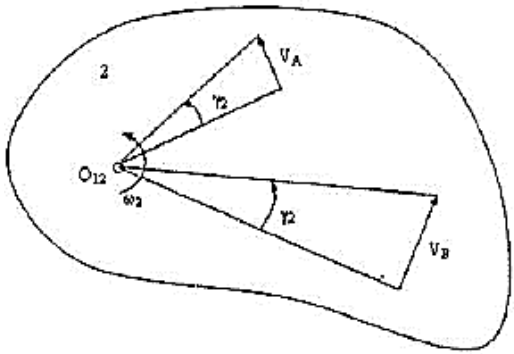
B. Prinsip-Prinsip Dasar

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 :

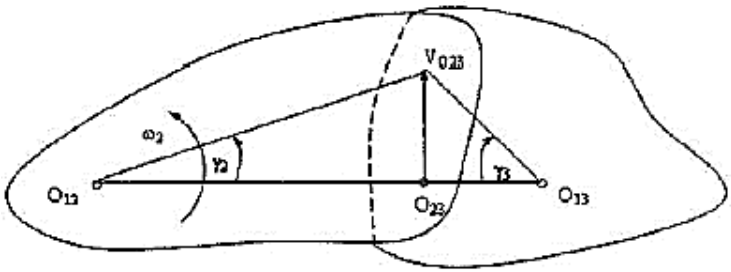
1. Besar kecepatan linier titik-titik pada suatu benda berputar berbanding lurus dengan jari-jari putarannya. Adapun jari-jari putaran sebuah titik adalah jarak titik tersebut terhadap pusat sesaatnya.
2. Kecepatan linier sebuah titik tegak lurus dengan jari-jari putarannya.
3. Kecepatan sudut yang bersumber 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

4. 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 menggunakan prinsip-prinsip dasar yang telah dijelaskan sebelumnya, kita dapat menentukan kecepatan sudut benda lainnya.

BAB 5

MENENTUKAN KECEPATAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN KECEPATAN RELATIF

A. Tujuan

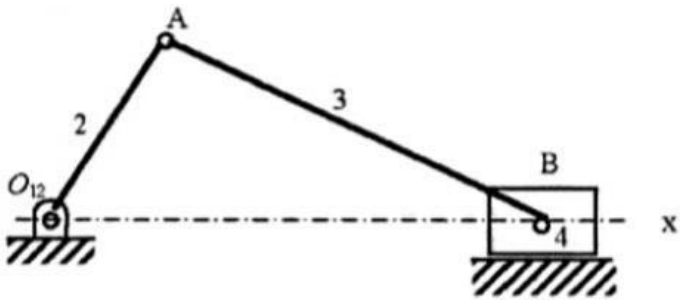
1. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan linier.
2. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan metode bayangan.
3. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan sudut.
4. Mahasiswa mampu menentukan kecepatan menggunakan persamaan kecepatan titik berimpit.

B. 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).

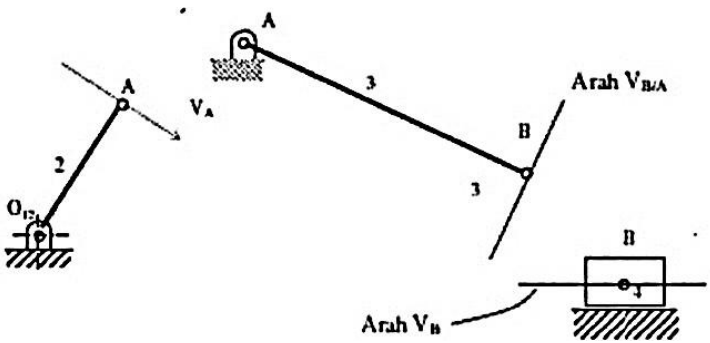
Berikut ini akan diberikan contoh penentuan kecepatan dengan menggunakan persamaan vektor kecepatan secara grafis.Pada Gambar 5.1 tampak mekanisme engkol peluncur. Kita umpamakan kecepatan sudut batang hubung 2 adalah ω_2 berlawan arah jarum jam. Arah dan besaran kecepatan titik A terletak pada batang hubung 2 yang berputar terhadap satu 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 VB/A Berpusat pada titik A

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

$$V_B = V_A \longrightarrow V_{B/A}$$

a a,b ⊥AB

di mana:

a = arahnya diketahui

b = besar vektor diketahui

BAB 6

MENENTUKAN PERCEPATAN MENGGUNAKAN PERSAMAAN PERCEPATAN RELATIF

A. Tujuan

1. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan normal dan percepatan tangensial.
2. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan metode bayangan.
3. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan sudut.
4. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan percepatan titik berimpit.
5. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan persamaan mekanisme kontak menggelinding.
6. Mahasiswa mampu menentukan percepatan menggunakan titik bantu untuk analisa mekanisme kompleks.

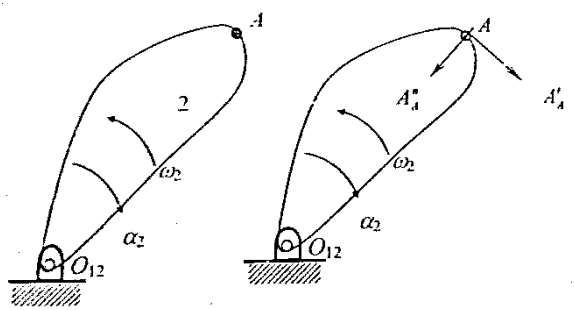
B. Pendahuluan

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.

C. 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 Percepatan Sudut α

Pada Gambar tersebut diuraikan bahwa percepatan absolut titik A:

$A_A = A_A{}^n + \rightarrow A_A{}^t$ (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:

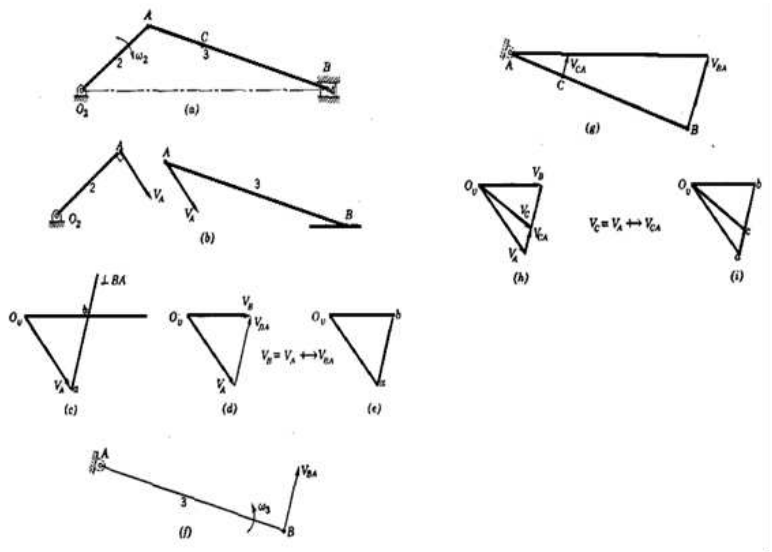
$$A_A{}^t = \alpha_2 \times \overline{O_{12}\ A}$$

Untuk lebih memahami penerapan persamaan percepatan relatif pada mesin atau mekanisme, perhatikan Gambar 6.2. Gambar tersebut merupakan suatu mekanisme motor bakar 1

BAB 7

MEKANISME ENGKOL PELUNCUR

Mekanisme yang paling sederhana untuk dipelajari adalah mekanisme engkol peluncur segaris seperti yang ditunjukkan gambar (7.1). Semua dimensi mekanisme dianggap sudah diketahui dan batang-batang penghubung digambar sesuai dengan skalanya. Analisa didasarkan pada posisi sesaat seperti digambarkan karena diagram vektor dibuat berdasarkan gambar.



Gambar 7. 1 Analisa Kecepatan Mekanisme Engkol Peluncur

Misalkan diketahui kecepatan sudut penghubung 2 berputar searah jarum jam dengan kecepatan sudut ω_2, radian per detik.

Kecepatan titik A berputar terhadap titik O_2, dapat dihitung dengan $V_A = O_2 A \omega_2$

Penghubung 2 dan penghubung 3 diperlihatkan terpisah dalam gambar 4-1b, dengan kecepatan yang sudah diketahui. Kecepatan titik B dapat diketahui dari $V_B = V_A + V_{BA}$

Besaran-besaran yang diketahui adalah:

- Besar V_A ($V_A = O_2 A \omega_2$)
- Arah V_A.(Tegak lurus terhadap batang 2)
- Arah V_B (titik B bergerak dalam satu garis horizontal)
- Arah V_{BA} (tegak lurus ke garis antara B dan A)

Besaran-besaran yang belum diketahui adalah:

- Harga V_B
- Harga V_{BA}

Diagram vektor dimulai pada titik awal O_v, dalam gambar 2-1c digambarkan posisinya dalam satu skala. Persamaan vektor menyatakan bahwa sebuah vektor yang tegak lurus terhadap garis antara B dan A ditambahkan ke V_A, sama dengan resultante yang berupa sebuah vektor dalam arah gerak titik B. Titik B dalam gambar 2-1c memenuhi interpretasi persamaan vektor. Gambar 2-1c digambarkan kembali seperti ditunjukkan dalam gambar 2-1d untuk memperlihatkan arah masing-masing vektor. Kecepatan masing-masing titik dinyatakan dengan poligon kecepatan dengan menghilangkan kepala panah seperti gambar 2-1e. Kecepatan masing-masing titik adalah garis yang menghubungkan titik O dengan huruf yang berkaitan, misalnya a dan b. Kecepatan sudut penghubung 3 dapat diperoleh berdasarkan gambar 2-1e. Penghubung 3 diisolasi (gambar 2-1f) dimana digunakan V_{BA} kerena titik A dipandang diam. Penghubung 3 berutar melawan arah jarum jam dengan kecepatan sudut $\omega_3 = V_{BA}/BA$

Misalkan diingini mengetahui kecepatan titik C pada penghubung 3, kita dapat lagi menerapkan persamaan kecepatan $V_C = V_A + V_{CA}$

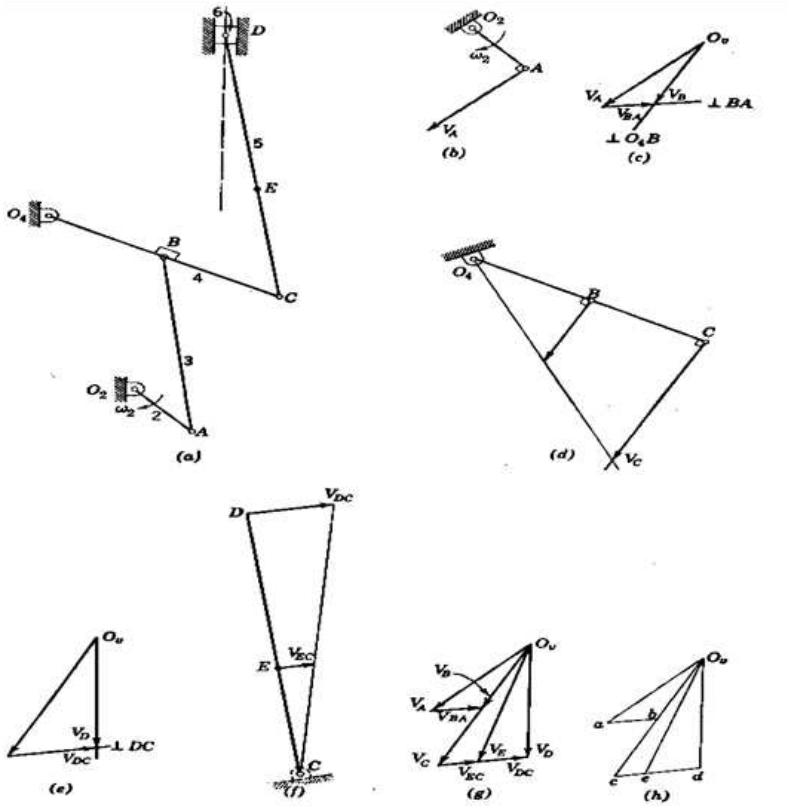
BAB 8 | MESIN POWELL

Sebuah mekanisme yang mengkombinasikan mekanisme engkol peluncur dan mekanisme empat penghubung, diperlihatkan dalam gambar 4-4a. Kecepatan sudut penghubung 2, ω_2, misaln4ya diketahui. Diinginkan kecepatan titik *E* pada penghubung 5.
Langkah penyelesaiannya adalah :

- $V_A = O_2 A \omega_2$, seperti ditunjukkan dalam gambar 4-4b.
- $V_B = V_A + V_{BA}$, penyelesaiannya ditunjukkan dalam gambar 4-4c
- $\frac{V_C}{O_4 C} = \frac{V_B}{O_4 B}$, diilustrasikan dalam gambar 4-4d
- $V_D = V_C + V_{DC}$, penyelesaiannya ditunjukkan dalam gambar 4-4e
- $V_E = V_C + V_{EC}$, dimana $\frac{V_{EC}}{V_{DC}} = \frac{EC}{DC}$ dan V_{EC} diperoleh dari gambar 4-4f

Gambar 4-4g memperlihatkan gambar gabungan, dan gambar 4-4h memperlihatkan gambar gabungan dengan panah yang telah dihilangkan.

Tugas 2:
Tunjukkanlah bahwa penghubung-penghubung 3, 4, dan 5 berputar searah jarum jam



Gambar 8. 1 Analisa Gerak Mesin Powel

A. Mekanisme Penyerut

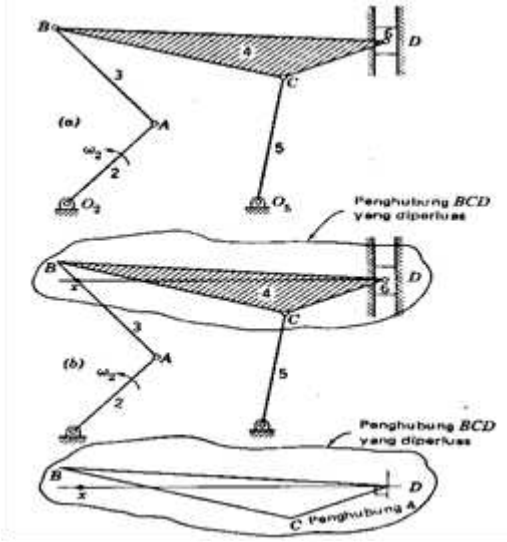
Sebuah susunan skematis mekanisme penyerut ditunjukkan dalam gambar 3-1a. Penghubung 2 berputar terhadap sebuah pusat tetap O_2. Sebuah balok penghubung 3 terpasang dengan pena pada ujung enghubung 2, dimana balok dapat berputar terhadap penghubung 2. Penghubung 3 mempunyai alur sehingga penghubung ini dapat meluncur di sepanjang penghubung 4. Misalkan kecepatan sudut penghubung 2 telah diketahui.

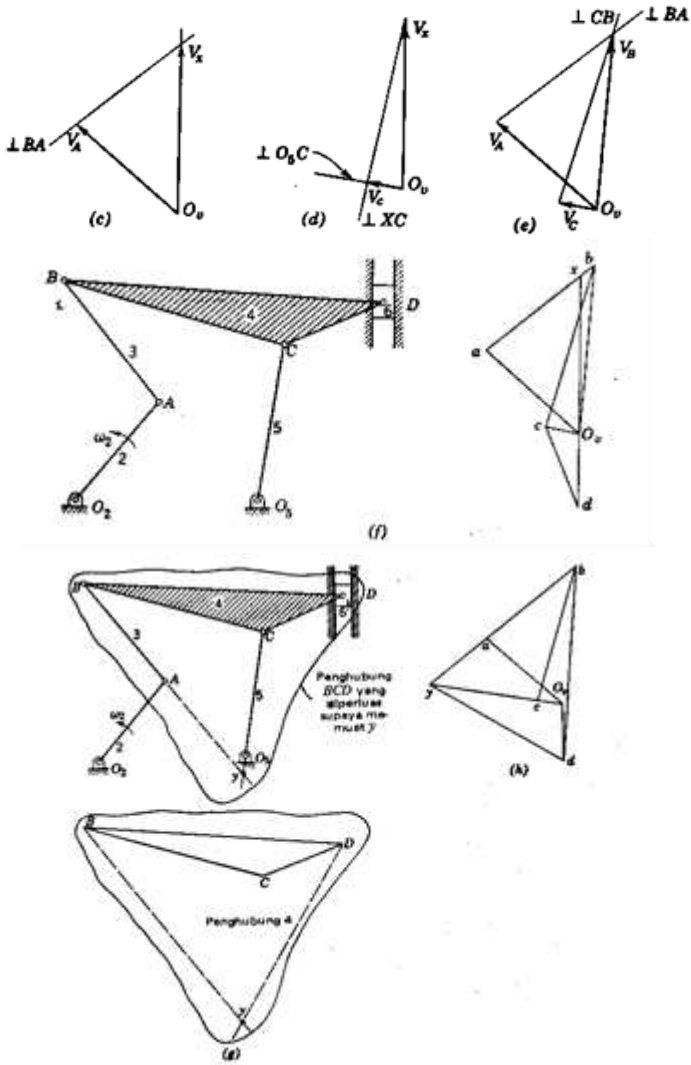
BAB 9

MEKANISME PENGHUBUNG APUNG

A. Mekanisme Batang Apung

Mekanisme yang memperlihatkan batang apung adalah "Balok Jalan" Watt, yang kecepatan-kecepatannya tidak dapat ditangani secara langsung seperti cara-cara yang telah dibahas. Penghubung 4 dipandang sebagai "penghubung apung", yaitu penghubung yang tidak mempunyai pusat perputaran tetap. Diingini kecepatan titik D jika diketahui kecepatan sudut ω_2 (gambar 4-1a).





Gambar 9. 1 Analisa Kecepatan Memakai Satu Titik Bantu

Langkah-langkah penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

$$V_A = O_2 A \omega_2 \quad (1)$$

$$V_B = V_A + V_{BA} \quad (2)$$

BAB 10

PERCEPATAN SEBUAH TITIK YANG BERGERAK MELINGKAR

A. Percepatan Penghubung Melingkar

Sebuah penghubung, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6-1a berputar terhadap titik tetap O_2, dengan suatu kecepatan sudut ω radian per detik ke arah melawan putaran jam dan percepatan sudut α. Jarak antara O_2 dan B ditentukan R. Garis O_2-B membuat sudut θ dengan sumbu x. Diinginkan percepatan total titik B.

Kecepatan titik B dalam arah x dan y adalah

$$V_B{}^x = -R\omega \sin\theta$$

$$V_B{}^y = R\omega \cos\theta$$

Diferensiasi kedua persamaan terhadap waktu adalah

$$\frac{dV_B{}^x}{dt} = -R\left[\omega(\cos\theta)\frac{d\theta}{dt} + (\sin\theta)\frac{d\omega}{dt}\right]$$

$$\frac{dV_B{}^y}{dt} = R\left[\omega(-\sin\theta)\frac{d\theta}{dt} + (\cos\theta)\frac{d\omega}{dt}\right]$$

Persamaan diatas dapat ditulis dalam bentuk

$$A_B{}^x = -R\omega^2 \cos\theta - R\alpha \sin\theta$$

$$A_B{}^y = -R\omega^2 \sin\theta + R\alpha \cos\theta$$

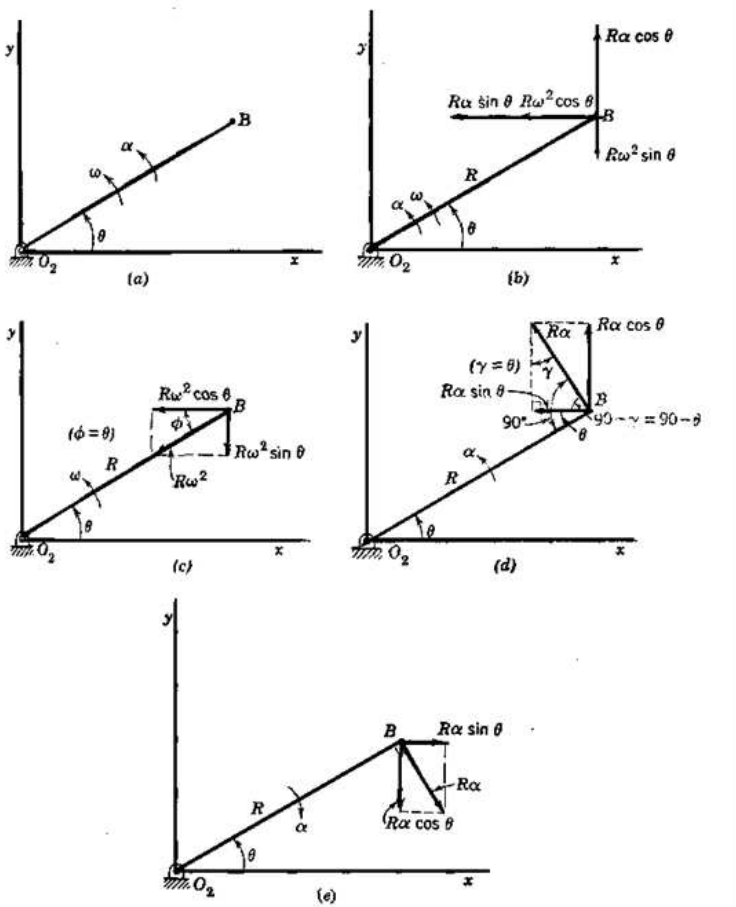
Arah vektor masing-masing percepatan diperlihatkan ada gambar 6-1b. Penjumlahan vektornya memberikan ercepatan titik B

$$A_B = \left(R\omega^2 \cos\theta + R\omega^2 \sin\theta\right) + \left(R\alpha \sin\theta + R\alpha \cos\theta\right)$$

$$A_B = R\omega^2 + R\alpha$$

Komponen $R\omega^2$ disebut percepatan normal yang arahnya selalu menuju pusat perputaran(radial). Sedangkan komponen $R\alpha$ disebut percepatan tangensial yang arahnya tegak lurus terhadap jari-jari yang keduanya dihitung dalam radian erdetik per detik $\left(rad/dt^2\right)$. Karena kedua komponen percepatan tersebut saling tegak lurus, maka percepatan titik B adalah

$$A_B = \left[\left(R\omega^2\right)^2 + \left(R\alpha\right)^2\right]^{1/2}$$

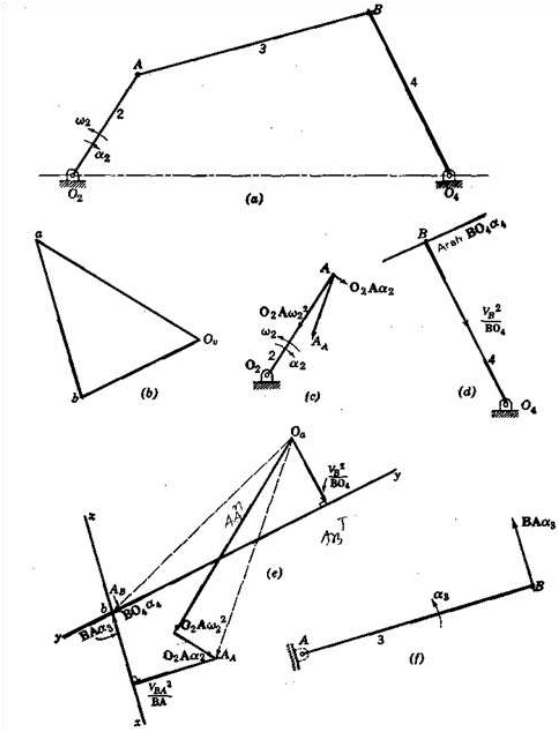


Gambar 10. 1 Percepatan Sebuah Titik pada Sebuah Penghubung yang Berputar Terhadap Satu Pusat Tetap

BAB 11

MEKANISME EMPAT PENGHUBUNG

Mekanisme empat penghubung diperlihatkan pada gambar 7-2a, dimana diketahui batang 2 berputar dengan kecepatan sudut sesaat ω_2 melawan putaran jarum jam dan berkurang kecepatannya sebesar α_2. Hal ini bisa diartikan percepatan α_2 searah putaran jarum jam. Poligon kecepatannya ditunjukkan dalam gambar 7-2b.



Gambar 11. 1 Analisa Percepatan sebuah mekanisme empat penghubung

Percepatan titik A adalah

$$A_A = O_2 A \omega_2^{\ 2} + O_2 A \alpha_2$$

dan vektor-vektornya digambarkan pada gambar 7-2c.

Untuk menentukan percepatan titik B, dipakai hubungan

$$A_B = A_A + \frac{V_{BA}^{\ 2}}{BA} + BA\,\alpha_3$$

Setiap besaran diinterpretasikan dalam langkah-langkah berikut.

- A_B ; besar tidak diketahui, arah tidak diketahui
- A_A ; besar diketahui, arah diketahui
- $\frac{V_{BA}^{\ 2}}{BA}$; besar diketahui, arah diketahui (dihitung dari poligon kecepatan)
- $BA\,\alpha_3$; besar tidak diketahui, arah diketahui yaitu tegak lurus antara garis A dan B.

Sehingga terdapat tiga anu yang tidak diketahui dalam persamaan vektor diatas, yaitu besar dan arah A_B, dan besar $BA\,\alpha_3$. Perlu untuk mendapatkan kondisi lain agar dapat memecahkan persamaan. Untuk mengerjakan ini, pisahkan penghubung 4 seperti ditunjukkan dalam gambar 7-2d. Karena B berputar terhadap satu titik tetap O_4, maka percepatan B dapat dinyatakan dengan

$$A_B = O_4 B \omega_4^{\ 2} + O_4 B \alpha_4$$

Atau seperti berikut ini, karena $\omega_4 = V_B / O_4 B$ maka

$$A_B = \frac{V_B^{\ 2}}{O_4 B} + O_4 B \alpha_4$$

Dengan demikian diperoleh persamaan

$$\frac{V_B^{\ 2}}{O_4 B} + O_4 B \alpha_4 = A_A + \frac{V_{BA}^{\ 2}}{BA} + BA\,\alpha_3$$

Besaran-besaran dalam persamaan diatas dapat didapatkan seperti diuraikan dibawah ini

BAB 12

MEKANISME-MEKANISME EKUIVALEN

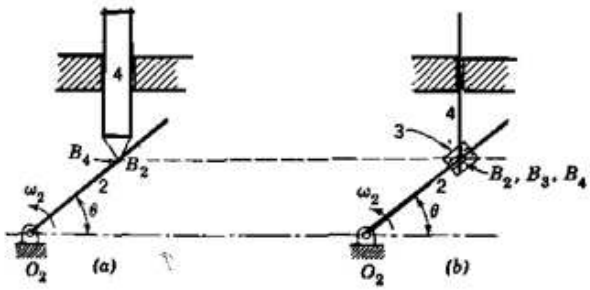
Untuk menentukan percepatan relatif, perlu untuk mengetahui lintasan yang ditempuh suatu titik. Mekanisme-mekanisme yang mempunyai permukaan rol atau cam luncur, penyelesaiannya bisa agak rumit karena adanya kesulitan dalam penentuan persamaan analitis dalam lintasan gerakan relatif.

Dalam kasus-kasus semacam ini, pemakaian sebuah mekanisme ekuivalen dapat menghilangkan kesulitan dan memberikan jawaban yang diinginkan. Mekanisme ekuivalen semacam ini didefinisikan sebagai mekanisme yang memberikan gerak identik dengan bagian yang dianalisa, seperti yang ditemukan dalam mekanisme aslinya.

Contoh-contoh ilustratif berikut tidak diperlukan untuk dianalisa, tetapi akan membantu memperbaiki gambaran kita mengenai sistem untuk suatu penilaian gerak yang lebih cepat.

Kasus I

Gambar 11-1a memperlihatkan penghubung 2 berputar pada suatu kecepatan sudut tertentu, sedangkan penghubung 4 bergerak dengan translasi murni. Gambar 11-1b memperlihatkan suatu mekanisme ekuivalen dimana gerak penghubung 4 sesuai dengan gerakan mekanisme aslinya meskipun telah ditambahkan penghubung 3.



Gambar 12. 1 Sebuah mekanisme ekuivalen kinematic untuk (a) adalah (b)

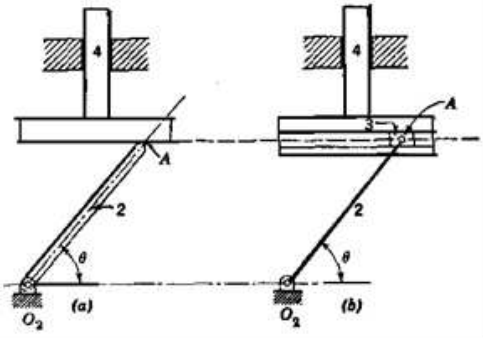
Percepatan penghubung 4 diperoleh dari

$$A_{B_3} = A_{B_2} + A_{B_3B_3} + 2u\omega_2$$

dimana B_3 adalah titik pada peluncur (dan juga sebuah titik pada penghubung 4), dan B_2 adalah titik pada penghubung 2 yang berippit dengan B_3. Harga A_{B_3} tidak diketahui dan harga $A_{B_3B_2}$ tidak diketahui. Besaran-besaran lainnya diketahui, sehingga dapat diperoleh suatu penyelesaian vektor.

Kasus II

Gambar 11-2a memperlihatkan modifikasi dari kasus I. Gambar 11-2b memperlihatkan mekanisme ekuivalennya.



Gambar 12. 2 Mekanisme Ekuivalen kinematic untuk (a) dan (b)

BAB 13

PEMBAHASAN GAYA-GAYA STATIK DAN STATIKA GRAFIS

Mempelajari gaya-gaya dalam mesin melibatkan dua jenis gaya, yang dapat diklasifikasikan sebagai gaya-gaya statik dan gaya-gaya dinamik. Dalam bab berikutnya akan ditunjukkkan bahwa gaya-gaya dinamik dapat ditangani sebagai suatu sistem gaya yang statik. Oleh karena itu akan diberikan suatu pembahasan singkat mengenai prinsip-prinsip dasar analisa gaya statik. Analisa grafis gaya-gaya mesin akan digunakan karena kesederhanaannya dalam penyelesaian satu persoalan, khususnya untuk mesin-mesin yang lebih kompleks. Perlu dicatat bahwa analisa grafis mengenai gaya-gaya merupakan suatu penerapan langsung dari persamaan-persamaan keseimbangan.

A. Persamaan Keseimbangan

Sebuah mesin adalah suatu obyek tiga dimensi, dengan gaya-gaya yang bekerja ada dalam tiga dimensi. Dalam beberapa mesin, gaya-gaya dapat dipandang bekerja dalam satu bidang, seperti halnya sebuah mekanisme engkol peluncur. Dalam beberapa mesin yang lain, gaya-gaya bekerja dalam bidang-bidang paralel seperti yang dapat diilustrasikan oleh sebuah mekanisme empat penghubung di mana satu penghubung (atau lebih) dibuat ber-ofset untuk menghindarkan perpotongan komponen-komponen. Dalam beberapa mesin yang lain lagi, gaya-gaya bekerja dalam berbagai bidang, seperti dapat diilustrasikan oleh sebuah pereduksi kecepatan cacing dan roda gigi cacing yang meneruskan daya ke sebuah roda gigi kerucut. Dalam kejadian apapun, suatu analisa lengkap harus menunjukkan bahwa untuk keseimbangan, gaya-gaya dalam bidang apapun harus seimbang dan momen dari gaya-gaya

terhadap suatu sumbu harus seimbang. Jika gaya-gaya bekerja dalam bidang-bidang sejajar, analisa gaya dapat dilakukan dengan memproyeksikan gaya-gaya ke dalam suatu bidang acuan tunggal tanpa kesalahan apapun; demikian pula analisa momen dapat dilakukan dengan memproyeksikan gaya-gaya ke dalam beberapa bidang. Maka secara umum untuk suatu sistem tiga dimensi, sebuah analisa lengkap dapat dilakukan dengan memproyeksikan gaya-gaya ke dalam tiga bidang yang saling tegak lurus.

Untuk setiap bidang acuan jumlah vektor dari gaya-gaya yang bekerja adalah nol dan bahwa momen gaya-gaya terhadap suatu sumbu yang tegak lurus ke bidang acuan atau terhadap satu titik dalam bidang, adalah nol untuk keseimbangan. Kedua kondisi ini dinyatakan dengan

$$\Sigma \vec{F} = 0$$
$$\Sigma M = 0 \qquad (1)$$

Persamaan-persamaan ini adalah persamaan-persamaan Newton untuk kasus khusus sebuah badan dalam keadaan diam, atau bergerak dengan suatu kecepatan konstan, yang membatasi keseimbangan.

Suatu alternatif dalam menyatakan hubungan-hubungan yang sama untuk gaya-gaya dalam bidang yaitu

$$\Sigma F_x = 0$$
$$\Sigma F_y = 0$$
$$\Sigma M_o = 0 \qquad (2)$$

di mana komponen-komponen gaya yang saling tegak lurus dalam arah-arah x dan y dipandang telah menggantikan gaya-gaya resultante.

Masih ada beberapa cara lain dalam menyatakan persamaan-persamaan keseimbangan, tetapi bentuk-bentuk yang diberikan di atas akan menjadi satu-satunya cara yang akan digunakan dalam materi ini karena dengan mudah dapat diterapkan ke suatu penyelesaian grafis.

BAB 14

GAYA-GAYA STATIK DALAM MESIN

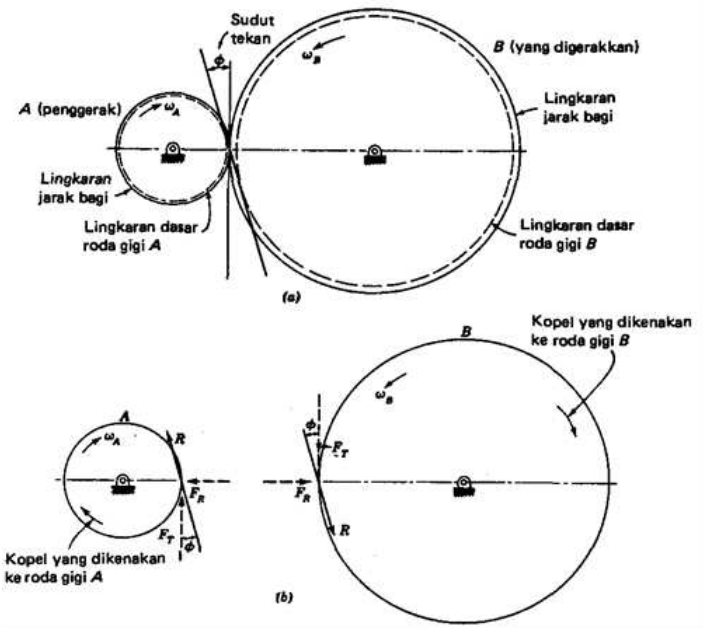
Gaya-gaya yang bekerja pada anggota mesin dapat muncul dari beberapa sumber yang berbeda : berat komponen, gaya-gaya dari energi yang ditransmisikan, gaya-gaya perakitan, gaya-gaya dari beban yang dikenakan, gaya-gaya gesek, gaya-gaya dari perubahan temperatur, gaya-gaya tumbuk, gaya-gaya pegas, dan gaya-gaya inersia. Masing-masing dan kesemua gaya ini harus diperhatikan dalam rancangan akhir sebuah mesin. Untuk mengamati efek dari gaya-gaya yang lain, mahasiswa disarankan untuk membaca buku-buku mengenai perancangan mesin.

A. Bagaimana Gaya-gaya Diberikan dalam Mesin

Gaya-gaya diberikan atau diteruskan melalui roda gigi, pena, poros, komponen luncur, dan bermacam-macam penghubung yang membentuk sebuah mesin.

Kasus a. Roda gigi. Karena terbatasnya tempat, maka tidak memungkinkan untuk memberikan suatu penjelasan yang lengkap mengenai semua jenis roda gigi dan komponen-komponen gaya yang bekerja pada roda gigi. Pembahasan dalam bab ini hanya pada roda gigi lurus sederhana dimana gaya yang diteruskan antara dua roda gigi mempunyai arah di sepanjang garis yang tegak lurus ke permukaan gigi di titik kontak, apabila gesekan diabaikan. Garis normal bersama semacam ini disebut garis tekan untuk gigi-gigi dengan profil involut. Biasanya digunakan sudut tekan standar sebesar $14\frac{1}{2}$ dan 20 derajat. Gambar 13-1a memperlihatkan dua buah roda gigi , A dan B. Roda gigi A adalah penggerak, dan roda gigi B adalah roda gigi yang digerakkan. Ditunjukkan sudut tekan ϕ.

Gambar 13-1b memperlihatkan gaya resultante, R, yang bekerja melalui titik jarak bagi dan komponen-komponen radial dan tangensial, F_T dan F_R , dari gaya resultante.



Gambar 14. 1 Gaya Gaya diberikan melalui roda roda gigi

Kasus b. Pena. Jika gesekan dan berat pena diabaikan, maka gaya-gaya yang bekerja pada sebuah pena harus melalui pusat pena. Gambar 13-1a memperlihatkan sebuah pena di sebuah penghubung dengan setiap gaya diferensial tegak lurus ke permukaan dan melalui pusat pena. Konsekuensinya, gaya resultante harus melalui pusat pena, seperti ditunjukkan dalam Gambar 13.1b.

Jika gesekan diperhatikan, gaya resultante pada pena tidak lagi melalui pusat pena, tetapi terpisah dari pusat dalam suatu jarak yang memberikan suatu torsi yang sama dengan torsi gesekan. Lokasi persisnya dari gaya resultante akan dibahas kemudian, yaitu dalam sub-bab mengenai gesekan.

Anggota luncur. Anggota mesin yang umum lainnya adalah peluncur, atau torak, atau kepala silang seperti ditunjukkan secara skematis dalam gambar 13.1a. Gaya-gaya reaksi tegak lurus ke permukaan yang berkontak, jika gesekan

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 And Synthesis. 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.

TENTANG PENULIS

Nuradi, ST., MT.

Dosen tetap Teknik Mesin Universitas Tama Jagakarsa, Jakarta Selatan, menyelesaikan Pendidikan program Sarjana Teknik Mesin (ST) di Universitas Mercubuana, Jakarta (2012) dan menyelesain program Magister Teknik Industri (MTI) di Universitas Mercubuana, Jakarta (2015).

Pengalaman bekerja di PT. Garuda Metalindo (2000 – 2012) sebagai Workshop staff, PT. Hino Motor Manufacture Indonesia (HMMI) sebagai Foreman Machining di bagian Pre Set Tools (2013), di PT. John Crane Indonesia sebagai Logistic Analyst & Supply dan QHSE Coordinator (2013 -2017), di PT. Fluid Science Dynamics Indonesia sebagai Operation Manager (2017).

Pelatihan yang pernah diikuti :Ahli K3 Umum Kemenakertrans di PT. Indohes Magna Persada.Pelatian Lead Auditor di PT. Asia Cipta Management.

Saut Pasaribu, ST., MT.

Dosen program studi Teknik Mesin, S1 Universitas Tama Jagakarsa. Menyelesaikan program Studi Teknik Mesin S1, Universitas Sumatera Utara dan melanjutkan Studi Magister teknik di Universitas Indonesia

Joko Prihartono, ST., MT.

Meraih gelar Sarjana Teknik Mesin (ST) di Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) konsentrasi Teknik Produksi (2001) dan gelar Magister Teknik Mesin (MT) di Institut Sains dan Teknologi Nasional (ISTN) konsentrasi Enjiniring Produk dan Manufaktur (2011). Saat ini sebagai dosen tetap di Program Studi Teknik Mesin (S1) Universitas Tama Jagakarsa.

REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka pelindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	:	EC00202317057, 25 Februari 2023
Pencipta		
Nama	:	**Nuradi, Saut Pasaribu dkk**
Alamat	:	Jl. Jelambar Utama VI No. 28 RT. 01/04 Kel. Jelambar Baru Kec. Grogol Petamburan Jakarta Barat DKI Jakarta, Jakarta Barat , DKI JAKARTA, 11460
Kewarganegaraan	:	Indonesia
Pemegang Hak Cipta		
Nama	:	**Nuradi, Saut Pasaribu dkk**
Alamat	:	Jl. Jelambar Utama VI No. 28 RT. 01/04 Kel. Jelambar Baru Kec. Grogol Petamburan Jakarta Barat DKI Jakarta, Jakarta Barat , DKI JAKARTA, 11460
Kewarganegaraan	:	Indonesia
Jenis Ciptaan	:	**Buku**
Judul Ciptaan	:	**Buku Ajar Kinematika Dan Dinamika Teknik**
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	:	12 Desember 2022, di Purbalingga
Jangka waktu pelindungan	:	Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung selama 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia, terhitung mulai tanggal 1 Januari tahun berikutnya.
Nomor pencatatan	:	000449980

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

a.n Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia
Direktur Jenderal Kekayaan Intelektual
u.b.
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri

Anggoro Dasananto
NIP.196412081991031002

Disclaimer:
Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan surat pernyataan, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.