

Mekanisme Gerak Translasi Bolak-Balik dengan Ulir Silang

Joni Dewanto

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Ninuk Jonoaji

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Studi tentang mekanisme adalah hal yang sangat penting dalam merencanakan suatu mesin agar menghasilkan gerakan yang efektif dan tepat. Untuk mengubah gerak berputar menjadi gerak translasi bolak-balik pada dasarnya dapat dilakukan dengan beberapa cara. Masing-masing memiliki keunikan tersendiri. Akan tetapi biasanya tidak untuk langkah yang panjang dan memiliki efek dinamik yang besar.

Problem tersebut dapat diatasi dengan mekanisme ulir silang sebagaimana power screw tanpa mengubah arah putaran masukannya. Gerak balik terjadi karena adanya perubahan sudut ulir dari positif menjadi negatif dibagian ujung screw secara gradual. Dengan perubahan sudut ulir yang parabolik (fungsi kuadrat) pada interval sudut putar screw yang maksimum maka efek dinamik karena perubahan kecepatan tersebut dapat diminimalkan

Kata kunci : mekanisme gerak bolak-balik

Abstract

It is very important to study mechanism in a machine design in order to get an effective and precise movement. There are many ways to convert rotation into reciprocating motion. Each way has unique characteristics. However usually not for long stroke and they have dynamics problem.

This problem can be overcome by the cross-screw mechanism without alternating rotation input. Reciprocating motion is produced due to the changing of the screw angle from positive to negative gradually at the end of the screw. Dynamics effect can also be minimized by designing this changing parabolically in maximum rotation angle interval.

Keywords : reciprocating mechanism

1. Pendahuluan

Mekanisme merupakan bagian dari rancangan suatu mesin yang berkaitan dengan kinematika batang, cam gear dan gear train sedemikian menghasilkan suatu keluaran gerak yang diinginkan. Dengan demikian studi tentang mekanisme menjadi hal yang sangat penting tidak hanya untuk menghasilkan unjuk kerja mesin yang efektif dan konstruksi yang baik tetapi juga mudah pengendaliannya.

Mekanisme dari suatu mesin sebenarnya hanya terdiri dari tiga macam gerakan yaitu gerak translasi, rotasi dan gabungan dari dua macam gerakan tersebut. Biasanya daya masukan yang diterima mesin berupa torsi dan putaran yang kontinu sementara gerak keluaran yang diinginkan dapat bervariasi

tergantung proses yang diinginkan. Beberapa mesin menginginkan keluaran gerak rotasi atau translasi yang tidak kontinu (intermiten) atau kontinu akan tetapi tidak pada tingkat kecepatan sebagaimana masukannya. Untuk itu diperlukan suatu mekanisme peubah gerak.

Dalam pemakaiannya banyak sekali mesin atau proses yang memerlukan gerak bolak-balik seperti mesin pres, proses pemotongan, mengangkat/memindahkan, pengumpanan dsb. Mengubah gerak rotasi menjadi gerak translasi atau sebaliknya diketahui dapat dilakukan dengan beberapa cara akan tetapi pada umumnya tidak dapat untuk langkah yang panjang tanpa merubah arah masukannya. Bahkan beberapa mekanisme mempunyai problem dinamik.

Tulisan ini akan membahas suatu mekanisme peubah gerak rotasi menjadi gerak translasi yang bolak-balik dengan putaran masukan yang konstan yaitu dengan ulir silang. Salah satu keunikan dari mekanisme ini adalah

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

bahwa mekanisme ini memiliki langkah translasi yang relatif panjang sebagaimana mekanisme power screw tetapi tidak perlu merubah arah masukannya. Mekanisme ini mempunyai konstruksi yang sederhana dan gaya inersia yang terjadi karena perubahan kecepatan baliknya dapat dapat dikendalikan dengan merencanakan fungsi perubahan sudut ulir yang baik.

2. Mekanisme Peubah Gerak Rotasi-Translasi

Beberapa mekanisme pengubah gerak rotasi menjadi gerak translasi secara skematis ditunjukkan sebagaimana gambar 1 di bawah.

Mekanisme slider-crank terdiri dari empat batang. Putaran masukan dapat berubah menjadi keluaran yang bergerak translasi bolak-balik karena adanya mekanisme crank (2) dan connecting rod (3). Mekanisme demikian akan menghasilkan gerak bolak-balik yang sinusoidal dan biasanya hanya untuk langkah yang pendek.

Cam dan follower biasanya juga cocok hanya untuk menghasilkan gerak bolak-balik dengan langkah yang pendek. Gerakan maju-mundur terjadi karena kontur cam yang berubah radiusnya. Kontur cam pada dasarnya dapat dirancang sehingga menghasikan gerak maju mundur dengan fungsi yang sangat bervariasi bahkan dapat juga dirancang untuk menghasilkan gerak yang intermiten.

Untuk menghasilkan langkah yang relatif panjang biasanya dipakai mekanisme rack dan pinion. Dengan putaran masukan yang arahnya tetap mekanisme ini tidak dapat menghasilkan gerakan balik. Sehingga untuk menghasilkan gerakan balik maka memerlukan masukan yang refersibel.

Mekanisme power screw pada prinsipnya sama seperti mur dan baut dimana power screw berfungsi mur dan carried (yang digerakkan) berfungsi sebagai bautnya. Jika screw berputar ditempat (tidak bergerak aksial) maka carried akan bergerak aksial relatif terhadap screw tersebut. Sama seperti mekanisme rack-pinion mekanisme power screw juga tidak dapat balik jika masukannya tidak refersibel.

Gerak bolak-balik juga dapat diperoleh dari mekanisme summing linkage. Mekanisme ini terdiri dari swash plate, piston atau slider dengan connecting rodnya serta rumah piston atau slide ways yang berotasi bersama putaran swash plate. Untuk menghasilkan gerak piston maju mundur swash plate tidak dipasang tegak terhadap sumbu poros sehingga ketika

swash plate berputar posisi piston akan berubah terhadap rumahnya dan terjadi gerak translasi.

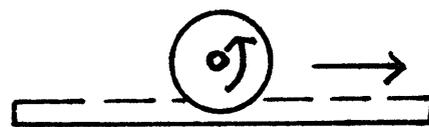
Cara lain untuk mendapatkan gerak translasi adalah dengan memasang carried diatas sebuah belt atau rantai conveyor. Mekanisme ini dapat dirancang untuk langkah yang panjang dan dapat balik tanpa merubah arah putaran masukannya. Akan tetapi gerak bolak baliknya tidak terjadi pada satu garis melainkan pada garis lain yang sejajar.



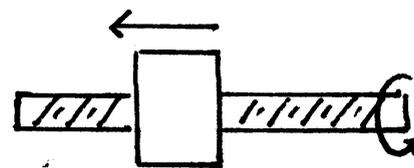
(a) Slider crank



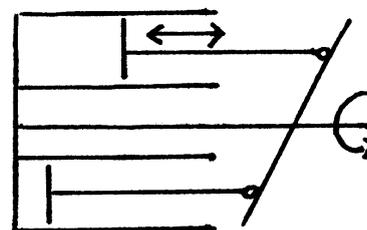
(b) Cam-follower



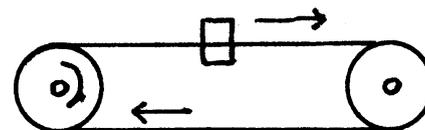
(c) Rack pinion



(d) Power screw



(e) Summing linkage



(f) Belt/chain drive

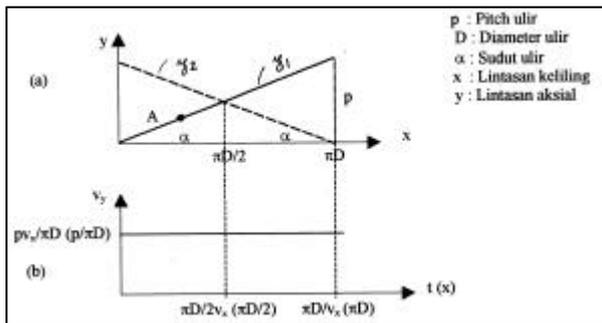
Gambar 1. Mekanisme Rotasi-Translasi

3. Mekanisme Gerak Bolak-balik pada Ulir Silang

Untuk menghasilkan gerak bolak balik mekanisme ini terdiri dari sebuah power screw dengan ulir ganda yang bersilangan dan carried yang berulir tunggal. Di kedua ujung dari screw sudut ulirnya berubah dari sebesar α menjadi $-\alpha$ sehingga carried akan berubah arah (maju-mundur) setelah melewati ujung tersebut. Secara teoritik perubahan sudut ulir dapat dirancang dalam selang sudut putar antara nol hingga 2π radian. Panjang langkah yang diinginkan dipenuhi dengan membuat screw yang panjang pula. Dengan demikian mekanisme ini dapat dipakai untuk menghasilkan gerak translasi yang relatif panjang sebagaimana power screw akan tetapi dapat menghasilkan gerakan balik tanpa mengubah arah putaran masukan.

Kinematika Gerak Maju/Mundur

Geometri ulir power screw pada langkah maju untuk satu kali putar (2π) jika direntangkan pada bidang datar dapat ditunjukkan sebagai mana gambar 2 di bawah. Untuk satu kali putar maka lintasan ulirnya adalah πD . A mewakili titik pada carried yang bergerak relatif terhadap screw. Jika screw dianggap sebagai bagian yang tidak berputar maka A berputar mengikuti lintasan screw dengan kecepatan keliling V_x dan bergerak aksial dengan kecepatan V_y .



Gambar 2. Kinematika gerak maju dan mundur pada bidang datar

Bila putaran screw konstan maka V_x juga konstan. Sebagaimana gb.2 (a) lintasan aksial carried y_1 dapat ditulis sbb :

$$y_1 = \frac{p}{\pi D} x \quad (1)$$

Karena V_x konstan maka secara kinematika lintasan keliling ulie dapat ditulis $x = V_x \cdot t$

dimana t adalah waktu gerak. Sehingga y_1 dapat dinyatakan sebagai fungsi waktu t

$$y_1 = \frac{p}{\pi D} v_x \cdot t \quad (2)$$

Dengan demikian kecepatan gerak kearah y (V_y) dapat diperoleh dengan menurunkan persamaan 2 terhadap waktu.

$$(v_y)_1 = \dot{y}_1 = \frac{p v_x}{\pi D} \quad (3)$$

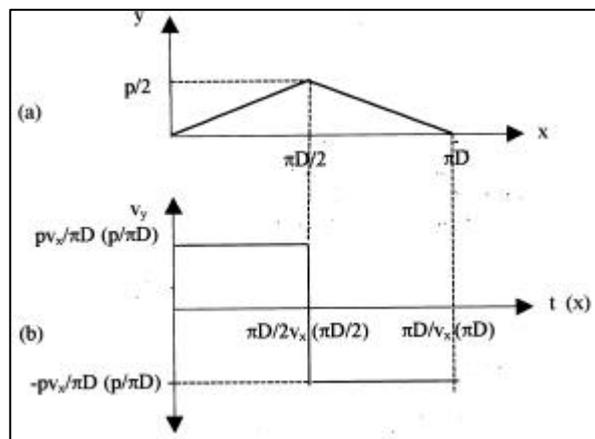
Persamaan 3 menunjukkan bahwa kecepatan carried kearah aksial tidak merupakan fungsi waktu (konstan) sehingga percepatan carried selama gerak maju sama dengan nol. Kurva kecepatan dapat digambar sebagai fungsi x atau fungsi t dengan bentuk yang sama. $X = \pi D$ terjadi pada $t = \pi D / V_x$.

Carried akan bergerak mundur ketika sudut ulir lintasan A adalah $-\alpha$. Analog dengan analisa di atas maka gerak mundur carried juga memiliki kecepatan sama seperti gerak maju.

$$(v_y)_2 = \dot{y}_2 = -\frac{p v_x}{\pi D} \quad (4)$$

Kinematika Gerak Balik

Jika perubahan sudut ulir pada bagian ujung screw terjadi dalam interval sudut putar yang sangat kecil maka geometri ulir disekitar titik balik ditunjukkan sebagaimana gambar 3. Gambar tersebut merupakan gabungan antara gerak maju dan gerak mundur masing masing dalam interval sudut putar π radian atau $x = \pi D / 2$. Gerakan balik terjadi di titik potong antara lintasa maju dan lintasan mundur. Sehingga kecepatan gerak balik tersebut dapat ditunjukkan sebagaimana gambar 3 (b) dimana gerak maju berubah menjadi gerak mundur dengan mendadak sebagaimana fungsi step.

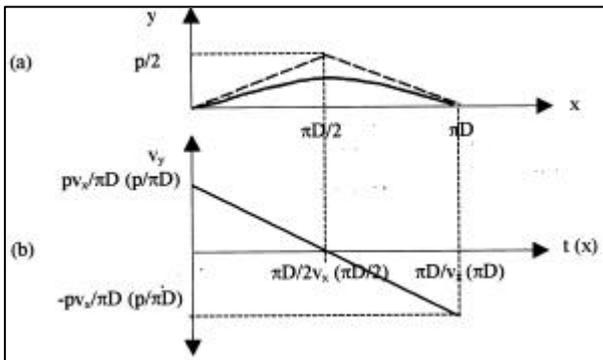


Gambar 3. Kinematika Gerak Balik

Perubahan kecepatan dalam waktu yang singkat demikian akan menimbulkan percepatan yang besar dan dapat menimbulkan problem dinamik. Untuk itu lintasan disekitar titik balik perlu direncanakan sebaik-baiknya agar diperoleh gerakan yang halus tidak terjadi sentakan. Perubahan sudut ulir + menjadi - secara gradual disekitar titik balik dapat dirancang dengan fungsi parabolik, sinus, atau fungsi lingkaran..

4. Kinematika Gerak Balik Dengan Fungsi Parabolik

Perubahan sudut ulir dari power screw sebagaimana dijelaskan di depan pada dasarnya dapat dirancang dalam interval sudut putar dari 0 hingga 2π radian. Bila perubahan sudut ulir terjadi dalam interval sudut putar yang semakin kecil maka akan menghasilkan mekanisme gerak balik yang semakin menyentak mendekati sebagaimana kasus di atas. Perubahan sudut ulir yang parabolik dalam interval sudut putar 2π radian dapat diturunkan sebagaimana gambar di bawah.



Gambar 4. Mekanisme Gerak Balik Dengan Fungsi Parabolik

Secara umum fungsi parabolik tersebut dapat dirumuskan sebagai $y = ax^2 + bx + c$. Konstanta konstanta a,b dan c diperoleh dari syarat geometri sbb :

1. $y = 0$ untuk $x = 0$ atau $x = \pi D$
2. Garis singgung kurva y dititik $(0,0)$ sama dengan koefisien arah garis $y1 = p/\pi D$
3. Garis singgung kurva y di titik $(0,\pi D)$ sama dengan koefisien arah garis $y2 = -p/\pi D$

Dengan ketiga kondisi di atas maka diperoleh persamaan parabolik

$$y = -\frac{P}{(pD)^2}x^2 + \frac{P}{pD}x \tag{5}$$

Jika v_x konstan maka $x = v_x t$ sehingga y dapat dinyatakan sebagai fungsi t

$$y = -\frac{pv_x^2}{(pD)^2}t^2 + \frac{pv_x}{pD}t \tag{6}$$

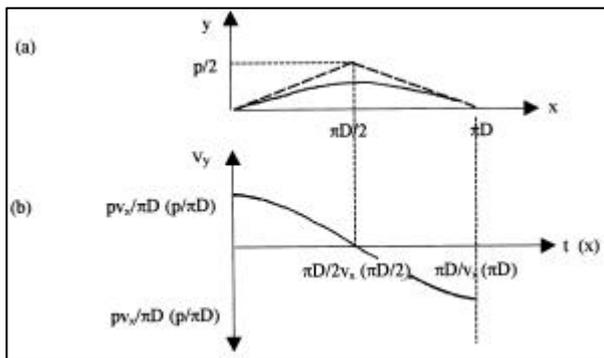
Dengan demikian persamaan gerak A (carried) kearah aksial sepanjang sumbu screw disekitar titik balik dapat diturunkan dari persamaan tersebut terhadap waktu t .

$$\dot{y} = v_y = -\frac{2pv_x^2}{(pD)^2}t + \frac{pv_x}{pD} \tag{7}$$

Plot kurva kecepatan ini ditunjukkan pada gambar 4 (b). Nampak di sana bahwa dari posisi sudut putar 0 hingga 2π ($t=\pi D/v_x$ atau $x= \pi D$) kecepatan aksial dari carried berubah dari $pv/\pi D$ makin kecil hingga sama dengan nol ti titik $\pi D/2$ dan membesar negatif menjadi $-v/\pi D$ di titik $t= \pi D/v_x$ secara linear. Jika percepatan adalah turunan dari kecepatan terhadap waktu maka percepatan disekitar titik balik pada mekanisme ini tetap tidak berubah.

5 Kinematika Gerak Balik Dengan Fungsi Sinusoidal

Perubahan sudut ulir sebagai fungsi sinus secara umum ditulis sebagai $y = Y \sin \Pi x/(L/2)$ dimana $L = 2\pi D$ dan Y adalah amplitudo dari fungsi perubahan tersebut. Y dapat diperoleh dari syarat geometri bahwa pada titik $(0,0)$ garis singgung kurva y harus sama dengan koefisien arah garis $y1$. Sehingga diperoleh $Y = p/\Pi$.



Gambar 5. Mekanisme Gerak Balik Dengan Fungsi Sinus

Dengan demikian maka persamaan dari perubahan sudut ulir sebagai fungsi x adalah dalam interval sudut ulir 2π radian adalah :

$$y = \frac{P}{p} \sin \frac{x}{D} \tag{8}$$

Untuk kecepatan V_x yang konstan y dapat dinyatakan sebagai fungsi t. Analog dengan analisa sebelumnya maka turunan y sebagai fungsi t tidak lain adalah persamaan kecepatan aksial carried sepanjang sumbu screw. Persamaan tersebut dapat ditulis sbb :

$$\dot{y} = v_y = \frac{pv_x}{pD} \cos \frac{v_x}{D} t \tag{9}$$

Kurva di atas ditunjukkan sebagaimana gambar 5 (b). Nampak bahwa kecepatan carried berubah dengan fungsi cosinus dalam interval sudut putar antara 0 hingga 2π . Jika turunan dari fungsi kecepatan adalah percepatan maka percepatan disekitar titik balik pada kondisi mekanisme ini tidak tetap akan tetapi berubah sebagai fungsi sinus.

6 Kinematika Gerak Balik Dengan Fungsi Lingkaran

Jika perubahan sudut ulir dibuat sebagai fungsi lingkaran maka persamaan tersebut dapat ditulis sbb :

$$(y - a)^2 + (x - b)^2 = R^2 \tag{10}$$

(R : Radius lingkaran)

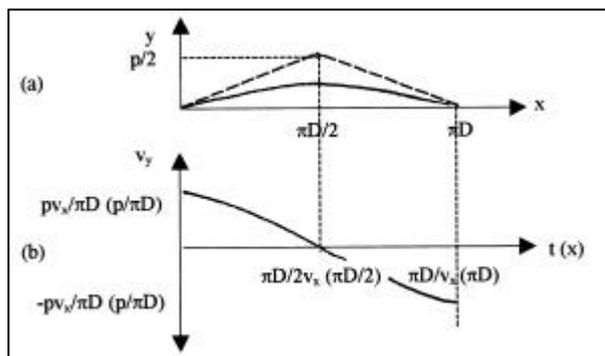
dimana

$$R^2 = pD \sqrt{\left(\frac{pD}{2p}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} \quad a = -\frac{(pD)^2}{2p} \quad \text{dan}$$

$$b = \frac{pD}{2}$$

Sehingga $y = a + \sqrt{R^2 - (x - b)^2}$ Jika $x = vt$ maka y dapat diturunkan terhadap waktu t. yaitu persamaan gerak dari kecepatan carried kearah aksial sepanjang sumbu screw.

$$\dot{y} = v_y = \frac{1}{2} \frac{-2v_x t + 2bv_x t}{\sqrt{R^2 - (v_x t - b)^2}} \tag{11}$$



Gambar 6. Mekanisme Gerak Balik Dengan Fungsi Lingkaran

Kecepatan aksial akan berharga nol jika penyebut dari persamaan diatas nol, yaitu terjadi pada $t = b$ atau t dimana $x = \pi D/2$. Kecepatan pada t dimana $x = 0$ dan $x = \pi D$ dapat dicek dengan memasukan harga $t = 0$ dan $t = \pi D/v_x$ pada persamaan kecepatan tersebut. Kurva kecepatan sebagai fungsi t atau x ditunjukkan pada gambar 6 (b).

7. Kesimpulan

1. Mekanisme ulir silang dapat mengubah gerak rotasi menjadi translasi bolak-balik tanpa mengubah arah putaran masukannya dengan langkah yang relatif panjang sebagaimana power screw.
2. Efek dinamis karena perubahan kecepatan yang mendadak di daerah titik balik dapat dihindari dengan membuat perubahan sudut ulir sebagai fungsi kwadrat atau fungsi sinus pada rentang sudut putar yang maksimum.
3. Perubahan sudut ulir dengan fungsi parabolik (kwadrat) menghasilkan perubahan kecepatan yang teratur secara linear sehingga efek dinamik karena perubahan kecepatan tersebut dapat diminimalkan.

Daftar Pustaka

1. George E Dieter, *Engineering Design*, Macmillan Publishing Co, Inc, New York, 1991.
2. Samuel Douhgty, *Mechanics of Machines*, John Willey & Sons, New York, 1988.
3. Hamilton H Mabie; Charles F Reinholtz, *Mechanism and Dynamics of Machinery*, John Willey & Sons, New York, 1987
4. Aaron D Deutschman, *Machine Design*, Macmillan Publishing Co, Inc, New York, 1975.
5. Holowenko, *Dynamics of Machinery*, John Willey & Sons, New York, 1955.