

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M7-014 Analisis Model *Vibrating Conveyor* 2 Derajat Kebebasan

Lovely Son dan Meifal Rusli¹

¹ Laboratorium Dinamika Struktur Jurusan Teknik Mesin UNAND
Kampus UNAND Limau Manis, Padang, 25163

ABSTRAK

Vibrating conveyor sering digunakan di industri sebagai alat pemindah material padat karena konstruksinya yang sederhana serta mampu memindahkan material panas dan bersifat abrasif. Kelemahan utama dari *vibrating conveyor* konvensional adalah konsumsi energi dan polusi getaran ke lingkungan yang cukup besar. Untuk mengatasi masalah tersebut, pada penelitian ini diusulkan *vibrating conveyor* dua derajat kebebasan (2 DOF). *Vibrating conveyor* ini dirancang menggunakan prinsip peredam getaran dinamis (*Dynamic Vibration Absorber*). Berdasarkan hasil simulasi didapatkan bahwa *vibrating conveyor* 2 DOF yang diajukan pada penelitian ini lebih efisien dan menghasilkan transmisi gaya yang lebih kecil dibandingkan *vibrating conveyor* konvensional.

Keywords: *vibrating conveyor*, *DVA*, *2 DOF*, *getaran*

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Pendahuluan

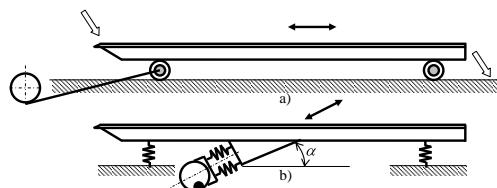
Vibrating conveyor banyak digunakan sebagai alat pemindah material padat di berbagai cabang industri seperti industri pengolahan makanan, industri kimia dan bahan sintetis dan industri pembuatan kertas [1-4].

Salah satu kelemahan dari *vibrating conveyor* konvensional adalah efisiensi yang rendah dan transmisi getaran ke lingkungan yang cukup besar. Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa peneliti telah mengajukan *vibrating conveyor* dua derajat kebebasan menggunakan prinsip eksitasi pada landasan [5-7]. Modifikasi konveyor menjadi sistem dua derajat kebebasan ini menghasilkan transmisi getaran yang lebih kecil dibandingkan dengan konveyor konvensional. Akan tetapi, kelemahan utama dari *vibrating conveyor* ini adalah: garis kerja gaya eksitasi yang diberikan harus melalui titik berat lantai atas konveyor. Kondisi ini sangat sulit didapatkan di lapangan karena titik berat dari *conveyor* selalu berubah seiring dengan perubahan posisi material yang dipindahkan.

Untuk mengatasi masalah di atas, pada penelitian ini diajukan modifikasi dari *vibrating conveyor* dua derajat kebebasan dengan gaya eksitasi horisontal bekerja pada massa tumpuan.

2. *Vibrating Conveyor* Konvensional

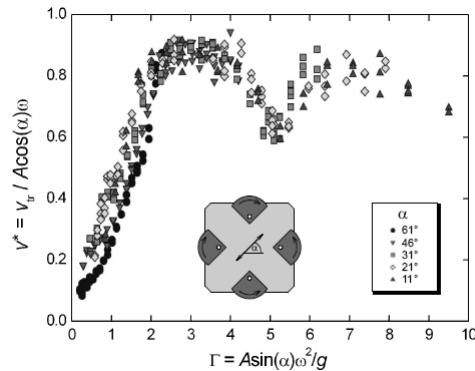
Pada Gambar 1 diperlihatkan skema dua jenis *vibrating conveyor* konvensional yang banyak digunakan di industri. Skema pada Gambar 1 ini menunjukkan bahwa terdapat dua prinsip kerja yang digunakan untuk memindahkan material pada *vibrating conveyor* konvensional. Prinsip kerja pertama adalah dengan cara meluncurkan (*sliding*). Pada kasus ini, lantai *vibrating conveyor* digerakkan oleh mekanisme poros engkol dalam arah horisontal. Gerakan poros engkol ini dibuat tidak simetri dalam arah maju dan mundur sehingga material bergerak maju akibat fenomena *stick-slip*. Pada prinsip kerja kedua, material dipindahkan dengan cara melemparkannya (*throwing*). Dalam hal ini, gaya gangguan harmonik diberikan pada lantai konveyor dengan sudut kemiringan tertentu terhadap sumbu horisontal. Jika komponen vertikal dari percepatan konveyor melebihi percepatan gravitasi maka material akan kehilangan kontak. Kondisi ini berlangsung terus menerus sehingga terjadi mekanisme pemindahan material.



Gambar 1 *Vibrating conveyor* konvensional

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 2 Hubungan kecepatan pemindahan material dengan *throw number* [3]

Pembahasan yang dilakukan dalam tulisan ini difokuskan pada *vibrating conveyor* yang menggunakan prinsip kerja *throwing*. Oleh karena itu, perbandingan antara konveyor konvensional dan konveyor 2 DOF dalam tulisan ini merujuk pada konveyor jenis *throwing* ini.

Kecepatan pemindahan material (*transport velocity*) pada *vibrating conveyor* dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya: amplitudo (*A*) dan frekuensi gaya gangguan (ω), sudut kemiringan (α) dan sifat permukaan kontak. Pengaruh parameter-parameter di atas terhadap kecepatan pemindahan material dievaluasi menggunakan parameter nondimensional yang dinamakan *throw number* (Γ) yaitu.

$$\Gamma = A \sin(\alpha) \omega^2 / g$$

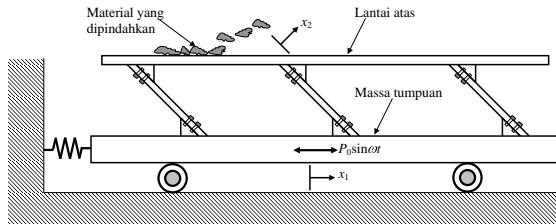
Pada Gambar 2 diperlihatkan hubungan kecepatan pemindahan material (V^*) terhadap *throw number* (Γ) yang diperoleh dari eksperimen [3] untuk berbagai variasi sudut kemiringan. Dari Gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa kecepatan optimum pemindahan material terjadi pada saat $2 < \Gamma < 4$. Pada saat $\Gamma = 5$ dan $\Gamma > 8$, didapatkan kecepatan pemindahan material yang lebih kecil dari harga optimum.

3. Vibrating Conveyor 2 Derajat kebebasan
Skema *vibrating conveyor* dua derajat kebebasan (2 DOF) yang diajukan pada penelitian ini diperlihatkan pada Gambar 3. Pada Gambar 3 terlihat bahwa massa tumpuan dan lantai atas konveyor dihubungkan dengan pegas daun sedangkan material yang akan dipindahkan bergerak di lantai atas konveyor.

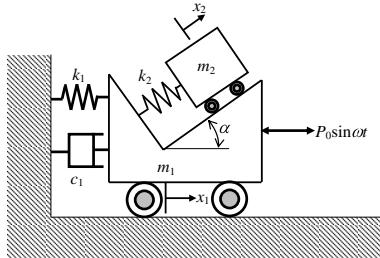
Pada Gambar 4 diperlihatkan pemodelan dinamik konveyor 2 DOF. m_1 dan m_2 merupakan massa tumpuan dan lantai atas konveyor. Konstanta pegas k_1 dan k_2 adalah pegas tumpuan dan pegas daun yang menghubungkan massa tumpuan dan lantai atas konveyor. Sudut α adalah kemiringan pegas daun terhadap massa tumpuan.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 3 Proposal *vibrating conveyor* 2 DOF



Gambar 4 Model dinamik *vibrating conveyor* 2 DOF

Model dinamik *vibrating conveyor* pada Gambar 4 tidak mempertimbangkan momen lentur yang ditimbulkan oleh pegas daun sehingga persamaan gerak konveyor dapat dituliskan sebagai berikut:

$$m_1 \ddot{x}_1 + c_1 \dot{x}_1 + k_1 x_1 + k_2 \cos \alpha \ddot{x}_1 \cos \alpha - x_2 \overset{.}{=} P_0 \sin \omega t \quad (2)$$

$$m_1 \ddot{y}_1 + c_1 \dot{y}_1 + k_{1y} y - k_2 \sin \alpha \ddot{x}_1 \cos \alpha - x_2 \overset{.}{=} 0 \quad (3)$$

$$m_2 \ddot{x}_2 - k_2 \ddot{x}_1 \cos \alpha - x_2 \overset{.}{=} 0 \quad (4)$$

Gaya yang ditransmisikan ke lantai terdiri atas komponen gaya vertikal dan horizontal sehingga dapat dituliskan dalam bentuk:

$$F_{trans} = \sqrt{F_V^2 + F_H^2} \quad (5)$$

dimana

$$F_V = k_{1y} y + c_{1y} \dot{y} \quad (6)$$

$$F_H = k_1 x_1 + c_1 \dot{x}_1 \quad (7)$$

Pada Pers. (6) di atas, k_{1y} dan c_{1y} adalah kekakuan dan redaman kontak antara roda m_1 dengan lantai sedangkan y adalah simpangan massa m_1 dalam arah vertikal.

4. Hasil dan Diskusi

Simulasi model dinamik pada Pers.(2)-(4) dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB/SIMULINK 6.5. Parameter nominal yang digunakan dalam simulasi diperlihatkan pada Tabel 1.

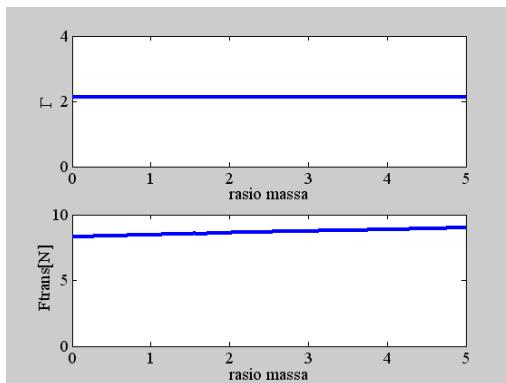
Efisiensi konveyor dievaluasi dari besarnya frekuensi gaya gangguan yang dibutuhkan untuk mengetarkan konveyor, sedangkan besarnya gaya yang ditransmisikan diperoleh dari Pers.(5). Evaluasi terhadap efisiensi dan transmisi gaya ini dilakukan dengan mempertimbangkan Γ sebagai parameter yang menunjukkan efektifitas dari pemindahan material.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 1 Parameter yang digunakan dalam simulasi

No	Parameter	Harga	Satuan
1	m_1	2	Kg
2	m_2	0.4	Kg
3	k_1	20000	N/m
4	k_{1y}	500000	N/m
5	k_2	4000	N/m
6	c_1	50	N.s/m
7	c_{1y}	1	N.s/m
8	\square	100	rad/s
9	P_0	20	N



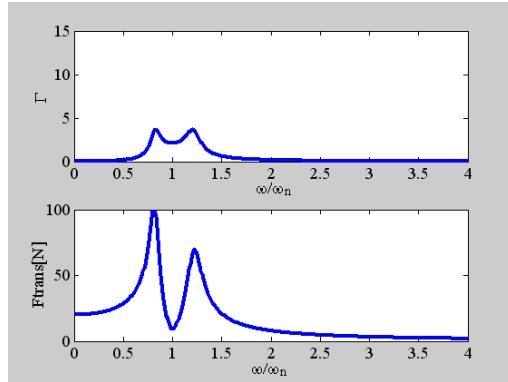
Gambar 5 Variasi faktor transportasi dan gaya transmisi terhadap rasio massa (m_1/m_2).

Pada Gambar 5 diperlihatkan harga \square dan F_{trans} jika rasio massa (m_1/m_2) divariasikan dari 0 s/d 5. Hasil dari Gambar 5 ini menunjukkan bahwa perubahan massa m_1 tidak banyak mempengaruhi efektifitas dan transmisi gaya dari konveyor.

Pada Gambar 6 diperlihatkan hubungan frekuensi gangguan terhadap Γ dan F_{trans} . Gambar 6 ini menunjukkan bahwa kondisi optimum pemindahan material dengan konveyor 2 DOF diperoleh pada saat frekuensi gangguan sama dengan frekuensi pribadi $\omega_n = \sqrt{k_2/m_2}$. Pada kondisi ini, efisiensi dan efektifitas dari konveyor cukup tinggi ($\omega = \omega_n$ dan $\Gamma = 2.2$). Disamping itu, gaya yang ditransmisikan cukup kecil yaitu sebesar 9 N. Perlu dicermati disini bahwa, jika frekuensi gangguan jauh lebih besar dari frekuensi pribadi ($\omega \gg \omega_n$), gaya yang ditransmisikan cukup kecil. Akan tetapi, pada kondisi ini energi yang dibutuhkan jauh lebih besar sehingga efisiensi konveyor lebih rendah.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

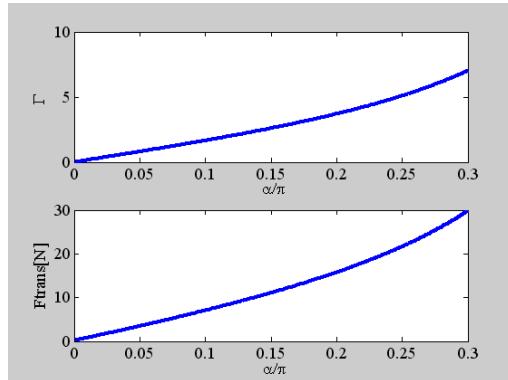
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 6 Variasi faktor transportasi dan gaya transmisi Terhadap rasio omega.

Pada Gambar 7 diperlihatkan pengaruh perubahan sudut α terhadap Γ dan F_{trans} . Hasil pada Gambar 7 memperlihatkan bahwa untuk menghasilkan gaya transmisi yang kecil, sudut α harus cukup kecil. Akan tetapi, harga α tidak boleh terlalu kecil karena dapat mengurangi efektifitas dari konveyor (Γ kecil)

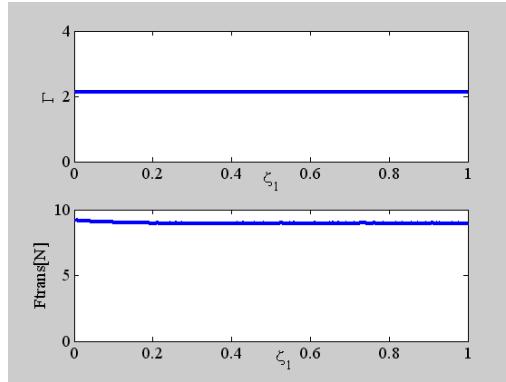
Hubungan rasio redaman ($\zeta_1 = c_1/c_{1c}$) terhadap Γ dan F_{trans} diperlihatkan pada Gambar 8. Hasil pada Gambar 8 ini menunjukkan bahwa harga Γ dan F_{trans} tidak banyak dipengaruhi oleh perubahan rasio redaman.



Gambar 7 Variasi faktor transportasi dan gaya transmisi terhadap rasio sudut α/π .

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

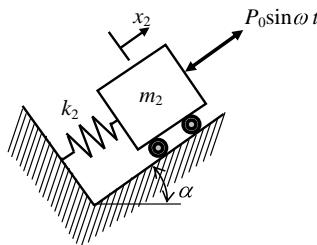


Gambar 8 Variasi faktor transportasi dan gaya transmisi terhadap rasio redaman.

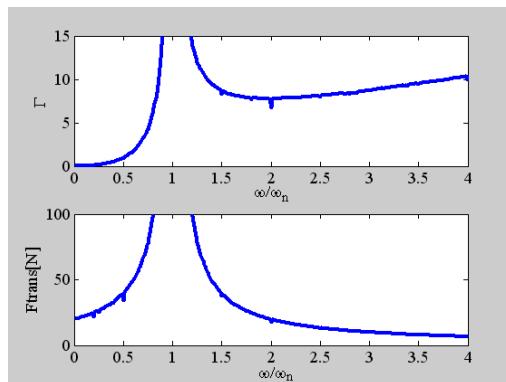
Untuk membandingkan efisiensi dan besarnya transmisi gaya pada *conveyor 2 DOF* dengan konveyor konvensional, dilakukan simulasi pada model *vibrating conveyor* konvensional seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Pada Gambar 9 ini terlihat bahwa konveyornya konvensional dimodelkan menjadi sistem getaran 1 derajat kebebasan (1 DOF) dengan sudut kemiringan α terhadap sumbu horizontal. F_{trans} dan Γ pada *conveyor* konvensional ini dihitung dari

$$F_{trans} = k_2 x_2 \quad (8)$$

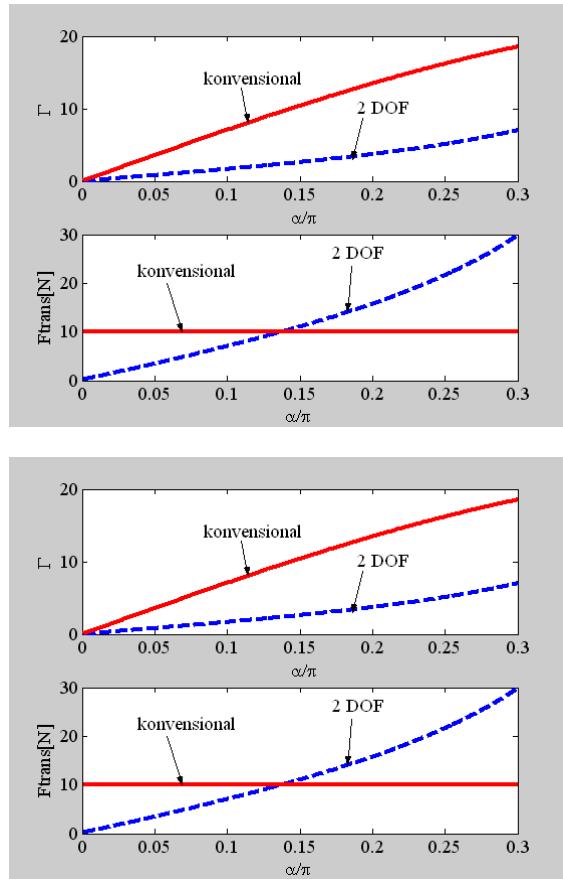
$$\Gamma = A \sin(\alpha) \omega^2 / g \quad (9)$$



Gambar 9 Model vibrating konveyor konvensional



Gambar 10 Variasi Γ dan F_{trans} vs ω/ω_n pada konveyor konvensional.



Gambar 11 Perbandingan faktor transportasi dan gaya transmisi untuk perubahan sudut alfa

Pada Gambar 10 diperlihatkan variasi Γ dan F_{trans} terhadap frekuensi gangguan pada konveyor konvensional. Dari gambar 10 ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan gaya transmisi yang kecil maka frekuensi gangguan harus jauh di atas frekuensi pribadi dari konveyor ($\omega_n = \sqrt{k_2/m_2}$). Kondisi ini sangat berbeda dengan hasil konveyor 2 DOF seperti ditunjukkan pada Gambar 6, dimana kondisi optimum diperoleh jika frekuensi gangguan sama dengan ω_n .

Gambar 11 memperlihatkan perbandingan Γ dan F_{trans} *vibrating conveyor 2 DOF* dengan *vibrating conveyor* konvensional jika sudut kemiringan α divariasikan dari $0 < \alpha/\pi < 0.3$. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada gambar 11 dapat disimpulkan bahwa gaya transmisi pada konveyor 2 DOF lebih kecil dibandingkan dengan *vibrating conveyor* konvensional untuk $\alpha/\pi < 0.15$.

5. Kesimpulan

Vibrating conveyor 2 DOF yang diajukan pada penelitian ini memiliki beberapa kelebihan diantaranya:

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

1. Unjuk kerja konveyor 2 DOF tidak banyak dipengaruhi oleh perubahan massa m_1 dan redaman c_1 .
2. *Vibrating conveyor* 2 DOF lebih efisien dibandingkan dengan *vibrating conveyor* konvensional karena frekuensi gangguan yang dibutuhkan untuk menjalankan konveyor jauh lebih kecil dibandingkan *vibrating conveyor* konvensional.
3. Gaya yang ditransmisikan ke tumpuan lebih kecil dibandingkan *vibrating conveyor* konvensional untuk $\square/\square < 0.15$.

Referensi

- [1] F.J.C. Rademacher, L. Ter Borg (1994), Eng. Res. **60**, 261.
- [2] E.M. Sloot, N.P. Kruyt (1996), Powder Technology. **87**, 203.
- [3] R. Grochowski, S. Strugholtz, H. El hor, S.J. Linz, P. Walzel (2004), 'Transport Properties of Granular Matter on Vibratory Conveyors'. Proceedings of International Congress for Particle Technology (PARTEC 2004), Nuremberg.
- [4] C.A. Kruelle, M. Rouijaa, A. Gotzendorfer, I. Rehberg, R. Grochowski, P. Walzel, H. El hor, S.J. Linz (2005), 'Reversal of a Granular Flow on a Vibratory Conveyor', Powders and Grains 2005, Leiden, pp. 1185-1189.
- [5] P.T, Jones (2004), **US Patent** No: US 2004/0163933 A1.
- [6] P.I, Sleppy and H.E Patterson (2002), **US Patent** No: US 6415913 B2.
- [7] D.M, Carmichael (1982), **US Patent** No: US 4313535.