

KARAKTERISTIK PENGAYAK GETAR DENGAN SUMBER EKSITASI POROS EKSENTRIK

M. Bur¹, Nazaruddin², A. I. Mahyuddin³, dan J. Samudra⁴

¹ Jur. Teknik Mesin, UNAND, ² Jur. Teknik Mesin, UNRI, ³ Jur. Teknik Mesin, ITB, ⁴ Dept. Teknik, PTSP.

Ringkasan

Pengayak getar adalah suatu peralatan mekanik yang digunakan untuk memisahkan material berdasarkan ukuran butir material. Alat ini biasa dioperasikan bersama dengan alat penghancur material (*crusher*). "Pengayak Getar Semen Padang Prototipe 1" (PGSP PRO-01) adalah pengayak getar dengan eksitasi berupa simpangan yang dihasilkan oleh sebuah poros eksentrik. Pengayak getar ini dirancang sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk mengamati unjuk kerja sistem. Parameter yang diamati meliputi kemiringan dek, putaran poros eksentrik, jenis dan kapasitas material masuk dalam dek, saringan (*screen*) ayakan, tingkat campuran (*gradasi*) material dan kekakuan pegas. Dari pengujian ini dapat diketahui unjuk kerja pengayak dan material yang diayak pada kondisi optimum. Pada penelitian ini, pengujian PGSP PRO-01 dilakukan dengan material pasir silika (*massa jenis curah*, $\rho = 1.54 \text{ ton/m}^3$) dan tingkat campuran (*gradasi*) material dengan ukuran butir di atas 5 mm sebanyak 50%, antara 2.5 - 5 mm sebanyak 35% serta di bawah 2.5 mm sebanyak 15%. Dengan asumsi efisiensi pengayakan 92% dan luas daerah ayakan 0.32 m^2 , secara teoritis didapat kapasitas ayakan 7.5 ton/jam. Hasil pengujian memberikan titik optimum pengayakan pada kecepatan putar poros eksentrik 900 rpm, kemiringan dek 10° , dengan kapasitas ayakan 7.2 ton/jam dan efisiensi pengayakan 91.67%.

Abstract

Vibrating screen is an equipment used to separate material according to its particle size. It is usually operated in combination with a crusher. A vibrating screen prototype has been developed. This prototype, called as "Pengayak Getar Semen Padang Prototipe-01" (PGSP PRO-01), employs an eccentric shaft to excite the screen. The prototype was designed to obtain several experimental parameters such as deck elevation, eccentric shaft rotational speed, screen capacity, types of material and screen mesh, gradation of material and spring stiffness. The characteristics of vibrating screen and material sieved may be determined experimentally. In this study, the performance of PGSP PRO-01 is examined by using silica sand, with a bulk density (ρ) of 1.54 ton/m^3 , and material gradation of 50% of the grains larger than 5 mm, 35% between 2.5 - 5 mm and 15% are less than 2.5 mm in size. Assuming a 92% screen efficiency and a 0.32 m^2 screening area, theoretical screen capacity of 7.5 ton-per-hour (tph) is obtained. Experimentally, optimum screening parameters obtained are 7.2 tph capacity at 91.7% efficiency resulting from a 900 rpm speed of eccentric shaft and a 10° deck elevation.

Keywords: vibrating screen, deck elevation, rotational speed, capacity & efficiency.

1 PENDAHULUAN

Pengayak getar (*vibrating screen*) adalah sebuah peralatan pemisah material berdasarkan ukuran butir material tersebut. Alat yang akan diuji ini merupakan sebuah pengayak mekanik yang dapat memiliki beberapa tingkat penyaringan. Ukuran lubang (*mesh*) di setiap saringan disesuaikan dengan kebutuhan. Pengayak getar bekerja dengan memanfaatkan efek getaran yang diberikan pada *screen* yang ditumpu oleh beberapa pegas.

Tulisan ini merupakan suatu rangkaian dari penelitian-penelitian sebelumnya yang dimulai dengan perancangan komponen pengayak getar secara statik dan analisis dinamik sederhana [1]. Kemudian dilanjutkan dengan analisis dinamik yang lebih kompleks [2]. Kedua penelitian terdahulu tersebut membahas pengayak getar

dengan sumber eksitasi massa tak seimbang dan tidak dilakukan kaji eksperimental. Sedangkan penelitian ini lebih ke arah kaji eksperimental.

2 PERANCANGAN KOMPONEN UTAMA PENGAYAK GETAR

Untuk dapat mengetahui unjuk kerja optimum sebuah pengayak getar, maka perlu dilakukan pengujian. Karena pengayak getar yang terpasang di PT. Semen Padang tidak memungkinkan untuk tujuan tersebut, maka perlu dirancang sebuah pengayak getar dengan skala laboratorium. Pengayak getar ini disebut sebagai PGSP PRO-01 dengan sumber eksitasi berupa poros eksentrik. Perancangan komponen-komponen utama pengayak getar tersebut merujuk kepada buku-buku standar Elemen Mesin seperti antara lain pustaka [3], [4], [5] dan [6].

2.1 Kapasitas Ayakan

Kapasitas ayakan adalah jumlah material yang dimasukkan ke dalam dek pengayak getar per satuan waktu. Satuan kapasitas ayakan yang sering dipakai adalah ton/jam (tph). Biasanya, kapasitas ayakan diperkirakan sesuai dengan kebutuhan konsumen. Meskipun demikian saat ini kapasitas ayakan sudah dikelompokkan dalam beberapa ukuran seperti antara lain; 200 tph, 500 tph, 1000 tph dan 2000 tph. Secara teoritis kapasitas ayakan berbanding lurus dengan luas ayakan, seperti diperlihatkan pada Pers. (1).

2.2 Luas Ayakan

Daerah ayakan merupakan parameter utama dari pengayak getar yang merupakan tempat terjadinya penyaringan material kasar dan material halus. Luas daerah ayakan ditentukan dengan Pers. (1) berikut [7]:

$$A = \frac{Q}{q \cdot \frac{\rho}{16} \cdot k_1 \cdot k_2 \dots k_7} \quad (1)$$

dimana:

- Q = kapasitas material masuk (t/h)
- q = kecepatan aliran spesifik material (m/h)
- ρ = kerapatan material (t/m^3)
- k_1 = faktor koreksi untuk presentase material besar dari ukuran lubang ayakan
- k_2 = faktor koreksi untuk presentase material yang kecil dari setengah ukuran lubang ayakan
- k_3 = faktor koreksi untuk efisiensi pengayak
- k_4 = faktor koreksi permukaan pengayak
- k_5 = faktor koreksi kondisi material yang diayak
- k_6 = faktor koreksi bentuk material yang diayak
- k_7 = faktor koreksi jenis ayakan

Setelah luas ayakan ditentukan selanjutnya perlu ditetapkan perbandingan antara panjang dan lebar ayakan. Perbandingan antara panjang dan lebar ayakan biasanya dipilih $1.5 \leq d \leq 1$.

2.3 Pemilihan Motor

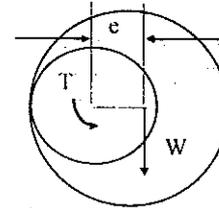
Jika berat pengayak getar W dan besar simpangan yang diberikan oleh poros eksentrik e seperti tampak pada Gb. 1, maka torsi statik minimum yang dibutuhkan untuk menggerakkan dek adalah

$$T = \frac{W \cdot e}{1000} \quad \text{Nm} \quad (2)$$

dengan W menyatakan berat screen dan e eksentrisitas. Dengan demikian daya yang diperlukan dapat ditentukan sebagai berikut:

$$P = \frac{T \cdot n}{9550} \quad \text{kW} \quad (3)$$

dimana T menyatakan torsi dan n putaran poros.



Gambar 1 Penampang poros eksentrik

Berdasarkan kebutuhan daya tersebut, selanjutnya dipilih motor yang data-data teknisnya dapat dilihat antara lain pada pustaka [8]. Disini dipilih motor tipe MT90S dengan daya $P = 0.75 \text{ kW}$, torsi $T = 7.5 \text{ Nm}$ dan putaran $n = 900 \text{ rpm}$.

2.4 Pemilihan Puli

Puli penggerak dan puli yang digerakan dipilih berdasarkan; daya yang akan ditransmisikan (P), putaran motor (n_1), putaran poros eksentrik (n_2) yang diinginkan dan perbandingan putaran $i = \frac{n_1}{n_2} \times \eta$.

Berdasarkan beberapa variabel tersebut, maka dipilih jenis puli seperti terlihat pada Tabel 1 yang disadur dari pustaka [9]. Sebagai contoh untuk motor dengan daya 0.75 kW dan putaran 900 rpm diperoleh jenis puli dengan nomor katalog $3 \frac{1}{2} A2$ yang berarti diameter luar puli $3 \frac{1}{2} \text{ in.}$, tipe sabuk A dan jumlah sabuk sama dengan 2.

Tabel 1 Pemilihan puli

Putaran (rpm)	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
900	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
1000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
1200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
1500	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
1800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
2000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
2200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
2400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
2600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
2800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
3000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
3200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
3400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
3600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
3800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
4000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
4200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
4400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
4600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
4800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
5000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
5200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
5400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
5600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
5800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
6000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
6200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
6400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
6600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
6800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
7000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
7200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
7400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
7600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
7800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
8000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
8200	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
8400	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
8600	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
8800	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4
9000	3 A 1	3 A 2	3 A 3	3 A 4

Parameter perbandingan putaran digunakan untuk mencari diameter ukuran puli yang digerakan, dimana diameternya dicari dengan cara mengalikan diameter luar dari puli penggerak dengan besaran perbandingan putaran (i).

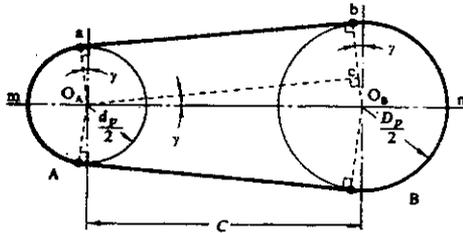
2.5 Sabuk

Jika jarak antara dua poros cukup besar sering digunakan sabuk untuk transmisi daya. Disini dipilih sabuk tipe V karena mudah penanganan dan murah harganya.

Perbandingan putaran dari sebuah sistem sabuk-puli, seperti terlihat pada Gb. 2, dapat ditentukan sebagai berikut

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_p}{d_p} \quad (4)$$

dengan putaran puli penggerak n_1 (rpm), putaran puli yang digerakkan n_2 (rpm), dan diameter nominal masing-masing puli adalah d_p (mm) dan D_p (mm).



Gambar 2 Penentuan panjang sabuk

Sedangkan panjang sabuk dihitung berdasarkan persamaan

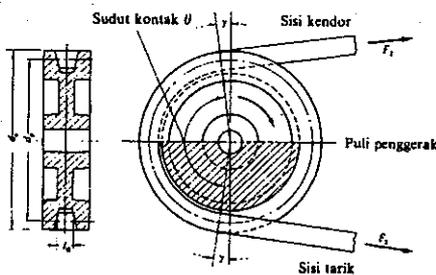
$$L_{wr} = 2c' + \frac{\pi}{2}(D_p + d_p) + \frac{(D_p + d_p)^2}{4c'} \quad (5)$$

dimana d_p (mm) dan D_p (mm) merupakan diameter nominal masing-masing puli serta e' menyatakan jarak poros perkiraan [6]. Besar sudut kontak pada puli penggerak seperti terlihat pada Gb. 3 adalah

$$\theta_1 = 2 \cdot \arccos\left(\frac{D_p - d_p}{2C}\right) \quad (6)$$

dan sudut kontak pada puli yang digerakkan

$$\theta_2 = 360 - \theta_1 \quad (7)$$



Gambar 3 Gaya-gaya pada puli oleh sabuk

Jika gaya pada sisi bagian tarik adalah F_1 dan gaya pada bagian kendur adalah F_2 , maka besar gaya efektif penggerak adalah

$$F_1 = F_1 - F_2 \quad (8)$$

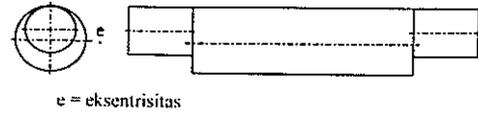
dan gaya yang bekerja pada poros akibat satu buah sabuk adalah

$$F_w = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2 \cdot F_1 \cdot F_2 \cdot \cos\theta} \quad (9)$$

Dari hasil perhitungan diperoleh panjang sabuk 31 in. dan jarak antar puli sama dengan 207 mm. Sabuk yang digunakan adalah sabuk tipe V dan gaya yang diterima poros untuk dua buah sabuk pada saat beroperasi $F_w = 260$ N.

2.6 Poros Eksentrik

Poros eksentrik merupakan sebuah poros bertingkat dimana sumbu dari bagian-bagian poros tersebut tergeser sebesar harga eksentrisitasnya, seperti diperlihatkan pada Gb. 4.



Gbr 4 Poros eksentrik

Untuk poros yang mengalami pembebanan berupa momen lentur (M) dan torsi (T), maka diameter poros dapat ditentukan sebagai berikut [5];

$$d \geq 2.17 \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{bzul}}} \quad (10)$$

dengan

$$M_v = \sqrt{M^2 + 0.75 \cdot T^2} \quad (11)$$

Untuk poros bertingkat, Pers. (11) dimodifikasi menjadi

$$M_v = \sqrt{(K_b \cdot M)^2 + 0.75 \cdot (K_t \cdot T)^2} \quad (12)$$

dengan K_b dan K_t adalah faktor konsentrasi tegangan akibat momen lentur dan momen puntir [4]. Berdasarkan hasil perhitungan dipilih bahan poros St.37 dengan diameter kecil $d = 35$ mm dan diameter besar $D = 40$ mm. Ini berarti eksentrisitasnya sama dengan 5 mm.

2.7 Pegas

Pegas yang digunakan pada pengayak getar ini adalah pegas ulir dengan penampang berbentuk lingkaran. Input perancangan adalah beban statik (P), jumlah lilitan pasif (Q), defleksi statik yang diinginkan (δ), modulus geser bahan (G) dan kekuatan geser bahan (τ). Berdasarkan rumus-rumus standar yang ada dalam pustaka [3] untuk perancangan pegas ulir diperoleh pegas dengan diameter $D = 47.5$ mm, diameter kawat $d = 5$ mm, jumlah lilitan aktif 8, kekakuan longitudinal 8.3 kN/m. Jumlah pegas yang digunakan berjumlah delapan buah yang berarti dua buah pegas di setiap sisi (pengayak ditumpu di empat sisi). Dengan demikian kekakuan di setiap sisi bernilai 16.6 kN/m.

2.8 Pasak

Pasak yang digunakan adalah pasak jenis benam seperti terlihat pada Gb. 5. Jika momen torsi T (N.mm) bekerja dan poros diameter d_s (mm) maka gaya tangensial yang bekerja pada permukaan poros adalah

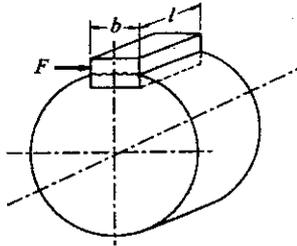
$$F = \frac{T}{(d_s/2)} \quad (13)$$

Tegangan geser yang bekerja pada pasak dengan penampang ($b \times \ell$) akibat gaya tangensial F adalah [6]

$$\tau_s = \frac{F}{b \cdot \ell} \quad (14)$$

Dari tegangan geser yang diizinkan τ_{ka} (N/mm²) dapat ditentukan panjang pasak yang diperlukan yaitu

$$\ell_1 \geq \frac{F}{b \cdot \tau_{ka}} \quad (15)$$



Gambar 5 Pasak

Gaya F juga bekerja pada permukaan samping pasak. Untuk kedalaman alur pasak pada poros t_1 dan kedalaman alur pasak pada naf t_2 , maka tekanan permukaan p dapat ditentukan sebagai berikut

$$p = \frac{F}{\ell \times (t_1 \text{ atau } t_2)} \quad (16)$$

Dari tekanan permukaan yang diizinkan p_a (N/mm²) dapat dihitung panjang pasak yang diperlukan yaitu

$$\ell \geq \frac{F}{p_a \times (t_1 \text{ atau } t_2)} \quad (17)$$

Lebar pasak sebaiknya dipilih antara 25-35% dari diameter poros dan panjang pasak antara 0.75-1.5 dari diameter poros. Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh pasak mempunyai panjang 50 mm, lebar 8 mm dan tinggi 7 mm. Bahan pasak dipilih St.37.

2.9 Pemilihan Bantalan

Ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan bantalan, yaitu:

1. Ruang yang tersedia untuk pemasangan bantalan,
2. Besar dan arah beban,
3. Ketidak segarisan (*misalignment*),
4. Kepresisian,
5. Kecepatan putar,
6. Bunyi (*noise*) pada saat operasi,
7. Kekakuan,
8. Perpindahan aksial,
9. Pemasangan dan pembongkaran.

Bantalan Peluru untuk Pengayak Getar

Untuk screen dan beberapa aplikasi getaran, SKF telah mengembangkan bantalan khusus. Bantalan-bantalan untuk screen dibuat dalam 2 macam pilih salah satu
 - Bantalan dengan diameter poros lebih kecil dari 75 mm
 - Bantalan dengan diameter poros 75 mm atau lebih
 Kapasitas beban untuk bantalan menggunakan *adapter sleeves*

$$F_{ap} = 3 \cdot B \cdot d \quad (18)$$

dimana:

- F_{ap} = beban aksial maksimum yang diizinkan, N
- B = lebar bantalan, mm
- d = diameter poros bantalan

Beban minimum

$$F_{rm} = 0.02 \cdot C \quad (19)$$

dimana

F_{rm} = beban radial minimum, N

C = beban dinamik, N

Beban dinamik ekuivalen bantalan

$$P = F_r + Y_1 \cdot F_a \quad \text{bila } F_a/F_r \leq e \quad (20)$$

$$P = 0.67 \cdot F_r + Y_2 \cdot F_a \quad \text{bila } F_a/F_r > e$$

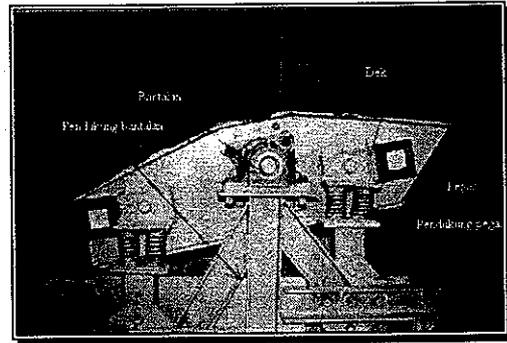
nilai-nilai e , Y_1 , Y_2 dapat ditemukan dalam tabel bantalan [10]. Beban statik ekuivalen bantalan

$$P_0 = F_r + Y_0 \cdot F_a \quad (21)$$

nilai Y_0 dapat ditemukan dalam tabel bantalan pada pustaka [10]. Berdasarkan hasil perhitungan dipilih bantalan 22209 EK dengan beban dinamik maksimum 93.7 kN dan beban statik maksimum 106 kN.

3 PENGUJIAN PENGAYAK GETAR

PGSP PRO-01, seperti terlihat pada Gb. 6, adalah pengayak getar skala laboratorium yang dapat digunakan untuk pengujian karakteristik suatu pengayak mekanik dan material yang akan diayak. Dalam pengujian ini lebih diutamakan untuk mengetahui kondisi optimum proses pengayakan.



Gambar 6 Komponen-Komponen PGSP PRO-01

3.1 Tujuan Pengujian

Pengujian bertujuan untuk:

- melihat hubungan antara kapasitas dengan efisiensi pengayakan pada berbagai putaran dan kemiringan dek,
- melihat hubungan antara tingkat gradasi material dengan efisiensi pengayakan,
- melihat hubungan putaran dengan daya aktual motor, dan
- melihat hubungan putaran dengan getaran frame.

3.2 Alat-alat Pengujian

Alat-alat pengujian yang dipakai adalah:

- Slant level,
- Converter frekuensi,
- Tacho meter,
- Tang Amper,
- Stop watch,

- Vibrotip, dan
- Timbangan.

3.3 Parameter Pengujian

Ada beberapa parameter pengujian yang perlu diperhatikan, seperti:

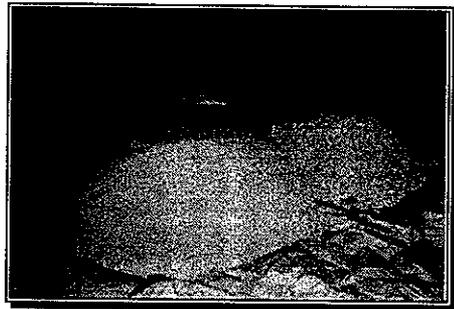
a. Kemiringan

Kemiringan pada suatu pengayak getar digunakan untuk mempengaruhi laju aliran material di atas permukaan dek. Efisiensi pengayakan dipengaruhi oleh laju aliran material. Kemiringan dek dapat diatur antara 5°-20°.

b. Putaran

Laju aliran material pada permukaan pengayak dipengaruhi oleh putaran atau frekuensi gangguan yang mana pada kemiringan yang sama, semakin tinggi putaran maka semakin cepat laju aliran material. Hal ini juga akan mempengaruhi efisiensi pengayakan.

Putaran berhubungan langsung dengan daya aktual yang digunakan, semakin tinggi putaran, semakin besar daya aktual yang terpakai. Perubahan putaran pada PGSP PRO-01 dilakukan dengan menggunakan *frequency converter*, yaitu suatu alat yang dapat mengatur frekuensi jala-jala listrik.



Gambar 7 Material Umpan (pasir silika)

c. Material

Karakteristik material dalam suatu pengayak dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya sifat *sticky*, kandungan air dan ukuran butir material ayakan, seperti terlihat pada Gb. 7, akan mempengaruhi efisiensi pengayakan. Pada pengujian PGSP PRO-01 ini, digunakan material pasir silika dengan mengambil ukuran material 5 mm sebesar 50%, antara 5 mm sampai 2.5 mm sebanyak 35% dan yang kurang dari 2.5 mm sebesar 15%.

d. Lubang Ayakan

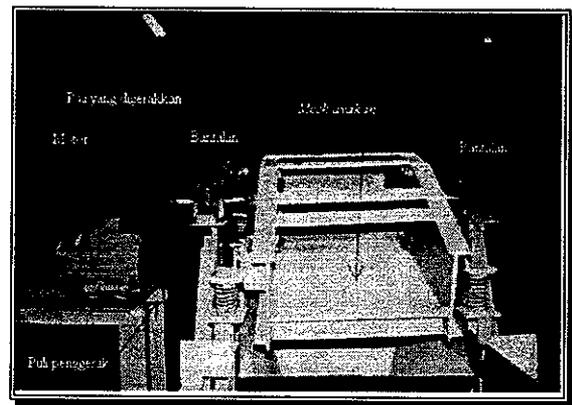
Lubang ayakan (Gb. 8) adalah ukuran lubang-lubang pada screen ayakan. Ukuran lubang ayakan akan menentukan ukuran material halus (*fine material*) yang ingin diperoleh. Disamping itu lubang ayakan juga mempengaruhi kapasitas ayakan. Untuk luas ayakan yang sama, semakin besar lubang ayakan semakin besar kapasitas ayakan dan sebaliknya semakin kecil ukuran

lubang ayakan semakin kecil kapasitas ayakan. Ukuran lubang ayakan yang digunakan pada pengujian PGSP PRO-01 adalah 5×5 mm yang dibuat dari ayakan kawat dengan luas ayakan 800×400 mm.

e. Kapasitas Material Umpan

Jumlah material (satuan massa) umpan per satuan waktu merupakan kapasitas material umpan. Dengan bervariasi kemiringan dan putaran maka diperoleh kapasitas maksimum pada masing-masing keadaan. Kapasitas optimum pengayakan diperoleh dengan membandingkan kapasitas maksimum pada masing-masing keadaan dengan mempertimbangkan daya aktual motor dan getaran struktur pendukung pengayak getar.

Material sebanyak 12 kg (material halus dan material kasar) dimasukkan ke dalam dek PGSP PRO-01 dilakukan secara manual dalam selang waktu yang bervariasi.



Gambar 8 Lubang ayakan PGSP PRO-01

3.4 Prosedur Pengujian

Langkah-langkah proses pengambilan data pada alat PGSP PRO-01 untuk menentukan hubungan kapasitas dengan efisiensi pada berbagai kemiringan dan putaran adalah sebagai berikut:

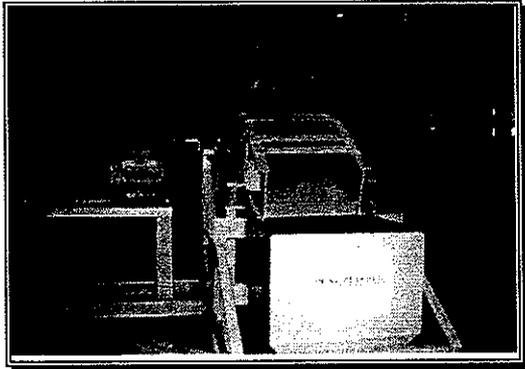
Langkah-langkah persiapan

- Tetapkan kemiringan dek pada sudut tertentu dengan cara menggeser pendukung pegas ke kiri dan ke kanan atau ke atas dan ke bawah dan pertahankan posisi pegas tetap vertikal.
- Ukur kemiringan dek dengan cara meletakkan *slant level* pada bagian atas dek.
- Ambil material kasar dan material halus dengan perbandingan berat tertentu, lalu dicampur sampai merata dan selanjutnya dimasukkan ke dalam ember.
- Siapkan bak material kasar dan material halus di bawah *chute*.

Langkah-langkah proses

- Motor dihidupkan dan atur frekuensi jala-jala dengan *converter* frekuensi.
- Ukur tegangan dan arus input motor dengan tang amper.

- Ukur putaran motor dan putaran poros eksentrik dengan *tacho meter*.
- Ukur getaran pada salah satu bagian struktur pendukung pengayak getar dengan menggunakan *vibrometer*.
- Tuangkan material ke dalam dek dengan kapasitas tertentu dengan cara menuangkan material dalam ember selama selang waktu tertentu (Gb. 9).



Gambar 9 Proses Pengujian PGSP PRO-01

Langkah-langkah penyelesaian

- Ambil material halus dan material kasar, lalu masing-masingnya ditimbang.
- Catat perubahan berat dari material kasar dan material halus pada lembaran pengukuran.
- Tumpahkan material kasar dan material halus pada suatu tempat tertentu dan dicampur kembali.
- Timbang kembali berat material setelah dicampur tersebut.
- Lakukan pengujian pada satu tingkat kapasitas material beberapa kali, setelah itu diubah putaran dan diulangi pengujian seperti semula.
- Setelah pengujian dilakukan untuk berbagai putaran, kemudian diubah kemiringan dek dan ulangi pengujian untuk berbagai kapasitas dan putaran.

3.5 Hasil dan Pembahasan

Pengujian PGSP PRO-01 dilakukan dengan memvariasikan putaran, kemiringan dan kapasitas. Hasil lengkap suatu pengujian dapat dilihat pada lampiran. Salah satu hasil pengujian ditampilkan sebagai berikut:

Penghitungan

- Daya aktual motor

$P = \sqrt{3} V I \cos \phi'$, $\cos \phi = 0.75$ diketahui dari tabel motor, sehingga

$$P = \sqrt{3} \cdot 214 \cdot 0.9 \cdot 0.75 \\ = 332$$

- Kapasitas *feeding* material umpan

$$Q = \frac{\text{Massa Total}}{\text{Waktu}} \times 3.6 = \frac{12}{12} \times 3.6 = 3.6 \text{ ton/jam}$$

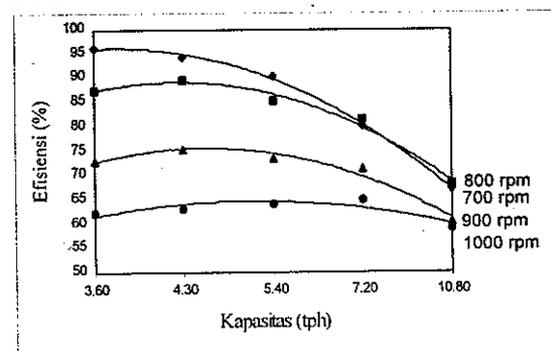
- Efisiensi pengayakan

$$\eta = \frac{\text{Material halus (sesudah pengayakan)}}{\text{Material halus (sebelum pengayakan)}} \times 100\% \\ = \frac{5.77}{6} \times 100\% \\ = 96.17\%$$

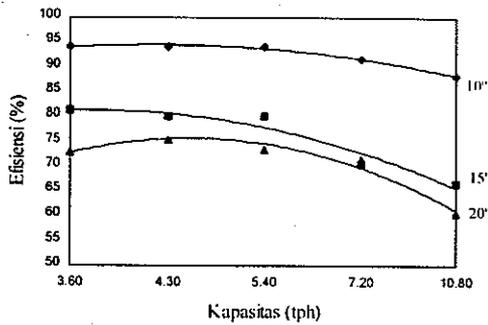
Pengujian sebagaimana telah diperlihatkan di atas diambil pada kemiringan dan putaran tetap dengan berbagai variasi kapasitas material umpan. Berikut ini diperlihatkan beberapa buah grafik hasil pengujian PGSP PRO-01.

Berdasarkan Gb. 10 terlihat bahwa semakin tinggi putaran poros eksitasi, semakin rendah efisiensi pengayakan. Hal ini disebabkan oleh aliran material semakin cepat dengan meningkatnya putaran sehingga kesempatan material untuk disaring semakin kecil yang mengakibatkan material yang lebih kecil dari W (ukuran lubang ayakan) yang seharusnya tersaring ikut terbawa bersama material kasar. Disamping itu juga terlihat bahwa untuk putaran 700 rpm, efisiensi akan turun dengan meningkatnya kapasitas, sedangkan pada putaran di atas 700 rpm, efisiensi mula-mula meningkat dan kemudian menurun.

Pada grafik hubungan antara efisiensi dan kapasitas pengayakan untuk putaran 900 rpm (Gb. 11), terlihat bahwa peningkatan kemiringan akan menyebabkan penurunan efisiensi. Hal ini disebabkan dengan meningkatnya kemiringan dek maka laju material akan meningkat, sehingga kesempatan material untuk diayak semakin berkurang. Akibatnya grafik dengan kemiringan besar akan terletak semakin ke bawah. Peningkatan kapasitas juga akan mengurangi efisiensi. Hal ini terlihat dengan menurunnya grafik pada suatu kemiringan tertentu.

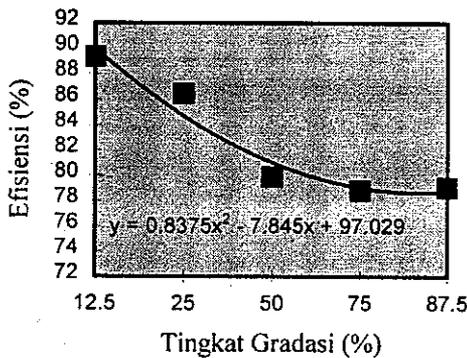


Gambar 10 Kurva hubungan kapasitas dengan efisiensi pada kemiringan dek 20° untuk berbagai kecepatan putaran

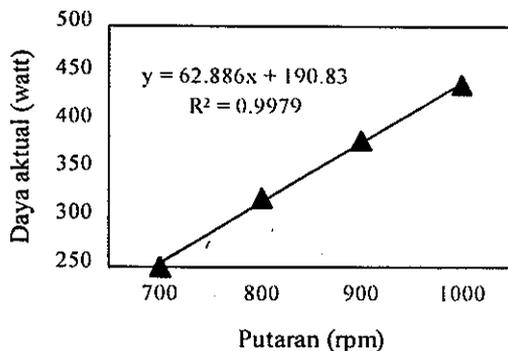


Gambar 11 Kurva hubungan kapasitas dengan efisiensi pada putaran 900 rpm untuk berbagai kemiringan dek

Tingkat gradasi material merupakan perbandingan komposisi material yang berukuran lebih besar dari W (besar lubang ayakan), antara W dengan W/2 dan lebih kecil dari W/2. Hubungan antara tingkat gradasi material dan efisiensi untuk kemiringan 20°, pada putaran 900 rpm dan kapasitas 5.4 tph dapat dilihat pada Gb. 12. Jika persentase tingkat gradasi bertambah, maka jumlah material yang lebih besar dari W semakin banyak dan material yang lebih kecil dari W semakin sedikit, sehingga efisiensi akan turun.



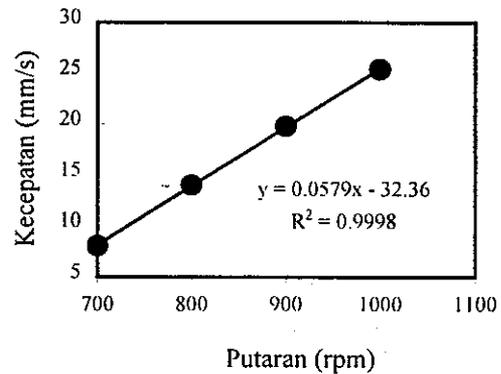
Gambar 12 Grafik hubungan tingkat gradasi dengan efisiensi



Gambar 13 Grafik hubungan putaran dengan daya aktual motor

Pengukuran daya aktual motor dilakukan untuk agar supaya dapat dipilih motor yang sesuai dengan kebutuhan. Dari grafik pada Gb. 13 terlihat bahwa dengan naiknya putaran maka daya yang diperlukan juga meningkat. Hal ini disebabkan karena daya berbanding lurus dengan putaran. Daya aktual motor dalam pengujian sebesar 332 watt, sedangkan daya motor terpasang adalah 750 watt. Ini berarti bahwa motor yang terpasang dapat beroperasi dengan baik.

Getaran yang terjadi pada struktur pendukung yang diukur dengan vibrometer cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena tidak adanya isolasi getaran antara PGSP PRO-01 dengan struktur pendukungnya. Hubungan antara putaran dengan getaran yang diteruskan ke struktur pendukung diperlihatkan pada Gb. 14.



Gambar 14 Grafik hubungan putaran dengan getaran struktur pendukung

Selanjutnya kapasitas PGSP PRO-01 yang dihitung secara teoritis dengan cara mengubah bentuk Pers. (1) menjadi ...

$$Q = A \cdot q \cdot \frac{\rho}{1.6} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdots k_7 \quad (22)$$

dimana parameter-parameter penghitungan sebagai berikut:

A = 0.32 m² (disain PGSP PRO-01)

q = Aliran spesifik material, tergantung ukuran lubang ayakan [W] dimana, untuk W = 5 mm → q = 23

ρ = Kerapatan material = 1.54 ton/m³ (Pasir Silika)

k₂ = Faktor persentase material yang lebih besar dari W = 1.2 → 50% > W

k₂ = Faktor persentase material yang lebih kecil dari W/2 = 0.7 → 15% < W/2

k₃ = Faktor koreksi efisiensi pengayakan (semakin kecil jika efisiensi meningkat) = 1 → efisiensi 92%

k₄ = Faktor koreksi permukaan ayakan = 1.4 → 63%

- k_5 = Faktor koreksi kondisi material
 = 1 → kering
 k_6 = Faktor koreksi bentuk partikel
 = 0.9 → Material keras / tajam
 k_7 = Faktor jenis ayakan
 = 1 → Lubang ayakan 5 mm

memberikan hasil (dengan memasukkan faktor-faktor koreksi di atas) kapasitas ayakan sebagai berikut

$$Q = 0.32 \cdot 23 \cdot \frac{1.54}{1.6} \cdot 1.2 \cdot 0.7 \cdot 1 \cdot 1.4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0.9 \cdot 1$$

$$= 7.5 \text{ tph}$$

dengan efisiensi direncanakan sebesar 92 %. Sementara itu hasil pengujian yang paling mendekati hasil perancangan adalah; kapasitas pengayakan 7.2 tph dengan efisiensi 91.67 % untuk kondisi pengujian; kemiringan dek 10°, putaran poros eksentrik 900 rpm dan frekuensi jala 50 Hz.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari proses perencanaan dan pengujian unjuk kerja prototipe pengayak getar dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Luas ayakan dibuat 800×400 mm². Dengan material uji pasir silika dengan massa jenis 1.54 ton/m³ dan komposisi material lebih besar dari 5mm sebanyak 50%, antara 5 dan 2.5 mm sebanyak 35% dan kurang dari 2.5 mm sebanyak 15% didapatkan kapasitas pengayakan teoritik 7.5 tph dengan efisiensi pengayakan 92%.
2. Untuk kapasitas yang sama, maka dengan naiknya putaran akan menurunkan efisiensi pengayakan (Gb. 11).
3. Pengaruh kemiringan dek terhadap hubungan kapasitas dengan efisiensi pengayakan adalah dengan bertambahnya kemiringan dek maka efisiensi pengayakan menurun.
4. Pada suatu kemiringan dan putaran tetap, efisiensi pengayakan akan menurun dengan bertambahnya kapasitas (Gb. 12).
5. Pada pengujian tingkat gradasi material, efisiensi pengayakan akan menurun dengan berkurangnya material yang berukuran butir lebih kecil dari ukuran lubang ayakan.
6. Daya aktual motor yang digunakan oleh pengayak getar ini, putaran poros eksentrik di bawah 1000 rpm, sebesar 0.45 kW, sedangkan daya motor terpasang adalah 0.75 kW, Jadi motor beroperasi dalam keadaan aman. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah getaran struktur pendukung. Pada putaran poros eksentrik 1000 rpm getaran struktur pendukung 25 mm/s.

7. Pada pengujian pengayak getar kondisi optimal dicapai pada:

- Kemiringan dek : 10°
- Putaran poros eksentrik : 900 rpm
- Frekuensi jala-jala : 50 Hz
- Kapasitas pengayak : 7.2 tph
- Efisiensi pengayakan : 91.67 %

4.2 Saran

1. Berdasarkan hasil pengukuran dengan *vibrometer*, getaran yang diteruskan ke struktur pendukung cukup besar, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk membuat sistem peredam getaran terutama dari bantalan poros eksentrik ke struktur pendukung. Salah satu cara yang dipakai di lapangan, khususnya untuk kapasitas besar adalah pemanfaatan *isolation frame*.
2. Perlu dipikirkan untuk penelitian lanjutan, jika sumber eksitasi merupakan gabungan antara massa tak seimbang dan poros eksentrik.
3. Sebagai alat bantu perlu dipertimbangkan untuk membuat program komputasi yang lebih terpadu antara perancangan komponen utama dan jawab dinamik. Program ini nantinya dapat diharapkan sebagai alat simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. M. Bur, *Perancangan dan Analisis Pengayak Getar*, Kerjasama Penelitian UNAND-PTSP, Indarung, 1996.
2. A.I. Mahyuddin, Y. Utomo, *Respon Dinamik Prototipe Pengayak Getar dan Perangkat Lunak Alat Bantu Perancangan Dinamik*, Proceeding ETM '97, Bandung, pp. B5-3.1 – B5-3.9, 1997.
3. Spott, M.F., *Design of Machine Elements*, 6th ed, Prentice Hall of India Privated limited, New Delhi, 1985.
4. Juvinall, R.C., *Fundamentals of Machine Component Design*, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1983.
5. Niemann, G., *Machine Elements - Design and Calculation in Mechanical Engineering*, Vol. 1, Springer-Verlag, Berlin, 1978.
6. Roloff.; Matek., *Maschinen Elemente*, 11. Auflage, Vieweg, Braunschweig, 1987.
7. N.N., *Screening Surface and Influencing factors*.
8. N.N., *Tabel Motor ABB*.
9. N.N., *NBK Power Transmission Equipment*.
10. N.N., *SKF Spherical Roller bearings*.