

## Perancangan dan Pembuatan Alat Pengamatan Gerak Partikel Granular Pseudo-2 dalam Drum yang Berputar Vertikal

Yulia\*, Yopy Mardiansyah, Mairizwan, Dadang Suhendra, Suprijadi dan Sparisoma Viridi

### Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai perancangan dan pembuatan alat untuk pengamatan gerak partikel butiran dalam pseudo-2D rotating drum. Alat ini menghasilkan gerakan partikel butiran yang sama dengan gerakan partikel butiran pada rotary kiln. Alat ini terdiri dari dua bagian utama yaitu penyampur material dan sensor kecepatan rotasi. Pencampur material terdiri dari motor DC, wadah pemutar, dan tiang penyanggah. Sedangkan sensor kecepatan rotasi berupa optocoupler yang diprogram dengan mikrokontroler. Optocoupler bekerja berdasarkan cahaya yang diterima. Data masukan dari sensor ini diproses oleh arduino sehingga menghasilkan kecepatan rotasi per menit (RPM) yang ditampilkan pada LCD. Untuk menghasilkan gerakan partikel yang berbeda, tegangan masukan motor divariasikan. Kecepatan rotasi pada bentuk gerakan tertentu ditampilkan pada LCD. Dengan menggunakan tegangan yang sesuai, alat ini dapat menghasilkan gerakan partikel butiran yang berbeda.

**Kata-kata kunci:** Gerakan partikel granular, rotating drum, sensor kecepatan rotasi

### Pendahuluan

Material butiran merupakan bidang yang banyak dibahas dalam bidang teknologi dan industri karena pemanfaatannya. Berbagai fenomena dapat diamati pada bidang ini diantaranya efek kacang barazil (*brazil nuts effect*), efek kebalikan dari kacang brazil (*reverse brazil nuts effect*), pemisahan (*segregation*), penyampuran, (*mixing*), avalansi, turbelensi, dan osilasi balik. Dalam penyampuran material butiran, salah satu alat yang digunakan adalah *rotary kiln*. Alat ini berupa selinder panjang dengan kemiringan tertentu dan diputar dengan kecepatan yang kecil.

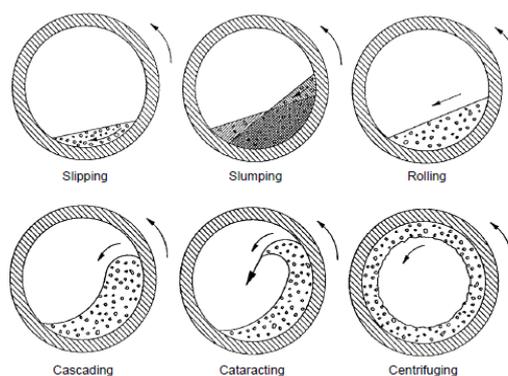
Secara umum, apabila partikel butiran diputar di dalam *rotary kiln*, bentuk gerak partikel pada ujung rotary kiln ini dapat dikelompokkan menjadi enam macam bentuk yaitu *slipping*, *slumping*, *rolling*, *cascading*, *cataracting*, dan *centrifuging* [1]. *Rotary kiln* sendiri bekerja pada mode *slumping* dan *rolling* [2]. Ketika dalam keadaan *slumping*, sebagian dari sejumlah material pada sisi bagian atas runtuh ke bagian bawah, sehingga permukaan partikel butiran kembali rata. Ketika pada keadaan *rolling*, terjadi ketika partikel bergilir naik dan turun pada permukaan butiran yang rata.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka peneliti merancang dan merealisasikan alat untuk mengamati gerak partikel butiran dalam pseudo-2D rotating drum. Alat ini dirancang untuk menghasilkan mode gerakan partikel butiran dalam berbagai mode. Kecepatan rotasi

diukur menggunakan sensor kecepatan (optocoupler)

### Teori

Bentuk gerakan keadaan partikel butiran selama wadah mengalami rotasi tergantung pada kecepatan rotasi wadah dan jumlah partikel butiran dalam wadah tersebut. Bentuk keadaan ini terdiri dari enam mode yaitu:

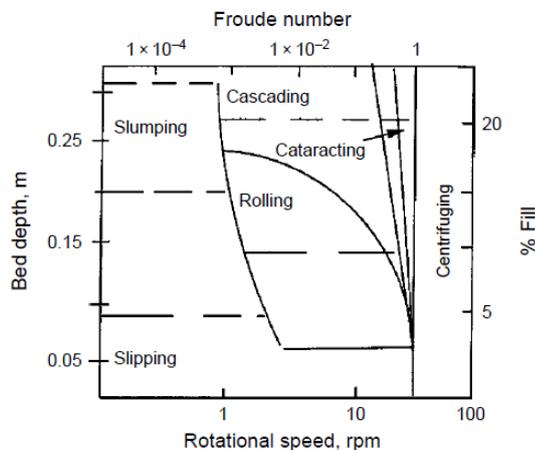


Gambar 1. Berbagai mode operasional pada bidang pencampuran transversal dari rotary kiln [3]

1. *Slipping* (meluncur): terjadi ketika sejumlah material, secara keseluruhan, tergelincir terhadap dinding.
2. *Slumping* (merosot): terjadi ketika sebagian dari sejumlah material pada sisi bagian atas runtuh ke bagian

- bawah sehingga permukaan partikel butiran kembali rata.
3. *Rolling* (bergulir): terjadi ketika partikel bergilir naik dan turun dengan permukaan butiran yang rata.
  4. *Cascading*: terjadi ketika rotasi tinggi dimana perikel terjun atau memancar ke bawah permukaan yang kosong.
  5. *Cataracting*: terjadi antara keadaan *cascading* dan *centrifuging*.
  6. *Centrifuging*: terjadi pada kecepatan kritis dan kecepatan tinggi, semua material berotasi dengan dinding wadah.

Gerakan partikel butiran dalam berbagai mode dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kecepatan rotasi wadah, kedalaman partikel butiran, persentase pengisian dan jenis material butiran [3]. Henein [1] pada penelitiannya membuat grafik dari data percobaan mengkarakterisasi mode operasional berdasarkan parameter operasi dan aspek dari drum yang berotasi. Untuk mempelajari kiln, Froude number sekitar  $Fr = 10^{-4}$ . Froude number dipengaruhi oleh kecepatan rotasi. Froude number ini kemudian dibandingkan dengan kondisi operasi dan ditampilkan dalam grafik di bawah ini.

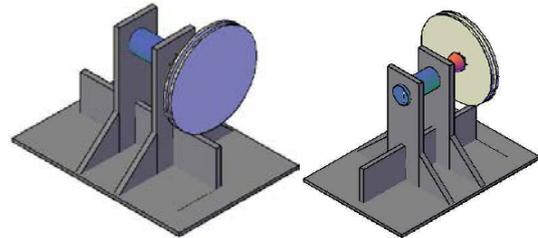


Gambar 2. Karakterisasi kelengkungan untuk drum berdiameter 0.40 m yang berotasi [4]

Grafik di atas menunjukkan secara umum bentuk keadaan partikel butiran tergantung pada jumlah butiran dan kecepatan rotasi, karena butiran depth dan persentase pengisian dipengaruhi oleh jumlah partikel butiran. Sedangkan, Froude number dipengaruhi oleh kecepatan rotasi.

Teori di atas digunakan untuk merancang alat pencampur material butiran dalam pseudo-2D. Rancangan alat terdiri dari dua bagian utama yaitu alat pencampur dan sensor kecepatan rotasi berbasis arduino. Alat pencampur material

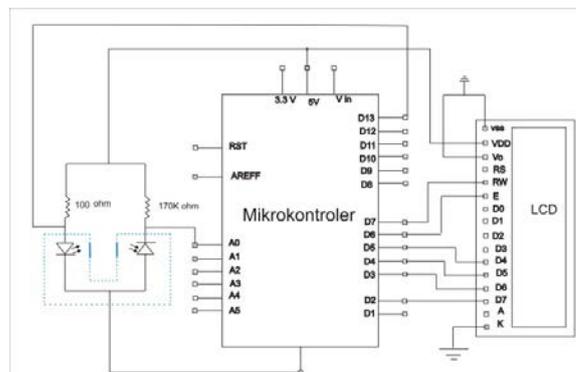
terdiri dari motor, wadah tempat material, penghubung dari motor ke wadah, dan tiang penyanggah. Motor yang digunakan merupakan motor DC dengan tipe GMX019 DC gear motor 3-12 V dengan gear ratio 1:120, kecepatan rotasi 8-180 rpm, dan dengan arus 80-180 mA. Motor ini memiliki torsi keluaran 0,8 – 5,0 kgf.cm. Wadah tempat material dan tiang penyanggah terbuat dari akrilik sedangkan penghubung motor ke wadah terbuat dari nilon keras. Diameter dalam wadah 16 cm dan ketebalan dalam wadah adalah 5 mm.



Gambar 4. Rancangan alat penyampur

Sensor kecepatan rotasi yang digunakan berupa optokopler. Optokopler merupakan piranti elektronik yang bekerja berdasarkan cahaya yang dipancarkan. Optokopler terdiri dari dua bagian, yaitu *transmitter* yang berfungsi sebagai pemancar cahaya dan *receiver* yang berfungsi menerima atau mendeteksi kehadiran cahaya. Pada aplikasinya optokopler memiliki kemampuan yang cukup teliti dalam menentukan kecepatan rotasi benda karena menggunakan prinsip optik.

Untuk memprogram dan mengontrol sensor kecepatan rotasi ini digunakan arduino. Arduino berbasis mikrokontroler dan bersifat *open source*. Arduino dapat digunakan untuk memprogram dan menangani input dari berbagai sensor [5]. Sebelum menghubungkan ke arduino optokopler dirangkai dengan dua buah resistor, karena tegangan masukan dari arduino bernilai 5 V, sedangkan optocoupler bekerja pada tegangan 3V. Hasil pembacaan kecepatan rotasi ditampilkan pada LCD display yang juga terhubung dengan arduino.

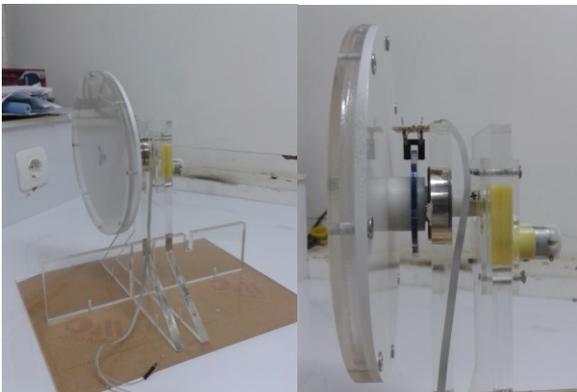


Gambar 5. Skema rancangan sensor kecepatan rotasi

Alat penyampur dilengkapi dengan piringan yang terdiri dari delapan buah lubang. Bagian yang memiliki lubang ini akan melewatkan cahaya dari transmitter, sehingga ditangkap oleh receiver. Ketika cahaya infrared dari transmitter dilewatkan, hambatan pada fotodiode kecil, sehingga tegangan yang mengalir pada masukan arduino juga kecil. Apabila cahaya tidak bisa lewat, hambatan pada fotodiode menjadi besar, sehingga tegangan yang masuk ke analog arduino menjadi besar pula. Sinyal analog yang masuk ke arduino diubah menjadi sinyal digital. Kecepatan rotasi merupakan frekuensi perubahan nilai tegangan setiap saat yang dikonversi menjadi RPM (rotasi per menit).

### Hasil dan diskusi

Hasil rancangan yang telah dibuat kemudian gabungan seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar 6. Alat pencampur material

Alat kemudian dicoba dengan menggunakan partikel butiran berupa bola-bola bearing dengan diameter 4 mm. Data diambil untuk mengamati pengaruh kecepatan rotasi dan jumlah partikel butiran terhadap bentuk gerakan partikel butiran. Kecepatan rotasi divariasikan dari 15 rpm sampai 120 rpm. Jumlah partikel butiran divariasikan dari 50 sampai 600 butiran. Berdasarkan variasi ini diperoleh lima macam gerakan partikel butiran yaitu: *slipping*, *slumping*, *rolling*, *cascading*, dan *cataracting*. Bentuk gerakan material butiran ini terlihat pada gambar berikut:



Slipping (N= 50;  $\omega = 15$  rpm)



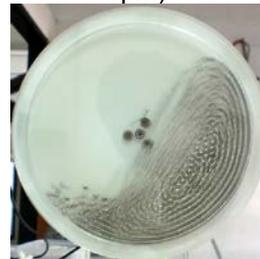
Slumping (N= 200;  $\omega = 15$  rpm)



Rolling (N=200;  $\omega = 60$  rpm)



Cascading (N = 400;  $\omega = 73$  rpm)



Cataracting (N = 500;  $\omega = 125$  rpm)

Gambar 7. Hasil pengamatan mode gerak partikel granular

Berdasarkan gambar terlihat bahwa alat dapat menghasilkan mode gerakan perikel butiran berbeda dengan memvariasikan jumlah partikel butiran dan kecepatan rotasi.

### Kesimpulan

Alat pengamatan gerak partikel granular pseudo-2D berupa drum yang berputar vertikal telah berhasil dibuat. Dari percobaan yang telah dilakukan alat ini dapat digunakan untuk menghasilkan gerakan partikel butiran.

### Ucapan terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (Desentralisasi Dikti) tahun 2015 dengan nomor kontrak 310i/11.C01/PL/2015

### Referensi

- [1] Henein, H.; brimacombe, J.; Watkinson, A. Experimental study of transverse butiran motion in rotary kilns. *Mettallurgical and Materials Transactions b*, v. 14, p. 191-205, 1983.
- [2] Ding, y. L. dkk. Granular motion in rotary drums: butiran turnover time and slumping-rolling transition. *Powder technology*, v. 124, p. 18-27, 2002.
- [3] Stanev, R. dkk. Geometrical characteristics of the solid butiran in a rotary kiln. *Journal of chemical technology and Metallurgy*, v. 49, n.

1, p. 82-89, 2014.

[4] Valle, M. A. R. Numerical modelling og granular butirans in rotary kiln. [s.l.]: Delft University of Technology, 2012.

[5] Arduino.cc,. 'Arduino - Getting Started'. N.p., 2015. Web. 17 May 2015

Yulia\*  
Program Magister Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
E-mail: lia.yu2@gmail.com

Yopy Mardiansyah  
Program Magister Fisika, ITB  
Email: Yopy mardiansyah2@gmail.com

Mairizwan  
Program Magister Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
Mairizwan01@gmail.com

Dadang Suhendra  
Bengkel Fisika  
Institut Teknologi Bandung  
E-mail: dadang\_fi@yahoo.co.id

Suprijadi  
KK Fisika Teori Energi Tinggi dan Instrumentasi  
Institut Teknologi Bandung  
E-mail : supri@fi.itb.ac.id

Sparisoma Viridi  
KK Fisika nuklir dan Biofisis  
Institut Teknologi Bandung  
E-mail: dudung@fi.itb.ac.id

\*Corresponding author