



ASOSIASI POLITEKNIK INDONESIA

**ASOSIASI POLITEKNIK INDONESIA (ASPI)**  
The Polytechnic Association of Indonesia

# Jurnal **P&PT**

## PENGEMBANGAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI

Vol. VII, No. 2, Desember 2009

ISSN 0854-5766

- |   |     |
|---|-----|
| ■ Editorial   | i   |
| ■ <b>Live Load Analysis On Main Tribune Frames of The Harapan Bangsa Stadium</b><br><i>Teuku Edisah Putra, Mechanical Engineering Department - Engineering Faculty<br/>Syiah Kuala University</i>   | 577 |
| ■ <b>Optimasi Waktu Proses Pencampuran Bahan Butiran Padat dalam Screw Mixer</b><br><i>Faleh Setia Budi, M. Djaeni, dan Istadi, Teknik Kimia Fakultas Teknik<br/>Universitas Diponegoro</i>   | 583 |
| ■ <b>Teknologi Mesin Pembelah Sistem Multi Blade Percepat Proses<br/>Pembuatan Kerai Bambu</b><br><i>Dian Hartatie dan Budi Hariono, Jurusan Produksi Pertanian dan Teknologi Pertanian<br/>Politeknik Negeri Jember</i>                  | 589 |
| ■ <b>Metode Pengendalian Produksi Keramik di Sentra Industri Kecil Keramik<br/>Betek Malang dengan Metode Pengendalian Kualitas Statistik</b><br><i>Lukman, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang</i> | 597 |
| ■ <b>Keunggulan Teknologi Pembangkit Vortex untuk Mengatasi Kerusakan<br/>Bawang Merah di Gudang</b><br><i>Cherry Triwidiarto dan M. Zayin Sukri, Jurusan Produksi Pertanian, Politeknik Negeri Jember</i>                                | 609 |
| ■ <b>Rekayasa Ulang Cylinder Liner dan Ruang Bakar Mesin Diesel dengan<br/>Daya 27 HP menjadi 30 HP Berbasis Kompresi Udara Heuristic</b><br><i>Suyono dan Iwan Harianton, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung</i>                       | 620 |
| ■ <b>Peningkatan Kinerja Mesin Diesel Satu Silinder dengan Rekayasa Ulang Bahan,<br/>Proses Manufaktur, dan Modifikasi Bahan</b><br><i>Wiwik Purwadi dan Iwan Harianton, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung</i>                         | 621 |
| ■ <b>Lembar Gaya dan Spesifikasi Penulisan Naskah Ilmiah untuk Jurnal P&amp;PT</b>  | 630 |



## OPTIMASI WAKTU PROSES PENCAMPURAN BAHAN BUTIRAN PADAT DALAM SCREW MIXER

Faleh Setia Budi  
M. Djaeni  
Istadi

Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang.  
Telp./Fax. (024) 7460058/ (024) 76480675  
e-mail: faleh@alumni.undip.ac.id

### ABSTRAK

Indonesia yang sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai petani mempunyai konsumsi pupuk fosfat yang cukup tinggi  $\pm 2$  juta ton/tahun. Kebutuhan tersebut dipenuhi oleh PT Petrokimia Gresik dan beberapa industri pupuk phosphate skala kecil. Proses pembuatan pupuk fosfat di industri kecil/UKM proses pencampurannya menggunakan bahan baku fosfat dan bahan aditif yang keduanya berbentuk tepung. Di UKM proses pencampuran dilakukan dengan menggunakan molen dan hasil pencampurannya tidak bisa homogen. Penelitian ini bertujuan memilih alat pencampur yang tepat, merancang bangun dan menguji coba untuk mendapatkan waktu operasi optimal. Tipe mixer yang dipilih adalah screw mixer dengan kapasitas 1 ton/batch. Mixer yang dirancang terdiri dari tangki silinder dan pengaduk yang berbentuk hellical ribbon dari bahan baja. Tangki silinder berdimensi panjang, 1,6 m dan diameter 0,9 m. Pengaduk digerakkan oleh motor dengan daya 5 pk dan kecepatan putar 20 rpm. Variasi uji coba adalah beban bahan yang dicampur (100, 250 dan 500 kg) dan waktu (3, 6 dan 10 menit). Sedangkan variabel lain dibuat tetap seperti kecepatan putar pengaduk 20 rpm. Berdasarkan hasil ujicoba waktu pencampuran yang dibutuhkan oleh alat untuk mencampur bahan sampai homogen adalah 10 - 15 menit.

Kata kunci: screw mixer, pupuk fosfat dan bahan butiran padat

### ABSTRACT

Most of Indonesia resident which have profession as a farmer consume the phosphate fertilizer high enough about  $\pm 2$  million tons/year. The demand is supplied by PT Petrokimia Gresik and some small of phosphate fertilizer industries. In the processing of phosphate fertilizer at small industry/UKM mixing process of phosphate raw material and additive substance which each is in flour. In UKM this mixing process is generally conducted by using molen and the result of mixing cannot be homogeneous. This research aims to choose the type of suitable mixer, to design and to build, and to test-drive it to get optimal operation time. The selected mixer type is screw mixer with capacities 1 tons/batch. The designed mixer includes the cylinder tank and the hellical ribbon agitator which is from steel material. The dimension of cylinder is 1.6 m long and diameter 0.9 m. The agitator is moved by motor having power 5 Hp with speed turn around 20 rpm. The Variable varied when the mixer is tested-drive is the sum of substance mixed (100, 250 and 500 kilograms) and time (3, 6 and 10 minute). While the other variables are made constant such as the speed turn around of agitator 20 rpm. Base on the test result the mixing time required by the mixer to mix the material until homogeneous is 10 - 15 minute.

Keywords: screw mixer, phosphate fertilizer and the powder material



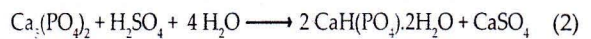
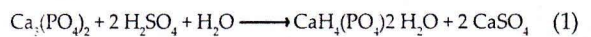
## PENDAHULUAN

Unsur fosfat merupakan salah satu nutrisi utama yang sangat esensial bagi tanaman di samping Nitrogen (N) dan Kalium (K). Peranan fosfat yang terpenting adalah memacu pertumbuhan akar dan pembentukan sistem perakaran serta memacu pertumbuhan generatif tanaman. Indonesia yang sebagian besar penduduknya berprofesi sebagai petani mempunyai konsumsi pupuk fosfat yang cukup tinggi ± 2 juta ton per tahun. Kebutuhan pupuk fosfat yang cukup tinggi tersebut dipenuhi oleh PT. Petrokimia Gresik yang memproduksi Pupuk Fosfat SP-36 dengan kapasitas 1 juta ton/tahun, beberapa industri pupuk fosfat alam (UKM) yang mempunyai produksi total sebanyak ± 500.000 ton/tahun dan sisanya dipenuhi dari impor.

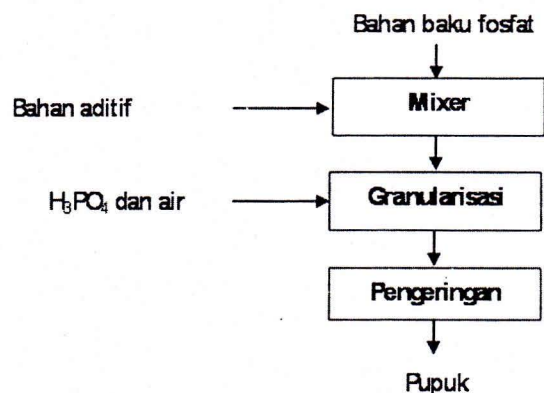
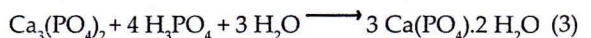
Salah satu industri kecil yang memproduksi pupuk fosfat alam adalah UKM Karya Tani Indo dengan kapasitas 1.500 ton/tahun. Proses pembuatan pupuk fosfat di UKM Karya Tani Indo meliputi proses pencampuran bahan baku tepung fosfat dengan bahan aditif, proses granulasi dan proses pengeringan (Gambar 1). Proses pencampuran bahan baku tepung fosfat dengan bahan aditif menggunakan alat molen. Bahan aditif juga berbentuk tepung. Permasalahan yang muncul dengan digunakannya molen untuk mencampur bahan baku berbentuk tepung adalah hasil pencampuran tidak bisa merata dan diperlukan waktu cukup lama ± 4 jam. Masalah ini sangat mengganggu proses produksi di UKM Karya Tani Indo dan menyebabkan efisiensi yang rendah sehingga harus dicarikan solusinya. Penyebab tidak bisa bercampurnya bahan adalah bahan berbentuk tepung. Jika molen digerakan, bahan-bahan tepung yang ada di dalamnya ikut berputar mengikuti gerakan molen dan tidak terbentuk turbulensi yang menyebabkan proses pencampuran. Alat molen bisa digunakan untuk mencampur bahan jika salah satu bahan yang akan dicampur mempunyai ukuran partikel yang besar (lebih dari 5 mm).

Tujuan dari penelitian ini adalah mencari tipe alat pencampur yang sesuai berdasarkan kajian literatur, merancang bangun alat tersebut dan menguji cobanya untuk mendapatkan waktu operasi yang optimum.

Pada industri pupuk besar seperti PT Petrokimia Gresik bahan baku fosfat direaksikan dengan  $H_2SO_4$  dan  $H_3PO_4$  untuk merubahnya menjadi senyawa yang bisa lebih mudah diserap oleh tanaman. Husein (Husein dkk, 1998) menjelaskan proses pembuatan pupuk super fosfat yang meliputi : reaksi bahan baku fosfat dengan  $H_2SO_4$  dan  $H_3PO_4$ , granularisasi dan pengeringan. Sedangkan Kirk (Kirk dkk, 1968) mengulas proses pembuatan pupuk fosfat beserta dengan reaksi kimianya. Bahan baku fosfat direaksikan dengan asam sulfat membentuk monocalcium fosfat dan dicalcium fosfat. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Hasil reaksi bahan fosfat dengan asam sulfat direaksikan dengan asam fosfat untuk mengkonversi bahan fosfat yang belum terkonversi menjadi dicalcium fosfat dan monocalcium fosfat serta untuk meningkatkan kadar  $P_2O_5$ . Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Gambar 1. Proses pembuatan pupuk fosfat alam.

Fosfat bisa juga diproses secara langsung menjadi pupuk fosfat alam tanpa direaksikan dengan  $H_2SO_4$ . Kadang-kadang  $H_3PO_4$  juga ditambahkan untuk meningkatkan kadar  $P_2O_5$ -nya. Demmerle dkk, (1950) menjelaskan adanya bahan lain yang juga ditambahkan untuk lebih mendayagunakan manfaat pupuk seperti pupuk daun. Proses pencampuran bahan fosfat dengan bahan aditif/tambahan menggunakan *mixer*. Pemilihan tipe *mixer* tergantung dari jenis material/bahan



yang ditangani. Andre Beakker (Andre Beakker et al, 1995) dalam papernya menjelaskan cara memilih tipe *mixer* yang sesuai untuk proses pencampuran bahan berbentuk cairan viscous dan tepung.

Jika material yang ditangani berbentuk cair dengan viskositas yang rendah (sekitar 50 Pa-S) bisa menggunakan tangki berbentuk silinder vertikal dengan jenis pengaduk tipe turbin (*pitched blade, disc, high efficiency* dan *curved blade*). Jenis pengaduk turbin ini cenderung digunakan pada bilangan Reynold lebih dari 100. Bilangan Reynold didefinisikan sebagai berikut:

$$N_{Re} = \rho N D^2 / \mu_{eff} \quad (4)$$

Di mana :

$\rho$  : densitas larutan

$N$  : kecepatan putar pengaduk

$\mu_{eff}$  : viskositas larutan.

$D$  : diameter pengaduk

Pengadukan perlu dilakukan untuk mempercepat proses pencampuran bahan baku dengan bahan aditif.

Tetapi jika material yang ditangani berbentuk pasta dengan viskositas yang tinggi (di atas 50 Pa-S) bisa menggunakan tangki yang berbentuk *conocal* silinder dengan posisi horisontal maupun vertikal. Jika menggunakan tangki silinder dengan posisi horisontal, jenis pengaduk yang digunakan jenis *screw*. Bentuk *mixer* ini dinamakan *extruder* dan banyak digunakan untuk material dengan viskositas mendekati 25.000 Pa-S seperti lelehan polimer, mie dan lain-lain. Untuk material yang mempunyai viskositas sedikit di atas 50 Pa-S masih menggunakan tangki silinder vertikal dengan pengaduk tipe *anchor*. Sedangkan untuk material yang lebih besar lagi viskositasnya digunakan jenis pengaduk *screw* dan *hellical ribbon* dengan jenis tangki *conical* maupun silinder vertikal. Jenis pengaduk *screw*, *hellical ribbon* dan *anchor* cenderung digunakan pada Bilangan Reynold kurang dari 400.

Jika material yang ditangani berbentuk padatan khususnya serbuk (*powder*), ada beberapa bentuk *mixer* yang cocok antara lain *screw mixer, vertical screw mixer, muller* dan *turbin*. Dari beberapa bentuk *mixer* tersebut dipilih *screw mixer* dengan pertimbangan pembuatan lebih mudah dan murah (Andre Beakker et al, 1995).

Untuk menghitung kekuatan motor yang digunakan untuk memutar pengaduk digunakan Bilangan Tenaga (*Power Number Np*) dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = Np / (N^3 D^5) \quad (5)$$

Dimana :

$P$  : Tenaga (Power) motor

$N$  : Kecepatan putar pengaduk

$D$  : Diameter pengaduk

Dalam kegiatan penelitian dan pengabdian masyarakat ini UKM Karya Tani Indo berperan sebagai mitra yang nantinya menerima bantuan alat *mixer* ini untuk mengatasi problem yang dihadapinya dalam proses produksi pupuk fosfat granul, khususnya dalam mencampur bahan baku yang tidak homogen karena menggunakan alat yang tidak sesuai (molen). Di samping itu UKM Karya Tani Indo juga harus menyediakan bahan baku pupuk fosfat untuk keperluan uji coba. Alat *mixer* baru yang lebih sesuai harus dirancang dan dibuat untuk menggantikan alat *mixer* molen yang digunakan oleh UKM Karya Tani Indo karena molen merupakan alat *mixer* yang dipakai untuk mencampur bahan padat yang salah satu bahannya berbentuk partikel padat dengan ukuran lebih dari 5 mm sehingga tidak sesuai untuk mencampur bahan yang semuanya berbentuk tepung seperti yang digunakan oleh UKM Karya Tani Indo.

## BAHAN DAN METODE

Berdasarkan kajian yang disampaikan oleh Andre Beakker et al dan analisis sifat-sifat bahan yang ditangani maka dipilih *mixer* tipe *screw* horisontal (Gambar 2). *Mixer* yang



dirancang terdiri dari tangki silinder, pengaduk yang berbentuk *screw hellical ribbon* di bagian pinggir dan tengah serta penggerak pengaduk yang terdiri dari *gear box* dan motor. *Screw hellical ribbon* yang terdapat di permukaan akan menggerakkan material dari belakang ke depan, sedangkan *screw hellical ribbon* yang di tengah akan menggerakkan material dengan arah yang berlawanan. Dengan 2 aliran yang berlawanan ini material akan bisa bercampur dengan sempurna dan cepat. Penentuan kapasitas mixer ditentukan berdasarkan kapasitas produksi UKM Karya Tani Indo 2 ton per jam (500 kg/15 menit).

Mengingat bahan yang akan dicampur tidak bersifat korosif maka *screw mixer* bisa dibuat dari bahan baja 304 dengan ketebalan 3 mm. *Mixer* tersebut dirancang dengan ukuran panjang 1,6 meter dan diameter 0,9 meter. Pengaduk *screw hellical ribbon* akan digerakan oleh motor dengan daya 5 pk.

Setelah alat selesai dibangun dilakukan uji coba untuk mengetahui unjuk kerja alat. Dalam uji coba ini hanya variabel beban pengadukan dan waktu yang dapat divariasi.

Variabel beban pengadukan divariasi pada harga 100 kg, 250 kg dan 500 kg.

Variabel waktu divariasi pada harga 3, 6 dan 10 menit.

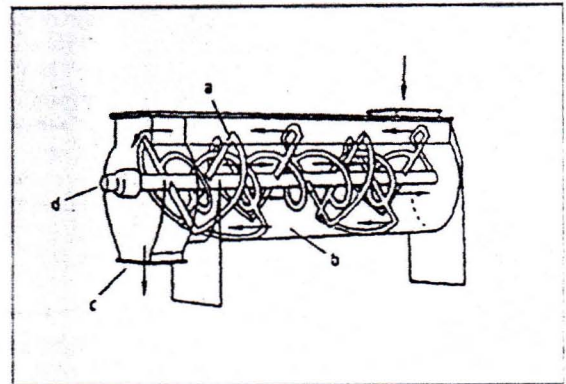
Sedangkan variabel lain seperti kecepatan pengadukan, komposisi bahan, bentuk dan ukuran pengaduk dibuat tetap. Pengaduk *screw hellical ribbon* diputar dengan kecepatan 20 rpm.

Bahan baku yang diperlukan adalah tepung fosfat dan bahan aditif/tambahan seperti *silica*, *zeolite* dan abu. Bahan-bahan tersebut didapatkan dari UKM Karya Tani Indo. Parameter yang diamati untuk memantau hasil pengadukan adalah kadar  $P_2O_5$  dan pengamatan secara visual.

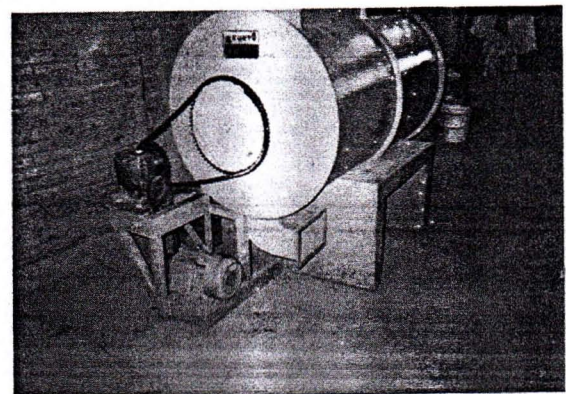
## HASIL DAN PEMBAHASAN

*Mixer* yang dibangun adalah jenis *Screw Mixer* (Gambar 3), yang mempunyai dimensi panjang 1,6 m dan diameter 0,9 m. Volume 1.000 lt/batch.

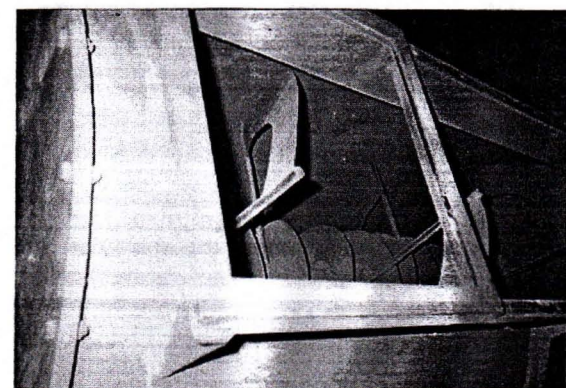
Bahan konstruksi : Dinding tangki, plat baja-304 3 mm, tutup tangki, plat baja-304 5 mm. Jenis pengaduk: *screw - hellical ribbon* (Gambar 4). Lebar pita/screw: 10 cm. Motor penggerak : 5 pk. Bahan konstruksi: Batang pengaduk - baja dengan diameter 3,4 inc, Pita - plat baja dengan tebal 3 mm.



Gambar 2. Desain mixer yang akan dibangun



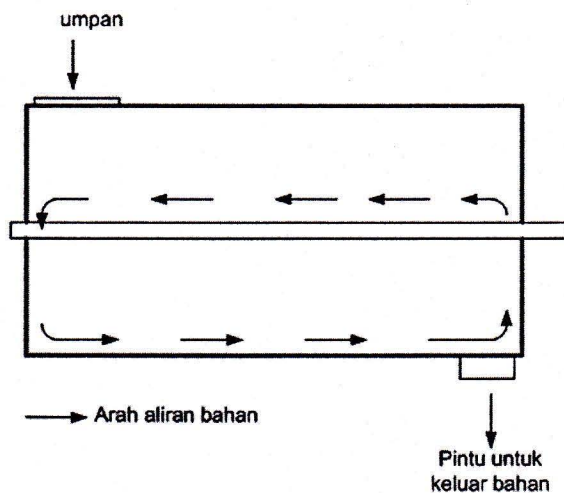
Gambar 3. Screw Mixer yang dibangun.



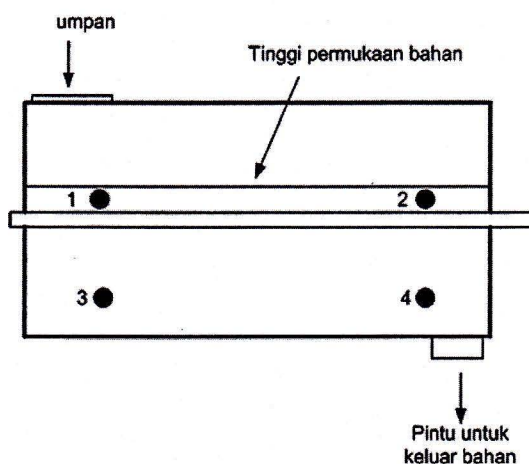
Gambar 4. Pengaduk screw - hellical-ribbon



Dalam proses operasinya pengaduk *screw hellical ribbon* digerakkan oleh motor dengan kekuatan 5 Hp. Gerakan motor ditransfer ke pengaduk melalui *gear box*. Bahan baku yang akan dicampur dimasukkan ke dalam *mixer* lewat lubang umpan yang berada di atas. Bahan yang berada di bagian bawah akan digerakkan maju menuju ujung dekat motor oleh *screw hellical ribbon* yang ada di dekat permukaan silinder, sedangkan bahan yang ada di tengah akan digerakkan ke arah yang berlawanan oleh *screw hellical ribbon* yang ada di tengah. Dengan adanya 2 aliran yang berlawanan maka bahan tepung akan bisa bercampur dengan sempurna (Gambar 5). Selama proses operasi pintu pengeluaran bahan yang ada di bawah ditutup.



Gambar 5. Aliran bahan dalam mixer



Gambar 6. Titik-titik posisi pengambilan sampel dalam tangki

Dalam uji coba alat perlu dilakukan pengamatan untuk mengecek apakah alat *mixer* sebagai pencampur bahan bisa berfungsi dengan baik. Pengamatan dilakukan dengan mengambil sampel di beberapa titik yang mewakili untuk mengetahui konsentrasi fosfat di dalam tangki pada waktu menit ke 0, 3, 6 dan 10. Titik-titik pengambilan sampel terlihat pada Gambar 6. Sampel yang diambil tersebut dianalisa kadar  $P_2O_5$  nya.

Pada saat permulaan lapisan bawah bahan (titik 3 dan 4) merupakan posisi dari pasir dan abu (bahan aditif), sedangkan pada lapisan atas (titik 1 dan 2) merupakan posisi dari bahan tepung fosfat. Oleh karena itu di Tabel 1 terlihat bahwa pada awal pengadukan (waktu 0 menit) titik 1 dan 2 mempunyai kadar  $P_2O_5$  27% karena pada lapisan tersebut terdapat bahan fosfat yang mengandung  $P_2O_5$ , sedangkan titik 3 dan 4 mempunyai kadar  $P_2O_5$  0% karena pada lapisan tersebut terdapat bahan pasir dan abu yang tidak mengandung  $P_2O_5$ . Pada waktu 3 menit kandungan  $P_2O_5$  pada titik 1, 2, 3 dan 4 melalui berubah. Kadar  $P_2O_5$  pada titik 1 dan 2 mulai menurun menjadi 24 dan 25%, sedangkan pada titik 3 dan 4 kadar  $P_2O_5$  mulai meningkat menjadi 7 dan 8%. Begitu juga pada waktu 6 menit kadar  $P_2O_5$  di titik 1 dan 2 menurun lagi menjadi 22 dan 23%, sedangkan pada titik 3 dan 4 kadar  $P_2O_5$ -nya meningkat menjadi 16 dan 15%. Dan akhirnya pada waktu 10 menit setelah dilakukan pengadukan ke empat titik tersebut mempunyai kadar  $P_2O_5$  yang sama yaitu 20%.

Tabel 1. Kandungan  $P_2O_5$  di berbagai titik di dalam screw mixer

No.	Waktu (Menit)	Kadar phosphate ( $P_2O_5$ ) (%)			
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4
1.	0	27	27	0	0
2.	3	24	25	7	8
3.	6	22	23	16	15
4.	10	20	20	20	20

Dengan waktu pengadukan 10 menit tersebut hasil pengadukan sudah merata. Keseragaman hasil pengadukan juga bisa dilihat secara fisik dengan melihat warna. Bahan baku yang digunakan mempunyai warna putih, coklat dan hitam. Hasil pencampuran mempunyai warna krem.

Hasil uji coba juga menunjukkan bahwa jika digunakan untuk mencampur bahan-bahan yang memiliki densitas lebih dari 1 gr/ml dan dioperasikan dengan kapasitas penuh (1.000 lt) putaran pengaduk menjadi berat. Penggunaan mixer secara paksa pada kapasitas penuh (1.000 lt) bisa menyebabkan rusaknya pengaduk (pengaduk bengkok). Untuk menurunkan beban putaran pengaduk ada beberapa cara yang bisa ditempuh antara lain:

Mengurangi lebar *hellical ribbon* dari 10 cm menjadi 7 cm.

Mengurangi diameter tangki dari 0,9 m menjadi 0,5 m yang pada akhirnya juga akan mengurangi diameter pengaduk.

Hasil uji coba alat *mixer* dengan menggunakan bahan bekatul yang mempunyai densitas kurang dari 1 gr/ml menunjukkan bahwa alat *mixer* bisa digunakan dengan kapasitas yang lebih tinggi (mencapai 800 kg). Hal ini disebabkan oleh bahan bekatul yang dicampur mempunyai densitas kurang dari 1 gr/ml sehingga putaran pengaduk tetap ringan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil ujicoba *screw mixer* yang disampaikan di pembahasan dapat disimpulkan bahwa *Screw mixer* bisa digunakan untuk mencampur bahan yang berbentuk butiran padat (kadar  $P_2O_5$  bisa merata). Untuk mendapatkan hasil pencampuran yang homogen atau seragam diperlukan waktu operasi 10–15 menit. *Screw mixer* hanya bisa digunakan untuk mencampur bahan berbentuk tepung dengan *density* kurang dari 1 gr/ml.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai kegiatan pengabdian masyarakat ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andre Beakker et al. 1995. "Properly Choose Mechanical Agitators for Viscous Liquid", *Chemical Engineering Progress*, page: 25 - 34.
- A. Cholette, J. Blanchet and Leonce Cloutie. 1960. "Performance of Flow Reactor at Various Levels of Mixing", *The Canadian Journal of Chemical Engineering*.
- Demmerle R.L., Walter J.S. 1950. *Modern Chemical Process*, Volume I, Reinhold Publishing Corporation, New York, hal 32-39.
- Husein, M. et al. 1998). *Super Phosphate Fertilizer Plant Optimalization*, PT. Petrokimia Gresik (Persero), Indonesia.
- John, F.M. 1976. *Process Technology and Flowsheet*, 5th edition, Mc Graw Hill Publisher, New York, hal 26-28.
- Kirk, P. I. E. and Othmer D.E. 1968. *Encyclopedia of Chemical Technology*, volume 10, 2nd Completely Revised Edition, John Wiley & Sonss, Inc, Mei Ya Publication Inc. Taiwan.
- Moersidi. S. 1999. *Fosfat Alam Sebagai Bahan baku dan Pupuk Fosfat*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat Bogor.
- P, Larosa and F. S. Manning. 1964. *Intensity of Segregation as a Measure of Incomplete Mixing*, *The Canadian Journal of Chemical Engineering*.