

PEMBUATAN SIMULASI/PROGRAM GRANULASI TANAH BERBUTIR HALUS MENJADI TANAH BERBUTIR KASAR DENGAN MENGGUNAKAN PROGRAM MATLAB

¹Akhmad Maliki, ²Siswoyo

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya
E-mail: maliki.ts@uwks.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya, Surabaya
E-mail: siswoyosecure@gmail.com

ABSTRAK: Lumpur Sidoarjo (LuSi) merupakan semburan lumpur panas yang berasal dari dalam perut bumi. Komponen material yang dimuntahkan oleh LuSi sebagian besar berupa lempung. Jika dilihat dari sifat fisik LuSi yang berbentuk lempengan lebar, plastisitas dan penyusutan yang tinggi menyebabkan LuSi sulit untuk dipindahkan/diangkut. Agar dapat dengan mudah untuk mengangkutnya dan dapat digunakan untuk tanah urugan reklamasi yang tidak perlu lagi mengambil material urugan di daerah *quarry*, maka ukuran butiran LuSi harus dibesarkan melalui proses granular yang menggunakan drum granulator berputar. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat program dan simulasi granulasi LuSi dalam drum granulator, agar didapatkan ukuran butiran yang bergradasi baik (*well graded*). Penelitian yang akan dilakukan yaitu pembuatan program dan simulasi mengenai pembesaran partikel LuSi dengan menggunakan program Matlab. Dari hasil pemodelan dan simulasi akan didapatkan ukuran butiran yang bergradasi baik, variabel bebas yang memberikan distribusi ukuran butiran bergradasi baik adalah kecepatan putar drum 9 rpm dan sudut kemiringan drum 5 derajat dengan variabel tetap yaitu diameter drum 0,4 m dan Panjang drum 2m; sesuai dengan syarat *Unified Soil Classification System (USCS)* nilai $C_u = 5,61$ dan $C_c = 2,1$ berdasarkan nilai tersebut distribusi ukuran butiran didominasi oleh tanah pasir kasar dan pasir halus.

Kata Kunci : Model dan simulasi, Lumpur Sidoarjo (LuSi), granulasi, drum granulator, butiran bergradasi baik (*well graded*)

1. PENDAHULUAN

Lumpur Sidoarjo atau disebut LuSi merupakan semburan lumpur panas dari dalam perut bumi yang diakibatkan oleh pengeboran sumur eksplorasi gas milik PT Sidoarjo Brantas Inc. Volume lumpur yang dimuntahkan dari dalam perut bumi sangatlah besar, dimana komponen materialnya berupa lempung 71,43%, lanau 10,72%, dan pasir 17,86% (Noerwarsito, 2006 dalam Setyowati 2009). Jika dilihat dari sifat fisik LuSi yaitu memiliki bentuk berupa lempengan yang lebar dan memiliki sifat susut yang tinggi, sehingga LuSi sangat sulit untuk dipindahkan/diangkut yang mengakibatkan LuSi sulit untuk dapat dimanfaatkan dalam jumlah yang sangat besar misal dimanfaatkan sebagai tanah urug untuk reklamasi. Untuk memudahkan proses pemindahan/pengangkutan, ukuran butiran LuSi yang halus harus dirubah menjadi ukuran butiran kasar/lebih besar atau disebut granulasi dengan menggunakan drum granulator berputar.

Secara umum granulasi dapat dilakukan dengan cara butiran halus dimasukan kedalam drum granulator, kemudian disemprotkan air dengan kecepatan, volume dan dalam periode waktu tertentu. Pembesaran butiran tersebut dipengaruhi oleh dua parameter/variabel tetap yaitu diameter dan panjang drum, sedangkan untuk variabel bebas yaitu kecepatan putar drum, suhu air dan kadar air, kemiringan drum, dan waktu tinggal dalam drum.

Supaya granulasi LuSi dapat dilakukan lebih efektif dan efisien tanpa harus melakukan coba-coba/praktek terlebih dahulu, maka perlu dilakukan simulasi/program dengan menggunakan program Matlab. Model matematis yang digunakan dalam granulasi yaitu menggunakan mekanisme *coalescence*, dari pengembangan model matematis dan simulasi/program pembesaran butiran

halus akan didapatkan variasi distribusi ukuran butiran yang di perlukan.

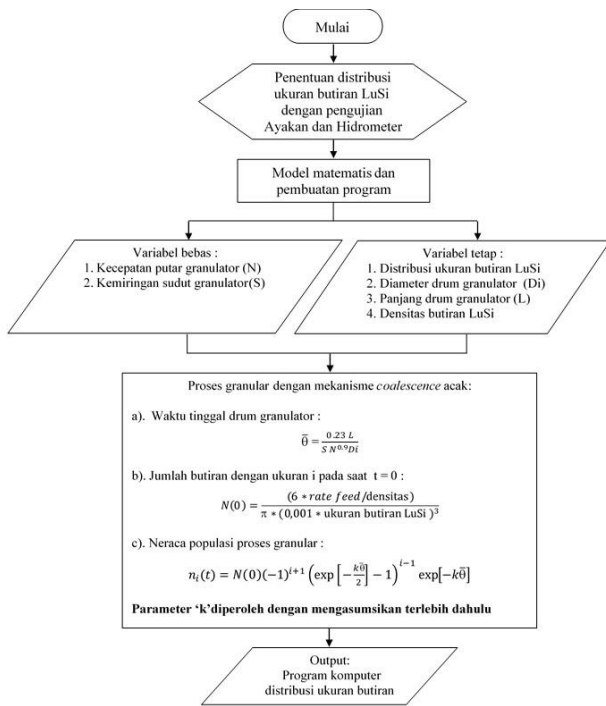
Dari uraian di atas perlu dilakukan pembuatan simulasi/program granulasi ukuran butiran LuSi yang berbutir halus dapat dirubah menjadi ukuran butiran kasar yang bergradasi baik dengan menggunakan program Matlab. Dengan demikian pada suatu saat akan dilakukan percobaan granulasi di Laboratorium, maka dapat diketahui terlebih dahulu ukuran butiran kasar yang sudah tersimulasi oleh program.

2. METODE PENELITIAN

Benda uji tanah LuSi diambil di lokasi semburan LuSi di Porong, Sidoarjo Jawa Timur. Pengujian benda uji LuSi dilakukan di laboratorium untuk menentukan sifat fisik dan distribusi ukuran butiran LuSi.

2.1 Pembuatan Program Granulasi

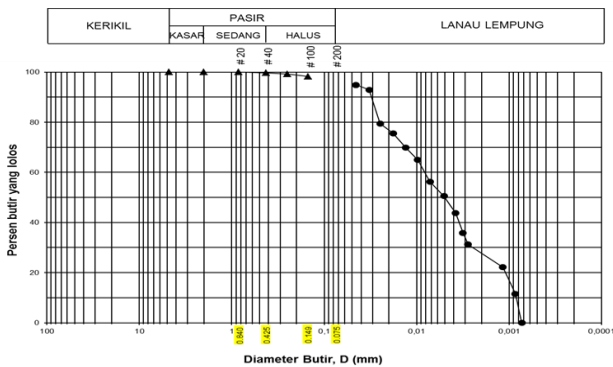
Pada tahap ini dilakukan pembuatan program. pengembangan model matematis mekanisme *coalescence* dan simulasi granulasi lempung LuSi menjadi butiran kasar untuk mendapatkan kurva distribusi ukuran butiran yang bervariasi. Pembuatan program granulasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir pembuatan program komputer “Kurva Distribusi Ukuran Butiran”

3. DISTRIBUSI UKURAN BUTIRAN LuSi

Tanah lempung yang digunakan untuk input distribusi ukuran butiran dalam penelitian ini adalah Lumpur Lapindo (LuSi) pada kedalaman kurang lebih 50 cm dari permukaan lumpur lapindo. Distribusi ukuran butiran LuSi diuji dengan analisa ayakan dan hidrometer di laboratorium dimana hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva distribusi ukuran butiran tanah LuSi

Pada Gambar 2 terlihat bahwa distribusi ukuran butiran LuSi didominasi oleh ukuran butiran lanau lempung yaitu sebesar 95,5 % dan sisanya berupa butiran pasir-halus sebesar 4,5 % hal ini berarti bahwa tanah LuSi merupakan sebagian besar butiran halus. Dari data distribusi ukuran butiran pada Gambar 2 tersebut akan dirubah menjadi tanah berbutir kasar/granular dengan menggunakan program MATLAB.

4. PEMODELAN DAN SIMULASI DRUM GRANULASI LuSi

Mekanisme proses granulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah mekanisme *coalescence*, karena mekanisme tersebut lebih mendukung pada ukuran butiran yang hampir sama atau homogen. Pada persamaan mekanisme *coalescence* dilakukan pemodelan matematis proses granulasi butiran tanah lempung yang menggunakan persamaan (1).

$$n_i(t) = N(0)(-1)^{i+1} \left(\exp\left[-\frac{k\theta}{2}\right] - 1 \right)^{i-1} \exp[-k\theta] \tag{Pers. 1}$$

Volume rata-rata partikel meningkat seiring dengan bertambahnya waktu secara exponential yang menggunakan persamaan (2).

$$\bar{v}(t) = v_1 \exp\left[\frac{kt}{2}\right] \tag{Pers. 2}$$

Namun dalam penyelesaian persamaan (1) diperlukan untuk mengestimasi waktu tinggal dalam drum granulator yang terdapat pada persamaan (3).

$$\bar{\theta} = \frac{0,23 L}{(\tan S)N^{0,9} Di} \tag{Pers. 3}$$

dimana : L adalah panjang granulator (m), Di adalah diameter granulator (m), N adalah kecepatan putar granulator (rpm) dan S adalah kemiringan granulator (°).

Simulasi dilakukan dengan membuat berbagai macam variabel bebas dengan parameter kemiringan sudut drum granulator (S), kecepatan putar drum granulator (N) dan *rate feed* umpan dan variabel tetap dengan parameter distribusi ukuran butiran, diameter drum granulator, panjang drum granulator, dan densitas butiran lempung yang terdapat pada Gambar 1. Dari hasil simulasi granulasi didapatkan kurva distribusi ukuran butiran yang bervariasi; harga parameter variabel bebas yang menghasilkan kurva distribusi ukuran butiran yang mempunyai bentuk *well graded* yaitu kecepatan putar (N) = 9 rpm, sudut kemiringan (S) = 5 derajat dan *rate feed* umpan = 1,35 kg/menit. Tabel 1 memperlihatkan perbandingan distribusi ukuran butiran initial dengan distribusi ukuran butiran dari hasil simulasi proses granular.

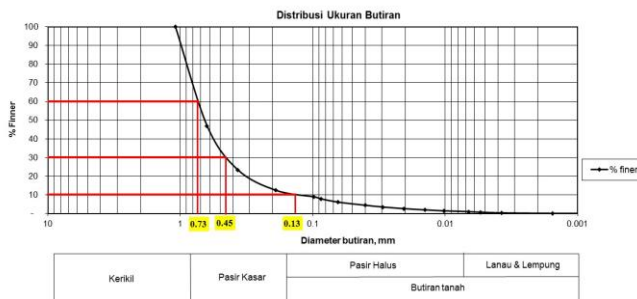
Tabel 1. Perbandingan Distribusi Ukuran Butiran Initial dan Hasil Simulasi Granular

No	Distribusi Ukuran Butiran Initial		Distribusi Ukuran Butiran Simulasi	
	Diameter (mm)	Persentase lolos ayakan (%)	Diameter (mm)	Persentase lolos ayakan (%)
1	0,42500	99,63	1.0928	100
2	0,25000	99,19	0.6299	46.9801
3	0,15000	98,26	0.3699	23.4468
4	0,07900	94,98	0.1904	12.4054

Lanjutan Tabel 1

5	0,04157	94,87	0.0977	8.9172
6	0,03771	92,94	0.0863	7.8238
7	0,02893	79,44	0.0643	6.0781
8	0,01860	75,58	0.0401	4.4040
9	0,0142	69,80	0.0295	3.4669
10	0,0102	64,98	0.0204	2.5974
11	0,0074	56,30	0.0141	1.9317
12	0,00560	50,52	0.0102	1.4179
13	0,00390	43,77	0.0067	0.9757
14	0,00341	35,86	0.0054	0.6873
15	0,00259	31,24	0.0037	0.3299
16	0,00123	22,17	0.0016	0.0578
17	0,00077	11,57	0.0007	0.0128

Tabel 1 terlihat bahwa granulasi pembesaran ukuran butiran initial didominasi oleh butiran pasir-kasar dan pasir-halus sebesar 92%, sedangkan lanau lempung sebesar 8%. Dari perolehan nilai tersebut, menunjukkan bahwa simulasi granulai mengalami pembesaran ukuran butiran dimana sebelumnya yaitu kondisi initial ukuran butiran didominasi oleh tanah lempung/butiran halus sebesar 95,5 %. Hasil simulasi proses granulasi distribusi ukuran butiran tersebut diplot seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai C_u dan C_c yang sesuai dengan syarat USCS.



Gambar 3. Kurva distribusi ukuran butiran dari hasil simulasi proses granular

Dari Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa diameter dimana butiran yang lolos ayakan 60 %, 30%, dan 10% adalah masing-masing sebesar 0,73 mm, 0,45 mm, dan 0,13 mm. Tanah yang begradasi baik harus memenuhi parameter koefisien keseragaman (C_u) yang ditentukan dengan menggunakan persamaan (4).

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{(Pers. 4)}$$

dan koefisien gradasi (C_c) yang dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} \times D_{10}} \quad \text{(Pers. 5)}$$

dimana :

C_u = Koefisien keseragaman

C_c = Koefisien gradasi

D_{10} = Diameter bersesuaian dengan 10% lolos ayakan

D_{30} = Diameter bersesuaian dengan 30% lolos ayakan

D_{60} = diameter yang bersesuaian dengan 60% lolos ayakan yang ditentukan dari kurva distribusi ukuran butiran.

Dari perhitungan diperoleh bahwa harga $C_u = 90$ dan harga $C_c = 2,61$. Berdasarkan sistim klasifikasi USCS, syarat ukuran butiran bergradasi baik/*well graded* yaitu harga $C_u \geq 4$ untuk kerikil dan $C_u \geq 6$ untuk pasir, dan harga $1 \leq (C_c) \leq 3$. Oleh sebab itu, tanah hasil simulasi dari proses granulasi tersebut dapat dikelompokkan sebagai tanah kerikil bergradasi baik/*well graded*.

5. KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa simulasi granulasi LuSi dari model yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah:

1. Distribusi butiran LuSi didominasi oleh butiran lanau lempung sebesar 95,5 % dan sisanya berupa butiran pasir halus sebesar 4,5%, artinya bahwa tanah LuSi sebagian besar merupakan butiran halus.
2. Simulasi kecepatan drum granulator yang memberikan distribusi ukuran butiran yang bergradasi baik (*well graded*) berdasarkan USCS adalah 9 rpm.
3. Simulasi sudut putar drum granulator yang meberikan distrubusi ukuran butiran yang bergradasi baik (*well graded*) berdasarkan USCS yaitu 5°.

Dalam simulasi ini, diameter dan panjang drum granulator adalah tetap yaitu masing-masing sebesar 0,4 meter dan 2 meter.

6. DAFTAR PUSTAKA

Das, B. M. (1985), Alih bahasa : Noor Endah dan Indrasurya B. (1988), "*Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*", Jilid I, Erlangga Jakarta.

Ennis, B. J. (2010), "*Agglomeration Technology : Equipment Selection*". Chemical Engineering www.che.com

Faizah, I. (2013), *Peningkatan Perilaku Lumpur Sidoarjo (LuSi) dengan Bahan Additive CaCO3 dan Ca(OH)2 untuk Material Urugan*, Tesis, ITS, Surabaya.

Holtz, R. D. dan Kovacs, W. D. (1981), *An Introduction To Geotechnical Engineering*, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Irawan, F. A. (2012), *Buku Pintar Pemograman Matlab*, MediaKom. Yogyakarta.

Kapur, P. C. and Runkana, V. (2003), "*Balling and Granulation Kinetics Revisited*". International Journal Miner Process, 72 (2003) 417 – 427.

Lachman, L., A. L. Herbert, & L. K. Joseph (1994), "*Teori dan Praktek Farmasi Industri*". Diterjemahkan oleh: Siti Suyatmi. Universitas Indonesia Press. Jakarta.

Parikh, D. M. (2010), "*Handbook of Pharmaceutical Granulation Technology (Theory of Granulation : An Engineering Perspective)*". Informa Healthcare, New York USA.

- Perloff, W. H. & Baron, W. (1976), "*Soil Mechanics Principle and Application*". The Ronald Press Company, New York.
- Pietsch, W. (1991), "*Size Enlargement by Agglomeration*". John Wiley & Sons Ltd, West Sussex. England.
- Sastry K., and Fuerstenau D., In: Sastry KVS (1977), ed. *Agglomeration 77*. AIME, 381. New York.
- Setyowati, E. W. (2009), "*Penggunaan Campuran Lumpur Lapindo Terhadap Peningkatan Kualitas Genteng Keramik*". *Dinamika Teknik Sipil* Vol. 9 No. 1 (2009) 67 – 75.
- Sridharan, A. dan Prakash, K. (2000), "*Classification Procedure For Expansive Soils*". *Proceeding Instn. Civ. Engrs. Geotech. Engineering*.
- Venkataramana, R., Kapur, P.C., dan Gupta, S. S. (2002), "*Modelling of Granulation by a Two-stage Autolayering Mechanism in Continuous Industrial Drums*". *Chemical Engineering Science*, 57 (2002) 1685 - 1693.
- Yliniemi, L. (1999), "*Advanced Control of A Rotary Dryer*". Oulu University Library, University of Oulu Finland.

http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir_lumpur_panas_Sidoarjo
www.bpls.go.id/.../KARAKTERISTIKLUMPURSDA