

# ANALISA PEMADATAN TANAH LIAT DENGAN MESIN EXTRUDER

Seno Darmanto<sup>1)</sup>

## Abstract

Research is done to analyze work performance of extruder machine to compress clay for red brick. The analyzing work performance of extruder machine is based on dry density of clay and water content. Research is done in industry and laboratory with doing observation and taking specimen of clay that had been given treatment in extruder machine. And based on analyzing data it shows that dry density of clay in extruder machine is in range  $1.45 \text{ gram/cm}^3 - 1.55 \text{ gram/cm}^3$  and water content can be range 27% - 31%.

**Key words:** Clay, brick, water, content, dry, density, pressure and extruder.

## PENDAHULUAN

Penyusutan tiap produk bata merah yang tidak sama akan menjadi problem bagi peningkatan kualitas bata merah. Masalah penyusutan bata merah yang tidak sama dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut meliputi jenis dan jumlah bahan, sistem pengeringan, proses butirisasi dan pamadatan. Faktor jenis dan jumlah bahan dapat diatasi dengan penyiapan dan seleksi bahan yang baik. Untuk industri rumah tangga, sistem pengeringan lebih banyak menggunakan pengeringan alami yakni menjemur di bawah terik matahari. Butirisasi bahan bisa dilakukan dengan pencangkulan dan bisa didukung oleh mesin untuk bahan-bahan yang keras. Sedangkan untuk memperbaiki proses pematatan, terlebih untuk bahan yang sulit diolah (bahan keras), perlu hadirnya teknologi dengan tenaga penggerak mesin.

Pematatan pada proses pembuatan bata merah dilakukan secara manual (tenaga manusia) dan pematatan alami. Proses pematatan bata tanah liat dengan tenaga manusia dilakukan dengan mencangkul dan mencetak tanah liat yang telah diolah (bahasa Jawa luluhan). Proses pematatan selanjutnya merupakan pematatan alami dengan mendiamkan tanah liat itu beberapa saat hingga mengeras (memadat) sendiri. Pematatan untuk komposisi bahan yang keras dan mengandung bahan penguat akan memakan waktu dan tenaga yang cukup besar. Di samping itu, proses pematatan alami akan terganggu dengan perubahan musim dari musim kemarau ke musim hujan.

Pada sistem permesinan, proses pembentukan yang disertai dengan pematatan dapat dilakukan dengan menerapkan mesin-mesin ekstruder (Duetschman at. all., 1975 ; Darnel at. all, 1956), pengerollan (Tselikov, 1967), roda penggilas, sinter dan mesin pres (German, 1994). Pematatan tanah liat dengan mesin ekstruder telah banyak dipakai oleh industri skala besar meliputi genteng, gerabah, keramik dan industri yang berbasis pada bahan keramik. Kontribusi secara teknik dan ekonomi perlu di kaji, seberapa besar efektifitas teknologi permesinan tersebut meningkatkan kapasitas dan kualitas produk keramik termasuk bata merah di industri skala kecil.

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan D-3 Teknik Mesin FT-UNDIP

## STUDI PUSTAKA

Proses pembuatan bata merah secara umum terdiri dari penyiapan bahan, pengolahan, pembentukan, pengeringan dan penbakaran. Mesinisasi di dalam proses pembuatan bata pada prinsipnya juga mengacu tahap-tahap pengolahan secara umum. Dalam tahap itu, bahan akan mengalami perlakuan lebih detail, tepat dan akurat. Dengan demikian hadirnya mesinisasi di industri bata merah akan meningkatkan jumlah produksi dan kualitas bata merah.

### Pembuatan Bata Merah secara Konvensional

Material merupakan faktor awal yang penting dalam proses produksi bata merah. Material tanah yang baik untuk pembuatan bata merah adalah tanah liat (bahasa Jawa : lempung). Tanah liat bisa berwarna merah atau hitam. Selain tanah liat ditambahkan pula pasir untuk meningkatkan sifat kekerasannya. Kadar pasir kira-kira 10 – 15 %.

Proses pengolahan (treatment) tanah liat untuk pembuatan bata merah cara konvensional dilakukan dengan pengadukan dan pencangkulan tanah liat yang bercampur dengan pasir dan air secara berulang-ulang. Prinsip yang mendasar dari tahapan pengolahan tanah liat ini adalah menyiapkan bahan (tanah liat, pasir dan air), butirisasi dan pengadukan (mixing). Penuangan air pada tanah liat juga bisa dilakukan sebelum dicampur dengan pasir (bahan penguat). Untuk material tanah liat kualitas baik (ulet dan tanpa butiran kerikil), proses butirisasi pada pengolahan bahan akan berjalan lebih sederhana dan cepat.

Tahap awal pengolahan tanah liat adalah penyiapan tanah liat dan bahan penguat. Penyiapan ini meliputi menyeleksi tanah liat terhadap kerikil berukuran besar dan pengaturan kadar air. Sehubungan dengan pengambilan tanah liat dilakukan pada tempat, waktu dan teknik pengambilan yang berbeda, maka kadar air dalam tanah liat juga berbeda-beda. Berdasarkan pengamatan di industri bata merah kecamatan Jogonalan Klaten, penyiapan bahan tanah liat dilakukan dengan menaikkan kadarnya hingga mencapai 40 – 60 %. Kemudian tanah liat itu didiamkan beberapa hari (1-5 hari) dan diharapkan kadar air akan menurun sendiri (penguapan alami).

Setelah itu bahan penguat pasir (bisa bahan penguat lain) ditambahkan kira-kira 10% - 15%.

Langkah proses pengolahan tanah liat selanjutnya berupa pencampuran tanah liat dan bahan penguat. Proses konvensional menggunakan metode pengadukan dengan peralatan cangkul. Bahan tanah liat dan bahan penguat pertama-tama disusun berlapis. Susunan bahan ini tergantung pada jumlah penguat bahan. Dan prinsipnya bahan penguat ini diletakkan di antara tanah liat. Kemudian proses pencampuran dilakukan dengan mencangkul (bahasa Jawa menyisir) dari permukaan atas lapisan sampai dasar dan juga dari satu ujung ke ujung lainnya. Pencangkulan itu dilakukan secara berulang-ulang hingga dihasilkan campuran yang homogen.

Proses penuangan air pada campuran dimaksudkan untuk menaikkan keuletan bahan, mempermudah proses butirisasi dan meringankan proses pengadukan. Proses penuangan dilakukan dari bagian tengah permukaan bahan (campuran tanah liat dan bahan penguat). Untuk proses manual (dengan tenaga manusia), kadar air bisa mencapai 40% - 50%. Kadar air rendah akan mempersulit proses butirisasi dan pengadukan. Proses dengan mesin, kadar air bisa lebih rendah dan diharapkan di antara 25% - 30%. Setelah penuangan air, bahan dibiarkan untuk memberi kesempatan air meresap merata. Untuk bahan dalam jumlah besar bisa memakan waktu 1-2 hari.

Proses butirisasi dilakukan untuk meningkatkan sifat teknik bahan. Sifat teknik bahan ini meliputi keuletan, kekuatan, kekerasan dan ketangguhan. Proses butirisasi sulit dilakukan dengan proses konvensional yang mengandalkan tenaga manusia. Proses butirisasi (pengurangan luasan) bisa dilakukan dengan pemukulan, pengerolan (Lange, 1985) dan roda penggilas. Roll dan roda penggilas berfungsi melumatkan dan melembutkan bahan pengotor yang berupa kerikil dan benda keras.

Proses pengolahan bahan terakhir berupa pengadukan (mixing). Pengadukan dimaksudkan untuk meningkatkan homogenitas bahan. Bahan dalam tahap ini meliputi tanah liat, bahan penguat dan air. Proses manual dilakukan dengan pencangkulan bahan secara berulang-ulang. Proses dengan mesin bisa dilakukan dengan roda penggilas di atas lapisan penggilas (mangkuk penggilas), mixer (bahasa Jawa molen) dan ekstruder.

### Pemadatan Tanah Liat

Pemadatan tanah liat merupakan usaha memperbaiki sifat-sifat teknik massa tanah. Pemadatan berfungsi untuk menaikkan kekuatan, memperkecil *compressibility*, memperkecil daya tembus air dan memperkecil pengaruh air terhadap tanah tersebut (Bowles, 1984). Pemadatan tanah pada hakekatnya adalah suatu proses di mana udara pada pori-pori tanah dikeluarkan dengan salah satu atau kombinasi cara mekanis. Teknik pemadatan secara mekanis biasanya dilakukan dengan menggilas. Sedangkan uji pemadatan

di laboratorium dilakukan dengan memukul. Untuk setiap daya pemadatan tertentu, kepadatan yang dicapai tergantung kepada banyaknya air di dalam tanah tersebut. Kadar air yang menghasilkan kepadatan maksimum disebut kadar air optimum (*optimum moisture content* (OMC)). Dan angka kepadatan maksimum dinyatakan dengan berat kering (berat satuan kering) maksimum (*maximum dry density*). Secara matematis, berat satuan kering dapat ditentukan dari berat satuan basah dan kadar air sebagai berikut

$$\gamma_{dry} = \frac{\gamma_{wet}}{1 + \omega} \quad (1)$$

di mana

- $\gamma_{dry}$  : berat satuan kering (kg/m<sup>3</sup> atau gram/cm<sup>3</sup>)
- $\gamma_{wet}$  : berat satuan basah (kg/m<sup>3</sup> atau gram/cm<sup>3</sup>)
- $\omega$  : kadar air (%)

Untuk menentukan berat (massa) satuan basah dan kadar air dapat dilakukan dengan uji volumetric di laboratorium. Berat (massa) satuan basah secara matematis ditentukan dari berat (massa) basah dibagi volume. Sedangkan kadar air ditentukan dari massa basah  $m_{basah}$  dikurangi massa kering  $m_{kering}$  dibagi massa kering  $m_{kering}$  atau

$$\omega = \frac{m_{basah} - m_{kering}}{m_{kering}} \quad (2)$$

### Pemadatan Tanah Liat dengan Mesin Extruder

Proses pemadatan tanah liat dapat terjadi di mesin ekstruder disebabkan oleh perbedaan tekanan (beda tekanan) antara hopper (lubang masuk material/bahan) dengan ujung keluaran (cetakan) bahan (*dies*). Besarnya beda tekanan yang timbul dipengaruhi oleh dimensi poros berulir (*auger*), celah antara poros berulir dengan dinding silinder (*barrel*), putaran poros dan panjang poros.

Tekanan yang timbul di mesin ekstruder dapat dikaji secara teoritis maupun empiris. Kajian secara empiris dilakukan terhadap tanah liat yang dilewatkan melalui lubang (*hole*) cetakan berdiameter 0,25 inch pada mesin ekstrusi (Park at. all., 1959). Kajian empiris tersebut menghasilkan hubungan tekanan dengan kapasitas aliran (*delivery rate*) sebagai berikut

$$Q = 0,213.n(P - 98,5) \quad (3)$$

Di mana

- Q : kapasitas (lbm/jam)
- n : jumlah lubang.
- P : tekanan (lb/in<sup>2</sup>)

Poulson (1987) dan Darnel at. all. (1956) menganalisa kapasitas aliran fluida ( $Q_{ideal}$ ) melalui

poros ulir (*extruder*) dalam *injection moulding* dan diperoleh persamaan aliran sebagai berikut:

$$Q_{ideal} = \frac{1}{2} x (\pi^2 . D^2 . H . N . \tan \theta) \quad (4)$$

Di mana:

- D : diameter poros berulir (m)
- H : tinggi ulir (m).
- N : putaran poros ulir (rpm)
- $\theta$  : sudut helik ulir (degre)

Sedangkan untuk kapasitas maksimum ( $Q_{max}$ ) dapat didekati dengan persamaan

$$Q_{max} = \frac{1}{2} x (\pi^2 . D^2 . N . H . \sin \theta . \cos \theta) \quad (5)$$

### METODE PENELITIAN

#### Bahan:

- tanah liat hitam (industri bata merah di Klaten Jawa Tengah), pasir dan air serta cairan
- Hg untuk untuk uji volumetric

#### Peralatan:

- mesin extruder dan peralatan uji volumetri

#### Spesifikasi mesin extruder:

- Diameter luar poros berulir : 45 cm
- Diameter dalam poros berulir : 14 cm
- Tinggi ulir : 15,5 cm
- Celah antara poros berulir dg silinder : 1.5 cm
- Putaran : 18–20 rpm
- Panjang poros berulir : 200 cm
- Sudut ulir - Zone conveying : 15°
- Zone densifying : 11.5°
- Zone metering : 9°

#### Peralatan uji volumetric:

- Cawan, cawan peluberan Hg dan timbangan massa

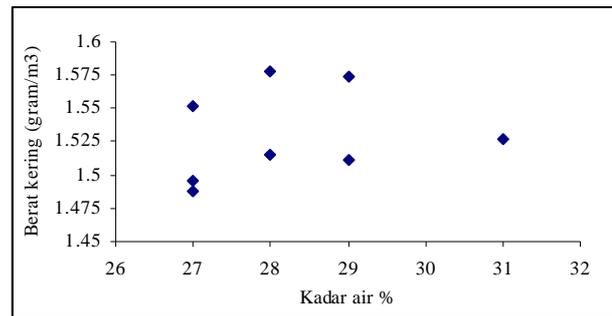
#### Langkah-langkah penelitian

1. Uji volumetric. Uji volumetri dilakukan terhadap tanah liat yang telah mengalami pemadatan paksa di mesin extruder. Dengan uji volumetric akan diperoleh karakteristik tanah liat setelah prses pemadatan paksa meliputi kadar air dan berat (massa) satuan basah.
2. Uji pemadatan dengan standar tes Proctor. Uji standar Proctor dilakukan untuk menentukan potensi pemadatan yang dapat dicapai. Dengan uji pemadatan standar Proctor akan didapat karakteristik tanah liat yang ditunjukkan oleh hubungan berat satuan kering versus kadar air.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji volumetric terhadap tanah liat yang mengalami pemadatan paksa di mesin extruder terdiri dari 8 (delapan) spesimen. Hasil uji volumetri terhadap 8 (delapan) spesimen tersebut ditunjukkan di gambar 1. Pemadatan dengan mesin extruder menghasilkan berat

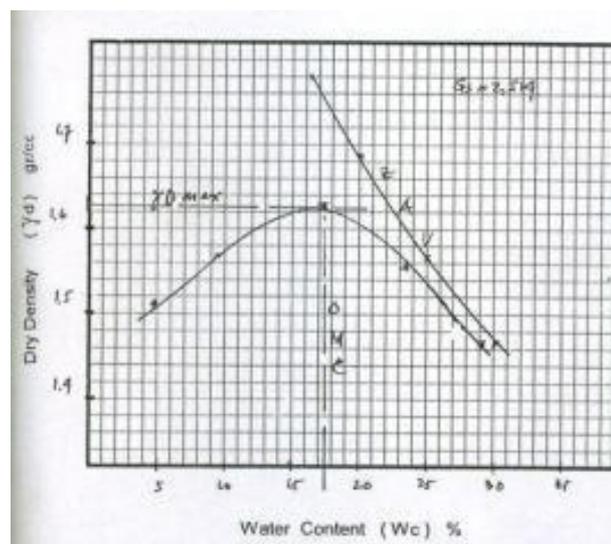
satuan kering (*dry density*) di antara 1,45 gram/cm<sup>3</sup> – 1,55 gram/cm<sup>3</sup> dan kadar air di antara 27% – 31%.



Gambar 1. Hubungan antara berat satuan kering dengan kadar air melalui pemadatan tanah liat di mesin extruder.

Kemudian untuk uji pemadatan tanah liat dengan standar Proctor menghasilkan hubungan berat satuan kering dengan kadar air seperti ditunjukkan di gambar 2. Dari kurva grafik menunjukkan bahwa berat satuan kering maksimum dicapai pada kondisi kadar air 17,5% di mana kondisi kadar air 17,5% ini dinamakan *optimum moisture content* (OMC). Berat satuan kering maksimum tanah liat dapat mencapai 1,6 gram/cc.

Ada perbedaan secara nyata berat satuan kering tanah liat yang telah mengalami perlakuan di mesin extruder dengan berat satuan kering tanah liat dari uji standar Proctor. Berat satuan kering menunjukkan tolak ukur/ukuran bahan (termasuk tanah liat) yang dikenai/diberi perlakuan pemadatan. Di samping berat satuan kering, ada faktor lain yang mempengaruhi control pemadatan yakni energi/daya, jenis tanah dan kadar air. Berkenaan dengan jenis tanah, kedua pengujian yakni uji volumetric terhadap specimen yang keluar dari mesin extruder maupun uji standar Proctor menggunakan jenis tanah liat yang sama yakni tanah liat hitam.



Gambar 2 Hubungan antara berat satuan kering dengan kadar air melalui uji pemadatan tanah liat menurut standar Proctor

Kadar air dalam tanah liat akan berubah setiap saat sehubungan dengan penguapan alami. Jarak lokasi pengambilan sample tanah liat dengan lokasi pengujian memberikan waktu terjadinya penguapan alami. Pengambilan sample jenis tanah liat yang sama namun berbeda tempat (masih wilayah yang sama) juga mempengaruhi kadar air dalam tanah dan bisa mempunyai kadar air yang berbeda. Dengan sample tanah liat yang mempunyai kadar air yang berbeda, maka pemberian perlakuan terhadap tanah liat di mesin ekstruder yang diatur pada putaran dan daya yang konstan akan menghasilkan pemadatan yang berbeda yakni berat satuan kering dan kadar air yang berbeda.

Ada perbedaan energi/daya pemadatan antara pemadatan dengan mesin ekstruder dengan pemadatan dengan standar Proctor. Daya pemadatan di mesin ekstruder berasal dari motor listrik yang diteruskan melalui system transmisi hingga dikopel oleh poros berulir. Dengan putaran arah maju dan daya yang diterapkan di poros berulir, bahan (tanah liat) akan bergerak maju ke ujung keluaran ekstruder. Dengan adanya penyempitan luasan di ujung keluaran (diatur dengan cetakan), maka aliran tanah liat akan mengalami perlambatan di ujung keluaran. Adanya perlambatan akan menimbulkan perbedaan gaya. Dan adanya perbedaan gaya di sepanjang poros berulir selanjutnya akan menimbulkan perbedaan tekanan. Pemadatan tanah liat di mesin ekstruder dipengaruhi oleh besarnya perbedaan tekanan yang terjadi antara ujung masuk bahan dengan ujung keluaran bahan. Sedangkan energi/usaha pemadatan tanah liat dengan standar Proctor dilakukan dengan energi tumbukan atau pemukulan. Energi pemadatan dengan standar Proctor ditentukan  $595 \text{ kJ/m}^3$  (standar/ASTM D698) atau  $2698 \text{ kJ/m}^3$  (Modifikasi /ASTM D1557) (Bowles, 1984).

## KESIMPULAN

Karakteristik pemadatan tanah liat diukur dalam berat (massa) satuan kering (*dry density*). Kondisi optimum pemadatan tanah liat dicapai pada kadar air

17,5% dengan berat satuan kering maksimum mencapai  $1,63 \text{ gr/cm}^3$ .

Pemadatan tanah liat dengan mesin ekstruder menghasilkan berat satuan kering (*dry density*) di antara  $1,45 \text{ gram/cm}^3$  –  $1,55 \text{ gram/cm}^3$  dan kadar air di antara 27% – 31%.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Deutschman, A. D., Walter J. Michels & Charles E. Wilson, 1975, "*Machine Design Theory and Practice*", Newark College of Engineering New Jersey Institute of Technology.
2. Darnell and E. A. J. Mol, 1956, "*Solid Conveying in Extruders*", Society Plastic Engrs. Journal, 12, 20 – 29.
3. German, R.M., 1994, "*Powder Metalurgy Science*", Metal Powder Industries federation, Princeton, New Jersey, USA, hal 192 – 194.
4. Joseph E. Bowles, Johan K, Haimin, 1984, "*Sifat Sifat Fisik Tanah dan Geoteknik Tanah*", Terjemahan, penerbit Erlangga, 10 – 35.
5. Lange, K., 1985, "*Handbook of Metal Forming*", Profesor University of Stuttgart, Mc Graw Hill Inc.
6. Paulson, 1987, "*Injection Molding Teknologi*", Paulson Training Program, United State of Amerika
7. Parks dan Hill, M.J., 1959 "*Design of Extrusion Auger and the Characteristic Equation of Ceramics Extrusion Machines*", American Ceramic Society Journal
8. Fox, R.D. and Alan T. Mc Donald, 1985, "Introduction to Fluid Machanic", School of Mechanical Engineering Purdue University.
9. Tselikov, 1967, "Stress and Strain in Metal Rolling", Translated From Russian by W.U. Sirh, Mir Publishers Moscow, 135 – 153.
10. Bowles, J. E. dan Haimin, J.K., 1984, "*Sifat-sifat Fisis Tanah dan Geoteknis Tanah*", terjemahan, Penerbit Erlangga
11. Wesley, Ir. A. M. Cuefhi, 1977, "Mekanika Tanah", Terjemahan, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, edisi 4.