

PENGARUH KOMPOSISI *BINDER* TANAH LIAT TERHADAP KEKUATAN PELET KATALIS ZEOLIT ALAM

*Eben Hesar Liku¹, Norman Iskandar¹, Sulardjaka¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: ebenheserliku@students.undip.ac.id

Abstrak

Katalis merupakan suatu senyawa kimia yang menyebabkan suatu reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis dalam bentuk pelet memiliki beberapa keunggulan yaitu, dapat memberikan stabilitas mekanis, bentuk yang bervariasi, dapat digunakan berulang, dan lebih mudah dalam fungsi control. Kekuatan mekanik dari suatu pelet dapat diperoleh dengan memperhatikan proses pembuatan, metode pembuatan dan bahan baku awal dari pelet katalis. Salah satu bahan pembuatan pelet katalis adalah zeolit alam yang merupakan mineral berpori yang banyak memiliki kegunaan dan mudah ditemukan di Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat mekanik yang meliputi kekuatan tekan dan kelarutan dari pelet katalis zeolit alam asal Indonesia dengan menggunakan variasi komposisi *binder*. Untuk mengetahui kekuatan sifat mekanik dari pelet, dalam penelitian ini menggunakan pengujian tekan (*Side Crush Strength*) dan pengujian larut dengan standar pengujian mengadopsi metode uji disintegrasi yang digunakan dalam dunia farmasi untuk menguji kelarutan pelet obat. Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa besarnya persentase komposisi binder pada pelet katalis zeolit alam dapat mempengaruhi nilai kuat tekan dan laju larut pada pelet tersebut.

Kata kunci: pelet katalis; uji kompresi, uji larut, zeolit alam

Abstract

*A catalyst is a chemical compound that causes a reaction to be faster to achieve a change without a chemical change at the end of the reaction. Catalysts in the form of pellets have several advantages, namely, they can provide mechanical repeatability, varied shapes, can be used, and are easier to control. The mechanical strength of a pellet can be obtained by considering the manufacturing process, manufacturing method, and raw material of the pellet catalyst. One of the catalyst materials is natural zeolite which is a porous mineral that has many uses and is easily found in Indonesia. The purpose of this study was to determine the mechanical properties including compressive strength and solubility of natural zeolite catalyst pellets from Indonesia using various binder compositions. To determine the mechanical properties of the pellets, in this study used compression test (*Side Crush Strength*) and soluble testing with standard testing adopting the disintegration method used in the pharmaceutical world to test the solubility of drug pellets. In this study, it was concluded that the percentage of binder composition in natural zeolite catalyst pellets could affect the compressive strength and dissolving rate of the pellets.*

Keywords: catalyst pellet, compression test, dissolving test, natural zeolite

1. Pendahuluan

Katalis merupakan suatu senyawa kimia yang menyebabkan suatu reaksi menjadi lebih cepat untuk mencapai kesetimbangan tanpa mengalami perubahan kimiawi diakhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan dan berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Katalis zeolit banyak dikembangkan dan diterapkan untuk aplikasi industri. Dari aplikasi proses awal hingga proses dalam kilang minyak bumi menjadi pemanfaatan baru-baru ini dalam proses kimia hijau berkelanjutan di sebuah industri [1].

Katalis memiliki tiga variasi bentuk dipasaran, yaitu serbuk, cair dan pelet. Katalis zeolit dalam bentuk serbuk dan cair dapat mengalami sebuah proses deaktivasi yang cepat, dimana berdampak negatif pada kinerja dari katalis tersebut.

Penggunaan katalis bubuk, misalnya dalam suatu reaktor akan menyebabkan penurunan tekanan, menyebabkan penyumbatan dan kesulitan pengoperasian reaktor serta dapat menimbulkan masalah teknis baru [2]. Pada penggunaan katalis cair, susah untuk dilakukan pemisahan antara produk awal dan produk akhir, sehingga perlu dilakukan proses lanjutan jika ingin memisahkan antara katalis cair dengan produk awal. Penggunaan produk katalis berbentuk pelet di dalam katalis dapat mengatasi masalah tersebut dan dapat menghasilkan katalis dengan kelebihan serta keunikan yang bervariasi, secara komersial katalis dengan bentuk pelet dapat memberikan stabilitas mekanis, bentuk yang variatis, penggunaan yang berulang, dan lebih mudah didalam fungsi control. Kekuatan mekanis dari suatu pelet dapat diperoleh dengan memperhatikan proses pembuatan, metode pembuatan dan bahan baku awal dari katalis. Kekuatan mekanik butiran sangat dipengaruhi oleh sifat fisik (seperti kepadatan, viskositas dan tegangan permukaan)[3].

Zeolit merupakan kristal aluminasilikat hidrat dengan struktur kerangka tiga dimensi yang tersusun atas tetrahedral (SiO_4)⁴⁻ dan (AlO_4)⁵⁻ dengan atom oksigen sebagai penghubungnya. Dalam pemanfaatannya, zeolit telah mengalami pengembangan sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk beberapa keperluan dalam industri, pertanian dan lingkungan. Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multi fungsi karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia yaitu sebagai penyerap (adsorption), penukar ion (ion exchange), penyaring molekul dan sebagai katalis[4]. Ketersediaan zeolit alam di Indonesia sangatlah melimpah, namun pengelolaan kekayaan zeolit tersebut masih belum bisa dimaksimalkan oleh sumber daya manusia yang ada, padahal potensi Indonesia sangat besar apabila dapat mengolah sumber daya alam yang ada untuk dijadikan pelet katalis yang memiliki kualitas yang bagus[5].

Dalam pembuatannya, pelet katalis zeolit alam harus melewati beberapa proses. Proses tersebut diawali dengan crushing batuan zeolit, kemudian meshing, aktivasi, hingga kompaksi sehingga menghasilkan katalis dalam bentuk pelet[6]. Tambahan binder atau bahan pengikat diperlukan untuk menambah gaya kohesif dari ikatan partikel-partikel padat pada pelet[7].

Kekuatan mekanik katalis zeolit bergantung pada kekuatan komponennya, tekstur struktur sekunder, dan metode sintesisnya. Saat memilih katalis heterogen untuk keperluan industri, kekuatan dan keandalan mekanik merupakan karakteristik operasional yang penting, yang masuk ke daftar parameter yang diperhatikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan mekanik dari struktur katalis adalah kekuatan dari padatan yang tersebar halus, jumlah kontak ditentukan oleh ukuran partikel dan kemasannya, pori-pori yang besar dapat mengurangi jumlah kontak tertentu dan memusatkan tekanan internal yang terpusat dan tekanan mikro makroskopik internal laten[8]. Banyak penelitian telah dilakukan terhadap penggunaan berbagai jenis binder pada pembuatan pelet. Mulai dari pelet pakan udang, ternak, pelet bijih besi, dan yang sebagainya. Namun, penelitian terhadap perbandingan kekuatan berbagai jenis binder pada pembuatan pelet masih jarang sekali yang dilakukan. Berangkat dari hal tersebut, pada pengujian kali ini peneliti akan membandingkan pengaruh dari binder yang berbeda pada pembuatan pelet katalis zeolit alam.

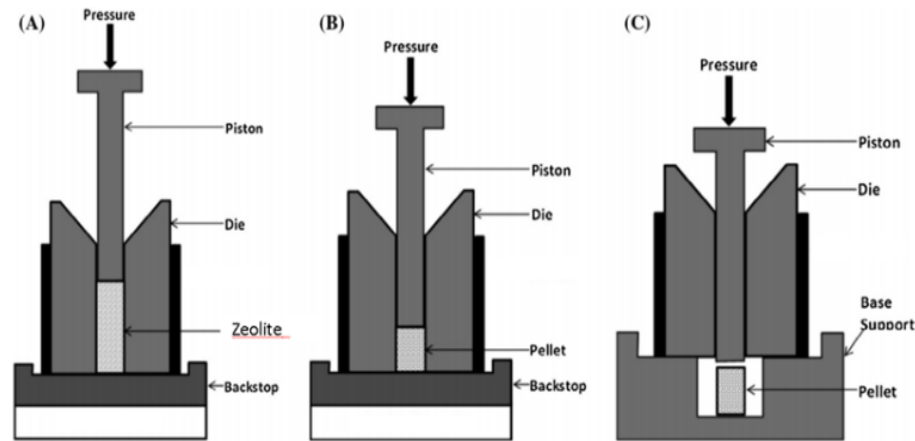
2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Bahan Penelitian

Terdapat beberapa bahan yang digunakan pada penelitian ini mulai dari proses pembuatan pelet katalis hingga pada proses pengujiannya. Bahan bahan tersebut antara lain, zeolit alam, bahan pengikat atau *binder*, dan aquades. Zeolit alam merupakan batuan berpori dengan sifat fisikokimia yang sangat baik. Dalam penelitian ini digunakan batuan zeolit alam Indonesia. Zeolit yang digunakan memiliki karakteristik warna coklat dengan tekstur berpasir. Bahan pengikat merupakan bahan yang dapat mempengaruhi gaya kohesif antar partikel serbuk. Bahan pengikat mempengaruhi pembentukan hasil tablet. Penggunaan bahan pengikat dapat mempengaruhi keseragaman ukuran, kekerasan, dan keberhasilan pembuatan granul yang dikempa menjadi tablet. Dalam penelitian ini binder yang digunakan berjenis tanah liat. Sedangkan Aquades atau air suling digunakan untuk melakukan uji kelarutan menggunakan *magnetic stirrer*. Air aquades digunakan untuk meminimalkan benda asing yang dapat mempengaruhi akurasi saat melakukan pengujian waktu larut

2.2 Proses Pembuatan Pelet

Mula-mula batuan zeolit dihancurkan menggunakan grinder hingga menjadi serbuk dan dilakukan pengayakan hingga didapatkan ukuran serbuk 250 mesh. Proses pencetakan pelet menggunakan *dies*/cetakan dengan diameter ± 5 mm. Kemudian serbuk zeolit ditimbang $\pm 0,5$ gram lalu dimasukkan ke dalam dies. Proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan alat *hydraulic press* Krisbow milik laboratorium Material Teknik Mesin Undip. Serbuk zeolit yang sudah dimasukkan ke dalam dies ditekan dengan tekanan sebesar 1,5 ton dan ditahan selama 20 detik. Setelah proses pencetakan selesai kemudian pelet disimpan di dalam wadah yang diberi desiccant. Selanjutnya pelet yang sudah dicetak dapat diuji kekuatan tekan dan laju larutnya.



Gambar 1. Proses Pembuatan Pelet Katalis

2.3 Pengujian Pelet

Tahap pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat yang diberikan oleh pelet zeolit yang dihasilkan dengan melakukan beberapa pengujian terhadap pelet zeolit sesuai dengan parameter yang telah ditentukan. Terdapat dua pengujian yaitu uji tekan dan uji waktu larut. pada uji tekan Metode yang digunakan dalam pengujian ini adalah Side Crush Strength (SCS) dimana sampel pelet akan ditekan saat diletakkan di antara 2 (dua) piringan logam dimana salah satu piringan logam dalam keadaan diam dan yang lainnya bergerak ke bawah dengan arah aksial untuk memberikan tekanan di bawah laju pembebanan tekan kuasi-statis sebesar 0,5 mm/menit menggunakan universal testing machine GD 1000-100. Sedangkan uji waktu larut dilakukan untuk mengetahui apakah pelet zeolit yang dihasilkan bertahan dan tetap utuh dalam jangka waktu tertentu ketika ditempatkan dalam media cair dalam kondisi percobaan. Dalam percobaan ini dilakukan penyesuaian kondisi seperti pada kondisi sebenarnya saat diaplikasikan pada biodiesel, sehingga disiapkan uji larut dengan kondisi yang mirip dengan pengaplikasiannya. Pada uji larut ini dilakukan setting suhu sebesar 55°C dan putaran 250 rpm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Fisik

Pengukuran fisik pelet katalis yang meliputi, diameter, tinggi, volume, dan densitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui spesifikasi pelet katalis yang telah dibuat. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bantuan alat pengukur dan perhitungan matematis. Berikut merupakan hasil dari perhitungan untuk pelet katalis dengan menggunakan bahan pengikat atau binder tanah liat. Proses pengukuran dilakukan sebanyak tiga sampel pelet zeolit alam. Dari proses pengukuran maka didapatkan nilai rata-rata pengukuran. Hasil pengukuran diameter, tinggi, volume, massa, dan densitas pelet katalis zeolit alam dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengukuran Fisik Pelet Katalis Zeolit Alam.

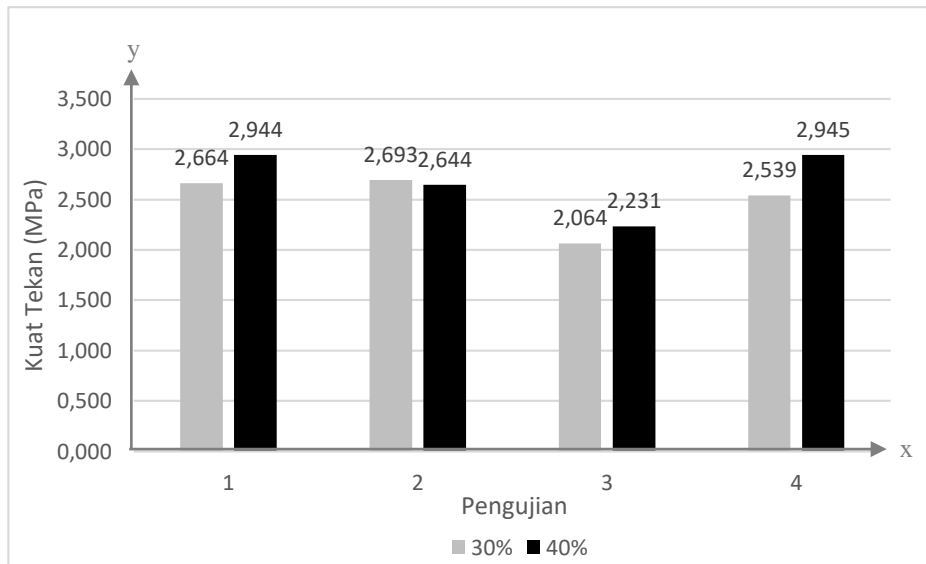
Komposisi Binder	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (mm ³)	Massa (g)	Densitas (g/mm ³)
30%	5,20	6,18	131	0,2033	$1,55 \times 10^{-3}$
40%	5,22	6,32	135	0,1997	$1,48 \times 10^{-3}$

3.2 Pengujian Tekan

Pada pelet katalis zeolit alam dilakukan pengujian tekan yang bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan (MPa) yang dapat diterima oleh pelet tersebut. Berikut merupakan nilai hasil dari pengujian tekan. Dari hasil pengujian dengan lima kali percobaan diperoleh nilai kuat tekan pada variasi komposisi binder tanah liat sebesar, 30%, dan 40%. Kemudian dari nilai lima kali pengujian dilakukan perhitungan nilai rata-rata kuat tekan pada pelet zeolit sehingga dapat diketahui jenis variasi pelet yang memiliki nilai uji tekan terbaik. Semakin tinggi nilai dari uji tekan, maka semakin tinggi tekanan yang bisa diterima oleh pelet katalis. Besar pembebanan yang digunakan pada analisis pengaruh variasi komposisi binder tanah liat adalah 1,5 ton dengan ukuran butir 250 mesh sebagai variabel terikat. Pada tabel 2 ditunjukkan nilai rata-rata dari hasil pengujian tekan.

Tabel 2. Hasil Pengujian Tekan

Kompaksi (Ton)	Meshing	Komposisi <i>Binder</i>	Hasil Pengujian Tekan (mPa)				Rata- rata
			1	2	4	5	
1,5	250	30%	2,664	2,693	2,064	2,539	2,632
		40%	2,944	2,644	2,231	2,945	2,844



Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Kuat Tekan Pelet Katalis Zeolit Alam

Dapat dilihat pada grafik dan tabel di atas, pelet katalis zeolit alam dengan persentase komposisi binder 40% memiliki rata-rata nilai kuat tekan yang lebih tinggi dibanding dengan pelet katalis dengan persentase komposisi binder 30%. Pada setiap pengujian, didapatkan nilai kuat tekan pada komposisi binder 40% cenderung lebih tinggi dibanding persentase binder 30%. Dari grafik ini dapat ditentukan bahwa pelet katalis zeolit alam dengan persentase komposisi binder 40% memiliki kualitas ketahanan terhadap kuat tekan yang lebih tinggi dibanding dengan variasi yang lain. Hal ini terjadi dikarenakan oleh sifat kohesi pada tanah liat yang tinggi sehingga membuat pelet katalis menjadi lebih kuat[9].

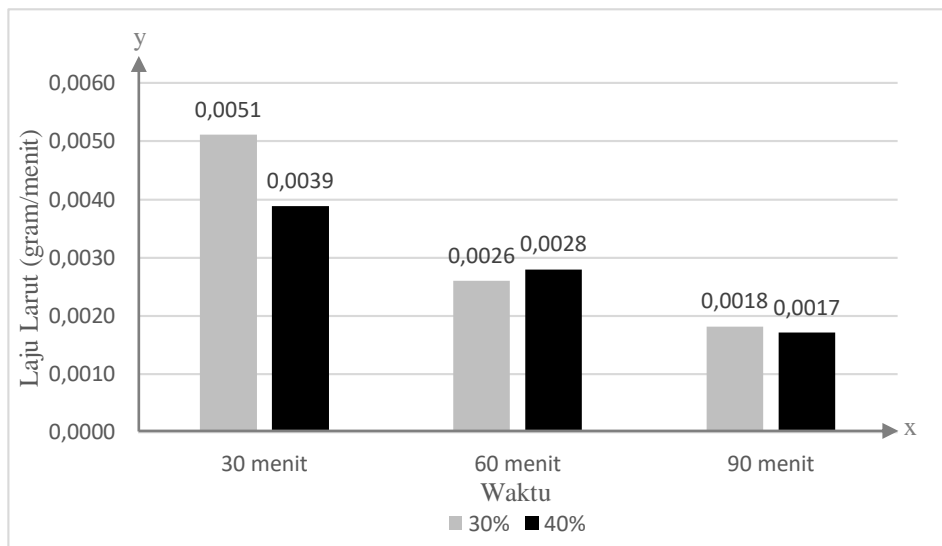
3.3 Pengujian Waktu Larut

Pengujian waktu larut dilakukan sebanyak tiga kali dalam waktu 90 menit dengan interval waktu 30 menit setiap pengambilan data (30 menit, 60 menit, dan 90 menit). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh persentase komposisi binder tanah liat terhadap ketahanan pelet katalis saat dilakukan uji larut. Semakin rendah nilai laju larut mengindikasikan pelet memiliki ketahanan yang tinggi dalam cairan yang artinya pelet tidak mudah larut. Berikut merupakan analisis dari data hasil uji waktu larut berdasarkan variasi persentase komposisi *binder*. Nilai hasil pengujian waktu larut dengan variasi komposisi binder tanah liat ditunjukkan pada tabel 3 dan gambar 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Waktu Larut Pelet Katalis Zeolit Alam

Kompaksi (Ton)	Meshing	Komposisi <i>Binder</i>	Laju Larut (gram/menit)			Rata- rata
			30 menit	60 menit	90 menit	
1,5	250	30%	0,0051	0,0026	0,0018	0,0031

40% 0,0039 0,0028 0,0017 0,0027



Gambar 3. Grafik Perbandingan Hasil Uji Waktu Larut

Pada tabel di atas menunjukkan nilai hasil uji larut dapat dilihat bahwa pelet katalis dengan persentase komposisi binder 30% memiliki nilai laju larut yang paling tinggi dan pelet katalis dengan persentase komposisi binder 40% memiliki nilai laju larut terendah sebesar 0,0027 gram/menit. Nilai laju larut pada pelet katalis zeolit alam mengalami penurunan seiring dengan pertambahan kandungan komposisi binder tanah liat di dalamnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan binder tanah liat yang diberikan pada campuran pelet katalis menjadikan pelet semakin tidak mudah larut di dalam cairan. Tanah liat (clay) terdiri dari butir-butir halus yang berukuran kurang dari 0,002 mm yang memiliki sifat kohesif yang tinggi karena tanah liat akan menjadi lengket jika dalam keadaan basah[10].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian tekan dan pengujian waktu larut yang telah dilakukan terhadap pelet katalis zeolit alam asal Indonesia dengan campuran bahan pengikat tanah liat, maka diperoleh kesimpulan bahwa Pelet katalis dengan komposisi binder sebesar 40% memiliki nilai rata-rata kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi binder 30% yaitu sebesar 2,844 MPa. Dari data tersebut didapatkan bahwa persentase komposisi binder tanah liat di dalam sebuah pelet katalis zeolit alam mempengaruhi nilai kuat tekan pelet tersebut. Pada pengujian waktu didapatkan bahwa pelet katalis dengan komposisi binder tanah liat sebesar 40% memiliki rata-rata nilai laju larut lebih rendah dibanding pelet katalis dengan komposisi binder tanah liat sebesar 30%. Dari hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar kandungan komposisi binder tanah liat dalam pelet maka ketahanan pelet terhadap kelarutan dalam cairan juga akan semakin tinggi.

5. Daftar Pustaka

- [1] L. W. N. Setyaningsih, U. M. Rizkiyaningrum, and R. Andi, "Pengaruh konsentrasi katalis dan reusability katalis pada sintesis triasetin dengan katalisator lewatis," *Teknoin*, vol. 23, no. 1, 2017.
- [2] G. Chen, R. Shan, S. Li, and J. Shi, "A biomimetic silicification approach to synthesize CaO--SiO₂ catalyst for the transesterification of palm oil into biodiesel," *Fuel*, vol. 153, pp. 48–55, 2015.
- [3] P. Mueller, A. Russell, and J. Tomas, "Influence of binder and moisture content on the strength of zeolite 4A granules," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 126, pp. 204–215, 2015.
- [4] I. Setiawan *et al.*, "Geologi dan Petrokimia Endapan Zeolit Daerah Bayah dan Sukabumi," *Ris. Geol. dan Pertamb.*, vol. 30, no. 1, pp. 39–54, 2020.
- [5] W. S. Atikah, "Karakterisasi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil," *Arena Tekst.*, vol. 32, no. 1, 2017.
- [6] E. David, "Mechanical strength and reliability of the porous materials used as adsorbents/catalysts and the new development trends," *Arch. Mater. Sci. Eng.*, vol. 73, no. 1, pp. 5–17, 2015.
- [7] R. V. Jasra, B. Tyagi, Y. M. Badheka, V. N. Choudary, and T. S. G. Bhat, "Effect of clay binder on sorption and catalytic properties of zeolite pellets," *Ind. & Eng. Chem. Res.*, vol. 42, no. 14, pp. 3263–3272, 2003.
- [8] J. Barrientos, N. González, M. Lualdi, M. Boutonnet, and S. Järås, "The effect of catalyst pellet size on nickel

- carbonyl-induced particle sintering under low temperature CO methanation,” *Appl. Catal. A Gen.*, vol. 514, pp. 91–102, 2016.
- [9] L. D. Wesley, “Mekanika tanah,” 2019.
- [10] M. J. Smith and E. Madyyant, “Mekanika Tanah, Sari Pedoman Godwin.” Penerbit Erlangga, Jakarta, 1984.