

Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Penambahan Limbah Kertas

Rahadyan Widya Ramandana¹, Vicky Allif Fawaid², Abdul Rochim³, Lisa Fitriyana⁴

^{1, 2, 3, 4} Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

^{1, 2, 3, 4} Jl. Kaligawe Raya No. KM 4, Terboyo Kulon, Kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa Tengah 50112

¹Vickyallif140998@gmail.com

Abstrak - Kertas merupakan salah satu bahan material yang jumlahnya sangat berlimpah dan jumlah limbah kertas semakin hari menjadi semakin banyak, kertas termasuk salah satu limbah yang mudah untuk didaur ulang. Peneliti memanfaatkan limbah kertas untuk menjadi bahan campuran penelitian stabilisasi tanah Tanjung Emas Semarang karena kertas mengandung unsur Ca^{2+} , jika dicampur dengan air dan tanah maka akan menjadi Ca^{2+} yang dapat mengikat partikel-partikel *negative* pada tanah, bahan limbah kertas yang digunakan pada pengujian ini yaitu kertas jenis hvs, tanah yang dipakai pada pengujian ini yaitu tanah yang diambil dari daerah Tanjung Emas Semarang. Pengujian yang dilaksanakan pada tanah asli dan tanah yang dicampur kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, 25% meliputi uji Kadar air, Berat jenis tanah, Analisa saringan, *Atterberg limit*, *Direct shear*, *Proctor standart*, dan CBR. Hasil pengujian yang dilakukan pada laboratorium dapat disimpulkan tanah asli Tanjung Emas Semarang memiliki potensi mengembang yang tinggi dan plastisitas tanah yang tinggi serta CBR rendah dengan nilai 7,72%, setelah dilakukan stabilisasi menggunakan bahan campuran limbah kertas tanah Tanjung Emas Semarang mengalami penurunan nilai pada batas cair (*Liquid Limit*), batas plastis (*Plastic Limit*) dan indeks plastisitasnya sehingga menurunkan plastisitas tanah dan potensi pengembangan tanah serta memiliki pengaruh baik pada kekuatan tanah karena meningkatkan nilai CBR.

Kata Kunci : Stabilisasi, Limbah Kertas, Indeks Plastisitas.

I. PENDAHULUAN

Semarang merupakan salah satu kota yang terletak pada pantai utara Jawa, wilayah pesisir Semarang memiliki topografi yang landai dengan sebagian besar wilayahnya hampir sama tingginya dengan permukaan laut. Pada beberapa titik di daerah kota Semarang sering terjadi banjir rob yang menggenangi jalan dan pemukiman yang diakibatkan oleh kenaikan air laut, terutama pada wilayah Semarang utara menjadi salah satu titik dimana selalu munculnya genangan rob dibandingkan dengan wilayah lainnya. (Ramadhany, 2011)

Daya dukung pada tanah Tanjung Emas Semarang cenderung buruk untuk menahan beban bangunan sipil, serta dampak pada konstruksi yang akan dibangun diatas tanah tersebut memungkinkan memiliki umur yang tidak lama dikarenakan kondisi tanah jelek.

Salah satu metode daya dukung tanah yang dilakukan ialah pencampuran bahan aditif atau dengan pencampuran tanah lain. Stabilisasi tanah dilaksanakan dalam rangka untuk memperoleh hasil yang maksimal pada tanah asli yang nantinya akan di bangun suatu infrastruktur berupa jalan, dan lain – lain. Hal ini harus dilakukan sebelum pekerjaan konstruksi dilaksanakan agar sifat asli tanah Tanjung Emas Semarang tidak menimbulkan kerugian pada konstruksi yang akan dibangun diatasnya.

II. TINJAUAN PUSTAKA/ LANDASAN TEORI

Dalam dunia teknik sipil dijelaskan mengenai tanah yang merupakan bahan-bahan organik, mineral dan himpunan didalamnya serta endapan-endapan yang relatif lepas dan terletak di atas batuan dasar.

Pengertian tanah ialah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) dengan yang lainnya dari bahan-bahan organik yang sudah melapuk dan memiliki partikel padat, zat cair serta gas yang mengisi rongga-rongga kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. (Das, 1993).

Menurut *Bowles* tanah adalah campuran dari partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis, berikut jenis-jenisnya :

1. Berangkal (*boulders*), adalah potongan dari batuan besar, ukurannya dapat lebih besar dari 250 hingga 300mm dan untuk ukuran 150mm hingga 250mm, fragmen batuan tersebut adalah kerakal (*cobbles/pebbles*).
2. Kerikil (*gravel*), adalah partikel batuan yang memiliki ukuran 5mm hingga 150mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang memiliki ukuran 0,074 mm hingga 5 mm, yang berkisar dari kasar dengan ukuran 3mm sampai 5mm sampai bahan halus yang berukuran kurang dari 1mm.
4. Lanau (*silt*), partikel batuan yang memiliki ukuran 0,002 mm hingga 0,0074 mm.

5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang memiliki ukuran lebih kecil dari 0,002 mm yang merupakan penyebab dari kohesi pada tanah yang kohensif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang tidak bergerak (tetap) yang memiliki ukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Bowles menjelaskan apabila kondisi tanah saat kering, butiran – butiran tanah akan terpisah dan apabila kondisi tanah saat basah tanah akan mudah melekat yang diakibatkan adanya gaya tarik permukaan di dalam air, maka tanah disebut tidak kohesif. Tanah yang kohesif dapat bersifat tidak plastis, plastis atau berupa cairan kental, tergantung pada nilai kadar air pada waktu itu. Tanah tak kohesif tidak memiliki batasan antara keadaan plastis dengan keadaan tidak plastis, karena jenis tanah ini memiliki sifat tak plastis untuk semua nilai kadar airnya. Akan tetapi tanah menjadi cairan yang kental apabila pada kondisi-kondisi tertentu tanah tak kohesif memiliki kadar air yang tinggi. Jika sifat fisis tanah selalu terdapat pada saat tanah dalam kondisi kering dan basah yang menyusun suatu butiran tanah yang sama akibatnya diperlukannya sebuah gaya untuk memisahkannya ketika tanah dalam keadaan kering, maka tanah tersebut adalah *kohesif*.

III. METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data yang digunakan dibagi menjadi dua jenis yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang didapatkan dengan pengamatan, pengujian di laboratorium, dan wawancara langsung dengan pihak-pihak yang terkait, sedangkan data sekunder adalah data yang didapatkan dengan mencari informasi secara ilmiah pada jurnal atau literature yang terkait dengan perbaikan daya dukung tanah lempung menggunakan penambahan limbah kertas.

Mengumpulkan hal hal yang dibutuhkan sebelum kegiatan menganalisa data, mengelola data, dan penelitian dilakukan. Dilakukan dengan beberapa tahap yaitu seperti mempersiapkan sampel tanah, mempersiapkan bahan campuran, mempersiapkan alat alat untuk melakukan penelitian dan lain-lain.

Pengujian yang dilakukan pada penelitian tanah Tanjung Emas Semarang dilakukan sesuai dengan SNI (standar nasional Indonesia) atau astm agar mendapatkan data yang sesuai.

Uji batas atterberg limit dilakukan sesuai dengan ASTM D4318 dan ASTM D422. Uji tes berat jenis dilakukan sesuai dengan standar PB-1107-76, ASTM D2216-71 dan AASTHO T-265-79.

Uji analisis saringan dilakukan sesuai dengan ASTM D 42263. Uji kadar air optimum (*omc*) menggunakan *proctor standart* PB-0112-76, AASTHO T180-74 uji standar. Uji direct shear dan CBR dilakukan sesuai dengan ASTM D1833 67.

Jenis Data	Sumber Data	Tipe Analisis	Kegunaan
Data primer	Pengujian di laboratorium	Kadar air	Mencari kadar air awal untuk tanah asli dan tanah campuran kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%
		Berat jenis	Menentukan berat jenis tanah untuk tanah asli dan tanah campuran kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%
		Analisa saringan	Menganalisis gradasi butiran tanah untuk tanah asli.
		<i>Atterberg limit</i>	Menentukan konsistensi tanah berdasarkan kadar air untuk tanah asli dan tanah campuran kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%
		<i>Direct shear</i>	Mencari kekuatan geser tanah untuk tanah asli; tanah campuran kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%
		<i>Proctor standart</i>	Menentukan kadar air optimum yang diperlukan untuk memadatkan tanah (W_{opt}), berat volume basah tanah optimum (γ_{dry}), dan prosentase pori (<i>porosity</i>) untuk tanah asli dan tanah campuran kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%
		CBR	Mengetahui daya dukung tanah dasar dalam perencanaan lapis perkerasan lentur untuk tanah asli dan tanah campuran kertas dengan prosentase 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian stabilisasi tanah Tanjung Emas Semarang dengan pencampuran limbah kertas dibahas pada bab ini dan dijelaskan dengan runtut dari tahap pertama yaitu hubungan antara tanah asli dengan campuran limbah kertas untuk menentukan data soil test yang terdiri dari kadar air (*w*), berat jenis tanah (*GS*), gama basah (γ_b), gama kering (γ_k), angka pori/void ratio (*e*), kadar pori/porosity (η). Tahap kedua yaitu hubungan antara tanah asli dengan campuran limbah kertas untuk menentukan uji kuat geser tanah (*direct shear*). Tahap ketiga yaitu hubungan antara tanah asli dengan campuran limbah kertas untuk menentukan batas-batas konsistensi atterberg. Tahap keempat yaitu hubungan antara tanah asli dengan campuran limbah kertas untuk menentukan butiran gradasi.

Tahap kelima yaitu hubungan antara tanah asli dengan campuran limbah kertas untuk menentukan kadar air optimum dan berat tanah kering maksimum.

Tahap keenam yaitu hubungan antara tanah asli dengan campuran limbah kertas untuk menentukan nilai CBR. Berikut adalah data yang didapatkan dari penelitian yang telah dilakukan.

HASIL PEMBAHASAN

1) Kadar Air

Tabel 4.1 menunjukkan hasil kadar air yang paling rendah terkandung pada tanah dengan campuran limbah kertas 15% menurun menjadi 29,56%, sebab jika semakin banyak campuran kertas dicampur dengan air dan tanah maka akan mengikat partikel tanah dan menyerap air sehingga kadar air tanah pada sampel dengan campuran kertas 15% menurun, grafik perubahan kadar air pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.1. Data Teknis Kadar Air

Sampel Campuran Kertas	Nomer Cawan	Berat Cawan (w3) (gr)	Berat Cawan + Berat Tanah Basah (w1) (gr)	Berat Cawan + Berat Tanah Kering (w2) (gr)	Kadar Air (%)
0%	1	52,9	117,8	89,60	76,84
5%	2	3,95	45,25	34,95	33,23
10%	3	4,05	45,3	32,80	43,48
15%	4	4,20	48,25	38,20	29,56
20%	5	4,00	33,60	25,20	38,32
25%	6	3,95	35,20	27,20	34,41

2). Spesific Grafity (GS)

Tabel 4.2. menunjukkan bahwa semakin besar campuran tanah dengan limbah kertas maka semakin kecil pula nilai *spesific grafity* (GS), nilai *spesific grafity* (GS) yang terkandung dalam sampel tanah campuran limbah kertas 25% mengalami penurunan yang paling banyak dibanding persentase sampel campuran limbah kertas 5%, 10%, 15% dan 20% sebab kertas tidak tergolong butiran jadi semakin banyak kertas semakin sedikit berat jenis tanah yang terkandung, grafik perubahan *spesific grafity* (GS) pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.2. Data Pengujian *Spesific Gravity* (GS)

Sampel Campuran Kertas	Piknometer				Suhu		Koreksi	
	Berat Piknometer (gr)	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	Berat Piknometer + Sampel (gr)	Berat Piknometer + Aquadest + Sampel (gr)	T1 (°)	T2 (°)	t1	t2
0%	32	82,66	54,15	95,88	31,5	31,5	1,0047	1,0047
5%	32,05	82,15	56,05	96,06	31,5	31,5	1,0047	1,0047
10%	33,63	83,58	58,42	96,63	31,5	31,5	1,0047	1,0047
15%	32,10	81,88	57,10	95,02	31,0	31,5	1,00456	1,0047
20%	30,46	80,24	52,37	91,43	30,5	31,5	1,00442	1,0047
25%	33,76	83,72	58,03	96	30,5	31,5	1,00442	1,0047

3) Direct shear

Tabel 4.3. menunjukkan nilai kohesi dan sudut geser yang terkandung dalam sampel tanah campuran limbah

kertas 25% mengalami kenaikan yang paling banyak dibanding persentase sampel campuran limbah kertas 5%, 10%, 15% dan 20% jadi semakin banyak campuran yang ditambahkan nilai kohesi dan nilai sudut geser pada tanah semakin besar maka tanah tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya, grafik perubahan nilai kohesi dan nilai sudut geser pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.3. Data Kohesi dan Sudut Geser Dalam

Sampel Campuran Kertas	Kohesi (kg/cm ²)	Sudut Geser Dalam (°)
0%	0,016	27,266
5%	0,032	32,313
10%	0,028	34,163
15%	0,052	34,190
20%	0,08	34,190
25%	0,104	35,098

4) Atterberg limit

Tabel 4.4, menunjukkan bahwa semakin besar campuran tanah dengan limbah kertas maka semakin kecil pula batas cair (*Liquid Limit*) dan batas plastis (*Plastic Limit*) dan indeks plastisitasnya, nilai indeks plastisitas yang terkandung dalam sampel tanah campuran limbah kertas 25% mengalami penurunan yang paling banyak dibanding persentase sampel campuran limbah kertas 5%, 10%, 15% dan 20% sehingga potensi pengembangan tanah yang distabilisasi dengan campuran kertas semakin kecil, grafik perubahan batas cair (*Liquid Limit*) dan batas plastis (*Plastic Limit*) dan indeks plastisitas pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.4. Data Perhitungan Indeks Plastisitas

Sampel Campuran Kertas	LL (%)	PL (%)	PI (%)
0%	69,85	49,79	20,06
5%	64,66	45,19	19,47
10%	60,29	41,89	18,4
15%	58,22	42,11	16,11
20%	54,88	39,19	15,69
25%	50,83	36,56	14,27

5) Grain size

Tabel 4.5 menunjukkan hasil dari data pengujian *grain size* di laboratorium dapat diperoleh perhitungan untuk mendapatkan komulatif persen dan *percent finner* pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas, hasil perhitungan komulatif persen dan *percent finner* pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.5. Data Perhitungan *Grain Size*

Nomer Saringan	Ø Saringan (mm)	Nomer Cawan	Berat Sampel Tertinggal dalam Saringan (gr)	Presentase Tertinggal (%)	Kumulatif Persen (%)	Precent Finner (%)
4	4.76	1	0.00	0.00	0.00	100.00
10	2	2	0,00	3,79	3,79	96,21
20	0.85	3	7,58	6,99	10,78	89,23
40	0.425	4	13,97	14,05	24,83	75,18
60	0.25	5	28,10	5,08	29,90	70,10

80	0.18	6	10,15	3,42	33,32	66,69
100	0.15	7	6,83	2,30	35,61	64,39
200	0.075	8	4,59	5,58	41,19	58,82
Pan	0	9	11,15	0,38	41,56	58,44
Jumlah			93.34	41,56		

6) Hydrometer Analysis

Tabel 4.6 menunjukkan hasil dari data pengujian *hydrometer analysis* di laboratorium dapat diperoleh perhitungan untuk mendapatkan gradasi butiran pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas, hasil perhitungan gradasi butiran pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.6. Data Perhitungan *Hydrometer Analysis*

Waktu (menit)	Pembacaan Strip	Selisih Pembacaan	N (%)	Z	Kumulatif Presentase (%)	Precent Finner (%)	D (mm)
0	60	0	0	24	0,0	58,44	0,00000
0,25	58	2	0	23,6	1,9	56,49	0,01258
0,5	56	2	0	23,6	3,9	54,54	0,00913
1	55	1	0	23,8	4,9	53,57	0,00648
2	50	5	1,003	23	5,7	48,70	0,00451
5	45	5	2,006	23	14,6	43,83	0,00285
10	30	15	27,079	21	29,2	29,22	0,00193
45	18	12	14,041	21,6	40,9	17,53	0,00159
60	5	25	14,041	19	53,6	4,87	0,00067
120	0	18	2,006	20,4	58,4	0,00	0,00069
150	0	0	0	0	0	0,00	0,00000
		Jumlah =67					

diketahui bahwa nilai dari masing-masing kelompok tanah yaitu sebagai berikut:

Clay = 29,22%

Gravel = 3,79%

Sand = 36,31%

Fines = 30,68%

7) Proctor Srandart

Tabel 4.7 dapat diketahui pada presentase 20% campuran limbah kertas menunjukkan tanah mencapai kepadatan kering maksimum dan kadar air optimum (w_{opt}) dengan nilai yang paling tinggi dibanding presentase sampel campuran limbah kertas 5%, 10%, 15%, dan 25%, grafik perubahan kadar air optimum (w_{opt}) tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.7. Data Kadar Air Optimum (w_{opt}) dan Volume Berat Kering Maksimum(γ_k)

No.	Sampel	w_{opt} (%)	γ_k (gr/cm ³)
1	0%	29,50	1,342
2	5%	29,05	1,338
3	10%	27,09	1,310
4	15%	29,02	1,230
5	20%	30,92	1,222
6	25%	29,00	1,172

8) California Bearing Racio (CBR)

Tabel 4.8. menunjukkan nilai CBR yang terkandung dalam sampel tanah campuran limbah kertas 25% mengalami kenaikan yang paling banyak dibanding porsentase sampel campuran limbah kertas 5%, 10%, 15% dan 20% jadi semakin banyak campuran yang ditambahkan nilai CBR pada tanah semakin meningkat maka tanah tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya, grafik perubahan nilai CBR pada tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas.

Tabel 4.8. Data Harga CBR

Sampel Campuran Kertas	w optimum (%)	y'D Maximum	Nilai CBR (%)
0%	29,81	1,341	7,72
5%	29,03	1,328	8,95
10%	27,17	1,308	9,26
15%	29,22	1,199	11,11
20%	30,45	1,175	12,35
25%	29,1	1,231	13,27

V. a. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari penulisan laporan tugas akhir dengan judul “Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Penambahan Limbah Kertas”

1. Hasil dari pengujian grain size tanah asli tanjung Emas Semarang menunjukkan jumlah tanah berbutir halus sebesar 59,9% sedangkan jumlah tanah butir kasar sebesar 40,1%, sehingga dapat disimpulkan bahwa tanah asli yang digunakan untuk sampel pengujian ini merupakan tanah lempung.
2. Hasil pengujian stabilisasi tanah Tanjung Emas Semarang yang dilakukan di Laboratorium menunjukkan hasil pengujian sifat fisis pada tanah asli dan tanah yang di stabilisasi dengan campuran limbah kertas terjadi perubahan yang signifikan, semakin besar campuran limbah kertas maka semakin kecil pula batas cair (*Liquid Limit*) dan batas plastis (*Plastic Limit*) dan indeks plastisitasnya, pada campuran 25% nilai batas cair (*Liquid Limit*) tanah asli sebesar 69,85% mengalami penurunan menjadi 50,83%, nilai batas plastis (*Plastic Limit*) tanah asli sebesar 49,79% mengalami penurunan menjadi 36,56% dan nilai indeks plastis tanah asli sebesar 20,06% mengalami penurunan menjadi 14,27%, sehingga potensi pengembangan tanah yang distabilisasi dengan campuran kertas semakin kecil dan plastisitas tanah yang dicampur dengan limbah kertas menurun.
3. Hasil pengujian sifat mekanis tanah yang telah dicampur dengan limbah kertas mengalami peningkatan nilai CBR dari CBR tanah asli sebesar 7,72% dan pada campuran 25% CBR meningkat menjadi 13,27% sehingga pada stabilisasi dengan campuran kertas berpengaruh baik terhadap daya dukung tanah Tanjung Emas Semarang.

b. SARAN

1. Untuk penelitian lebih lanjut lakukan pengujian kekuatan tanah yang distabilisasi dengan limbah kertas menggunakan software.
2. Perlu dilakukan pengujian pencampuran tanah dengan limbah kertas dengan menambahkan material lain seperti garam atau kapur, dan limbah kertas diharapkan dapat dihaluskan dan lolos saringan 200.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis dalam menyelesaikan makalah ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak , dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

- 1) Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan moral, finansial dan motivasi.
- 2) Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- 3) Bapak Ari Sentani, ST, M.Sc. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- 4) Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik dan saran, serta dorongan semangat.
- 5) Ibu Lisa Fitriyana, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk membimbing kami menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini dengan penuh kesabaran, pemikiran, kritik dan saran, serta dorongan semangat.
- 6) Semua pihak yang membantu dalam penyelesaian makalah ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM International D2216. (2010). *“Standart Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.”* Mass ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [2] ASTM International D422. (2012) . *Standart Test Methods for Determining Average Grain Size.* ASTM International.
- [3] ASTM International D1833. (1999) . *“Standart Test Methods for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted.”* 04(May), 1-8.
- [4] ASTM International D4318. (2000) . *“Standart Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.”* ASTM International.
- [5] Aulia, Khanif. Stabilitas Tanah Lempung Menggunakan Limbah Padat Pabrik Kertas Terhadap Kuat Geser Tanah. Universitas Negeri Semarang, 2008.
- [6] Bowles J., 1984, Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [7] Candra, Agata Iwan, et al. "Studi Kasus Stabilitas Struktur Tanah Lempung Pada Jalan Totok Kerot Kediri Menggunakan Limbah Kertas." *UKaRsT* 2.2 (2018): 88-97.
- [8] Craig, B. M., 1991, Mekanika Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [9] Das, Braja M., 1993, Mekanika Tanah Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- [10] Das, Braja M., 1995, *The Principle of Geotechnical Engineering* (Mekanika Tanah), Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [11] Hardiyanto. 1992. Mekanika Tanah 1. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- [12] Hardiyatmo Christady Hary. 1996, Mekanika Tanah Jilid 1, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [13] Hardiyatmo Christady Hary. 2002, Mekanika Tanah Jilid 2. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [14] Hendra Cahyadi, Norseta Ajie Saputra, Zaini Gani. "Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Limbah Kertas Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR)." Prosiding Seminar Nasional Proyek dan Konstruksi. Vol. 1. Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Kalimantan, 2019.
- [16] Herman, O. P. Sari. "Pengaruh Penambahan Abu Limbah Kertas Terhadap Kembang Susut Tanah Lempung." *Jurnal Teknik Sipil ITP* ISSN 2354-8452 E-ISSN 2614-414X 5.1 (2018): 7-15.
- [17] Punmia, B. (1981). *Soil mechanics and foundations.* Delhi: Standard Book House.
- [18] Ramadhany, A.S., A Anugroho dan P. Subardyo. 2011. Daerah Rawa Genangan Rob di Wilayah Semarang. *Jurnal Ilmu Kelautan* Vol. 1 No. 2. 2012 : 174 – 180.
- [19] Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa. Penerbit Erlangga, Jakarta.