

HUBUNGAN SIFAT FISIK TANAH DAN PERMEABILITAS TANAH PADA DAERAH PERMUKIMAN DI KECAMATAN KOTO TANGAH

Muhammad Ricky Luandra¹, Totoh Andayono²

¹Falkutas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Falkutas Teknik, Universitas Negeri Padang

Email: ricky887766@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara sifat fisik tanah terhadap nilai permeabilitas tanah pada permukiman di Kecamatan Koto Tangah. Penelitian ini merupakan penelitian *kuantitatif* dengan pendekatan secara *korelasioanal*. Data yang digunakan berupa data primer yang didapatkan di lapangan serta di laboratorium dan data sekunder didapatkan pada literatur atau arsip pemerintahan kemudian diolah menggunakan QGIS. Data primer tersebut berupa kadar air tanah, berat jenis tanah, berat isi tanah, dan permeabilitas tanah, sedangkan data sekunder berupa denah lokasi penelitian. Didapatkan nilai signifikansi hubungan kadar air tanah dengan permeabilitas tanah sebesar 0,004 dan di peroleh R^2 sebesar 0,662 serta arah hubungan negatif, nilai signifikansi hubungan berat isi tanah dengan permeabilitas tanah sebesar 0,023 dan di peroleh R^2 sebesar 0,498 serta arah hubungannya negatif, sedangkan nilai signifikansi hubungan berat jenis tanah dengan permeabilitas sebesar 0,239. Sehingga dapat disimpulkan hubungan sifat fisik tanah dengan permeabilitas tanah mempunyai hubungan yang signifikan (berarti).

Kata kunci: Sifat Fisik Tanah, Permukiman, Permeabilitas Tanah

Abstract: This study aims to determine the relationship between the physical properties of the soil to the value of soil permeability in settlements in Koto Tangah District. This research is a quantitative study with a correlation approach. The data used are primary data obtained in the field as well as in the laboratory and secondary data obtained in literature or government archives which are then processed using QGIS. The primary data is in the form of soil water content, soil density, soil density, and soil permeability, while secondary data is in the form of a plan of the research location. The significance value of the relationship between groundwater content and soil permeability was 0.004 and obtained R^2 of 0.662 and the direction of the negative relationship, the significance value of the relationship between soil weight and soil permeability was 0.023 and obtained R^2 of 0.498 and the direction of the relationship was negative, while the significance value of the relationship of density soil with a permeability of 0.239. So it can be concluded that the relationship between the physical properties of the soil and the permeability of the soil have a significant relationship (meaning).

Keywords: Physical Properties of Soil, Settlements, Soil Permeability

PENDAHULUAN

Kota Padang memiliki luasan wilayah sebesar 693,66 km² yang terletak pada dataran rendah di bagian barat pulau Sumatera. Kota Padang juga memiliki jumlah penduduk yaitu sebesar 962.871 jiwa (Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat, 2020). Pertambahan jumlah penduduk di Kota Padang 10 tahun terakhir sebesar 125.525 jiwa, angka ini terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu sehingga perlu diperhatikan. Pertambahan jumlah ini penduduk berakibatkan pada kebutuhan akan sarana meningkat seperti kebutuhan akan permukiman.

Berdasarkan rencana tata ruang dan wilayah (RTRW) Kota Padang tahun 2020, pembukaan lahan baru untuk permukiman di kota padang difokuskan pada daerah timur dan utara melalui pengembangan pusat-pusat kota baru akibat dari konsep metropolitan. Pindahan sejumlah fasilitas tersebut juga diikuti oleh perkembangan permukiman ke arah pinggiran seperti di Kecamatan Kota Tengah, Kecamatan Kuranji, Kecamatan Pauh, Kecamatan Lubuk Kilangan dan Kecamatan Lubuk Begalung.

Pembukaan lahan baru untuk permukiman ini membutuhkan tanah dengan daya dukung. Daya dukung tanah ini berfungsi sebagai penahan beban dari bangunan serta tanah yang memiliki daya dukung tinggi maka penurunan pondasi akan kecil sehingga bangunan tetap tertahan pada posisinya (Joseph E. Bowles, 1997)

Untuk meningkatkan daya dukung tanah tersebut dilakukan berbagai upaya seperti; melakukan pemadatan area yang akan dibangun permukiman dan dapat juga mengganti jenis tanah yang memiliki daya dukung yang memadai. Pemadatan tanah dapat dilakukan dengan pemadatan biasa

maupun pemadatan gravitasi massa (Joseph E. Bowles, 1997)

Pemadatan tanah dapat berdampak pada perubahan parameter tanah seperti perubahan sifat fisik tanah dan sifat mekanik tanah. Sifat fisik tanah terdiri dari; berat jenis tanah, berat isi tanah, kadar air tanah dan permeabilitas tanah. Sedangkan sifat mekanik tanah berupa kepadatan tanah (Pitt, 2002).

Dampak dari perubahan sifat fisik tanah terlihat dari perubahan tekstur tanah yang terjadi secara signifikan, hal ini disebabkan oleh peralihan fungsi lahan. Salah satu peralihan fungsi lahan yang terjadi pada lahan yang berada di Kecamatan Koto Tengah, kondisi tanah sebelum pengalih fungsian lahan merupakan daerah pertanian, hutan dan rawa-rawa yang memiliki daya dukung rendah dan merupakan daerah konservasi air diubah menjadi daerah permukiman (Barlian & Umar, 2012). Daerah tersebut pada saat musim penghujan sering terjadi genangan bahkan banjir. Terlihat pada bulan September 2020 dimana banjir terjadi di Kecamatan Koto Tengah (Kompas.com, 2020). Genangan yang terjadi di Kecamatan Koto Tengah mencapai ketinggian ± 30 cm dan baru surut setelah 2-3 hari (Haluan, 2020).

Kecamatan Koto Tengah merupakan kecamatan yang berada di sebelah utara Kota Padang. Tata guna lahan yang tidak tepat membuat daerah konservasi air di Kecamatan Koto Tengah dijadikan permukiman terlihat pada penurunan lahan hutan sebesar 2.871,11 ha (18%) dan penurunan lahan pertanian sebesar 1.0003,27 ha (58%) (fitra delita, 2016). Akibat dari tata guna lahan yang tidak tepat menyebabkan besarnya aliran permukaan pada saat hujan turun (Sudarto, 2009).

Besarnya aliran permukaan pada saat hujan turun dapat disebabkan oleh pembangunan lahan permukiman baru menjadikan parameter tanah berubah sehingga dapat mengakibatkan nilai permeabilitas kecil. Permeabilitas merupakan kemampuan tanah dalam meloloskan air yang mana nilainya tergantung oleh kondisi tanah tersebut (Nurwidyanto, 2005). Nilai permeabilitas merupakan bagian penting dari siklus hidrologi yang dapat mempengaruhi jumlah air di dalam tanah. Nilai permeabilitas dapat dipengaruhi oleh sifat fisik tanah, yaitu berat jenis tanah, berat isi tanah dan kadar air tanah. Nilai permeabilitas tanah dapat dipengaruhi oleh sifat fisik tanah, yaitu berat jenis tanah, berat isi tanah, dan kadar air tanah (Rosyidah & Wirosodarmo, 2013).

Sifat fisik tanah merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam memperluas area permukiman. Perubahan sifat fisik tanah akibat permukiman menyebabkan kemampuan meloloskan air tanah menjadi terganggu. Lahan yang sebelumnya merupakan daerah resapan dibangun permukiman, sehingga kurang memungkinkan terjadinya permeabilitas yang cukup besar (Rosyidah & Wirosodarmo, 2013)

Berdasarkan masalah di atas, maka dilakukan tinjauan terhadap hubungan sifat fisik tanah terhadap permeabilitas tanah. Sehingga tugas akhir ini diberi judul “Hubungan Sifat Fisik Tanah dan Permeabilitas Tanah pada Daerah Permukiman Di Kecamatan Koto Tengah.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah penelitian kuantitatif dengan pendekatan korelasional karena pada penelitian ini akan mengungkapkan hubungan dan pengaruh antara variabel bebas dengan variabel terikat melalui analisis terhadap data.

Penelitian permeabilitas serta pengambilan sampel uji dilakukan pada perumahan di Kecamatan Koto Tengah, kemudian pengujian sampel dilakukan di laboratorium Universitas Negeri Padang. Pengambilan data dilaksanakan pada tanggal 19 Januari 2021 sampai tanggal 22 Januari 2021. Untuk pengumpulan data terdiri dari primer berupa nilai permeabilitas tanah, kadar air tanah, berat jenis tanah, berat isi tanah, sedangkan data sekunder berupa denah permukiman yang diteliti pada perumahan di Kecamatan Koto Tengah.

Untuk mendapatkan nilai kadar air tanah tersebut dilakukan pengujian berdasarkan SNI 1965:2008 dan digunakan rumus sebagai berikut.

$$W = \frac{W1 - W2}{W2 - W3} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- W = Kadar air (%)
- W1 = Cawan+tanah (gr)
- W2 = Cawan+tanah setelah di oven (gr)
- W3 = Cawan (gr)

Sesuai SNI 03-3637-1994:2008, untuk menentukan bert isi digunakan rumus berikut.

$$\gamma = \frac{W2 - W1}{\frac{1}{4} \pi d^2 t} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana:

- γ = Berat isi tanah (gr/cm³)
- W1 = Berat cincin keadaan bersih (gr)
- W2 = Berat cincin + tanah (gr)
- d = Diameter cincin (cm)
- t = Tinggi cincin (cm)

Untuk mendapatkan nilai berat jenis tanah dilakukan pengujian berdasarkan SNI 03-3637-1964:2008 dan digunakan rumus sebagai berikut.

$$Gs = \frac{(W2 - W1)}{(W4 - W1) - (W3 - W2)} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

- Gs = Berat jenis tanah (gr)
- W1 = Berat piknometer (gr)
- W2 = Berat piknometer+tanah(gr)
- W3 = Berat piknometer+tanah+air (gr)
- W4 = Berat piknometer+air (gr)

Untuk mendapatkan nilai permeabilitas dilakukan pengujian sesuai SK SNI M 22-1980-F digunakan rumus sebagai berikut.

Metode constand head

Jika tanah memiliki butiran kasar

$$K = \frac{(\pi r^2 \Delta h) / \Delta t}{2\pi L H} \ln \frac{L}{r} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana:

- K = Permeabilitas (cm/det)
- r = jari-jari pipa (cm)
- L = kedalaman pemboran-kedalaman Casing pipa di dalam (cm)
- H = kedalaman pemboran±tinggi casing dipermukaan (cm)
- Δh = selisih penurunan tinggi air dalam pipa (cm)
- Δt = selisih waktu penurunan air (det)

Metode falling head

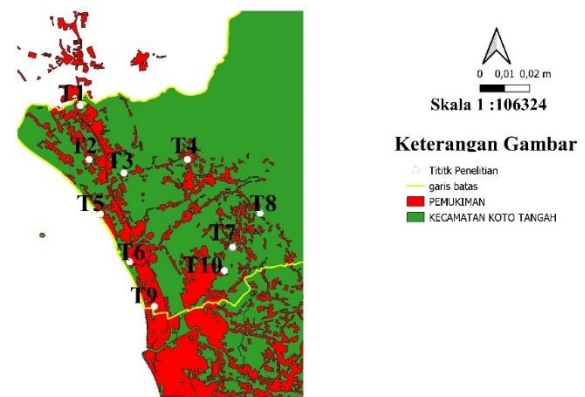
Jika tanah memiliki butiran halus

$$K = \frac{r^2}{2L\Delta t} \ln \frac{L}{r} \ln \frac{H1}{H2} \dots \dots \dots (5)$$

- r = jari-jari pipa (cm)
- L = kedalaman pemboran-kedalaman casing pipa didalam (cm)
- Δt = selisih waktu penurunan (det)
- H1 = muka air tanah awal (cm)
- H2 = muka air tanah akhir (cm)

Metode pengumpulan data yang dilakukan terdiri dari studi literatur, observasi dan pengumpulan data, studi literatur berguna sebagai referensi atau informasi yang mendukung penelitian baik berupa buku, jurnal, dokumen pemerintahan dan lain-lain. Observasi dan pengumpulan data di lapangan dilakukan langsung di lapangan dengan mensurvey wilayah permukiman yang sudah digrid pada peta, sesuai peta yang digrid sebelumnya permukiman di Kecamatan Koto

tengah terbagi menjadi 2 kemudian berdasarkan peta jenis tanah di Kecamatan Koto Tengah memiliki 2 jenis tanah sehingga diambil 5 titik pengujian yang mewakili jenis tanah tersebut. Diambil koordinat pengujian kelima titik tadi menggunakan aplikasi peta koordinat, kemudian koordinat diinput menggunakan aplikasi QGIS sedangkan pengumpulan data seperti data permeabilitas dan pengambilan sampel uji dapat langsung diambil di lapangan. Berikut gambar denah lokasi penelitian.



Gambar 1. Denah lokasi Penelitian

Pengumpulan data seperti permeabilitas dan pengambilan sampel uji dilakukan di lapangan, sedangkan pengujian sampel uji dilakukan dilaboratorium UNP.

Analisis data yang digunakan berupa analisis statistik, berupa analisis regresi menggunakan metode regresi linear sederhana dan analisis korelasi menggunakan metode korelasi pearson menggunakan software SPSS dengan tujuan mendapatkan hubungan serta pengaruh sifat fisik tanah terhadap permeabilitas. Berikut Flowchart alir penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diperoleh data sebagai berikut:

Dari hasil pengujian berdasarkan SNI 1965:2008 dan pengolahan data

menggunakan persamaan 1, didapatkan kadar air tanah pada T1-T5, untuk lebih jelas dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar Air Tanah pada perumahan di Kecamatan Koto Tengah

Kode titik	Kadar Air Tanah	Lokasi
T1	34%	Jl. Adinegoro Batas Kota Padang,
T2	62%	Perumahan Pinang Bungkok Permai
T3	27%	Jl. Raya Kp. Jambak, Batipuh Panjang
T4	57%	Jl. Empat Lima, Balai Gadang
T5	21%	Jl. Pasir Kandang, Pasie Nan Tigo
T6	71%	Perumahan Mega Marina
T7	50%	Jl. Perdana, Kelurahan Aie Pacah
T8	61%	Jl. Raya Sei Lareh, Lubuk Minturun
T9	25%	Jl. Bakti IV, Parupuk Tabing
T10	30%	Jl. DPR, Dadok Tunggul Hitam

Dari Tabel 1, didapatkan rata-rata kadar air sebesar 44%.

Kemudian didapatkan nilai berat isi tanah yang diuji berdasarkan SNI 03-3637-1994:2008 menggunakan persamaan 2, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Berat Isi Tanah pada perumahan di Kecamatan Koto Tengah

Kode titik	Berat Isi Tanah (gr/cm ³)	Lokasi
T1	1,33	Jl. Adinegoro Batas Kota Padang,
T2	1,39	Perumahan Pinang Bungkok Permai
T3	1,16	Jl. Raya Kp. Jambak, Batipuh Panjang
T4	1,41	Jl. Empat Lima, Balai Gadang
T5	1,13	Jl. Pasir Kandang, Pasie Nan Tigo
T6	1,25	Perumahan Mega Marina
T7	1,30	Jl. Perdana, Kelurahan Aie Pacah

T8	1,24	Jl. Raya Sei Lareh, Lubuk Minturun
T9	1,26	Jl. Bakti IV, Parupuk Tabing
T10	1,25	Jl. DPR, Dadok Tunggul Hitam

Dari Tabel 2 didapatkan T2, T3, T4, T5, T7, T8, T10 merupakan tanah halus dan T1, T6, T9 merupakan tanah kasar.

Dari hasil pengujian di laboratorium didapatkan nilai berat jenis menggunakan persamaan 3, dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Berat Jenis Tanah pada perumahan di Kecamatan Koto Tengah

Kode titik	Berat Jenis Tanah	Lokasi
T1	2,68	Jl. Adinegoro Batas Kota Padang,
T2	2,70	Perumahan Pinang Bungkok Permai
T3	2,74	Jl. Raya Kp. Jambak, Batipuh Panjang
T4	2,62	Jl. Empat Lima, Balai Gadang
T5	2,62	Jl. Pasir Kandang, Pasie Nan Tigo
T6	2,63	Perumahan Mega Marina
T7	2,62	Jl. Perdana, Kelurahan Aie Pacah
T8	2,65	Jl. Raya Sei Lareh, Lubuk Minturun
T9	2,69	Jl. Bakti IV, Parupuk Tabing
T10	2,71	Jl. DPR, Dadok Tunggul Hitam

Berdasarkan berat jenisnya tanah dapat diklasifikasikan. T4 dan T7 merupakan tanah lempung organik (2,58-2,65), T3 dan T10 merupakan tanah lempung tak organik (2,68-2,75), T1, T6, T9 merupakan tanah pasir berlanau (2,67-2,70), T2, T5, T8 merupakan tanah lanau tak organik (2,62-2,68).

Dari hasil pengujian langsung di lapangan di dapatkan data yang kemudian diolah menggunakan persamaan 4 dan 5, didapatkan permeabilitas tanah pada tabel 4.

Tabel 4. Permeabilitas Tanah pada perumahan di Kecamatan Koto Tengah

Kode titik	Permeabilitas (cm/det)	Lokasi
T1	$6,23 \times 10^{-5}$	Jl. Adinegoro Batas Kota Padang,
T2	$5,86 \times 10^{-5}$	Perumahan Pinang Bungkok Permai
T3	$7,07 \times 10^{-5}$	Jl. Raya Kp. Jambak, Batipuh Panjang
T4	$5,19 \times 10^{-5}$	Jl. Empat Lima, Balai Gadang
T5	$6,96 \times 10^{-5}$	Jl. Pasir Kandang, Pasie Nan Tigo
T6	$5,66 \times 10^{-5}$	Perumahan Mega Marina
T7	$6,81 \times 10^{-5}$	Jl. Perdana, Kelurahan Aie Pacah
T8	$6,09 \times 10^{-5}$	Jl. Raya Sei Lareh, Lubuk Minturun
T9	$7,00 \times 10^{-5}$	Jl. Bakti IV, Parupuk Tabing
T10	$6,78 \times 10^{-5}$	Jl. DPR, Dadok Tunggul Hitam

Dari Tabel 4 didapatkan nilai rata-rata permeabilitas di permukiman di Kecamatan Koto Tangah sebesar 0,23 cm/jam, menurut klasifikasi, nilai permeabilitas tergolong lambat.

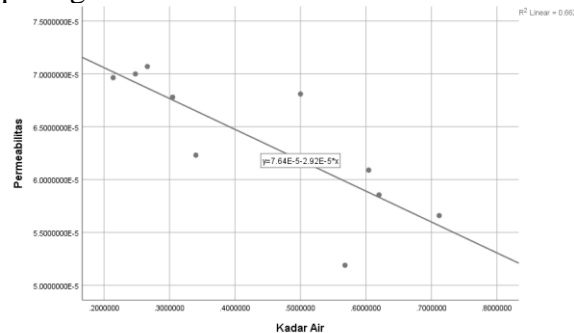
Pengolahan hubungan antara kadar air Tanah dan permeabilitas menggunakan aplikasi SPSS, dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Korelasi antara Kadar Air dan Permeabilitas

		Kadar air	Permeabilitas
Kadar air	Pearson correlation	1	-0.814
	Sig. (2-tailed)		0,004
	N	10	10
Permeabilitas	Pearson correlation	-0,814	1
	Sig. (2-tailed)	0,004	
	N	10	10

Dari Tabel 5, dapat dilihat nilai signifikansi sebesar 0,004 dikarenakan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 serta R sebesar 0,814 lebih besar dari r tabel yaitu 0,765 maka hubungan antara kadar air dan permeabilitas mempunyai hubungan yang signifikan.

Sedangkan arah hubungannya adalah negatif, berarti semakin tinggi kadar air maka semakin rendah permeabilitas. Dapat dilihat pada gambar 2.



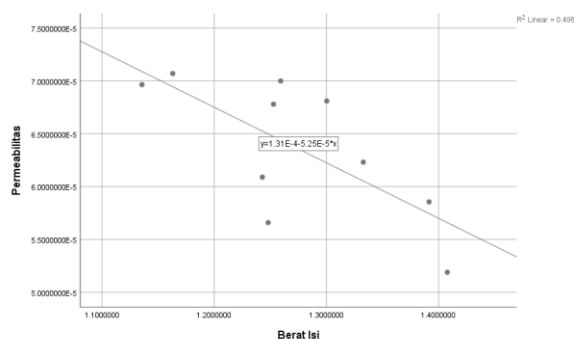
Gambar 2. Kurva hubungan kadar air dan permeabilitas

Pengolahan hubungan berat isi dan permeabilitas dapat dilihat pada tabel 6

Tabel 6. Korelasi antara Berat Isi dan Permeabilitas

		Berat Isi	Permeabilitas
Berat Isi	Pearson correlation	1	-0.705
	Sig. (2-tailed)		0,023
	N	10	10
Permeabilitas	Pearson correlation	-0,705	1
	Sig. (2-tailed)	0,023	
	N	10	10

Dari Tabel 6, dapat dilihat nilai signifikansi sebesar 0,023 dikarenakan nilai signifikansi lebih kecil dari 0,05 serta $R = 0,705$ besar dari 0,632 maka hubungan antara berat isi dan permeabilitas mempunyai hubungan yang signifikan. Arah hubungannya adalah negatif semakin besar berat isi maka nilai permeabilitas kecil, dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kurva hubungan berat isi dan permeabilitas

Pengolahan hubungan antara berat jenis dan permeabilitas didapat hubungan menggunakan aplikasi SPSS.

Tabel 7. Korelasi antara Berat Jenis dan Permeabilitas

		Berat Jenis	Permeabilitas
Berat Jenis	Pearson correlation	1	0,410
	Sig. (2-tailed)		0,239
	N	10	10
Permeabilitas	Pearson correlation	0,410	1
	Sig. (2-tailed)	0,239	
	N	10	10

Dari Tabel 7, dapat dilihat nilai signifikansi sebesar 0,410 dikarenakan nilai signifikansi lebih besar dari 0,05 maka antara berat jenis dan permeabilitas tidak mempunyai hubungan yang signifikan.

Pengolahan hubungan sifat fisik tanah terhadap permeabilitas menggunakan aplikasi SPSS, dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Korelasi antara Sifat Fisik dan Permeabilitas

Model	R	Sig. F Change
1	0,881	0,022

Predictor : (constant), berat jenis, berat isi, kadar air

Dari Tabel 8, didapatkan nilai signifikansi 0,022 lebih kecil dari 0,05 serta $R = 0,881$ besar dari r tabel = 0,632 maka hubungan

sifat fisik tanah dengan permeabilitas memiliki hubungan yang signifikan.

Pengolahan pengaruh antara kadar air dan permeabilitas menggunakan aplikasi SPSS, dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Regresi antara kadar air dan Permeabilitas

Model	R square	Std.Error Of the Estimate
1	0,662	4,04E-06

Dari Tabel 9, diperoleh koefisien determinan (Rsquare) sebesar 0,662 yang berarti bahwa pengaruh variabel bebas (kadar air) terhadap variabel terikat (permeabilitas) adalah sebesar 66,2% dan ukuran kesalahan prediksi sebesar 4,04E-06.

Pengaruh berat isi terhadap permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10. Regresi antara Berat Isi dan Permeabilitas

Model	R square	Std.Error Of the Estimate
1	0,498	4,92E-06

Dari Tabel 10, diperoleh nilai *R square* sebesar 0,498, yang berarti pengaruh variabel bebas (berat isi) terhadap variabel terikat sebesar 49,8% dan kesalahan prediksi sebesar 4,92E-6.

Sedangkan pengolahan pengaruh berat jenis terhadap permeabilitas tanah tidak perlu dilakukan dikarenakan nilai signifikansi yang besar dari 0,05 yang berarti tidak berkorelasi.

Jadi pengaruh sifat fisik tanah terhadap permeabilitas dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 11. Regresi antara Sifat fisik dan Permeabilitas

Model	R square	Std.Error Of the Estimate
1	0,777	3,78E-06

Sehingga pada Tabel 12 didapatkan *R square* sebesar 0,777 yang berarti pengaruh sifat fisik tanah terhadap permeabilitas sebesar

77,7%, dan kesalahan prediksinya adalah $3,78E-05$.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran di beberapa perumahan di Kecamatan Koto Tengah dan pengujian di laboratorium UNP diperoleh hasil kadar air tanah mempunyai hubungan yang signifikan (berarti) terhadap nilai permeabilitas, arah hubungannya adalah negatif (semakin tinggi kadar air tanah maka nilai permeabilitas tanah rendah). Untuk hubungan berat isi dengan nilai permeabilitas mempunyai hubungan yang signifikan (berarti), sedangkan arah hubungannya adalah negatif (semakin tinggi berat isi tanah maka nilai permeabilitas rendah). Dan hubungan berat jenis dan permeabilitas tidak mempunyai hubungan yang signifikan (berarti). Jadi hubungan sifat fisik tanah dan permeabilitas tanah mempunyai hubungan yang signifikan (berarti).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Al-Hadi, B., Yunus, Y., & Idkham, D. M. *Analisis Sifat Fisika Tanah Akibat Lintasan Dan Bajak Traktor Roda Empat Analysis Of Soil Physical To Flash And Plow Of Four Wheeled Tractor*. Aceh: Universitas Syiah Kuala. (2012)
- [2] Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. (2020). *Berita Resmi Statistik*. Padang: Badan Pusat Statistik
- [3] Badan Standarisasi Nasional. *SK SNI M 22 F 1994 Cara Uji Permeabilitas*. Jakarta: BSN. (2008)
- [4] Badan Standarisasi Nasional. *SNI 1964 Cara Uji Berat Jenis Tanah*. Jakarta: BSN. (2008).
- [5] Badan Standarisasi Nasional. *SNI 1965 Cara Uji Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan di Laboratorium*. Jakarta: BSN. (2008)
- [6] Badan Standarisasi Nasional. *SNI 1994 Metode Pengujian Berat Isi Tanah Berbutir Halus Dengan Cetakan Benda Uji*. Jakarta: BSN. (2008)
- [7] Bappeda Kota Padang. *Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RTRW) Kota Padang*. Padang: bappeda Kota Padang. (2020).
- [8] Barlian, E., & Umar, I. *Distribusi Erobilitas Tanah pada Upper DAS Batang Air Dingin Kecamatan Koto Tengah Kota Padang*. Padang: UNP press (2012)
- [2] Das, B. M., Endah, N., & Mochtar, I. B. *Mekanika Tanah Jilid 1 (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jakarta: Erlangga. (1995)
- [9] Departement Pekerjaan Umum. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.41/PRT/M/2007 tentang Pedoman Kriteria Teknis Kawasan Budidaya*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum. (2007)
- [10] Haluan. (2020). *banjir Rendam Ratusan Rumah dan Sawah di kelurahan Balai Gadangf Sungai Bangek Padang*. Padang: harianhalu. (2020)
- [11] Hardiyatmo, H. C. *Mekanika Tanah I Jilid III*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. (2002)
- [12] Hardjowigeno, S. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademia Pressindo. (2007).
- [13] Hardjowigeno, Sarwono dan Widiatmaka. *Evaluasi Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Lahan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press. (2007).
- [14] Jamulya, dan Suratman Suprodjo. *Pengantar Geografi Tanah, Diktat Kuliah*. Yogyakarta: Universitas Gadjah mada press. (1983).
- [15] Johara T. Jayadinata. *Tata Guna Tanah Dalam Perencanaan Pedesaan Perkotaan dan Wilayah*. Bandung: ITB. (1999).

- [16] Joseph E. Bowles. *Analisa dan Desain Pondasi Jilid 1*. Jakarta: Erlangga (1997)
- [17] L. D. Wesley. *Mekanika Tanah, Cetakan VI*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum (1977).
- [18] Labsheet Teknik Sipil UNP. *Mekanika Tanah*. Padang: UNP press. (2010).
- [19] Mumford, Lewis. *The Culture of City*. New York: Harcourt Brace Jovanovich Publishers. (1938)
- [20] Nurwidyanto. *Hubungan Porositas Dan Permeabilitas Pada Batupasir (Study Kasus Formasi Kerek, Ledok, Selorejo)*. *Berkala Fisika*, 8(3), 87–90. Semarang: Universitas Diponegoro press. (2005)
- [21] Pitt, R. *Compacted urban soils effects on infiltration and bioretention stormwater control designs. Global Solutions for Urban Drainage*. Wahington DC: United States Departement of Agriculture. (2002)
- [22] Priyatno Dwi. *Mandiri Belajar SPSS*. Yogyakarta: Mediakom. (2009).
- [23] Rahim, S. E. *Pengendalian Erosi Tanah Dalam Rangka Pelestarian Lingkungan Hidup*. Jakarta: Bumi Aksara. (2003).
- [24] Rosyidah, E., & Wirosodarmo, R. *Effect of Soil Physical Properties on Saturated Hydraulic Conductivity in The 5 Land Use (A Case Study in Summersari Malang)*. *Agritech*, 33(3), 340–345. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada press. (2013)
- [25] Sadyaohutomo, Mulyono. *Manajemen Kota dan Wilayah*. Yogyakarta: Pustaka Belajar. (2008).
- [26] Sadyaohutomo, Mulyono. *Tata Guna Tanah dan Penyerasian Tata Ruang*. Yogyakarta: Pustaka Belajar. (2016).
- [27] Soil Survey Staff. *Soil Taxonomy a Basic System of Soil Classification for making and Interpreting Soil Surveys Eleventh Edition*. Wahington DC: United States Departement of Agriculture. (2010)
- [28] Sudarto. (2009). *Analisis Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Peningkatan Jumlah Aliran Permukaan*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret press.
- [29] Surendro, Bambang. *Mekanika Tanah-Teori, Soal dan Penyelesaian*. Yogyakarta: ANDI. (2014).
- [30] Usman, Husaini & Purnomo, Setiady Akbar. *Pengantar Statistika*. Jakarta: PT. Bumi Aksara. (2006)
- [31] Utomo, Muhajir. *Ilmu Tanah, Dasar-dasar dan Pengolahan*. Jakarta: Prenadamedia Group. (2016)
- [32] Wenawa. *Geografi Permukiman*. Yogyakarta: Graha Ilmu. (2015)
- [33] Wesley, L. D. *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: ANDI. (2010)
- [34] Yunus, Hadi Sabari. *Geografi Permukiman dan Beberapa Permasalahan Permukiman di Indonesia*. Yogyakarta: Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada press. (1987)