

**KARAKTERISASI SIFAT FISIK TANAH UNTUK EVALUASI DRAINASE di
PT. ARAYA MEGAH ABADI GOLF, MALANG**

Oleh:

BASTIAN MICHCAEL SIMANUNGKALIT

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2017**

**Karakterisasi Sifat Fisik Tanah Untuk Evaluasi Drainase di PT. Araya Megah
Abadi Golf, Malang**

Oleh

BASTIAN MICHCAEL SIMANUNGKALIT

125040201111334

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG
2017**

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Karakterisasi Sifat Fisik Tanah Untuk Evaluasi Drainase PT.
ArayaMegah Abadi Golf, Malang
Nama : Bastian Michcael Simanungkalit
NIM : 125040201111334
Jurusan : Tanah
Program studi : Agroekoteknologi
Laboratorium : Fisika tanah
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Ir. Widiyanto M.Sc.

NIP. 19530212 197903 1 004

Pembimbing Kedua,

Iva Dewi Lestariningsih, SP. M.Agr.Sc.

NIK. 20131107 50806 200 1

Mengetahui
a.n. Dekan,
Ketua Jurusan Tanah,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.

NIP. 19540501 198103 1 006

Ir. Widiyanto, M.Sc.

NIP. 19530212 197903 1 004

Penguji III

Penguji IV

Iva Dewi Lestariningsih, SP. M.Agr.Sc.

NIK. 20131107 50806 200 1

Cahyo Prayogo, SP.,MPPh.D.

NIP. 19730103 19982 100 2

Tanggal Lulus :

RINGKASAN

Bastian Michcael Simanungkalit. 125040201111334. Karakterisasi sifat fisik Tanah Untuk Evaluasi Drainase PT. Araya Megah Abadi Golf, Malang. Dibawah bimbingan Widianito dan Iva Dewi Lestariningsih.

Proses pengerukan dan penimbunan tanah terjadi dalam pembangunan lapangan golf. Pengerukan tanah dilakukan pada lapisan *topsoil* yang dipindahkan ke tempat lain, sehingga lahan mempunyai ketebalan lapisan *subsoil* dan *topsoil* yang berbeda-beda. Proses pembuatan lapangan golf dapat menyebabkan perubahan kondisi sifat fisik tanah. Berdasarkan sejarah pembuatannya lapangan golf Araya Malang merupakan lahan bekas tanah sawah yang diubah menjadi lapangan golf. Salah satu sifat fisik tanah sawah adalah mempunyai permeabilitas yang lambat. Lahan sawah mempunyai bobot isi lebih tinggi dan pori total yang lebih rendah dan permeabilitasnya lebih rendah daripada lapisan permukaan. Genangan air ketika musim hujan merupakan permasalahan utama pada lapangan golf milik PT Araya. Genangan air pada lapangan golf disebabkan oleh drainase tanah yang buruk dan drainase pada lapangan golf merupakan hal yang penting oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi untuk perbaikan drainase pada lapangan golf. Evaluasi yang dilakukan adalah membandingkan kondisi drainase bawah permukaan yang ada dengan hasil perhitungan dengan menggunakan aplikasi *Drain Space*. *Drain Space* merupakan aplikasi yang dapat membantu untuk menentukan jarak antar pipa/saluran drainase. Selain itu salah satu usaha untuk perbaikan drainase yaitu dengan melihat kondisi tanah pada lapangan golf. Sifat-sifat fisik tanah (Permeabilitas, Porositas, Tekstur, C-organik dan distribusi Pori) sangat berpengaruh terhadap drainase.

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga bulan Agustus 2016. Penelitian dilaksanakan dengan metode survey yaitu penentuan titik pengambilan sampel tanah dan pengalihan minipit untuk pengambilan sampel tanah. Kegiatan pengambilan sampel dilakukan pada *hole* 10-18 di lapangan golf milik PT Araya, Malang. Kegiatan analisa fisika dan kimia dilakukan di laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Hasil analisa tanah kemudian di uji statistik menggunakan standar deviasi dan korelasi kemudian dilakukan regresi. Perhitungan pembuatan saluran pembuangan air drainase menggunakan aplikasi *Drain Space*.

Hasil rata-rata total permeabilitas semua *hole* menunjukkan bahwa permeabilitas *topsoil* lebih cepat dengan nilai 0,72 cm/jam. Kedua nilai permeabilitas pada lapisan tanah masuk kelas permeabilitas agak lambat. Berdasarkan jumlah titik pengambilan sampel sebanyak 43 titik ditemukan bahwa terdapat 24 titik dengan permeabilitas *topsoil* > *subsoil* sedangkan 19 titik dengan permeabilitas *topsoil* < *subsoil*. Hasil uji regresi menunjukkan adanya hubungan yang cukup erat antara fraksi liat dan permeabilitas dengan koefisien korelasi yang negatif ($r = -0,49$). Hal ini dapat diartikan bahwa peningkatan fraksi liat akan menurunkan permeabilitas tanah. Hasil regresi linier menunjukkan nilai $y = -0,024x + 1,75$ dimana y merupakan permeabilitas dan x merupakan fraksi liat, dapat diartikan bahwa apabila terdapat peningkatan liat sebesar 1 % ($x = 1$) maka terdapat penurunan permeabilitas sebesar 0,024 % dari nilai awal (*intercept*) sebesar 1,75. Berdasarkan uji T didapatkan bahwa permeabilitas *topsoil* tidak berbeda nyata dengan permeabilitas *subsoil*. Permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* secara signifikan dipengaruhi oleh porositas (%), fraksi debu (%), fraksi liat (%). Permeabilitas *topsoil* > *subsoil* memiliki drainase yang lebih buruk dan jarak saluran pembuangan drainase (L) lebih pendek daripada permeabilitas *topsoil* < *subsoil*.

Kata kunci: Permeabilitas, *Topsoil*, *Subsoil*

SUMMARY

Bastian Michcael Simanungkalit. 125040201111334. Soil Physic Characterization For Drainage Evaluation PT. Araya Megah Abadi Golf, Malang. Superviced by Widianto and Iva Dewi Lestariningsih.

Golf course construction involves soil filling and dredging. Soil dredging is conducted by remove the top soil to other places resulted different depth or thickness in both topsoil and subsoil of golf course. Golf course construction can lead the change of soil physical properties. Based on its construction history, Araya Golf Course was a wetland with paddy field as its landcover. Paddy field soil have some restrictions such as low soil permeability, high of soil bulk density, and low of total pore. Additionally, the sub soil permeability will be lower than the top soil has. Puddles during the rainy season is the main issue in the golf course owned b PT. Araya. This problem occurred due to the poor soil drainage in this area. Due to the importance of soil drainage role in the golf course, it is need to conduct an evaluation for drainage improvement in the golf course. The evaluation is aimed to compare the existing condition of subsurface drainage using Drain Space model. Drain Space is a program that can help to determine the distance between pipe or drainage channels. Additionally, in order to improve the drainage condition, characterizing the soil physical properties such as soil permeability, porosity, texture, pore distribution and C-organic is important to be evaluated as well due to its role on the drainage process.

The research activities carried out from June to August 2016. The research was conducted by survey method which was determine the point of soil sampling and multiplication minipit for soil sampling. Activity sampling was done on a 10-18 hole on a golf course owned by PT Araya, Malang. Physical and chemical analysis of the activities carried out in the Laboratory of Physics and Chemistry of Soil Department, Faculty of Agriculture, University of Brawijaya. The results of the soil analysis data was statistically analyzed using some tests such as standard deviation, correlation, and regression. Additionally, the drain pipa distance was calculated with Drain Space applications. The total average of soil permeability in all holes reveal that topsoil permeability is higher than subsoil. The average value of topsoil and subsoil permeability are $0.72 \text{ cm hour}^{-1}$ and $0.72 \text{ cm hour}^{-1}$, respectively. Both of those values are categorized as rather slow permeability. From fourty three (43) of total sampling locations, twenty four (24) of them have the value of permeability in topsoil > subsoil, while nineteen (19) of the total location have topsoil < subsoil. Regression test reveals a fairly close relationship between concentration of clay fraction and soil permeability with negative coefficient of correlation ($r = -0.49$). This may imply that the increase in the clay fraction will decrease the permeability of the soil. Results of linear regression demonstrate the value of $y = -0.024x + 1.75$ where y is the permeability and x is the fraction of clay. From the equation, it can be interpreted that if there is an increase of 1% clay ($x = 1$), there is a decrease in the permeability of 0.024% with the initial value (intercept) is 1.75. Based on pair T test analysis, permeability topoil > subsoil has no significant different to permeability topsoil < subsoil ($p < 0.05$). Permeability in the topsoil and subsoil are significantly influenced by soil porosity (%), the dust fraction (%), and the clay fraction (%). Locations which have soil permeability of topsoil > subsoil have more poor drainage conditions and shorter drain pipe distance (L) than soil permeability of topsoil < subsoil.

Keywords: Permeability, Topsoil, Subsoil

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan Berkah, dan KaruniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi. Judul dari skripsi ini adalah ***“Karakterisasi Sifat Fisik Tanah Untuk Evaluasi Drainase PT. Araya Megah Abadi Golf, Malang”***. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari pihak yang terkait. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini. Pihak tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bapak Prof. Dr.Ir. Zaenal Kusuma, SU., selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian.
2. Bapak Ir. Widiyanto M.Sc., selaku pembimbing utama yang membimbing dan mengarahkan penulisan, mengarahkan dan penyusunan skripsi.
3. Ibu Iva Dewi Lestariningsih, SP. M.Agr.Sc, selaku pembimbing pendamping yang membantu dan mengarahkan penyusunan skripsi.
4. Rekan-rekan Tim Peneliti Wency, Reza, Saniriah dan teman-teman jurusan tanah 2012 yang telah membantu proses pengerjaan skripsi.
5. Orang tua Dalton Simanungkalit dan Rusti Adelina Sidauruk, abang Bobby Sahat Simanungkalit, adik Betaria Agus Melli Simanungkalit, Bunga Putri Simanungkalit, dan keluarga besar yang telah mendukung seluruh kegiatan dalam proses pengerjaan skripsi.
6. Teman-teman seperjuangan Nico Van Maestro Sinaga, Nurintan Sidauruk, Setia Dini, Maria Tioria, Firnado Ginting, Jhon Chen Van, Gabe Hutabalian, Daniel Sembiring, Daniel Sipayung, Indra Pradana, Nicson, Philip GBP, Reinhard Manalu, Josua Sihotang, Gabriel Fauzi Ujik, Yuyun Mendrofa, Martua Sihombing, Yerli Silaen, Yevita, Yesica, Sarah Pasaribu, Basri Sembiring, Yessy Tobing dan adik- adik Winda Karla, Cila, Monica, Febry, Yossi, Dhega, Yogi, Ghina. Cristian Community, Ccers 2012, Sumber Sari Belum Tidur (SBT) dan Persatuan Bulu Tangkis Remaja (PBR), UABT UB (Unit Aktifitas Bulutangkis), Riweh.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini karena pengalaman yang penulis miliki sangat kurang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis, instansi penayang mahasiswa dan semua pihak yang terkait dalam pelaksanaan penelitian.

Malang, Januari 2016

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Pabatu Desa Kedai Damar Tebing Tinggi Sumatra Utara pada 20 Agustus 1994 sebagai putra kedua dari empat bersaudara dari Bapak Dalton Simanungkalit dan Ibu Rusti Adelina Br. Sidauruk.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SD N 105868 Pabatu 2000-2006, kemudian penulis melanjutkan ke SMP Swasta Yayasan Pendidikan Anak Karyawan(Yapendak) Kebun Pabtu 2006-2009. Pada 2009 hingga 2012 penulis melanjutkan pendidikan ke SMA N 4 Tebing Tinggi. Pada 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur melalui jalur SNMPTN Undangan .

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Penggurus Cristian Community fakultas pertanian tahun 2013/2014 sebagai bidang acara, UABT (Unit Aktivitas Bulutangkis) Brawijaya 2014/2015 sebagai bidang KOMTEK (Komisi Teknis). Penulis aktif pada kepanitiaan di Ibadah Padang dan Paskah *Cristian community* 2014 Sebagai SC, CC *Birthday Party* 2015 Sebagai Ketua Pelaksana, *CC Art Night* 2015 Sebagai Koordinator Lapangan, Tani Joyo Cup Fakultas Pertanian sebagai *Sterring Comitte* dan Poster Fakultas Pertanian 2016 Sebagai Disiplin Mahasiswa.



DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN.....	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan.....	4
1.3. Hipotesis	4
1.4. Manfaat.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Karakteristik Lapisan Bawah Lahan Sawah.....	5
2.2. Karakteristik Tanah	6
2.3. Drainase	8
3. METODE PENELITIAN	9
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	9
3.2. Alat dan Bahan.....	9
3.3. Pelaksanaan Penelitian.....	9
3.4. Analisis Data	15
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	16
4.1. Hasil.....	16
4.2. Pembahasan Umum	26
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1. Kesimpulan	36
5.2. Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
Tabel 1.	Perbandingan Sifat Fisik Tanah Antar Lapisan Atas dan Lapisan Tapak Bajak.....	5
Tabel 2.	Parameter Pengamatan	11
Tabel 3.	Sebaran Pasir, Debu dan Liat setiap Hole	17
Tabel 4.	Kandungan C-organik Tanah setiap Hole	19
Tabel 5.	Sebaran Pori Tanah setiap Hole	20
Tabel 6.	Sebaran Total Pori Tanah Semua Hole	20
Tabel 7.	Sebaran Porositas setiap Hole	22
Tabel 8.	Sebaran Infiltrasi setiap Hole	24
Tabel 9.	Sebaran Permeabilitas Setiap Hole	25
Tabel 10.	Sebaran Permeabilitas <i>Topsoil</i> > <i>Subsoil</i> dan <i>Topsoil</i> < <i>Subsoil</i>	27
Tabel 11.	Evaluasi Drainase Aplikasi <i>Drainspace</i>	34



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
Gambar 1.	Rata - rata total Sebaran Pasir, Debu dan Liat Lapisan <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i>	18
Gambar 2.	Sebaran Permeabilitas <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i> setiap Hole	26
Gambar 3.	Rata-rata total permeabilitas <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i>	28
Gambar 4.	Pengaruh (%) liat terhadap permeabilitas pada <i>topsoil</i>	29
Gambar 5.	Pengaruh (%) porositas <i>topsoil</i> (kiri) dan (%) porositas <i>subsoil</i> (kanan)terhadap permeabilitas <i>topsoil</i> dan <i>subsoil</i> pada hole 10	30
Gambar 6.	Pengaruh (%) debu <i>topsoil</i> (kiri) dan (%) debu <i>subsoil</i> (kanan) terhadap permeabilitas <i>topsoil</i> dan <i>subsoil</i> pada hole 11	31
Gambar 7.	Pengaruh (%) liat <i>topsoil</i> terhadap permeabilitas <i>topsoil</i> pada hole 12	31
Gambar 8.	Pengaruh (%) liat <i>topsoil</i> (kiri) dan (%) liat <i>subsoil</i> (kanan) terhadap permeabilitas <i>topsoil</i> dan <i>subsoil</i> pada hole 18	32



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Korelasi antar Sifat Fisik Tanah Terhadap Permeabilitas pada <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i>	40
2.	Permeabilitas tanah	41
3.	Analisa Keragaman Sifat Fisik <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i>	42
4.	Analisa posisi pengambilan sampel terhadap permeabilitas	43
5.	Korelasi Permeabilitas Setiap Hole	44
6.	Uji T Permeabilitas <i>Topsoil</i> dan <i>Subsoil</i> Setiap Hole	45
7.	Dokumentasi Pengamatan Lapang.....	46
8.	Dokumentasi Analisa Laboratorium	46
9.	Genangan Air pada Lapangan Golf	47
10.	Sketsa Lapangan Golf	48
11.	Rekomendasi Tekstur Tanah	52
12.	Rekomendasi Sifat Fisik Tanah untuk Lapangan Golf	52
13.	Kategori Sifat Fisik Tanah.....	53
14.	Refrensi Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Campuran Tanah pada Zona Akar	54

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Lapangan golf mengalami perkembangan yang luar biasa pada masa perang dunia kedua (1939-1945). Pembangunan lapangan golf pada masa itu tidak berjalan dengan begitu baik sehingga dibutuhkan suatu metode yang cepat dan jelas untuk pembangunan yang lebih besar. Dengan demikian, pada tahun 1950-an menjadi dekade yang banyak dilakukan penelitian yang akhirnya menyebabkan perkembangan spesifikasi USGA. Davis (1950) adalah orang yang pertama menghubungkan kondisi fisik tanah untuk perkembangan lapangan golf. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lapangan golf lebih baik memiliki porositas total yang lebih cepat dari tanah lainnya dikarenakan adanya perbedaan tingkat pemadatan tanah. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa semua sampel pada lapangan golf mempunyai sifat yang sangat basah dengan kadar dan kelembaban sekitar pF 2. Atas dasar penelitian ini maka diusulkan bahwa tanah harus diubah dengan pasir kasar hingga 50 %. Garman (1952) melakukan penelitian dengan percampuran pasir-tanah-gambut (1-1-1) untuk zona akar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbandingan 1-1-1 tidak memiliki permeabilitas yang baik pada kondisi dipadatkan. Hasil penelitian ini mengusulkan campuran pasir, tanah dan gambut yang mengandung 8,2 % liat, 20 % gambut dan 78% pasir. Campuran ini memiliki permeabilitas 0,8 inci jam⁻¹ yaitu empat kali lebih cepat daripada perbandingan 1-1-1, dan kemudian kondisi ini dianggap memuaskan untuk campuran zona akar. Kemudian tahun 1950-an banyak proyek-proyek penelitian yang didanai oleh USGA untuk menempatkan campuran tanah pada zona akar. Lunt (1956) melaporkan bahwa ukuran pasir yang paling memuaskan untuk lapangan golf yaitu dalam kisaran 0,2-0,4 mm idealnya 75 % dan 0,1 mm dalam kisaran 6-10 %. Penelitian ini menyimpulkan bahwa campuran tanah harus 85-90 % pasir dan sisanya gambut dan liat. Texas dan Kunze (1956) melakukan penelitian terkait ukuran partikel pasir dan percampuran tanah terhadap pertumbuhan tanaman. Hasil tertinggi dilaporkan untuk campuran yang memiliki partikel pasir 0,5-1 mm, 2-4 % tanah liat dengan porositas *non-kapiler* 10- 15%. Berdasarkan penelitian Garman, Kunze dan Lunt dapat disimpulkan bahwa sifat

fisik tanah yang dibutuhkan yaitu 10-15 % porositas *non-kapiler* dan minimum retensi air 10 % dari total volume. Pengujian sifat fisik tanah sebelum pembuatan lapangan golf penting dilakukan (Ferguson, 1955). Howard (1959) mencoba menghubungkan campuran beberapa zona akar dengan parameter sifat fisik tanah di laboratorium. Hasilnya menunjukkan bahwa porositas dan permeabilitas berkorelasi positif dengan penilaian kualitas. Hasil terbaik pada pasir tertinggi yaitu 12-17 % porositas *kapiler*, 19–27% porositas *non-kapiler*, porositas total 35-40 % dan permeabilitas 0,33-6 inci jam⁻¹. Atas dasar penelitian yang telah dilakukan USGA menentukan bahwa campuran zona akar dipadatkan harus memiliki porositas total minimal 33% dan permeabilitas harus 1,27 - 3,81 cm jam⁻¹ (USGA Green Section Staff, 1960).

Lapangan Golf milik PT. Araya merupakan salah satu padang golf yang terletak di Kota Malang, Jawa Timur. Lapangan golf Araya terletak pada Kompleks Permukiman Kota Araya, dengan 9 hole permainan pada luasan 45 hektar. Lapangan golf AGFC dilengkapi dengan berbagai macam fasilitas penunjang antara lain *golf course*, *driving range*, *mini golf*, dan *practice putting green*. Lapangan golf araya merupakan rancangan dari designer golf terkemuka J. Michael Poellot. Lapangan ini dikembangkan dengan 2 konsep yang membentuk karakter padang golf yang berbeda yaitu *Lake golf course*, 9 hole pertama yang sudah dioperasikan dengan tantangan dalam bermain didominasi bantaran sungai, danau serta sawah. *Hill golf course*, 9 hole kedua yang saat ini sedang dikerjakan. Lapangan golf araya Malang dibangun di tanah berkontur cukup curam diantara bukit dan lembah sehingga kontur lapangan dipadu dengan *creek* yang dalam merupakan tantangan bagi para *golfer* untuk menaklukkannya. Pemandangan spektakuler bukit dan lembah dengan *background city view* bisa dinikmati sepanjang perjalanan permainan golf di *hill golf course*.

Dalam pembuatan lapangan golf terjadi proses pengerukan dan penimbunan tanah. Pengerukan tanah dilakukan pada lapisan *topsoil* yang dipindahkan ke tempat lain, sehingga lahan mempunyai ketebalan lapisan *topsoil* dan *subsoil* yang berbeda-beda. Berdasarkan USGA (2004) bahwa dalam pembuatan lapangan golf terjadi proses pengerukan dan penimbunan untuk membentuk kontur lapangan golf, membuat drainase dan membuat lapisan tanah dengan menggunakan alat-alat berat. Proses pembuatan lapangan golf dapat

menyebabkan perubahan kondisi sifat fisik tanah. Lapangan golf PT. Araya merupakan lahan bekas tanah sawah yang diubah menjadi lapangan golf. Tanah yang disawahkan akan menurunkan nilai konduktivitas hidrolik dan porositas rendah daripada nilai konduktivitas hidrolik dan porositas tanah yang tidak disawahkan. Hal ini disebabkan oleh menurunnya ruang pori total akibat pengelolaan tanah dengan cara pelumpuran.

Genangan air ketika musim hujan dan tanah retak-retak ketika pada saat musim kemarau merupakan permasalahan utama pada lapangan golf milik PT Araya. Genangan air pada lapangan golf disebabkan drainase tanah yang buruk. Drainase pada lapangan golf merupakan suatu hal yang sangat penting. Pada lapangan golf, drainase diperlukan untuk menjaga agar lapangan tetap kering, sehingga dapat menjaga kesuburan rumput, memberikan kenyamanan bagi pemain golf untuk berjalan, mengendarai dan memukul bola serta mencegah adanya genangan air dan lumpur pada saat bermain. Untuk menjaga agar lapangan tetap tidak tergenang terutama pada saat sehabis hujan diperlukan sistem drainase yang baik. Perbaikan drainase diperlukan apabila terdapat kondisi yang mencegah pergerakan kelebihan air keluar dari suatu area tertentu. Metode konvensional atau yang umum dilakukan adalah meningkatkan drainase permukaan, pemasangan pipa untuk mengalirkan air atau memodifikasi kondisi fisik tanah untuk memudahkan pergerakan air. Perbaikan drainase permukaan ataupun perbaikan saluran drainase bawah permukaan yang dilakukan pada prinsipnya tergantung dari keadaan topografi, kondisi tanah dan keadaan curah hujan. Salah satu usaha untuk perbaikan drainase yaitu dengan melihat kondisi tanah pada lapangan golf. Sifat-sifat fisik tanah (Permeabilitas, Porositas, Tekstur, C-organik dan distribusi Pori) sangat berpengaruh terhadap drainase. Selain itu, dalam pembuatan lapangan golf, PT. Araya Megah golf Abadi tidak mempunyai data yang jelas terhadap informasi pembuatan lapangan golf, sehingga perlu dilakukan karakterisasi sifat fisik tanah pada lapangan golf milik PT. Araya Megah Abadi Golf.

Drainase yang terdapat pada lapangan golf diutamakan pada disain dari drainase bawah permukaan, sehingga evaluasi yang dilakukan adalah membandingkan kondisi drainase bawah permukaan dengan menggunakan aplikasi *drain space*. *Drain Space* merupakan aplikasi yang dapat membantu

untuk menentukan jarak antar pipa/saluran drainase. Data yang diperlukan adalah masukan air (irigasi dan hujan), tinggi muka air tanah, kedalaman perakaran, permeabilitas *topsoil* dan *subsoil*, kedalaman lapisan kedap air dan diameter pipa/saluran drainase.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik sifat fisik tanah lapisan atas (*topsoil*) dan lapisan bawah (*subsoil*) untuk evaluasi drainase di PT. Araya Megah Abadi Golf dengan menggunakan aplikasi *Drain space* untuk kemudian memberikan bahan pertimbangan dalam pengelolaan drainase lapangan Golf.

1.2. Tujuan

1. Mengetahui dan menganalisis permeabilitas lapisan atas dan lapisan bawah pada lapangan golf dari berbagai posisi.
2. Mengukur dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi permeabilitas.
3. Mengevaluasi karakteristik drainase lapangan golf dengan menggunakan program *drain space*.

1.3. Hipotesis

1. Permeabilitas tanah lapisan atas lebih cepat daripada tanah lapisan bawah.
2. Permeabilitas tanah pada lapisan atas dan lapisan bawah pada setiap hole dipengaruhi oleh porositas dan tekstur.
3. Semakin buruk drainase maka jarak antar saluran drainase semakin kecil.

1.4. Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan bahan pertimbangan dalam pengelolaan drainase lapangan Golf Araya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Lapisan Bawah Lahan Sawah

Praktek pengolahan tanah sawah dalam keadaan tergenang, dapat menghasilkan terbentuknya lapisan tapak bajak dibawah lapisan olah. Berdasarkan pernyataan Agus *et al.* (2004) lapisan ini memiliki sifat agak padat, sehingga kerapatan lindak relatif tinggi;pori-pori mikro banyak dan pori-pori makro serta meso sedikit, Kondisi redoks dan pencucian Fe dan Mn tereduksi lebih menyerupai lapisan olah (Apg) diatasnya daripada horizon B dibawahnya, karena itu dianggap sebagai bagian dari horizon A, Warna matriks abu-abu seperti horizon Apg, meskipun karatan besi sering ditemukan, Telah terjadi pencucian Fe dan Mn. Lapisan yang cukup berkembang mempunyai struktur lempeng dengan tebal lapisan antara 5–10 cm dan terbentuk pada kedalaman antara 10–40 cm.

Tabel 1. Perbandingan Sifat Fisik Tanah Antar Lapisan Atas dan Lapisan Tapak Bajak

Sifat Fisik Tanah	Lapisan Atas	Lapisan Tapak Bajak
Berat Isi (g cm^{-3})	0,07 - 1,20	0,09 – 1,35
Pori Mikro (%)	3,1 – 11,5	5,4 – 2,3
Pori Meso (%)	4,6	2,6
Pori Makro (%)	3 - 35	3 – 41
Permeabilitas (cm/hari)	1040	1,7

Sumber: Yun-Sheng dalam Lal 1985

Dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan sifat fisik tanah pada lapisan atas dan lapisan tapak bajak dimana berat isi pada lapisan tapak bajak lebih tinggi dari pada lapisan atas. Konduktivitas hidrolik pada lapisan tapak bajak masuk pada kelas agak lambat sedangkan lapisan atas masuk pada kelas sangat cepat (Tabel 1). Situmorang dan Sudadi (2001) juga menyebutkan terjadinya pembentukan lapisan kedap, yaitu suatu lapisan yang padat, ketebalan 5- 10 cm, umumnya pada lahan yang telah disawahkan. Dibandingkan dengan tanah permukaan, lapisan kedap mempunyai bobot isi lebih tinggi dan pori total yang lebih rendah dan permeabilitas yang lebih rendah.

2.2. Karakteristik Tanah

2.2.1. Tekstur

Tekstur tanah turut menentukan tata air dalam tanah yang dikendalikan oleh kecepatan infiltrasi, penetrasi dan kemampuan pengikatan air oleh tanah. Terjadi tidaknya aliran permukaan, tergantung pada dua sifat yang dimiliki yaitu infiltrasi dan permeabilitas. Permeabilitas dari lapisan tanah yang berlainan, yaitu kemampuan tanah untuk meluluskan air atau udara ke lapisan bawah profil tanah (Suripin, 2004). Sifat fisik tanah juga sangat mempengaruhi sifat-sifat tanah yang lain dalam hubungannya dengan kemampuan untuk mendukung hidup tanaman. Kemampuan tanah menyimpan air tersedia merupakan fungsi dari tekstur dan struktur tanah. Kemampuan tanah untuk menyimpan hara dan kemudian menyediakannya bagi tanaman sangat ditentukan oleh tekstur tanah dan macam mineral liat (Islami dan Utomo, 1995). Hanafiah (2005) mengemukakan bahwa tekstur tanah menunjukkan komposisi partikel penyusun tanah (separat) yang dinyatakan sebagai perbandingan proporsi (%) relatif antara fraksi pasir (*sand*), debu (*silt*), dan liat (*clay*). Partikel berukuran di atas 2 mm seperti kerikil dan bebatuan kecil tidak tergolong sebagai fraksi tanah tetapi harus diperhitungkan dalam evaluasi tekstur tanah.

2.2.2. Bahan Organik

Bahan organik merupakan sisa atau limbah yang berasal dari tanaman, hewan dan manusia yang ada di dalam tanah maupun di permukaan tanah dan melapuk dengan waktu yang berbeda (Hasibuan, 2006). Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis, yang bersumber dari sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk, karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia (Kononova, 1961). Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat-sifat kimia, fisik dan biologi tanah. Fungsi bahan organik di dalam tanah sangat banyak, baik terhadap sifat fisik, kimia maupun biologi tanah (Stevenson, 1994). Pemberian bahan organik pada

tanah memungkinkan untuk meningkatkan permeabilitas dan udara serta air akan lebih mudah masuk ke dalam tanah (Winarso, 2005). Kandungan bahan organik tanah yang tinggi dapat membantu kelancaran siklus air tanah yaitu melalui pembentukan pori tanah. Oleh karena itu air hujan yang masuk akan semakin banyak sehingga mengurangi limpasan permukaan.

2.2.3. Distribusi ruang pori

Distribusi ruang pori merupakan salah satu sifat fisik yang penting yang sangat berhubungan dengan retensi air, drainase dan aerasi tanah. Distribusi ruang pori itu sendiri terdiri dari pori makro, pori mikro dan pori meso (Sudirman *et al.*, 2006). Besar dari pori tanah tergantung dari ukuran partikel tanah. Tanah yang liatnya tinggi memiliki pori-pori tanah yang sempit. Sedangkan tanah yang mengandung banyak pasir memiliki pori-pori yang kecil tetapi luas atau banyak. Air akan mengalir deras pada tanah yang memiliki pasir yang tinggi dan ini disebut dengan macro pori. Pori-pori yang kecil atau yang sering disebut sebagai micro pori mampu untuk menahan air. Kedua ukuran pori tanah tersebut sangat penting, dimana untuk menahan air dibutuhkan tanah yang mikropori dan untuk makropori untuk menahan udara (Plaster, 1992).

2.2.4. Porositas

Nilai Porositas tanah dapat diketahui melalui nilai BI (bobot isi) tanah dan juga nilai BJ (berat jenis) tanah dengan rumus ruang pori dibanding dengan volume tanah ($1 - BI/BJ$). Tanah yang mengandung banyak pori makro sulit untuk menahan air, sedangkan tanah dengan kandungan pori mikro dengan jumlah banyak merupakan pori bagi drainase lambat. Tanah yang mengandung banyak pori mikro maka drainasenya sangat buruk. Pori dalam tanah menentukan kandungan air dan udara di dalam tanah serta menentukan perbandingan pengeolaan air yang baik (Stevenson, 1994). Komposisi pori tanah yang ideal didapatkan dari gabungan fraksi debu, pasir, dan lempung.

2.2.5. Permeabilitas Tanah

Permeabilitas merupakan parameter sifat fisik tanah yang dapat mempengaruhi nilai laju infiltrasi, aliran permukaan, serta erosi. Faktor yang mempengaruhinya adalah tekstur, struktur, porositas, viskositas serta gaya

gravitasi (Hanafiah, 2007). Permeabilitas merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh air untuk dapat melewati suatu media dalam keadaan jenuh. Air hujan akan menggantikan udara yang ada di pori makro terlebih dahulu kemudian ke pori mikro (Buckman, 1982). Besarnya permeabilitas berbeda pada masing-masing lapisan tanah. Nilai permeabilitas dalam tanah ditentukan oleh lapisan kedap yang mempunyai nilai daya hantar hidrolik terkecil dalam suatu profil tanah. Sifat tanah yang mempengaruhi daya hantar hidrolik tanah adalah porositas total dan tekstur tanah. Menurut Rosyidah (2010), permeabilitas tanah merupakan tampilan kuantitatif dari kemampuan tanah untuk mengalirkan air pada suatu waktu tertentu.

2.3. Drainase

Suripin (2004) menyatakan bahwa drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang air. Secara umum drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara normal. Drainase juga diartikan sebagai usaha mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. Sistem drainase juga merupakan salah satu hal penting pada pengelolaan lapangan golf. Hal ini dikarenakan pada lapangan golf situasi yang sangat dihindari adalah terjadinya genangan air di lapangan yang dapat mengganggu permainan golf. Pada umumnya, sistem drainase yang digunakan pada lapangan golf adalah sistem drainase bawah tanah (*underground drainage*) yang berbentuk *fish bone*. Disebut *fish bone* karena sistem drainase ini berbentuk menyerupai tulang ikan. Saluran pada sistem ini dihubungkan dengan danau buatan sebagai tempat pembuangan air. Pemilihan sistem *underground drainage* dilakukan karena sistem ini memiliki keuntungan yaitu tidak mengurangi areal tanah dengan kata lain tidak mengurangi luasan lapangan golf, tidak mengganggu pekerjaan dan dapat menurunkan permukaan tanah lebih efektif (Yasmita, 2007).

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni hingga bulan Agustus 2016. Penelitian dilaksanakan dengan metode survey yaitu menentukan titik dan penggalan minipit untuk pengambilan sampel tanah. Kegiatan pengambilan sampel dilakukan pada *hole* 10, 11, 12, 17 dan 18 di lapangan golf milik PT Araya, Malang. Kegiatan analisis fisika dan kimia dilakukan di laboratorium Fisika dan Laboratorium Kimia Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan selama kegiatan lapangan dan laboratorium, sebagai berikut : bor tanah, meteran, penggaris, ring sampel tanah, blok kayu, kertas label, plastik, palu, cangkul, sekop, pisau lapang, *stopwatch*, kamera digital, labu ukur, oven, mortar dan pistil, alat tulis, timbangan analitik, kamera, laptop, pipet, dan cawan. Bahan yang digunakan selama kegiatan lapangan dan laboratorium, sebagai berikut : air, sampel tanah, aquades, H_2O_2 , $Na_4P_2O_7$, $K_2Cr_2O_7$, H_2SO_4 , H_3PO_4 , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

3.3.1. Pengukuran dan Pengambilan Sampel di Lapangan

3.3.1.1. Pemetaan Profil Tanah

Kegiatan pemetaan profil tanah dilakukan dengan cara pengeboran. Kegiatan ini bertujuan untuk mengetahui keragaman ketebalan lapisan *topsoil* pada *holes* 10, 11, 12, 17 dan 18. Pemetaan dilakukan dengan metode grid kaku dengan ukuran 30 x 20 meter. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu menyiapkan alat dan bahan berupa bor tanah dan alas, menentukan titik awal pengeboran, dan memberikan tanda pada titik-titik pengeboran yang telah diukur sebelumnya. Kemudian dilakukan pengeboran pada setiap titik hingga menemukan lapisan *subsoil*. Meletakkan tanah hasil bor diatas alas secara berurutan dari atas ke bawah agar mewakili kondisi penampang. Kemudian mengukur kedalaman lapisan *topsoil*. Kegiatan tersebut dilakukan pada setiap titiknya. Apabila data sudah

terkumpul dilakukan pengkelasan berdasarkan ketebalan *topsoil*. Ketebalan lapisan *topsoil* pada setiap *hole* sangat beragam, sehingga pengkelasan dilakukan berdasarkan fisiografi lahan (atas, tengah dan bawah) dan ketebalan *topsoil* yaitu 0 - 10 cm, 10 – 20 cm dan >20 cm.

3.3.1.2. Pembuatan Minipit

Pembuatan minipit dilakukan untuk mengidentifikasi jenis lapisan dan ketebalan masing-masing lapisan. Jumlah pembuatan minipit sebanyak 9 minipit pada setiap *hole*. Langkah-langkah yang dilakukan yaitu menyiapkan alat dan bahan berupa sekop, cangkul, pisau lapang, dan meteran. Kemudian menentukan titik pembuatan minipit berdasarkan hasil pengkelasan ketebalan *topsoil*. Selanjutnya membuat minipit dengan ukuran 0.5 x 0.5 m dengan kedalaman maksimum 1 m. Kegiatan selanjutnya adalah menentukan batas lapisan dan mengidentifikasi jenis lapisan (*topsoil* dan *subsoil*) serta ketebalan masing-masing lapisan. Minipit yang telah diidentifikasi diambil sampel tanah utuh dan tanah terganggu pada setiap lapisan (*topsoil* dan *subsoil*). Pembuatan minipit dilakukan 3 kali pada setiap kelas sebagai ulangan pengambilan sampel tanah.

3.3.1.3. Pengambilan Sampel Tanah Utuh

Pengambilan sampel tanah utuh digunakan untuk menganalisa berat isi. Pengambilan sampel tanah utuh dilakukan pada dua jenis lapisan tanah yaitu lapisan *topsoil* dan lapisan *subsoil*. Adapun langkah pengambilan sampel tanah utuh sebagai berikut :

1. Membersihkan dan meratakan permukaan tanah yang akan diambil contoh tanahnya dari rumput, batu atau kerikil. Meletakkan ring dengan posisi tegak pada permukaan tanah dengan bagian yang tajam berada di bawah.
2. Kemudian menggali tanah disekeliling tabung dengan sekop/cangkul membentuk parit kecil melingkar, dengan jarak kira-kira 5-10 cm dari ring.
3. Lalu menekan ring dengan bantalan kayu berada di atasnya sampai $\frac{3}{4}$ bagian masuk ke dalam tanah, kemudian tumpangkan ring master di atas ring sampel dan tekanlah sampai bagian bawah ring master ini masuk kira-kira sedalam 1 cm.
4. Setelah itu mengangkat dan menggali ring dan tanahnya dengan sekop.

5. Selanjutnya memisahkan ring master dari ring sampel secara hati-hati, kemudian potong kelebihan tanah yang menonjol dari ujung-ujung ring dengan pisau tajam sehingga rata dengan permukaan ring. Agar pemotongan tanahnya betul-betul sejajar/rata dengan ring dan untuk menjaga agar pori-pori tanah tidak tertutup, kelebihan tanah yang menonjol dicacah terlebih dahulu, kemudian diiris sedikit demi sedikit dengan pisau dengan arah pisau sejajar ring.
6. Apabila telah selesai satu sisi, ring ditutup agar tanah tidak rontok. Kemudian melakukan pemotongan pada sisi yang kedua, dan segera ditutup pula.
7. Selanjutnya menulis label tentang informasi lokasi dan kedalaman pengambilan contoh tanah pada tutup ring, kemudian masukkan contoh tanah ke dalam kotak.

3.3.1.4. Pengambilan Sampel Tanah Terganggu

Pengambilan sampel tanah terganggu dilakukan untuk analisa berat jenis, dan tekstur. Pengambilan sampel dilakukan pada dua jenis lapisan yaitu lapisan *topsoil* dan *subsoil*. Langkah pengambilan sampel tanah terganggu sebagai berikut: Menggali tanah sampai kedalaman atau lapisan yang diinginkan kemudian mencatat lokasi dan kedalaman pengambilan, beri label pada kantong plastik.

3.3.2. Analisis Laboratorium

Analisis di laboratorium dilakukan sesuai dengan metode analisis masing-masing parameter. Contoh tanah komposit dikering udarakan, dihaluskan dan diayak dengan ukuran 2 mm dan 150 μm . Adapun analisis parameter yang dilakukan disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 2. Parameter Pengamatan

Obyek Pengamatan	Parameter	Metode Analisis
Tanah	Tekstur tanah (%)	Metode Pipet
	Berat Isi Tanah (g cm^{-3})	Metode Ring Sampel
	Berat Jenis Tanah (g cm^{-3})	Piknometer
	Porositas Total Tanah (%)	$1 - \frac{BI}{BJ} \times 100\%$
	Distribusi Pori	pF 0; pF 1,0; pF 2,5; pF 4,2
	Daya Hantar Air Jenuh	<i>Constant Head</i>
	C-Organik (%)	Walkley and Black

3.3.2.1. Tekstur Tanah

Sampel tanah yang digunakan untuk analisa tekstur adalah sampel tanah komposit yang dikering udarkan terlubih dahulu, sampel kemudian digiling dan diayak menggunakan ayakan ukuran <2 mm. Penentuan tekstur tanah dilakukan dengan menggunakan metode pipet. Setelah didapatkan sampel dengan fraksi <2 mm lalu sampel ditimbang sebanyak 20 gram dan di masukkan ke gelas beaker 500 ml. Tambahkan peroxide 10% sebanyak 50 ml dan didiamkan selama semalam. Setelah didiamkan semalaman kemudian tambahkan peroxide 30% sebanyak 15 ml. Peroxide berguna untuk membakar bahan organik yang terkandung dalam sampel tanah. Kemudian panaskan sampel di gelas beaker dengan *hot plate* dengan suhu 300°C . Jika sampel sudah tidak berbusa lagi tambahkan HCl 2M sebanyak 20 ml. Panaskan kembali dengan suhu 300°C . Dinginkan dan cuci dengan aquades hingga bebas asam dari bahan kimia. Ayak sampel untuk mendapatkan partikel pasir dengan ayakan $50 \mu\text{m}$. Sambil diayak sampel ditampung di dalam selinder 1000 ml untuk pemisahan debu dan liat. Butiran yang tidak lolos ayakan ditampung di pinggan yang sudah diketahui bobotnya lalu dioven dengan suhu 105°C hingga kering dan ditimbang fraksi pasirnya. Sampel dalam silinder setelah diencerkan menjadi 1000 ml diaduk selama 1 menit. Pipet sebanyak 20 ml dan masukkan ke dalam cawan yang sudah diketahui bobotnya. Memasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C hingga kering dan ditimbang fraksi liatnya.

3.3.2.2. Porositas Total Tanah

Penentuan berat jenis partikel penting apabila diperlukan ketelitian pendugaan ruang pori total. Satuan yang digunakan untuk berat jenis partikel $g\ cm^{-3}$. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengukur berat jenis partikel sebagai berikut: menentukan kadar lengas sampel tanah yang dianalisis, menimbang labu ukur kosong (x gram), mengisikan tanah kering udara sekitar 50 gram ke dalam labu ukur. Kemudian timbang bersama labunya dan koreksi dengan kadar lengas tanahnya ($Y = \text{bobot labu kosong} + \text{tanah kering oven}$), tambahkan air kurang lebih setengahnya sambil membilas tanah yang menempel di leher labu, untuk mengusir udara yang terjebak dalam tanah, labu dididihkan perlahan-lahan beberapa menit, mendinginkan labu beserta isinya sampai mencapai suhu ruangan, kemudian menambahkan air dingin yang telah dididihkan sampai batas volume, lalu timbang (Z gram), mengeluarkan isi labu ukur, cuci, kemudian isi dengan air dingin yang telah dididihkan sampai batas volume. Timbang (A gram) dan menghitung berat jenis partikel dengan persamaan

$$BJ = ((Y-X) \times d) / ((Y-X)-(Z-A))$$

Dimana : Y = berat labu kosong + tanah kering oven

X = berat labu kosong (Vol. labu 100 ml)

Z = berat labu berisi (tanah + air) sampai garis batas

A = berat labu dan air dingin, sampai garis batas

d = Kerapatan air saat pengamatan = 1

Menghitung porositas dapat ditentukan dari variabel data BI dan BJ tanah di setiap lapisan tanah. Pengukuran berat isi tanah dilakukan di laboratorium dengan pada sampel tanah utuh yang diambil menggunakan ring BI, Kemudian sampel tanah utuh ditimbang dan dioven dengan suhu 105°C dan ditimbang kembali sehingga didapatkan massa tanah tanpa air dan udara.

Pengukuran distribusi pori tanah menggunakan *pressure plate apparatus* dengan menggunakan tetapan tekanan (pF). pF adalah logaritma dari tegangan air tanah yang dinyatakan dalam sentimeter kolom air. Untuk mengetahui distribusi pori dalam tanah dapat dilihat dari kurva pF. Dalam pengamatan distribusi ruang pori tanah dilakukan dengan menggunakan tekanan yang berbeda yaitu :

1. pF 0 dimana tanah dijenuhkan terlebih dahulu

2. pF 1,0 (tekanan 15 atm selama 2 hari)
3. pF 2,0 (tekanan 15 atm selama 2 hari)
4. pF 4,2 (tekanan 15 atm selama 2 hari).

Pori total tanah didapatkan dari hasil pengukuran pF 0 dimana semua pori dalam kondisi jenuh air. Nilai pori makro didapatkan dari selisih hasil nilai pengukuran pF 0 dengan pF 1,0. Pori meso didapatkan dari selisih hasil pengukuran pF 2,0 dengan pF 4,2. Sedangkan pori mikro didapatkan dari hasil perhitungan pF 4,2.

3.3.2.3. Daya Hantar Hidrolik Jenuh

Daya hantar hidrolik jenuh diukur dengan menggunakan metode *Constant Head* yang dikembangkan oleh De Boodt pada tahun 1967. Prinsip dari metode ini adalah kecepatan pergerakan air yang melintasi tanah diduga dengan menghitung jumlah volume air yang melintasi kolom tanah dengan jangka waktu tertentu (Priyono, 2011). Perhitungan daya hantar hidrolik jenuh adalah sebagai berikut

$$\text{Daya Hantar Hidrolik Jenuh} = \frac{\text{Vol rata2 x panjang tanah}}{\text{Luas permukaan x tinggi air}} \times \frac{1}{\text{waktu}}$$

3.3.2.4. C-Organik

Kandungan C-organik diukur dengan menggunakan sampel komposit lalu diuji dengan metode Walkey and Black. Sampel tanah fraksi 0,5 mm ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan ke erlenmeyer ukuran 500 ml. Tambahkan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1N sebanyak 10 ml ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya tambahkan H_2SO_4 pekat sebanyak 20 ml lalu digoyang sehingga sampel bereaksi dengan sempurna. Diamkan sampel selama 30 menit. Pengerjaan blanko dilakukan dengan cara yang sama, hanya saja pada blanko tidak ditambahkan sampel tanah melainkan hanya bahan-bahan kimia saja. Setelah didiamkan 30 menit, sampel campuran tadi diencerkan dengan menambahkan 200 ml H_2O dan tambahkan 10 ml H_3PO_4 85%, tambahkan indikator difenilamina 30 tetes. Setelah itu larutan dititrasi dengan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 1N melalui buret. Titrasi dilakukan hingga terjadi perubahan warna gelap menjadi hijau terang dan begitu pula dengan blanko.

$$\text{C-organik (\%)} = \frac{\text{mlblanko} - \text{mlsampel} \times 3}{\text{bobotsampel}} \times \frac{100 + \% \text{KA}}{100}$$

3.4. Analisis Data

Hasil analisa laboratorium dianalisa dengan melakukan analisa standar deviasi menggunakan *Microsoft Excel* kemudian untuk mencari hubungan antar berbagai variabel sifat fisik dan hidrolis pada tiap lapisan dilakukan uji korelasi dan regresi menggunakan *Microsoft Excel* dan SPSS. Perhitungan pembuatan saluran pembuangan air drainase menggunakan aplikasi *Drain Space*. *Drain Space* merupakan aplikasi yang dapat membantu untuk menentukan jarak antar pipa/saluran drainase. Data yang diperlukan adalah masukan air (irigasi dan hujan), tinggi muka air tanah, kedalaman perakaran, permeabilitas *topsoil* dan *subsoil*, kedalaman lapisan kedap air dan diameter pipa/saluran drainase. *Output* dari aplikasi *drain space* yaitu nilai L (jarak antar pipa/saluran drainase).



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil

4.1.1. Deskripsi Hole di Lapangan Golf PT. Araya

Hole pada lapangan golf merupakan arena yang digunakan untuk permainan golf yang terdiri dari *tee* (tempat memukul bola), *green* (tempat sasaran bola), *fairaway* (dataran yang membentang antara *tee* dan *green*) dan *bunker* (cekungan berisi pasir untuk rintangan). Pada Hole 10 yang memiliki luasan 3 ha, terdapat *tee* (tempat memukul bola), *green* (tempat sasaran bola), *fairaway* (dataran yang membentang antara *tee* dan *green*) dan *bunker* (cekungan berisi pasir untuk rintangan). Pada hole 11 yang memiliki luasan 2,3 ha, terdapat *tee* (tempat memukul bola), *green* (tempat sasaran bola), *fairaway* (dataran yang membentang antara *tee* dan *green*) dan *bunker* (cekungan berisi pasir untuk rintangan). Pada hole 12 yang memiliki luasan 4 ha, terdapat *tee* (tempat memukul bola), *green* (tempat sasaran bola), *fairaway* (dataran yang membentang antara *tee* dan *green*), *bunker* (cekungan berisi pasir untuk rintangan) dan berada di pinggir sungai. Pada hole 17 yang memiliki luasan 5 ha, terdapat *tee* (tempat memukul bola), *green* (tempat sasaran bola), *fairaway* (dataran yang membentang antara *tee* dan *green*), *bunker* (cekungan berisi pasir untuk rintangan) dan kolam penampungan yang digunakan untuk menampung air. Pada hole 18 yang memiliki luasan 6 ha, terdapat *tee* (tempat memukul bola), *green* (tempat sasaran bola), *fairaway* (dataran yang membentang antara *tee* dan *green*), *bunker* (cekungan berisi pasir untuk rintangan) dan kolam penampungan yang digunakan untuk menampung air.

4.1.2. Tekstur Tanah

Tekstur merupakan salah satu sifat fisik tanah yang sangat mempengaruhi faktor drainase yaitu permeabilitas tanah. Analisis Tekstur digunakan untuk mengetahui persentase fraksi pasir, debu dan liat.

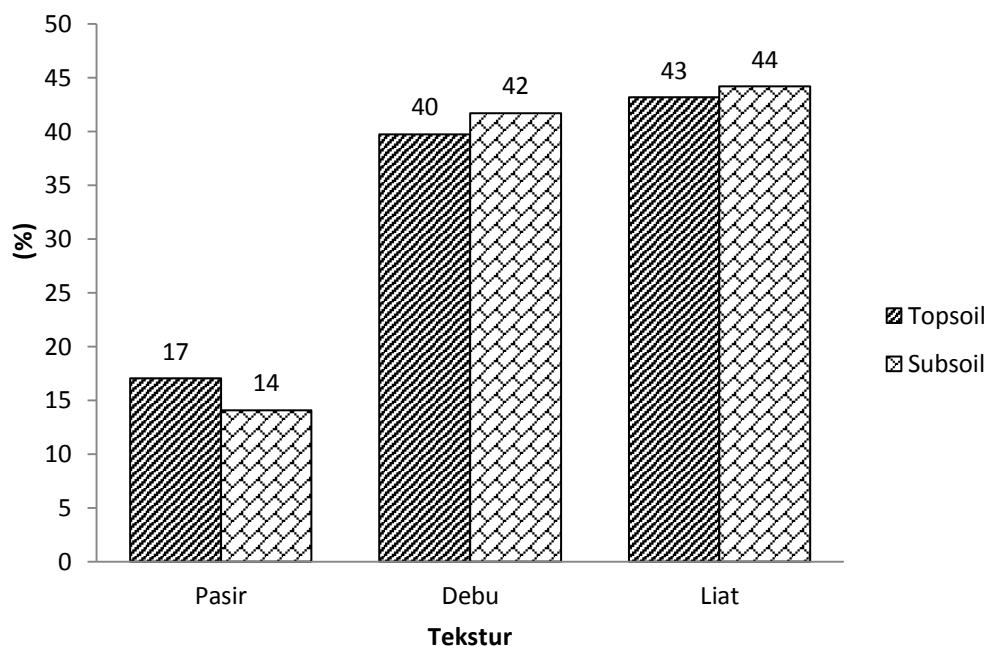
Tabel 3. Sebaran Pasir, Debu dan Liat setiap Hole

Hole	Lapisan	n	Sebaran Partikel Tanah (%)		
			Pasir	Debu	Liat
10	Topsoil	8	14	44	42
	Subsoil		13	48	39
11	Topsoil	9	16	36	48
	Subsoil		9	40	51
12	Topsoil	8	20	37	43
	Subsoil		12	45	43
17	Topsoil	9	15	40	45
	Subsoil		13	43	44
18	Topsoil	9	17	43	40
	Subsoil		11	37	52

Sumber : Fa'adillah, 2016

Ket: n = jumlah titik

Tanah pada *topsoil* dan *subsoil* dari semua lokasi pengamatan memiliki perbedaan sebaran fraksi pasir, debu dan liat walaupun sebagian besar didominasi oleh fraksi liat, artinya fraksi liat tanah maka akan mempengaruhi sifat fisik tanah salah satunya yaitu permeabilitas. Sebaran fraksi liat pada *topsoil* berkisar antara 42 -48 % sementara pada *subsoil* berkisar antara 39-52 % . Persentase liat tertinggi yaitu pada hole 18 *subsoil* yaitu sebesar 52 % dan terendah pada Hole 10 *subsoil* yaitu sebesar 39 %. Pada Hole 10 bertekstur halus dengan fraksi liat pada *topsoil* lebih tinggi yaitu sebesar 42 % daripada *subsoil* yaitu 38 %. Pada Hole 11 bertekstur halus dengan fraksi liat pada *topsoil* lebih rendah yaitu sebesar 48 % daripada *subsoil* yaitu 51 %. Pada Hole 12 bertekstur halus dengan fraksi liat pada *topsoil* dan *subsoil* masing-masing yaitu sebesar 43 % sedangkan pada hole 17 bertekstur halus dengan fraksi liat *topsoil* lebih tinggi yaitu sebesar 45 % daripada *subsoil* yaitu 44 %. Pada hole 18 bertekstur halus dengan fraksi liat *topsoil* lebih rendah yaitu 40 % daripada *subsoil* yaitu 52 %. Menurut Hanafiah (2007), berdasarkan kelas teksturnya maka tanah digolongkan menjadi tanah bertekstur kasar atau tanah berpasir dengan kandungan minimal 70 % (bertekstur pasir atau pasir berlempung), tanah bertekstur halus atau kasar berliat dengan kandungan liat minimal 37,5 % (bertekstur liat, liat berdebu atau liat berpasir) dan tanah sedang atau tanah berlempung.



Gambar 1. Rata – rata total sebaran pasir, debu dan liat lapisan topsoil dan subsoil

Rata-rata total sebaran fraksi tanah pada kedua lapisan didominasi oleh fraksi liat yang artinya pada kedua lapisan tersebut akan sulit mengalirkan air. Hal ini sesuai dengan Hanafiah (2007) yang menyatakan bahwa tanah yang didominasi pasir akan banyak mempunyai pori - pori makro (besar) disebut lebih porous, tanah yang didominasi debu akan banyak mempunyai pori - pori meso (sedang) agak porous, sedangkan yang didominasi liat akan mempunyai pori – pori mikro (kecil) atau tidak porous. Penambahan pasir dan bahan organik pada tanah dapat meningkatkan pergerakan air didalam tanah. Lunt (1956) merekomendasikan bahwa campuran zona akar harus terdiri dari 85 - 90 % pasir dicampur dengan gambut berserat dan lebih baik digabungkan dengan tanah liat. Campuran terbaik berdasarkan Kunze (1956) dan Howard (1959) adalah pasir kasar menengah sebanyak 80 - 85% dan sisanya adalah tanah liat dan gambut.

4.1.3. C-Organik

C-organik tanah digunakan sebagai indikator kandungan unsur hara serta kesuburan tanah yang dapat mempengaruhi sifat fisik tanah yang lain. Perhitungan C-organik tanah dilakukan untuk mengetahui sebaran kandungan C-organik tanah pada lokasi penelitian.

Tabel 4. Kandungan C-organik Tanah setiap Hole

Hole	C-Organik (%)
10	0,21
11	0,05
12	0,02
17	0,05
18	0,01
Rata - rata	0,06

Kategori kandungan C-Organik tanah yaitu rendah ($<1,00$ %), sedang ($1,00 - 2,00$), tinggi ($3,01 - 5,00$) dan sangat tinggi ($>5,00$). Secara umum kandungan C-Organik pada semua lokasi masuk pada kategori sangat rendah. Dapat dilihat bahwa C-Organik terendah terdapat pada hole 18 yaitu 0,1 % (sangat rendah) sedangkan C-Organik tertinggi terdapat pada hole 10 yaitu 0,21 % (sangat rendah) (Tabel 4). Rata – rata total C-Organik semua hole yaitu 0,06 % (sangat rendah) sedangkan USGA (2004) menyatakan bahwa rekomendasi kandungan C-Organik pada lapangan golf adalah 3,5 % (tinggi), artinya perlu dilakukan pengaplikasian bahan organik untuk meningkatkan C-Organik tanah. Delgado dan Follet (2002) menyatakan bahwa bahan organik yang ditambahkan ke dalam tanah mengandung karbon yang tinggi. Penambahan jumlah karbon di dalam tanah meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman karena dapat meningkatkan kesuburan tanah dan penggunaan hara secara efisien.

4.1.4. Distribusi Ruang Pori

Distribusi ruang pori merupakan salah satu sifat fisik yang penting yang sangat berhubungan dengan retensi air, drainase, dan aerasi tanah. Distribusi ruang pori itu sendiri terdiri dari pori makro (drainase cepat), pori mikro (drainase lambat), serta pori meso (drainase air tersedia) (sudirman, 2006). Perhitungan pori tanah dilakukan untuk mengetahui pori yang mendominasi distribusi ruang pori pada lapangan golf.

Tabel 5. Sebaran Pori Tanah setiap Hole

Hole	Lapisan	N	Pori Tanah (%)		
			Makro	Meso	Mikro
10	Topsoil	8	16	20	41
	Subsoil		14	21	33
11	Topsoil	9	16	20	39
	Subsoil		16	19	39
12	Topsoil	8	17	20	39
	Subsoil		15	21	35
17	Topsoil	9	17	22	30
	Subsoil		17	21	32
18	Topsoil	9	13	22	32
	Subsoil		16	21	37

Sumber : Mawednes, 2016

Berdasarkan (Tabel 5) sebaran pori tanah didominasi oleh pori mikro yaitu 30 – 41 % yang menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian didominasi oleh fraksi liat. Pori mikro tertinggi terdapat pada hole 10 *topsoil* yaitu 41 % dan pori mikro terendah yaitu pada hole 17 *topsoil* yaitu masing-masing 30 %. Pada hole 10 pori mikro *topsoil* lebih tinggi yaitu 41 % daripada *subsoil* yaitu 33 %. Pada hole 11 pori mikro *topsoil* dan *subsoil* masing – masing yaitu 39 %. Pada hole 12 pori mikro *topsoil* lebih tinggi yaitu 39 % daripada *subsoil* yaitu 35 % sedangkan pada hole 17 pori mikro *topsoil* lebih rendah yaitu 30 % daripada *subsoil* yaitu 32 % dan pada hole 18 pori mikro *topsoil* lebih rendah yaitu 32 % daripada *subsoil* yaitu 37 %.

Tabel 6. Sebaran Total Pori Tanah Semua Hole

Lapisan	Pori Tanah (%)		
	Makro	Meso	Mikro
Topsoil	16	20	36
Subsoil	16	21	35

Sumber : Mawednes, 2016

Pori makro sering juga disebut dengan pori drainase cepat dimana dalam pori ini terjadi pertukaran udara (aerasi) dan juga berfungsi sebagai tempat drainase dalam tanah sehingga pada pori makro ini tanah tidak dapat menahan air

(Gonggo., 2005 *dalam* Apriliani 2013). Pori makro tiap lokasi termasuk dalam kategori tinggi karena nilainya > 15 % volume. Berdasarkan rata-rata nilai pori makro (Tabel 6), *topsoil* dan *subsoil* memiliki rata-rata pori makro yang sama sehingga dapat diartikan bahwa pada *topsoil* dan *subsoil* proses pergerakan air berjalan dengan baik namun jika dibandingkan dengan nilai pori mikro maka pergerakan air pada *topsoil* dan *subsoil* akan sulit. Chu dan Marino (2005) menyatakan bahwa proses infiltrasi pada suatu tanah dapat berbeda, tergantung dari jenis dan tekstur tanah tersebut. Perbedaan lapisan tanah dan susunannya merupakan faktor yang signifikan dalam mempengaruhi permeabilitas. Laju permeabilitas pada tanah liat akan lebih lambat dibandingkan tanah berpasir.

Pori mikro sering disebut sebagai pori drainase lambat. Pori ini merupakan pori yang berada antara kadar air kapasitas lapang dengan kadar air yang masih memungkinkan adanya pergerakan air di dalam tanah karena gaya gravitasi (Gonggo., 2005 *dalam* Apriliani 2013). Sama halnya dengan pori makro, kategori pori mikro masuk dalam kategori tinggi yaitu memiliki nilai > 15 % volume. Berdasarkan nilai rata-rata, pori mikro pada *topsoil* lebih tinggi daripada *subsoil* (Tabel 6), maka dapat diartikan bahwa proses aerasi dan pergerakan air pada *topsoil* lebih sulit daripada *subsoil*. Pori meso sering disebut pori drainase cepat adalah pori perbandingan antara kadar air titik layu permanen dengan kadar air kapasitas lapang dimana pori ini air dapat tersedia bagi tanaman (Sudirman 2006). Sama halnya dengan pori makro dan mikro, kategori pori meso masuk dalam kategori tinggi yaitu memiliki nilai > 15 % volume. Berdasarkan nilai rata-rata pori meso pada *topsoil* lebih rendah daripada *subsoil* (Tabel 6), maka dapat diartikan bahwa proses aerasi dan pergerakan air pada *topsoil* lebih sulit daripada *subsoil*. Pori mikro merupakan pori yang berkaitan dengan pergerakan air lambat sedangkan pori makro dan meso adalah pori yang berkaitan dengan pergerakan air cepat. Bodhinayake *et al.* (2004) menyatakan bahwa pori tanah yang banyak berkaitan dengan pergerakan air secara cepat adalah pori makro dan meso. Hanya pori-pori makro yang kontinu dan saling bersambungan yang berperan dalam pergerakan air secara cepat (Dunnand Philips, 1992).

Total rata – rata pori makro pada lapangan golf pada *topsoil* dan *subsoil* yaitu 16 %. USGA (2004) menyatakan bahwa rekomendasi pori makro pada lapangan golf yaitu minimal 50% dari total ruang pori, artinya perlu dilakukan

peningkatan pori makro pada lapangan golf. Salah satu cara untuk meningkatkan pori makro adalah dengan cara menambahkan pasir dan bahan organik pada lapangan golf. Menurut Larson dan Almaras (1970) dalam Greacen dan sand (1980) menyatakan bahwa penambahan bahan organik pada tanah akan memperbaiki struktur dan mengurangi pemadatan yang pada akhirnya akan mempengaruhi distribusi ukuran pori. Salah satu penyebab rendahnya persentase pori makro adalah akibat terjadi pemadatan tanah akibat penggunaan alat dan mesin berat pada saat pembuatan dan perawatan lapangan golf. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ghildyal (1978) yang menyatakan bahwa pemadatan partikel tanah tersusun kembali dengan pemampatan fase gas dan fase cair yang disertai adanya perubahan volume dan diikuti dengan penurunan volume pori aerasi dan difusi gas dan menurunkan porositas total. Selain itu menurut Letey (1985) bahwa pada tanah yang semakin padat akan meningkatkan berat volume yang diikuti menurunnya aerasi tanah serta meningkatnya temperatur tanah.

4.1.5. Porositas

Nilai Porositas tanah dapat diketahui melalui nilai BI (bobot isi) tanah dan juga nilai BJ (berat jenis) tanah dengan rumus ruang pori dibanding dengan volume tanah $(1 - BI/BJ)$. Rata-rata porositas tanah menunjukkan nilai yang berbeda-beda baik dari berbagai lokasi maupun lapisan tanah.

Tabel 7. Sebaran Porositas setiap Hole

Hole	Lapisan	Porositas (%)			
		N	Min	Maks	Rata-rata
10	Topsoil	8	36	87	50
	Subsoil		35	78	50
11	Topsoil	9	42	54	48
	Subsoil		41	59	46
12	Topsoil	8	33	64	51
	Subsoil		38	53	46
17	Topsoil	9	40	48	44
	Subsoil		30	62	47
18	Topsoil	9	35	56	45
	Subsoil		40	52	46

Sumber : Wency Mawednes, 2016

Berdasarkan data yang diperoleh bahwa porositas tanah mempunyai sebaran yang acak yaitu berkisar antara 30 - 87 %. Rata-rata porositas tercepat terdapat pada hole 12 *topsoil* yaitu 51 % sedangkan porositas terlambat terdapat pada hole 18 *topsoil* yaitu 44 %. Pada hole 10 mempunyai porositas *topsoil* dan *subsoil* yang sama sedangkan pada hole 11, 12, 17, 18 mempunyai porositas *topsoil* lebih tinggi daripada *subsoil* (Tabel 7). Rata-rata total porositas semua hole yaitu 48 % pada *topsoil* dan 47 % pada *subsoil*, artinya porositas pada *topsoil* lebih baik daripada *subsoil*. Nilai prositas total suatu tanah menggambarkan jumlah ruang pori di dalam tanah yang berguna dalam aerasi dan drainase tanah. Dalam hal ini porositas dapat dihubungkan dengan bahan organik di dalam tanah. Gonggo (2005) dalam Pamujiningtyas (2009) menyatakan bahwa penurunan kemantapan struktur dan kadar bahan organik tanah diikuti pula dengan penurunan porositas, permeabilitas, dan biologi tanah. Hillel (1998) juga menyatakan bahwa tanah dengan tekstur kasar cenderung memiliki porositas total yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah yang bertekstur halus. Tanah yang bertekstur halus memiliki persentase ruang pori total yang lebih tinggi daripada tanah bertekstur kasar, walaupun ruang pori dari tanah bertekstur halus kebanyakan sangat kecil (mikro) (Sarief 1986). Rata-rata total porositas lapangan golf pada *topsoil* dan *subsoil* sesuai dengan rekomendasi USGA (2004) yang menyatakan bahwa porositas pada lapangan golf yaitu berkisar antara 35 – 50 %.

4.1.6. Infiltrasi

Infiltrasi merupakan salah satu unsur penting dari siklus hidrologi atau proses hidrologi (Sujono, 1991:1). Infiltrasi pada semua lokasi berkisar antara agak lambat - sangat cepat. Waddington *et al.* (1974) menemukan korelasi yang rendah antara permeabilitas dan infiltrasi dari 2 – 5 tahun. Setelah 10 tahun terjadi hubungan yang kuat antara permeabilitas dan infiltrasi sehingga infiltrasi harus menjadi kriteria utama dalam memilih bahan campuran tanah daerah akar pada lapangan golf.

Tabel 8. Sebaran Infiltrasi setiap Hole

Hole	Infiltrasi (mm hari ⁻¹)	Kelas Infiltrasi
10	1,79	Agak Lambat
11	3,24	Sedang
12	2,00	Sedang
17	58,05	Sangat Cepat
18	69,65	Sangat Cepat

Sumber : Saniriya, 2016

Infiltrasi tercepat terdapat pada hole 14 yaitu 162 mm hari⁻¹ (Sangat Cepat) sedangkan infiltrasi terlambat pada hole 10 yaitu 1,79 mm hari⁻¹ (Agak lambat) (Tabel 8). Rata-rata total infiltrasi lapangan golf memiliki kecepatan yaitu 34,74 mm hari⁻¹ dan masuk pada kelas sedang. Arsyad (2006) mengemukakan, struktur adalah kumpulan butir-butir tanah disebabkan terikatnya butir-butir pasir, liat dan debu oleh bahan organik, oksida besi dan lain-lain. Struktur tanah yang penting dalam mempengaruhi infiltrasi adalah ukuran pori dan kemantapan pori. Pori-pori yang mempunyai diameter besar (0,06 mm atau lebih) memungkinkan air keluar dengan cepat sehingga tanah beraerasi baik, pori-pori tersebut juga memungkinkan udara keluar dari tanah sehingga air dapat masuk. USGA (2004) yang menyatakan bahwa rekomendasi laju infiltrasi pada lapangan golf yaitu 70 mm hari⁻¹, artinya perlu dilakukan peningkatan infiltrasi pada lapangan golf dengan cara menambahkan pasir dan pada lapangan golf. Hal ini sesuai dengan USGA (1993) yang menyatakan bahwa distribusi ukuran partikel dan laju infiltrasi air pada lapangan dipengaruhi oleh tingkat pasir dan ukuran partikel pasir. Salah satu peningkatan infiltrasi tanah yaitu dengan aplikasi bahan organik dan penambahan pasir pada lapangan golf. Johns (1976) melaporkan bahwa infiltrasi, daya ikat air dan pertumbuhan akar tidak mengalami perubahan jika pasir ditambahkan dengan sekam padi sedangkan pasir ditambahkan dengan gambut akan meningkatkan infiltrasi, daya ikat air dan pertumbuhan akar.

4.1.7. Permeabilitas Tanah

Menurut Suripin (2001) permeabilitas tanah ialah sifat tanah yang menyatakan cepat lambatnya jenuh, yang dapat diukur dengan peresapan air melalui masa tanah per waktu tertentu. Laju permeabilitas di kelompokkan mejadi beberapa kriteria yaitu untuk kategori lambat (kurang dari 0.5 cm jam⁻¹), agak lambat (0.5 – 2.0 cm jam⁻¹), sedang (2.0 – 6.25 cm jam⁻¹), agak cepat (6.25 – 12.5

cm jam⁻¹), cepat (lebih dari 12.5 cm jam⁻¹). Permeabilitas tanah ditentukan dari setiap sampel tanah dan dipisahkan berdasarkan lapisan atas dan lapisan bawah dan pengambilan sampel terbagi atas zona atas, zona tengah dan zona bawah. Posisi pengambilan sampel tidak mempunyai pengaruh dan pola sebaran terhadap kecepatan permeabilitas tanah (lampiran 4). Permeabilitas tanah dari semua lokasi masuk pada kelas lambat sampai sedang berkisar antara 0,04 –2,52 cm jam⁻¹.

Tabel 9. Sebaran Permeabilitas Setiap Hole

Hole	Lapisan	N	Permeabilitas (cm jam ⁻¹)				Uji T
			Min	Mak	Rata-rata	Std Deviasi	
10	Topsoil	8	0,06	1,88	0,78	0,69	Sama
	Subsoil		0,04	1,81	0,71	0,57	
11	Topsoil	9	0,13	1,04	0,55	0,25	Berbeda
	Subsoil		0,43	2,25	0,91	0,62	
12	Topsoil	8	0,07	1,29	0,67	0,44	Sama
	Subsoil		0,07	1,04	0,66	0,38	
17	Topsoil	9	0,28	1,75	0,73	0,47	Sama
	Subsoil		0,07	0,84	0,39	0,24	
18	Topsoil	9	0,30	1,73	0,69	0,45	Sama
	Subsoil		0,06	0,80	0,47	0,26	

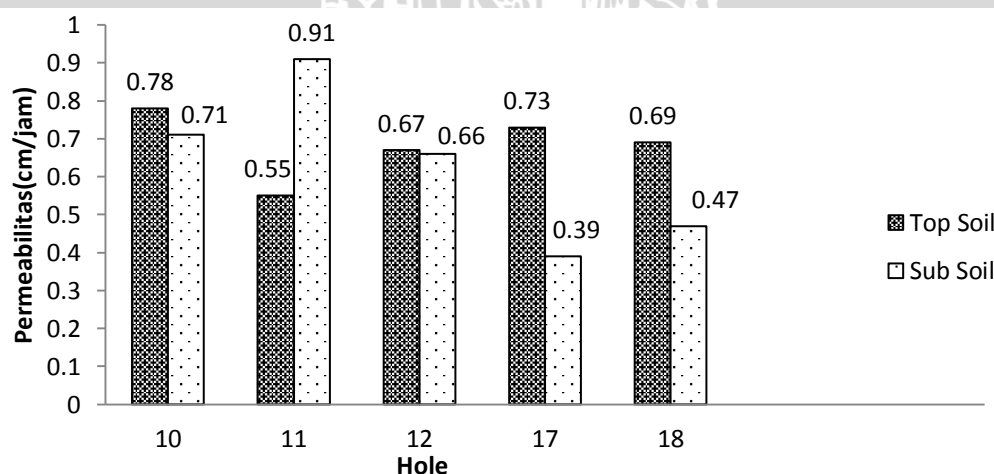
Berdasarkan (Tabel 9) dapat dilihat bahwa rata - rata permeabilitas pada hole 10, 12, 17 dan 18 mempunyai permeabilitas *topsoil* lebih cepat daripada *subsoil* sedangkan pada hole 11 mempunyai permeabilitas *topsoil* lebih lambat daripada *subsoil*. Pada hole 10 permeabilitas *topsoil* lebih cepat yaitu 0,78cm jam⁻¹ daripada *subsoil* yaitu 0,71 cm jam⁻¹. Pada hole 11 permeabilitas *topsoil* lebih lambat yaitu 0,55cm jam⁻¹ daripada *subsoil* yaitu 0,91cm jam⁻¹. Pada hole 12 permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* masing – masing yaitu 0,66 cm jam⁻¹ sedangkan pada hole 17 permeabilitas *topsoil* lebih cepat yaitu 0,72 cm jam⁻¹ daripada *subsoil* yaitu 0,39 cm jam⁻¹ dan pada hole 18 permeabilitas *topsoil* lebih cepat yaitu 0,68 cm jam⁻¹ daripada *subsoil* yaitu 0,47 cm jam⁻¹. Uji T dilakukan untuk menganalisa pengaruh perbedaan permeabilitas *topsoil* dan *subsoil*. Berdasarkan uji T hubungan permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* pada hole 10, 12, 17 dan 18 tidak berbeda nyata, artinya permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* pada hole 10, 12, 17 dan 18 dianggap sama sedangkan pada hole 11 berbeda nyata, artinya permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* pada hole 11 dianggap berbeda. Rata – rata total permeabilitas yaitu 0,68 cm jam⁻¹ pada *topsoil* dan 0,62 cm jam⁻¹ pada

subsoil. USGA (2004) yang menyatakan bahwa permeabilitas pada lapangan golf yaitu 15 - 30 cm jam⁻¹. Penurunan permeabilitas disebabkan oleh proses pembuatan dan pemeliharaan lapangan golf yang menyebabkan kondisi sifat fisik tanah mengalami perubahan. Laju permeabilitas tanah pada lapangan golf akan sangat berkurang setelah konstruksi pembuatan lapangan golf (USGA, 2004). Peningkatan permeabilitas tanah sangat diperlukan yaitu dengan peningkatan pori makro dengan aplikasi bahan organik dan pasir pada lapangan golf. Garman (1952) adalah salah satu orang yang melakukan penelitian dengan percampuran pasir-tanah-gambut (1-1-1) untuk zona akar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perbandingan 1-1-1 tidak memiliki permeabilitas yang baik pada kondisi dipadatkan. Penelitian ini mengusulkan campuran pasir, tanah dan gambut yang mengandung 71,8 % pasir, 8,2 % liat dan 20 % gambut. Campuran ini memiliki permeabilitas 0,8 inci jam⁻¹ yaitu empat kali lebih cepat daripada perbandingan 1-1-1, dan kemudian kondisi ini dianggap memuaskan untuk campuran zona akar.

4.2. Pembahasan Umum

4.2.1. Permeabilitas *Topsoil* dan *Subsoil*

Permeabilitas merupakan faktor penting pada drainase tanah. Perhitungan rata-rata permeabilitas setiap hole dilakukan untuk mengetahui sebaran permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil*.



Gambar 2. Sebaran Permeabilitas *Topsoil* dan *Subsoil* setiap Hole

Rata-rata kecepatan permeabilitas yaitu pada kedua lapisan berkisar antara lambat sampai agak lambat. Permeabilitas *topsoil* berkisar antara 0,55-0,78 cm

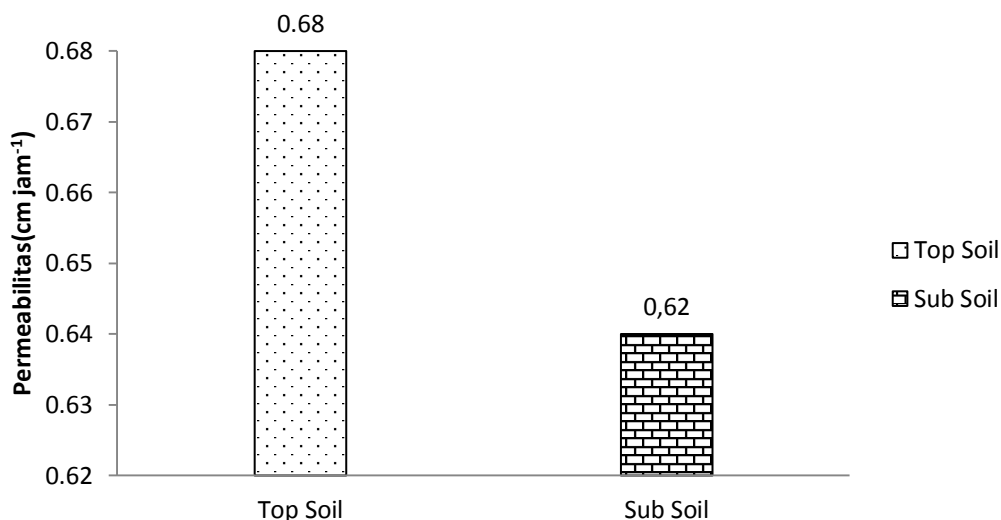
jam⁻¹ sedangkan pada *subsoil* berkisar antara 0,39-0,91 cm jam⁻¹ (Gambar2). Hal ini sejalan dengan Suharta dan Prasetyo (2008) yang menyatakan bahwa lapisan atas berkisar lambat sampai agak cepat (0,20–9,46 cm jam⁻¹), sedangkan di lapisan bawah tergolong agak lambat sampai sedang (1,10–3,62 cm jam⁻¹). Permeabilitas *topsoil* lebih cepat dari pada *subsoil* terdapat pada hole 10, 12, 17 dan 18 sedangkan, permeabilitas *topsoil* lebih lambat dari pada *subsoil* terdapat pada hole 11. Permeabilitas pada hole 10 memiliki perbedaan kecepatan *topsoil* dan *subsoil* sebesar 0,07 cm jam⁻¹ sedangkan hole 11, 12, 17 dan 18 yaitu masing-masing memiliki perbedaan kecepatan permeabilitas sebesar -0,36, 0,01, 0,24 dan 0,22 cm jam⁻¹. Permeabilitas memiliki sebaran yang bervariasi. Untuk mengetahui sebaran permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* maka dilakukan perhitungan jumlah titik yang memiliki permeabilitas *topsoil* > *subsoil* dan permeabilitas *topsoil* < *subsoil*.

Tabel 10. Sebaran Permeabilitas *Topsoil* > *Subsoil* dan *Topsoil* < *Subsoil*

Hole	Total titik A1	Total titik B1
10	4	4
11	1	8
12	6	2
17	6	3
17	7	2
Total	24	19

Ket: A1 = permeabilitas top soil > subsoil, B1 = permeabilitas topsoil < subsoil

Sebaran titik permeabilitas A1 dan B1 yaitu masing-masing 24 titik dan 19 titik (Tabel 10), artinya permeabilitas pada A1 dan B1 memiliki perbedaan jumlah titik tidak terlalu besar sehingga permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* dapat dianggap sama. Hal tersebut dapat terjadi karena sejarah lahan yang mengalami proses alih fungsi lahan sawah menjadi lapangan golf melalui proses pengerukan dan penimbunan dengan menggunakan alat berat yang menyebabkan terjadinya perubahan kondisi sifat fisik tanah. Menurut Hillel (1971) faktor yang mempengaruhi permeabilitas antara lain adalah tekstur tanah, porositas dan distribusi ukuran pori, stabilitas agregat dan stabilitas struktur tanah serta kadar bahan organik tanah.

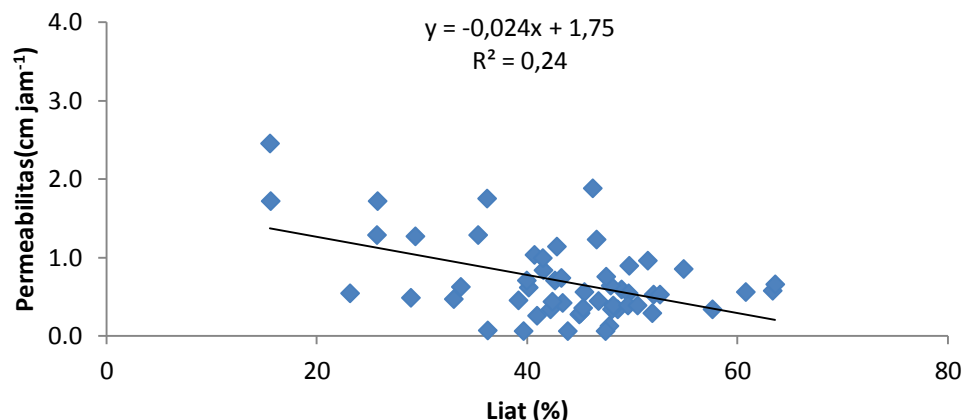


Gambar 3. Rata-rata total permeabilitas *Topsoil* dan *Subsoil*

Permeabilitas yang rendah dikarenakan oleh ukuran partikel dan pori yang kecil. Berdasarkan (Gambar 3) dapat dilihat bahwa rata-rata total permeabilitas semua hole didapatkan bahwa permeabilitas *topsoil* lebih cepat yaitu 0,68 cm/jam sedangkan permeabilitas pada *subsoil* yaitu 0,62 cm/jam dan permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* masuk kelas permeabilitas agak lambat, namun berdasarkan uji T permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* tidak berbeda nyata, artinya permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* dianggap sama. Permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* yang sama disebabkan karena perubahan sifat fisik tanah pada saat proses modifikasi lahan sawah menjadi lapangan golf. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Maro'ah (2011) yang menyatakan bahwa koefisien permeabilitas bergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, ukuran partikel, bentuk partikel, dan struktur tanah.

4.2.2. Karakteristik Lapisan *Topsoil* dan *Subsoil* Terhadap Permeabilitas

Kecepatan permeabilitas tanah merupakan salah satu indikator untuk menentukan drainase. Permeabilitas tanah pada *topsoil* dan *subsoil* cepat atau lambat dipengaruhi oleh karakteristik sifat fisik tanah yaitu porositas, berat isi, tekstur, pf, infiltrasi dan bahan organik. Hubungan antar sifat fisik pada lapisan *topsoil* dan *subsoil* sangat penting untuk mengetahui pengaruh masing-masing karakter sifat fisik.



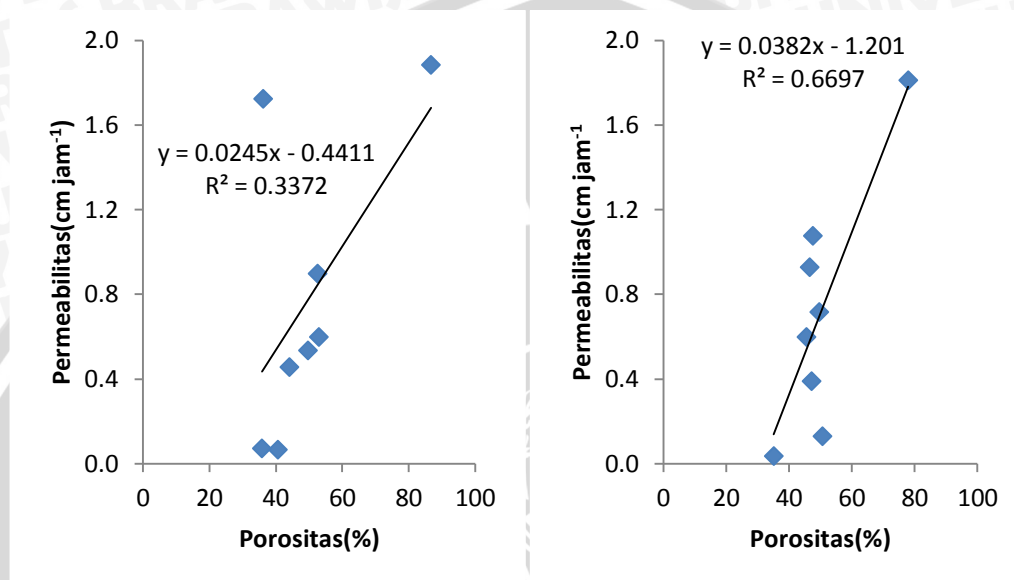
Gambar 4. Pengaruh (%) liat terhadap permeabilitas pada *topsoil*

Sifat fisik tanah saling mempengaruhi permeabilitas *topsoil* secara signifikan yaitu fraksi liat. Hasil uji regresi menunjukkan adanya hubungan yang cukup erat antara fraksi liat dan permeabilitas dengan koefisien korelasi yang negatif ($r = -0,49$) dapat diartikan bahwa peningkatan pada fraksi liat maka permeabilitas akan menurun (Lampiran 5). Hasil regresi linier menunjukkan nilai $y = -0,024x + 1,75$ dimana y merupakan permeabilitas dan x merupakan fraksi liat, dapat diartikan bahwa apabila terdapat peningkatan fraksi liat sebesar 1 % ($x = 1$) maka terdapat penurunan permeabilitas sebesar 2,4 % dari nilai awal (*intercept*) sebesar 1,75 % (Gambar 4). Pengaruh fraksi liat terhadap permeabilitas ditunjukkan dengan nilai koefisien determinan sebesar 0,24 ($R^2 = 0.24$) dimana peningkatan fraksi liat akan menurunkan permeabilitas dengan pengaruh sebesar 24 %. Kemudian untuk melihat sifat fisik tanah yang signifikan dan spesifik yang mempengaruhi permeabilitas maka dilakukan uji korelasi dan regresi pada setiap hole pengamatan yaitu pada hole 10, 11, 12, 17 dan 18.

4.2.2.1 Karakteristik Lapisan *Topsoil* dan *Subsoil* Terhadap Permeabilitas pada Setiap Hole

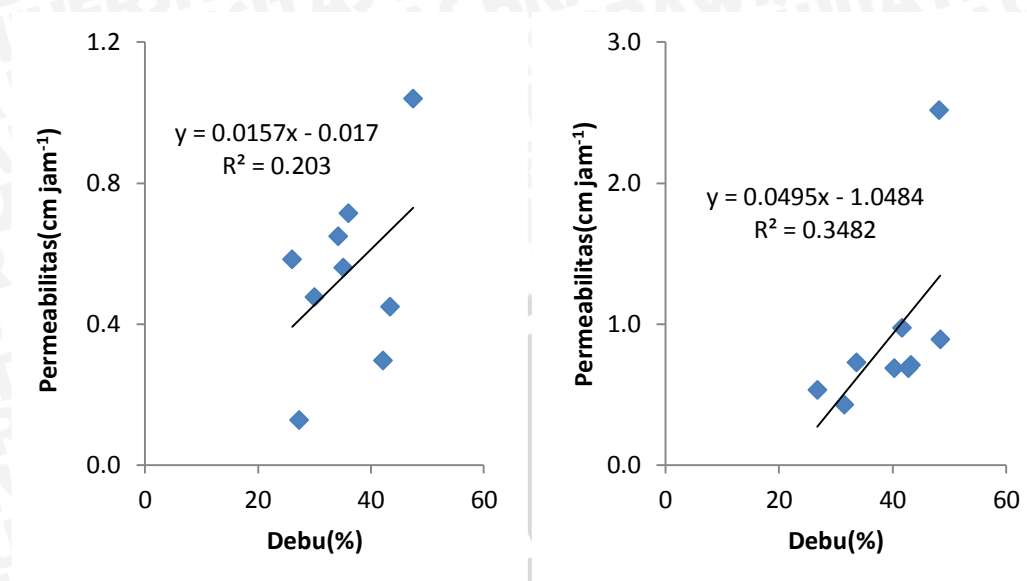
Pada *hole 10* hubungan antara porositas dengan permeabilitas pada *topsoil* menunjukkan hubungan yang erat dengan koefisien korelasi yang positif ($r = 0,67$) dimana peningkatan porositas akan meningkatkan permeabilitas tanah. Peningkatan nilai porositas sebesar 1 % maka permeabilitas meningkat sebesar 2,4 dengan pengaruh sebesar 33 % ($R^2 = 0,33$). Sedangkan, hubungan antara porositas dengan permeabilitas pada *subsoil* berbanding lurus. Hal ini ditunjukkan

dengan hasil analisa hubungan porositas dengan permeabilitas yang erat dengan koefisien korelasi yang positif ($r = 0,66$) (Lampiran 5) dimana peningkatan porositas akan meningkatkan permeabilitas tanah. Peningkatan nilai porositas sebesar 1 % akan meningkatkan permeabilitas sebesar 3,8 %. Pengaruh peningkatan porositas terhadap peningkatan permeabilitas tanah sebesar 66 % ($R^2 = 0,66$) (Gambar 5).



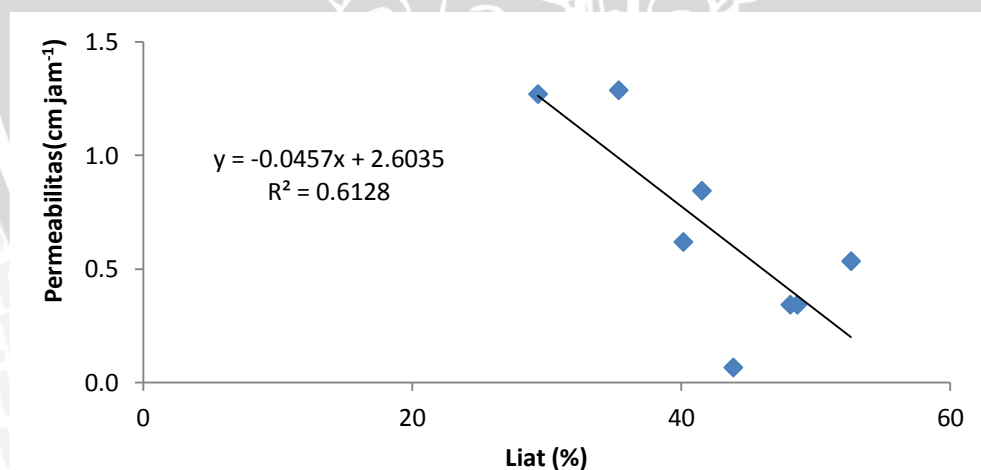
Gambar 5. Pengaruh (%) porositas *topsoil* (kiri) dan (%) porositas *subsoil* (kanan) terhadap permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* pada hole 10

Pada hole 11 hubungan antara fraksi debu dengan permeabilitas pada *topsoil* menunjukkan hubungan yang cukup erat dengan koefisien korelasi yang positif ($r = 0,55$) dimana peningkatan fraksi debu akan meningkatkan permeabilitas tanah. Peningkatan fraksi debu sebesar 1 % maka permeabilitas meningkat sebesar 1,5 % dengan pengaruh sebesar 20 % ($R^2 = 0,20$). Hubungan antara fraksi debu dengan permeabilitas pada *topsoil* berbanding lurus. Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisa hubungan fraksi debu dengan permeabilitas yang cukup erat dengan koefisien korelasi yang positif ($r = 0,57$) (Lampiran 5) dimana peningkatan fraksi debu akan meningkatkan permeabilitas tanah. Peningkatan nilai fraksi debu sebesar 1 % akan meningkatkan permeabilitas tanah sebesar 4,9 %. Pengaruh peningkatan fraksi debu terhadap peningkatan permeabilitas tanah sebesar 34 % ($R^2 = 0,22$) (Gambar 6).



Gambar 6. Pengaruh (%) debu *topsoil* (kiri) dan (%) debu *subsoil* (kanan) terhadap permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* pada hole 11

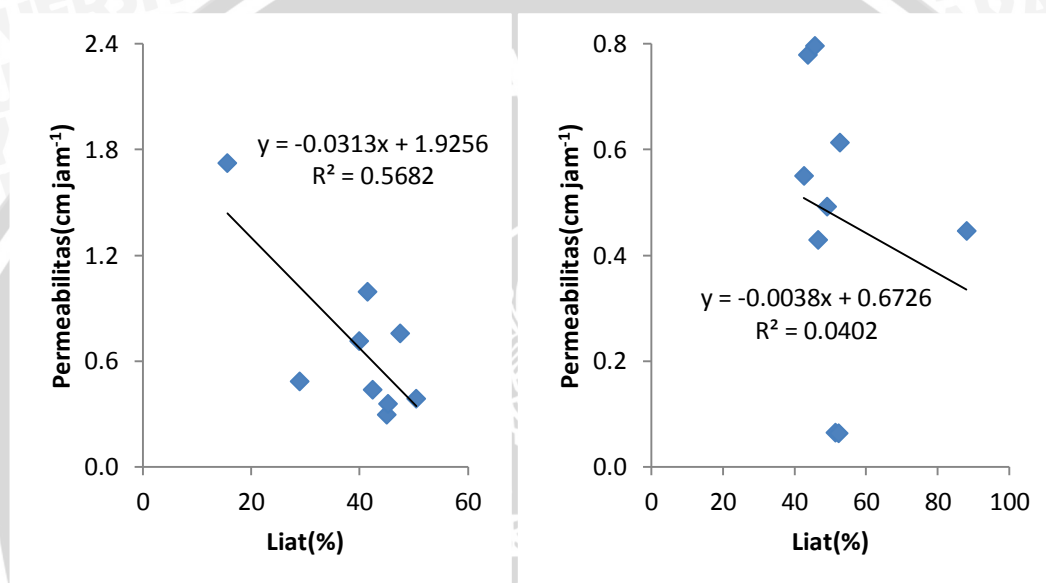
Pada hole 12 hubungan antara fraksi liat dengan permeabilitas pada *topsoil* menunjukkan hubungan yang cukup erat dengan koefisien korelasi yang negatif ($r = -0,59$) dimana peningkatan fraksi pasir akan menurunkan permeabilitas tanah. Peningkatan nilai fraksi liat sebesar 1% akan menurunkan permeabilitas tanah sebesar 4,5 % dengan pengaruh sebesar 61 % ($R^2 = 0,40$) (Gambar 7).



Gambar 7. Pengaruh (%) liat *topsoil* terhadap permeabilitas *topsoil* pada hole 12

Pada hole 18 hubungan antara fraksi liat dengan permeabilitas pada *topsoil* menunjukkan hubungan yang cukup erat dengan koefisien korelasi yang negatif ($r = -0,54$) dimana peningkatan fraksi liat akan menurunkan permeabilitas tanah. Peningkatan nilai fraksi liat sebesar 1% akan menurunkan permeabilitas tanah

sebesar 3,1 % dengan pengaruh sebesar 56 % ($R^2 = 0,56$). Hubungan antara fraksi liat dengan permeabilitas pada *subsoil* berbanding terbalik. Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisa hubungan fraksi liat dengan permeabilitas yang cukup erat dengan koefisien korelasi yang negatif ($r = -0,55$) (Lampiran 5) dimana peningkatan fraksi liat akan menurunkan permeabilitas tanah. Peningkatan nilai fraksi liat sebesar 1% akan menurunkan permeabilitas sebesar 0,3 %. Pengaruh peningkatan fraksi liat terhadap penurunan permeabilitas tanah sebesar 4 % ($R^2 = 0,04$) (Gambar 8).



Gambar 8. Pengaruh (%) liat *topsoil* (kiri) dan (%) liat *subsoil* (kanan) terhadap permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* pada hole 18

Koefisien permeabilitas baik pada *topsoil* dan *subsoil* bergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, ukuran partikel, bentuk partikel, dan struktur tanah (Maro'ah 2011). Tekstur menentukan tata air, tata udara, kemudahan pengelolaan, dan struktur tanah. Penyusun tekstur tanah berkaitan erat dengan kemampuan memberikan zat hara untuk tanaman, kelengasan tanah, perkembangan akar tanaman, dan pengelolaan tanah. Berdasarkan persentase perbandingan fraksi – fraksi tanah, maka tekstur tanah dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu halus, sedang, dan kasar. Makin halus tekstur tanah mengakibatkan kualitas tanah semakin menurun karena berkurangnya kemampuan tanah dalam mengalirkan air. Porositas atau ruang pori adalah rongga antar tanah yang biasanya diisi air atau udara. Pori sangat menentukan sekali dalam permeabilitas tanah, semakin besar pori dalam tanah

tersebut, maka semakin cepat pula permeabilitas tanah tersebut (Hanafiah, 2005). Hal tersebut sesuai dengan sifat fisik yang signifikan mempengaruhi permeabilitas pada *top soil* dan *subsoil* yaitu porositas, fraksi debu dan fraksi liat. Porositas di dapat dari perhitungan berat isi dan berat jenis tanah oleh karena itu nilai berat isi dan berat jenis sangat penting. Nilai berat isi dipengaruhi oleh bahan organik tanah (Yuwono & Rormarkam, 2002). Pada perhitungan kandungan C-organik pada lapisan *topsoil* dan *subsoil* pada setiap hole di dapatkan bahwa rata-rata total C-Organik yaitu 0,06 dan termasuk dalam kelas sangat rendah (Tabel 4). Pemberian bahan organik pada tanah menyebabkan penurunan kepadatan tanah yang dipengaruhi oleh fraksi tanah (Hillel, 1998) dan meningkatkan fraksi debu dan liat serta menurunkan fraksi pasir, walaupun tidak secara langsung merubah tekstur tanah (Rajiman, 2008). Tolaka (2013) juga menyatakan bahwa dalam proses dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam-asam organik yang merupakan pelarut aktif bagi batuan dan mineral-mineral primer (pasir dan debu) sehingga lebih mudah pecah menjadi ukuran yang lebih kecil seperti lempung. Porositas total juga dipengaruhi oleh masukan bahan organik. Bahan organik berperan penting dalam kesuburan tanah berfungsi memperbaiki porositas tanah dengan cara menurunkan berat isi tanah, meningkatkan porositas tanah, sebaran pori tanah (pori aerasi dan pori air tersedia), memperbaiki struktur tanah dan agregasi tanah lebih mantap (Helmi, 2009).

4.2.3. Evaluasi Drainase pada Lapangan Golf

Evaluasi drainase dilakukan untuk mengetahui jarak antar saluran drainase dengan menggunakan data permeabilitas tanah lapisan atas dan bawah untuk disimulasikan dengan menggunakan aplikasi *drainspace*. Data yang diperlukan adalah masukan air (irigasi dan hujan), tinggi muka air tanah, kedalaman perakaran, permeabilitas *topsoil* dan *subsoil*, kedalaman lapisan kedap air dan diameter pipa/saluran drainase. *Output* dari aplikasi *drain space* yaitu nilai L (jarak antar pipa/saluran drainase).

Tabel 11. Evaluasi Drainase Aplikasi *Drainspace*

Jarak antar pipa/saluran drainase jika curah hujan rata-rata :						
Hole	Lapisan	Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	10 (mmhari ⁻¹)	20 (mm hari ⁻¹)	40 (mm hari ⁻¹)	50 (mm hari ⁻¹)
10	Topsoil	0,78	7,47	4,66	2,98	2,59
	Subsoil	0,71				
11	Topsoil	0,55	8,23	5,03	3,16	2,73
	Subsoil	0,91				
12	Topsoil	0,67	6,85	4,30	2,76	2,40
	Subsoil	0,66				
17	Topsoil	0,73	5,36	3,48	2,30	2,02
	Subsoil	0,39				
18	Topsoil	0,69	5,82	3,75	2,43	2,13
	Subsoil	0,47				

Dalam perencanaan sistem drainase lahan, maka perlu diketahui nilai K tiap lapisan di atas dan di bawah saluran/pipa drainase (Hooghudt, 1940). Evaluasi drainase pada lapangan golf menggunakan hasil perhitungan dengan aplikasi *drain space* sehingga didapatkan jarak antar pipa/saluran drainase. Jarak antar pipa/saluran drainase di dapatkan dari permeabilitas *topsoil* dan *subsoil* pada hole 10, 11, 12, 17 dan 18 pada curah hujan rata - rata 10, 20, 40 dan 50 mm hari⁻¹. Evaluasi dilakukan dengan menentukan jarak antar pipa/saluran drainase terpendek hingga terpanjang berdasarkan hasil aplikasi *drain space*. Jarak saluran antar pipa/saluran drainase menentukan keadaan drainase pada lokasi tersebut, semakin panjang jarak antar pipa/saluran drainase maka drainase pada lokasi tersebut semakin baik, begitupun sebaliknya semakin pendek jarak antar pipa/saluran drainase maka drainase lokasi tersebut semakin buruk. Berdasarkan (Tabel 11) dapat dilihat bahwa jarak antar pipa/saluran drainase dari terpendek hingga terpanjang secara berurutan yaitu terdapat pada Hole 17, 18, 12, 10 dan 11, artinya drainase pada Hole 17 merupakan drainase terburuk dengan permeabilitas *topsoil* lebih cepat daripada *subsoil*. Pada Hole 17 penentuan jarak antar pipa/saluran drainase sangat penting sehingga pada hole tersebut tidak terjadi genangan. Pada hole 11 merupakan drainase terbaik dengan permeabilitas *topsoil* lebih lambat daripada *subsoil*. Permeabilitas merupakan faktor penting terhadap jarak antar pipa/saluran drainase, sehingga untuk memperbaiki drainase tanah maka dilakukan usaha untuk meningkatkan laju permeabilitas tanah dengan syarat permeabilitas *topsoil* harus lebih lambat daripada *subsoil*. Berdasarkan Ed (1999)

dalam penentuan drainase harus memperhatikan kondisi pada lapangan golf yaitu bagian atas, tengah dan bawah, air akan mengalir dari atas menuju tengah dan akhirnya sampai pada bagian bawah. Pada posisi tengah air tidak dapat langsung dapat diserap secara keseluruhan oleh tanah akibat faktor kemiringan dan permeabilitas tanah yang lambat, maka air akan langsung mengalir ke tempat yang lebih rendah sehingga pada bagian bawah sering terjadi genangan karena banyak menampung air. Pada evaluasi jarak antar pipa saluran/saluran drainase pada lapangan golf posisi merupakan faktor sangat mempengaruhi efektivitas dari saluran drainase. Posisi bawah merupakan lokasi penting untuk merencanakan drainase dan jarak antar drainase, sehingga berdasarkan jarak antar pipa/saluran drainase yang didapatkan dari aplikasi *drain space* akan efektif jika di aplikasikan pada posisi bawah.



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Lapangan Golf PT. Araya Megah Abadi Golf memiliki Permeabilitas *topsoil* sama dengan permeabilitas *subsoil*.
2. Permeabilitas pada *topsoil* dan *subsoil* pada Hole 10 dipengaruhi oleh porositas ($r = 0,67$ dan $0,66$), Hole 11 dipengaruhi oleh fraksi debu ($r = 0,55$ dan $0,57$), pada hole Hole 12 *topsoil* dipengaruhi oleh fraksi debu ($r = -0,54$), Hole 18 dipengaruhi fraksi liat ($r = -0,54$ dan $-0,56$).
3. Permeabilitas *topsoil* > *subsoil* memiliki drainase yang lebih buruk dan jarak antar pipa/saluran drainase (L) lebih pendek daripada permeabilitas *topsoil* < *subsoil*.

5.2. Saran

Perlu dilakukan pengaturan drainase berdasarkan evaluasi dengan menggunakan aplikasi *drain space* dengan memperhatikan topografi pada lapangan golf. Pembuatan saluran drainase paling efektif diaplikasikan pada bagian bawah dengan memperhatikan jarak antar pipa/saluran drainase. Jarak antar pipa terpendek harus diperhatikan agar tidak terjadi genangan. Karakterisasi sifat fisik dapat digunakan sebagai evaluasi alternatif untuk memperbaiki drainase pada lapangan golf.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliani, E. 2013. Pengaruh Pengelolaan Tanah dan Pemberian Kompos Terhadap beberapa sifat fisik tanah, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) pada Tanah Sawah. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Agus, Fahmuddin dan Irawan. 2004. Alih Guna dan Aspek Lingkungan Lahan Sawah. dalam Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian.
- Bodhinayake, W., B. Cheng Si, and C. Xiao. 2004. New method for determining waterconductingmacro and mesoporosity fromtension infiltrometer. *Soil Sci. Soc. Am. J.*68: 760-769.
- Buckman, H.O. dan Brandy N. C. 1982. Ilmu Tanah. Brata Karya Aksara. Jakarta.
- Brown, K. W. and R.L. Duble. 1975. Physical characteristics of soil mixtures used for golf green construction. *Agron. J.* 67:647-652.
- Brown, K. W., J. C. Thomas, and A. Almodares. 1980. Organic matter sources and placements during root zone modification as they affect seedling emergence and initial turf quality - preliminary report. USGA Res. Rep. PR-3851.
- Chu, X., and M.A. Marino. 2005. Determination of ponding condition Ana infiltration Tinto layered soils under unsteady rainfall. *J. Hidrol.* 313: 195-207.
- Davis, R. R. 1950. The physical condition of putting green soils and other environmental factors affecting the quality of greens. Ph.D. Thesis. Purdue University. Newyork.
- Delgado, J. A. and R. F. Follett. 2002. Carbon and Nutrient Cycles. *J. Soil and Water Conserv.* Vol 57 no. 6: 455-464.
- Dunn, G.H. and R.E. Phillips. 1992. Equivalent diameter of simulated macropore systems during saturated flow. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56: 52-58.
- Ed, M. 1999. Drainage systems for Golf Courses. Ohio State University. p 9-10.
- Greacen, E.L., and R. Sand. 1980. Compaction of Forest Soil A Review. *Aust. J. Soil. Res. J.* 18 : 163 - 89.
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada. p 59-84.
- Helmi. 2009. Perubahan beberapa sifat fisika regosol dan hasil kacang tanah akibat pemberian bahan organik dan pupuk fosfat. *Jurnal Sains.* 1(1): 1-8.

- Hillel, D. 1998. *Environmental Soil Physics*. New York: Academic Press. p 112-120.
- Hooghoudt, S.B. 1940. *Bijdrage Tot de Kennis van Enige Natuurkundige Grootheden van de Grond, Versl. Landbouwk, Onderz*, 46. 515-707.
- Howard, H. L. 1959. The response of some putting-green soil mixtures to compaction. M.S. thesis. Texas A&M Univ., College Station.
- Juncker, P. H. and I. I. Madison. 1967. Soil moisture characteristics of sand-peat mixes. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 31 :5-8.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Kononova, M. M. 1961. *Soil Organic Matter*. T. Z. Nowakowski and Greenwood (trans). Pergamon. Oxford.
- Kunze, R. J. 1956. The effects of compaction of different golf green soil mixtures on plant growth M.S. thesis. Texas A&M Univ., College Station.
- McCoy, E. L. 1991. Evaluating peats. *Golf Course Manage.* 59 (3): 56, 58, 60, 64
- Maro'ah, S. 2011. *Kajian Laju Infiltrasi dan Permeabilitas Tanah pada Beberapa Model Tanaman*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Mukanda, N. and A. Mapiki. 2001. *Vertisols Management in Zambia*. p. 127-129.
- In Syers, J. K, F. W. T. Penning De Vries, and P. Nyamudeza (Eds). 1987. *The Sustainable Management of Vertisols*. IBSRAM Proceedings No. 20.
- Pamujiningtyas, D. C. 2009. *Studi Kualitas tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Wilayah Desa Nagdipuro Kecamatan Nguntorodadi Wonogiri*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Paul, I. L., J. H. Madison and L. Waldron. 1970. The effects of organic and inorganic amendments on the hydraulic conductivity of three sands used for turfgrass soils. *1. Sports Turf Res. Inst.* 46:22-32.
- Plaster, E. J. 1992. *Soil Science and Management*. Delmar Publisher. Inc. Canada.
- Rajiman, P. Y. 2008. *Pengaruh Pembenah Tanah Terhadap Sifat Fisika Tanah dan Hasil Bawang Merah Pada Lahan Pasir Pantai Bugel Kabupaten Kulon Progo*. *Jurnal Agrin* 12.1.
- Rosmarkam, A. dan N. W. Yuwono. 2002. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Yogyakarta.
- Sarief, S. 1986. *Ilmu Tanah Pertanian*. Bandung: Pustaka Buana. p 157..

- Situmorang, R., dan U. Sudadi. 2001. Tanah Sawah. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Stevenson, F.T. 1994. Humus Chemistry. John Wiley and Sons. Newyork.
- Suharta, N, dan B. H. Prasetyo. 2008. Susunan Mineral dan Sifat Fisik-Kimia Tanah Bervegetasi Hutan dari batuan Sedimen Masam di Provinsi Riau. J.Tanah dan Iklim. No. 28.
- Suripin, 2004. Pengembangan Sistem Drainase yang Berkelanjutan. Andi Offset, Yogyakarta.
- Tolaka, W., Wardah dan Rahmawati. 2013. Sifat Fisik Tanah pada Hutan Primer, Agrofirestri dan Kebun Kakao Di Subdas Wera Saluopa Desa Leboni Kecamatan Pamona Puselemba Kabupaten Poso. Warta Rimba 1(1) , 1-8.
- USGA, 2004. USGA Rekomendation For a Method Of Putting Green Contruction. Newyork.
- Yasmita, N. 2007. Pemeliharaan Lanskap Lapangan Jababeka Golf and Country Club Cikarang Bekasi .Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Korelasi antar sifat fisik tanah terhadap permeabilitas pada *Topsoil dan Subsoil.*

Sifat Fisik Tanah	Permeabilitas Topsoil	Permeabilitas Subsoil
Permeabilitas (cm/jam)	1	1
Berat Isi (g/cm ³)	-0,22	-0,03
Berat Jenis (g/cm ³)	-	-
Porositas (%)	0,37	0,17
Pasir (%)	0,15	0,27
Debu (%)	0,29	0,09
Liat (%)	0,49	0,31
Pori Total (%)	0,17	0,08
Pori Makro (%)	0,15	0,30
Pori Meso (%)	-0,17	-0,09
Pori Mikro (%)	0,12	0,07
Infiltrasi (cm/hari)	-0,16	-0,15

Tabel interpretasi nilai r:

Nilai r	Intepretasi
0	Tidak berkorelasi
0,01-0,2	Sangat rendah
0,21-0,4	Rendah
0,41-0,6	Agak rendah
0,61-0,8	Cukup
0,81-0,99	Tinggi
1	Sangat tinggi

Sumber: (Usman, 2006)

Lampiran 2. Permeabilitas tanah.

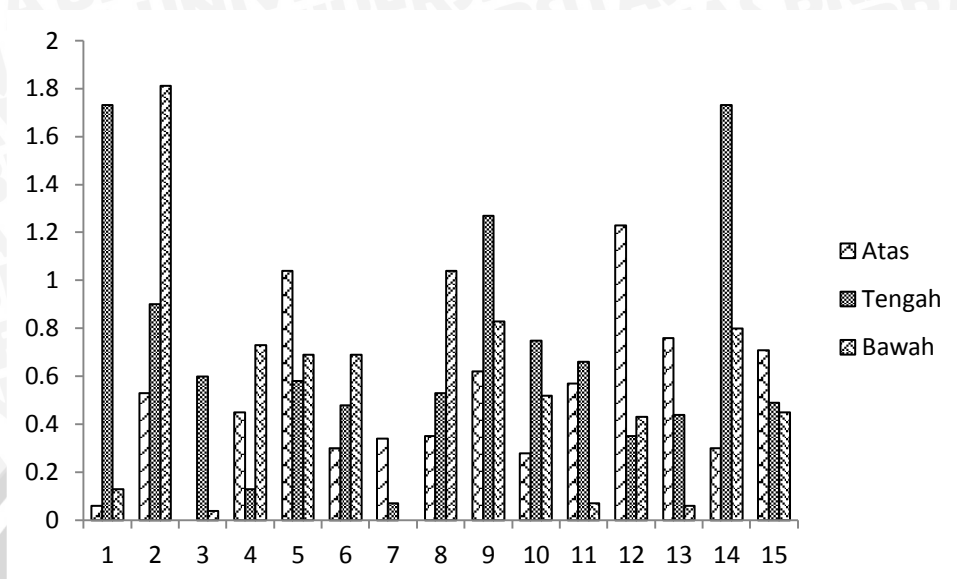
Hole	Ulangan	Permeabilitas (cm/jam)					
		Atas		Tengah		Bawah	
		Top	Sub	Top	Sub	Top	Sub
10	U1	0,06	0,39	1,73	0,60	1,88	0,13
	U2	0,53	0,71	0,90	1,08	0,45	1,81
	U3	-	-	0,60	0,93	0,07	0,04
11	U1	0,45	0,90	0,13	0,43	0,56	0,73
	U2	1,04	2,52	0,58	0,97	0,71	0,69
	U3	0,30	0,53	0,48	0,71	0,65	0,69
12	U1	0,34	0,21	0,07	0,07	-	-
	U2	0,35	0,99	0,53	0,69	1,29	1,04
	U3	0,62	0,41	1,27	1,04	0,84	0,83
17	U1	0,28	0,84	0,75	0,53	1,75	0,52
	U2	0,57	0,44	0,66	0,07	0,55	0,07
	U3	1,23	0,22	0,35	0,40	0,42	0,43
18	U1	0,76	0,61	0,44	0,55	0,39	0,06
	U2	0,30	0,07	1,73	0,78	0,36	0,80
	U3	0,71	0,49	0,49	0,43	1,00	0,45



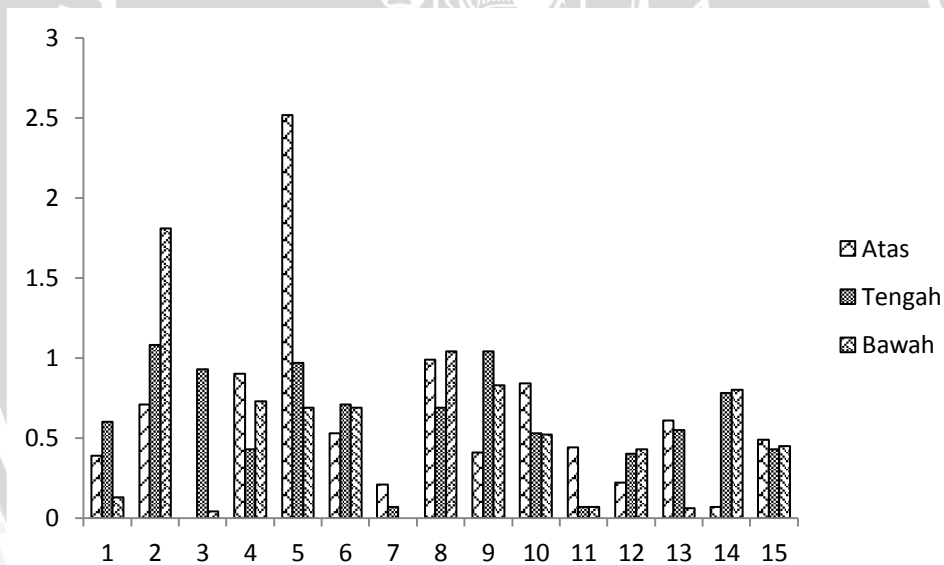
Lampiran 3. Analisa Keragaman Sifat Fisik *Topsoil* dan *Subsoil*.

<i>Topsoil</i>	Lapisan	N	Min	Mak	Rata-rata	Std Deviasi
Permeabilitas (cm/jam)	<i>Topsoil</i>	43	0,06	1,88	0,68	0,50
	<i>Subsoil</i>		0,04	2,52	0,62	0,56
Berat Isi (g/cm ³)	<i>Topsoil</i>	43	0,88	1,59	1,18	0,13
	<i>Subsoil</i>		0,96	1,45	1,24	0,09
Porositas (%)	<i>Topsoil</i>	43	30,40	86,67	47,94	8,13
	<i>Subsoil</i>		35,08	78,00	46,58	6,48
Pasir (%)	<i>Topsoil</i>	43	2,96	63,30	17,05	12,97
	<i>Subsoil</i>		2,06	49,56	14,08	9,26
Debu (%)	<i>Topsoil</i>	43	7,34	81,42	39,76	10,41
	<i>Subsoil</i>		0,00	62,83	41,72	9,92
Liat (%)	<i>Topsoil</i>	43	15,54	63,57	43,17	10,14
	<i>Subsoil</i>		13,68	87,92	44,18	11,19
Pori Total (%)	<i>Topsoil</i>	43	0,45	1,01	0,73	0,09
	<i>Subsoil</i>		0,57	0,95	0,71	0,08
Pori Makro (%)	<i>Topsoil</i>	43	0,10	0,42	0,16	0,05
	<i>Subsoil</i>		0,09	0,28	0,15	0,04
Pori Meso (%)	<i>Topsoil</i>	43	0,10	0,23	0,20	0,02
	<i>Subsoil</i>		0,10	0,23	0,20	0,02
Pori Mikro (%)	<i>Topsoil</i>	43	0,13	0,67	0,36	0,09
	<i>Subsoil</i>		0,11	0,69	0,40	0,11

Lampiran 4. Analisa posisi pengambilan sampel terhadap permeabilitas.



Gambar 9. Permeabilitas *Topsoil* pada posisi atas, tengah dan bawah.



Gambar 10. Permeabilitas *Subsoil* pada posisi atas, tengah dan bawah.

Lampiran 5. Korelasi Permeabilitas Setiap Hole.

Hole 10	Permeabilitas <i>Topsoil</i>	Permeabilitas <i>Subsoil</i>
Permeabilitas(cm/jam)	1	1
Berat Isi (g/cm ³)	-0,28	-0,26
Berat Jenis (g/cm ³)	0,25	0,24
Porositas (%)	0,67	0,66
Pasir (%)	-0,15	-0,08
Debu (%)	0,11	-0,00
Liat (%)	-0,00	0,06
Pori Total (%)	0,24	0,27
Pori Makro (%)	-0,14	-0,16
Pori Meso (%)	0,13	0,171
Pori Mikro (%)	0,13	0,17
Infiltrasi (cm/hari)	0,13	0,16
Hole 11	Permeabilitas <i>Topsoil</i>	Permeabilitas <i>Subsoil</i>
Permeabilitas(cm/jam)	1	1
Berat Isi (g/cm ³)	-0,28	-0,28
Berat Jenis (g/cm ³)	0,08	0,06
Porositas (%)	0,19	0,19
Pasir (%)	-0,018	0,00
Debu (%)	-0,078	-0,08
Liat (%)	0,55	0,57
Pori Total (%)	-0,34	-0,33
Pori Makro (%)	-0,012	-0,03
Pori Meso (%)	0,57	0,57
Pori Mikro (%)	0,06	0,08
Infiltrasi (cm/hari)	-0,16	-0,19

Hole 12	Permeabilitas <i>Topsoil</i>	Permeabilitas <i>Subsoil</i>
Permeabilitas(cm/jam)	1	1
Berat Isi (g/cm ³)	-0,31	-0,17
Berat Jenis (g/cm ³)	0,01	-0,05
Porositas (%)	0,29	0,14
Pasir (%)	0,51	0,38
Debu (%)	-0,23	0,30
Liat (%)	-0,59	-0,47
Pori Total (%)	0,26	0,31
Pori Makro (%)	0,17	0,01
Pori Meso (%)	-0,29	-0,34
Pori Mikro (%)	0,25	0,40
Infiltrasi (cm/hari)	0,16	0,35

Hole 18	Permeabilitas <i>Topsoil</i>	Permeabilitas <i>Subsoil</i>
Permeabilitas(cm/jam)	1	1
Berat Isi (g/cm ³)	-0,26	-0,31
Berat Jenis (g/cm ³)	-0,26	-0,53
Porositas (%)	0,18	0,19
Pasir (%)	-0,05	-0,07
Debu (%)	0,52	0,53
Liat (%)	-0,54	-0,55
Pori Total (%)	-0,22	-0,25
Pori Makro (%)	-0,45	-0,49
Pori Meso (%)	0,02	0,10
Pori Mikro (%)	-0,01	-0,08
Infiltrasi (cm/hari)	0,00	1

Lampiran 6. Uji T Permeabilitas *Topsoil* dan *Subsoil* Setiap Hole.

Hole	Uji T	Keterangan
10	0,85	Sama
11	0,04	Berbeda
12	0,97	Sama
17	0,10	Sama
18	0,13	Sama
Rata – rata Total	0,55	Sama

Lampiran 7. Dokumentasi Pengamatan Lapang.



a. Penentuan Warna Tanah



b. Identifikasi Minipit



c. Mengukur Kedalaman Minipit



d. Pengalian Minipit

Gambar 11. Penentuan lokasi (ploting) dan pengambilan contoh tanah.

Lampiran 8. Dokumentasi Analisa Laboratorium.



a. Analisa Berat Jenis



b. Analisa Tekstur



b. Analisa Tekstur



c. Analisis C-organik

Gambar 12. Analisis Sifat fisik dan kimia tanah.

Lampiran 9. Genangan Air pada Lapangan Golf.



a. Kondisi Air Tergenang Hole 12



b. Kondisi Air Tergenang Hole 17

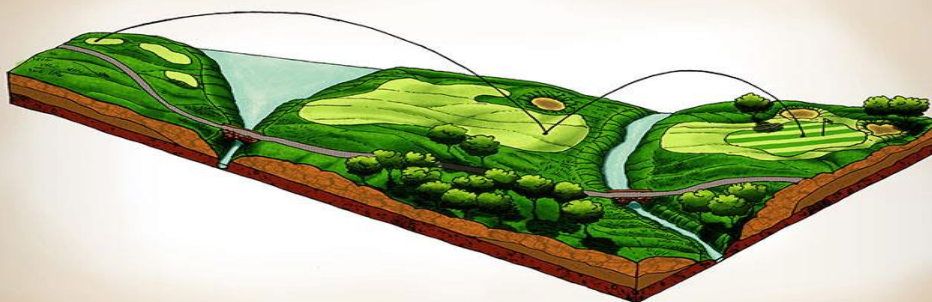
Gambar 13. Kondisi Lapangan Golf Setelah Hujan.

Lampiran 10. Sketsa Lapangan Golf.



Gambar 14. Sketsa Hole 10-18.

THE ARAYA HILL GOLF COURSE



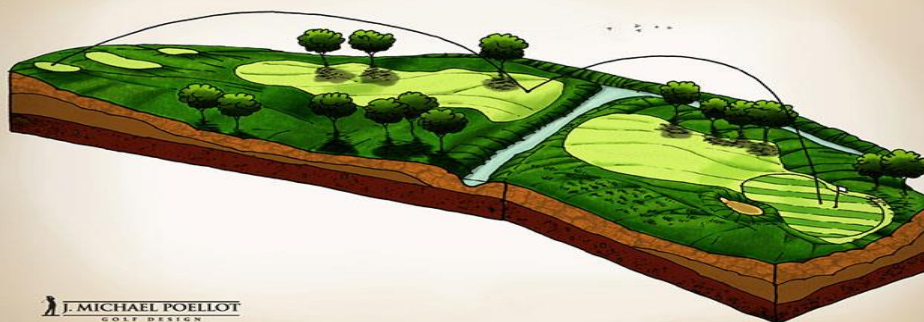
HOLE #1

PAR
4

RANGE
381 M

a. Sketsa Hole 10

THE ARAYA HILL GOLF COURSE



J. MICHAEL POELLIOT
GOLF DESIGN

HOLE
#2

PAR
4

■ BLACK : 321 M
■ BLUE : 297 M
■ WHITE : 281 M
■ RED : 254 M

b. Sketsa Hole 11



c. Sketsa Hole 12



d. Sketsa Hole 17



e. Sketsa Hole 18



Lampiran 11. Rekomendasi Tekstur Tanah.

Name	Partikel Diameter (mm)	Rekomendation (by weight)
Fine Gravel	2,0 – 3,4	Not more than 10 % of the total particles in this range including a maximum of 3 % fine gravel (preferably none)
Very Coarse Sand	1,0 – 2,0	
Coarse Sand	0,5 – 1,0	Minimum of 60 % of the partikel must fail in this range
Medium Sand	0,25 – 0,05	
Fine Sand	0,15 – 0,25	Not more than 20 % of the particles may fail within this range
Very Fine Sand	0,05 – 0,15	Not more than 5 %
Silt	0,002 – 0,05	Not more than 5 %
Clay	Less than 0,002	Not more than 3 %
Total Fines	Very Fine Sand + Silt + Clay	Less than or equal to 10 %

Sumber : USGA, 2004

Lampiran 12. Rekomendasi Sifat Fisik Tanah Untuk Lapangan Golf

Sifat Fisik Tanah	Rekomendasi
Permeabilitas	15 - 30 cm jam ⁻¹
Porositas	35% - 55%
Infiltrasi	70 mm hari ⁻¹
C-organik	3,5 %
Tekstur	Berpasir (Pasir 92 %)
Sebaran Pori	Minimal 50 % pori makro

Sumber : USGA, 2004

Lampiran 13. Kategori Parameter Sifat Fisik Tanah

Kelas Tekstur Tanah

Tekstur	Kelas
Liat berpasir, liat, liat berdebu	Halus (h)
Lempung berliat, lempung liat berpasir, lempung liat berdebu	Agak halus (ah)
Lempung berpasir sangat halus, lempung, lempung berdebu, debu	Sedang (s)
Lempung berpasir	Agak kasar
Pasir, pasir berlempung	Kasar (k)
Liat (tipe mineral liat 2:1)	Sangat halus (sh)

Sumber : Rintung, 2007

Permeabilitas Tanah

Permeabilitas (cm jam^{-1})	Kelas
<0,125	Sangat Lambat
0,125 – 0,50	Lambat
0,50 – 2,00	Agak Lambat
2,00 – 6,25	Sedang
6,25 – 12,5	Agak Cepat
12,5 – 25,00	Cepat
>25,00	Sangat Cepat

Sumber : Uhland dan O'neil dalam LPT (1979)

Porositas Tanah

Porositas (%)	Kelas
100	Sangat Porous
80-60	Porous
60-50	Baik
50-40	Kurang Baik
40-30	Buruk
<30	Sangat Buruk

Lampiran 14. Refrensi Sifat Fisik Tanah pada Berbagai Campuran Tanah pada Zona Akar

Refrensi	Volume Rasio(pasir,liat,gambut)	Permeabilitas (in jam ⁻¹)	Porositas Total (%)
Kunze (1969)	10-10-10	0,18-2,8	37-42
	85-5-15	0,5-3,8	37-40
Howard (1959)	80-10-10	1,4-16,6	
Junker and madison (1967)	100 % pasir		44
	75-0-25		57
Paul <i>et al.</i> (1974)	90-0-10	15	
	80-0-20	13	
Weddington <i>et al.</i> (1970)	80-0-20	137	
	80-10-10	71	
Brown dan Duble (1975)	80-5-15	93	46
Brown et al. (1980)	80-0-20	18,5	
McCoy (1991)	85-0-15	8	49
	80-5-15	6	47

