

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Hasil

Penelitian dilaksanakan di dua hutan kota yang berada di kota Malang, yaitu pada hutan kota Malabar dan hutan kota Velodrome. Hutan Malabar terletak di jalan Malabar kota Malang dengan letak geografi 07°58'05.5" Lintang Selatan dan 112°37'37.7" Bujur Timur dengan ketinggian 476 mdpl dan memiliki luasan 16.781 m<sup>2</sup>. Dari pengamatan dan didukung data sekunder dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang diketahui jumlah pohon di hutan Malabar 1.048. Hutan Velodrome terletak di jalan Danau Jonge kota Malang dengan letak geografi 07°58'26.5" Lintang Selatan dan 112°40'12.2" Bujur Timur dengan ketinggian 474 mdpl dan memiliki luasan 12.500 m<sup>2</sup>. Dari pengamatan dan didukung data sekunder diketahui jumlah pohon di hutan Velodrome 1.973.

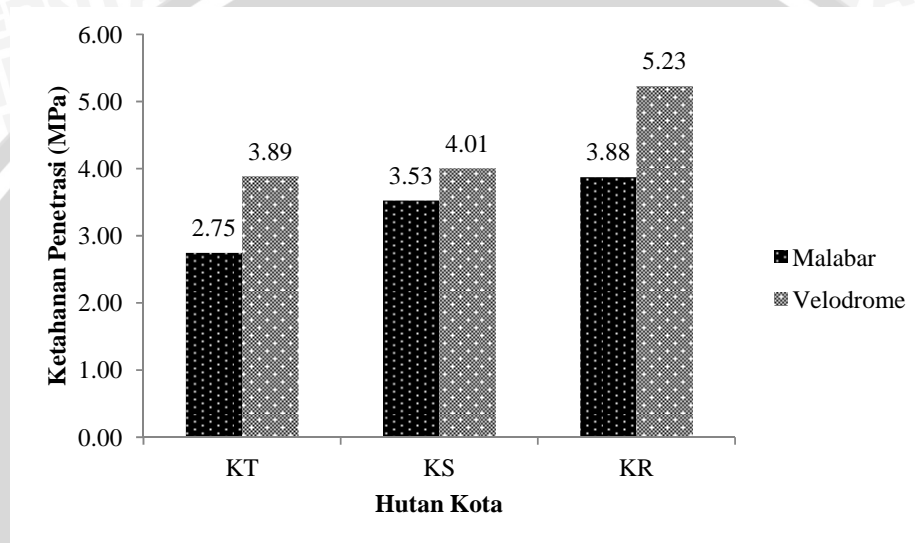
Dari penelitian dilapang pada hutan Malabar dan Velodrome ditentukan tiga kerapatan, yaitu kerapatan tinggi, kerapatan sedang dan kerapatan rendah. Kerapatan pohon di hutan Malabar untuk kerapatan tinggi dengan nilai kerapatan pohon 0,21 pohon ha<sup>-1</sup>, kerapatan sedang 0,15 pohon ha<sup>-1</sup> dan kerapatan rendah 0,8 pohon ha<sup>-1</sup>. Nilai kerapatan pohon di hutan Velodrome dengan nilai kerapatan pohon tinggi sebesar 0,8 pohon ha<sup>-1</sup>, kerapatan sedang sebesar 0,16 pohon ha<sup>-1</sup> dan kerapatan tinggi 0,20 pohon ha<sup>-1</sup>.

Banyak faktor yang menjadi penyebab terjadinya kepadatan tanah, namun dalam penelitian ini lebih dikhususkan pada pengaruh kerapatan pohon dari segi jumlah pohon yang dapat mempengaruhi kepadatan tanah. Hasil penelitian menunjukkan secara umum kerapatan pohon tinggi memiliki kepadatan tanah yang rendah, dan semakin berkurangnya jumlah pohon diikuti kepadatan tanah yang meningkat.

#### 4.1.1. Ketahanan Penetrasi

Ketahanan penetrasi tanah dapat diartikan sebagai kekuatan tanah saat dikenai gaya, dimana kekuatan tanah ini menggambarkan tingkat kepadatan tanah. Pengukuran ketahanan penetrasi diasumsikan sebagai kekuatan akar tanaman untuk masuk kedalam tanah guna menyerap unsur hara dalam tanah. Semakin besar nilai ketahanan penetrasi tanah maka akan semakin sulit akar tanaman untuk

masuk ke dalam tanah. Selanjutnya ketahanan penetrasi dipengaruhi oleh peningkatan kepadatan tanah dengan semakin sempitnya ruang antar partikel tanah yang menyebabkan akar tanaman sulit masuk ke dalam tanah. Hasil dari pengamatan dengan *handpenetrometer*, secara umum pada masing-masing hutan kota kerapatan pohon tinggi yang memiliki ketahanan penetrasi terendah dan kerapatan pohon yang rendah memiliki ketahanan penetrasi tertinggi. Hasil pengamatan ketahanan penetrasi pada hutan kota disajikan pada Gambar 2.



Keterangan: KT (kerapatan pohon tinggi), KS (kerapatan pohon sedang), KR (kerapatan pohon rendah).

**Gambar 2.** Ketahanan Penetrasi Tanah di hutan Malabar dan hutan Velodrome

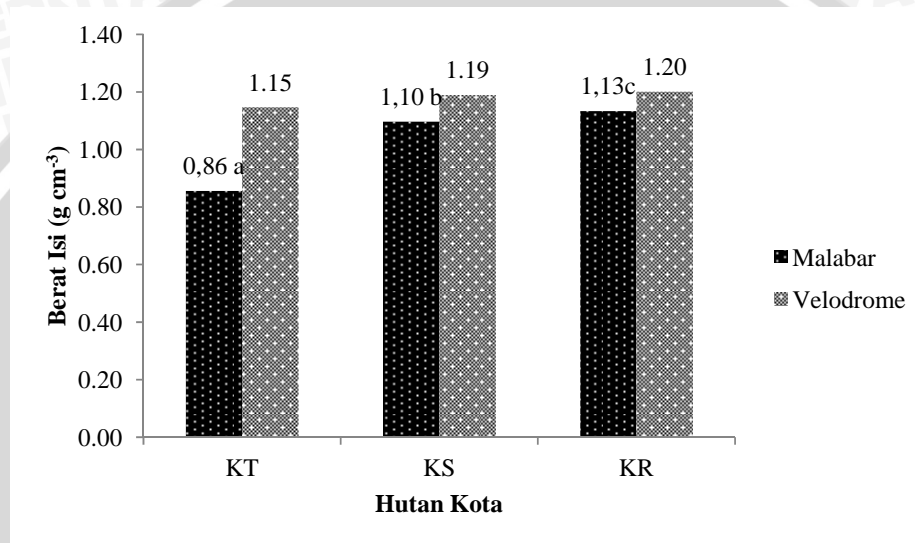
Ketahanan penetrasi pada kerapatan pohon yang tinggi pada hutan Malabar dan Velodrome memiliki nilai paling rendah dibandingkan dengan nilai penetrasi pada kerapatan pohon yang sedang dan tinggi pada kedua hutan kota. Ketahanan penetrasi meningkat pada kerapatan pohon yang sedang dan kerapatan pohon yang rendah, hal ini disebabkan kegiatan manusia yang berwisata atau melakukan aktivitas di hutan kota cenderung lebih intensif pada kerapatan yang rendah dibandingkan dikerapatan yang sedang dan tinggi. Menurut Coder (2000) bahwa kepadatan tanah dapat disebabkan oleh kegiatan pejalan kaki, dan kendaraan lalu lintas.

#### 4.1.2. Berat Isi Tanah

Kepadatan tanah merupakan proses meningkatnya kepadatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel tanah yang akan mengurangi jumlah pori tanah.



Peningkatan kerapatan tanah akan mempengaruhi ketahanan penetrasi dengan berkurangnya ruang antar partikel tanah yang menyebabkan akar tanaman sulit masuk ke dalam tanah. Hasil penelitian (Gambar 3) menunjukkan bahwa kerapatan pohon yang tinggi memiliki ketahanan penetrasi yang rendah juga memiliki berat isi yang rendah. Berat isi hutan Malabar dan Velodrome menunjukkan bahwa pada kerapatan pohon yang tinggi memiliki berat isi yang rendah dan kerapatan pohon yang rendah memiliki ketahanan penetrasi yang tinggi.



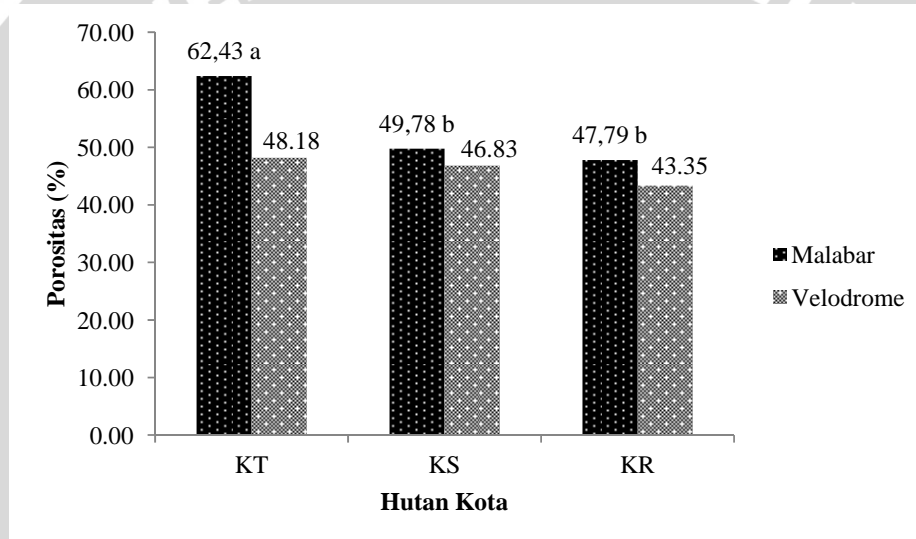
Keterangan: KT (kerapatan pohon tinggi), KS (kerapatan pohon sedang), KR (kerapatan pohon rendah). Angka yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

**Gambar 3.** Berat Isi Tanah di hutan Malabar dan hutan Velodrome

Berat isi hutan Malabar pada kerapatan pohon yang tinggi sebesar  $0,86 \text{ g cm}^{-3}$  berbeda nyata dengan kerapatan pohon yang sedang ( $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ ) dan rendah ( $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ ). Berat isi yang meningkat pada kerapatan pohon yang sedang dan rendah disebabkan oleh aktivitas manusia di hutan Malabar yang cenderung memilih kerapatan pohon yang sedang dan rendah untuk melakukan kegiatan. Pada kerapatan pohon tinggi, berat isi tanah memiliki nilai yang rendah hal ini disebabkan aktivitas perakaran membentuk lubang dan celah sehingga porositas tanaman meningkat. Menurut Saribun (2007) bahwa seresah, bahan organik tanah, sistem perakaran tumbuhan, serta fauna tanah berperan dalam memperbesar imbuhan air ke dalam tanah. Pori yang disebabkan oleh akar tanaman dan aktivitas organisme tanah mampu meningkatkan porositas dan menurunkan tingkat kepadatan tanah.

#### 4.1.3. Total Pori

Menurut Islami dan Utomo (1995) bahwa sebagai indikator pemadatan dapat digunakan perubahan volume, perubahan bobot jenis atau perubahan rasio rongga pori. Pori tanah merupakan bagian yang tidak terisi bahan padat tanah atau rongga antar butiran tanah. Jumlah pori berhubungan dengan ketahanan penetrasi dan berat isi tanah dimana semakin tinggi berat isi akan diikuti oleh tingginya nilai ketahanan penetrasi serta rendahnya nilai pori tanah. Hasil penelitian (Gambar 4) menunjukkan bahwa kerapatan pohon yang tinggi memiliki ruang pori yang tinggi dan pada kerapatan pohon yang rendah memiliki ruang pori yang rendah.



Keterangan: KT (kerapatan pohon tinggi), KS (kerapatan pohon sedang), KR (kerapatan pohon rendah). Angka yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

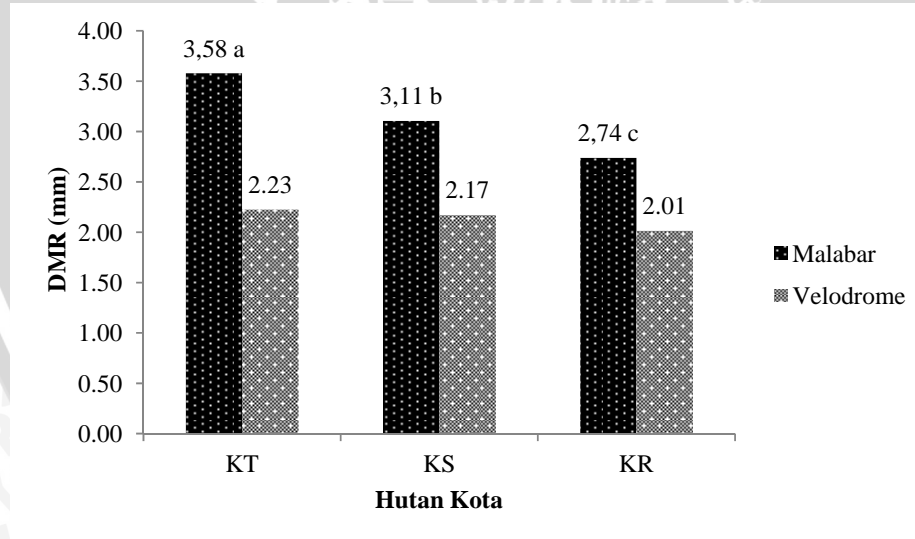
**Gambar 4.** Pori Total Tanah di hutan Malabar dan hutan Velodrome

Dari gambar di tersebut terlihat nilai porositas pada hutan Malabar pada kerapatan pohon yang tinggi (62,42%) berbeda nyata dengan kerapatan pohon yang sedang (49,78%) dan rendah (47,79%). Pada hutan Velodrome porositas meningkat dari kerapatan pohon yang tinggi (48,18%), kerapatan pohon yang sedang (46,83%) dan rendah (43,35%). Adanya penurunan ruang pori tanah menyebabkan meningkatnya kepadatan tanah akibat desakan partikel tanah. Menurut Coder (2000) bahwa ruang pori tanah yang hilang disebabkan oleh kompresi dan kerusakan tanah yang berdampak pada hilangnya ruang pori dan

meningkatnya ruang pori kapiler. Dengan demikian kepadatan tanah pada hutan kota Malabar dan Velodrome disebabkan oleh aktivitas manusia yang menyebabkan kerusakan pada tanah sehingga terjadi peningkatan berat isi tanah, berkurangnya ruang pori dan meningkatnya ketahanan penetrasi tanah.

#### 4.1.4. Kemantapan Agregat

Nilai kemantapan agregat tanah dinyatakan dengan indeks DMR (diameter massa rerata) dimana semakin besar nilai indeks DMR tanah maka kemantapan agregatnya juga semakin tinggi. Secara tidak langsung kepadatan tanah akan mempengaruhi kemantapan agregat tanah melalui penghancuran partikel pengikat tanah sehingga kemantapan agregat berkurang. Hasil penelitian pada masing-masing kerapatan pohon menunjukkan hasil dimana kerapatan pohon yang tinggi memiliki nilai indeks DMR yang tinggi dan kerapatan pohon yang rendah dengan nilai indeks DMR yang rendah. Pada hutan Malabar menunjukkan hasil yang berbeda nyata berdasarkan BNT 5% dimana kerapatan pohon yang tinggi dengan indeks DMR sebesar 3,58 mm diikuti dengan kerapatan pohon yang sedang sebesar 3,11 mm dan kerapatan pohon yang rendah 2,74 mm (Gambar 5).



Keterangan: KT (kerapatan pohon tinggi), KS (kerapatan pohon sedang), KR (kerapatan pohon rendah). Angka yang didampingi huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%.

**Gambar 5.** Kemantapan Agregat Tanah di hutan Malabar dan hutan Velodrome

Raghavan *et al.* (2004) menyatakan penurunan stabilitas agregat tanah dengan ditandai dengan penurunan indeks DMR. Menurut Le Bissonnais (1997)

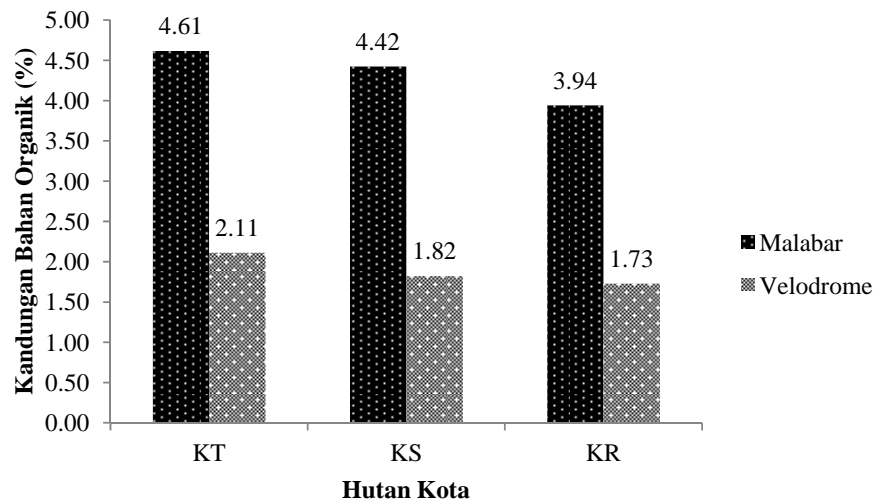


bahwa tanah yang ideal memiliki kemantapan agregat yang stabil sampai sangat stabil dengan nilai indeks DMR  $>2$  mm. Dari kriteria tersebut maka kemantapan agregat pada hutan kota Malabar dan Velodrome termasuk stabil karena indeks DMRnya lebih  $>2$  mm.

#### 4.1.5. Bahan Organik

Kemantapan agregat tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah dimana partikel pengikat agregat tanah sebagian besar adalah bahan organik. Semakin tinggi bahan organik maka kemantapan agregat akan meningkat karena proses agregasi tanah menjadi lebih baik daripada tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah. Menurut Brady dan Weil (2002) bahwa dengan kandungan bahan organik sebesar 2-4% tanah bisa dikatakan ideal. Hasil penelitian (Gambar 6) menunjukkan bahwa bahan organik tinggi pada kerapatan pohon yang tinggi dan terjadi penurunan bahan organik pada kerapatan pohon yang rendah dan sedang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hutan Malabar dengan kerapatan pohon tinggi bahan organik sebesar 4,61%, pada kerapatan pohon sedang sebesar 4,42 dan pada kerapatan pohon rendah sebesar 3,94%. Besar kandungan bahan organik pada hutan Malabar tidak berbeda antara kerapatan pohon tinggi, sedang dan rendah.

Menurut Hardjowigeno (1995) kriteria bahan organik yaitu kurang 1,00% memiliki kriteria sangat rendah, 1%-2% memiliki kriteria rendah, 2,01%-3% mempunyai kriteria sedang, untuk 3,01%-5% mempunyai kriteria tinggi dan diatas 5% kriteria bahan organik sangat tinggi. Pada penelitian Setyowati (2007) menunjukkan bahwa lahan hutan mempunyai bahan organik sebesar 5,16 %. Pada hutan Velodrome memiliki bahan organik yang lebih rendah dibandingkan hutan Malabar. Rendahnya kandungan bahan organik pada hutan Velodrome disebabkan rendahnya masukan bahan organik ke tanah sebab seresah yang berupa ranting dan daun tidak dibiarkan ditanah agar terdekomposisi melainkan disapu dan diangkut secara rutin setiap hari oleh petugas kebersihan Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Malang.

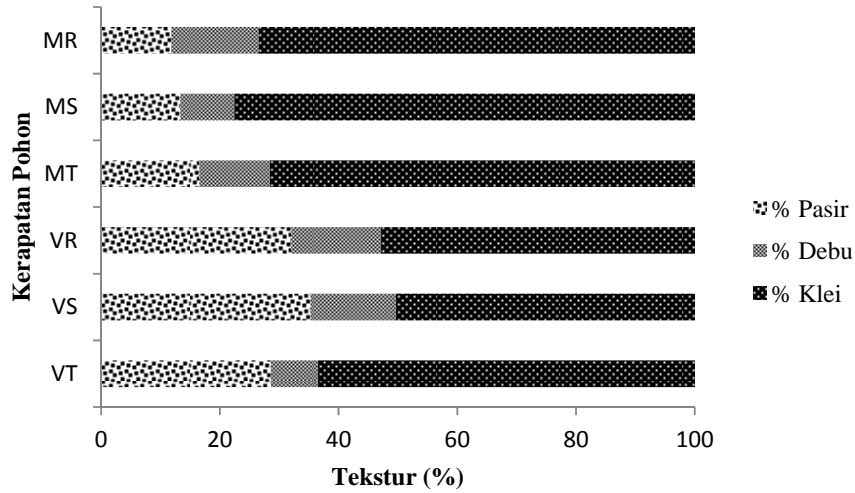


Keterangan: KT (kerapatan pohon tinggi), KS (kerapatan pohon sedang), KR (kerapatan pohon rendah).

**Gambar 6.** Bahan Organik Tanah di hutan Malabar dan hutan Velodrome

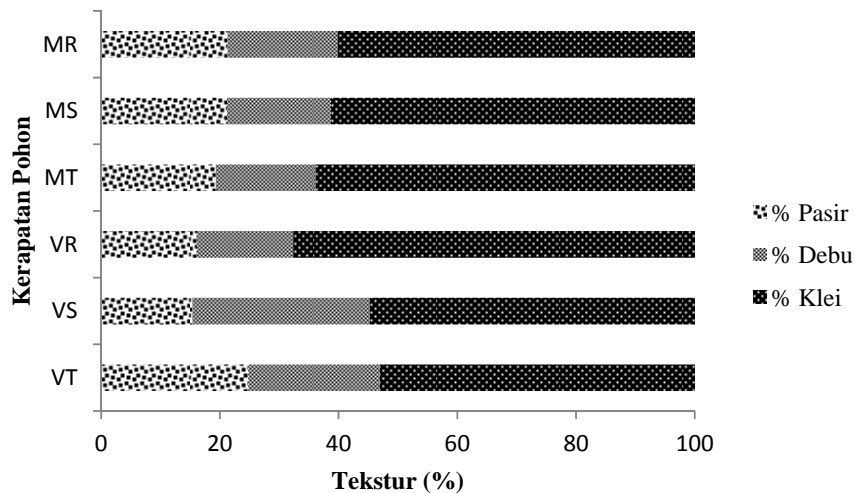
#### 4.1.6. Tekstur Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada masing-masing hutan kota didominasi oleh partikel klei pada tiap kedalaman. Persen debu meningkat seiring peningkatan kedalaman pada masing-masing hutan kota. Persen pasir pada hutan Velodrome pada tiap kedalaman lebih tinggi dibandingkan dengan hutan Malabar. Persen pasir hutan Malabar pada kedalaman 20-40 lebih besar dibandingkan dengan kedalaman 0-20 cm, persen pasir hutan Velodrome mengalami penurunan pada kedalaman 20-40 cm. Persen klei secara umum menurun pada tiap kedalaman yang terdapat pada hutan kota di Malabar dan Velodrome, tetapi untuk persen debu meningkat pada tiap kedalaman di hutan kota Malabar dan Velodrome (Gambar 7 dan 8). Pada masing-masing perlakuan kerapatan di hutan Malabar dan Velodrome di tiap kedalaman partikel yang dominan adalah klei. Untuk persen debu pada masing-masing perlakuan di hutan Malabar dan Velodrome meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman.



Keterangan: MT : malabar kerapatan tinggi, MS: malabar kerapatan sedang, MR : malabar kerapatan rendah, VT : velodrome kerapatan tinggi, VS : velodrome kerapatan sedang, VR : velodrome kerapatan rendah.

**Gambar 7.** Tekstur Tanah pada hutan Malabar dan hutan Velodrome pada kedalaman 0-20 cm



Keterangan: MT : malabar kerapatan tinggi, MS: malabar kerapatan sedang, MR : malabar kerapatan rendah, VT : velodrome kerapatan tinggi, VS : velodrome kerapatan sedang, VR : velodrome kerapatan rendah.

**Gambar 8.** Tanah pada hutan Malabar dan hutan Velodrome pada kedalaman 20-40 cm

**4.1.7. Iklim**

Stasiun yang digunakan mengacu pada Stasiun Klimatologi Karang Ploso, Kabupaten Malang. Data klimatologi yang digunakan meliputi temperatur,



kelembaban, lama penyinaran, curah hujan, radiasi, dan kecepatan angin. Data-data klimatologi yang digunakan selama kurun waktu 13 tahun.

**Tabel 3.** Data Iklim di lokasi penelitian selama kurun waktu 13 tahun (2000-2013)

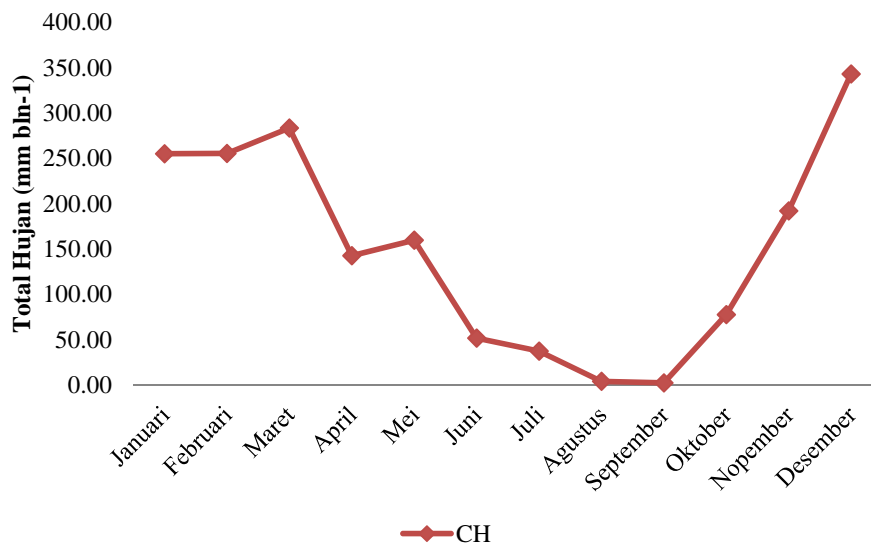
Bulan	Suhu (C°)		Kelembaban (%)	Kec. Angin (km jam <sup>-1</sup> )	Penyinaran (jam)	Radiasi (MJ m <sup>-2</sup> hr <sup>-1</sup> )
	Maks	Min				
Januari	28,07	21,07	81,75	232,2	4,60	14,9
Februari	28,43	20,73	81	145,2	5,17	16,6
Maret	28,03	20,70	82	145,8	4,57	16,4
April	28,47	20,43	80,25	141,6	6,70	19,8
Mei	28,17	20,10	77,75	151,2	7,57	20,5
Juni	27,57	18,57	75,5	147	8,27	21,1
Juli	27,17	17,90	75,25	178,2	8,67	21,8
Agustus	27,60	17,07	72,25	199,8	9,03	23
September	28,97	18,43	70	264,6	9,33	23,7
Oktober	30,03	19,90	71,25	199,2	8,67	22
Nopember	29,27	20,80	78,75	165	7,10	18,6
Desember	28,37	20,90	84,5	121,8	4,90	14,9
Rerata	28,34	19,72	77,52	174,30	7,05	19,4

#### 4.1.8. Hasil Neraca Air

##### a. Curah Hujan

**Tabel 4.** Total hujan bulanan selama kurun waktu 13 Tahun (2000-2013)

Bulan	Total hujan (mm bln <sup>-1</sup> )
Januari	254,80
Februari	255,15
Maret	283,20
April	142,35
Mei	159,50
Juni	51,50
Juli	37,15
Agustus	3,90
September	2,15
Oktober	77,40
Nopember	191,75
Desember	342,70
Total	1801,55



**Gambar 9.** Total hujan selama kurun waktu 13 tahun (2000-2013)

Dari tabel diatas diketahui bahwa pada bulan Desember terjadi total hujan tertinggi dengan nilai rata-rata  $342,7 \text{ mm bln}^{-1}$  dan terendah pada bulan September  $2,15 \text{ mm bln}^{-1}$ . Total curah hujan dalam waktu 13 Tahun antara tahun 2000-2013 adalah  $1801,55 \text{ mm bln}^{-1}$ .

b. Limpasan air / Run off

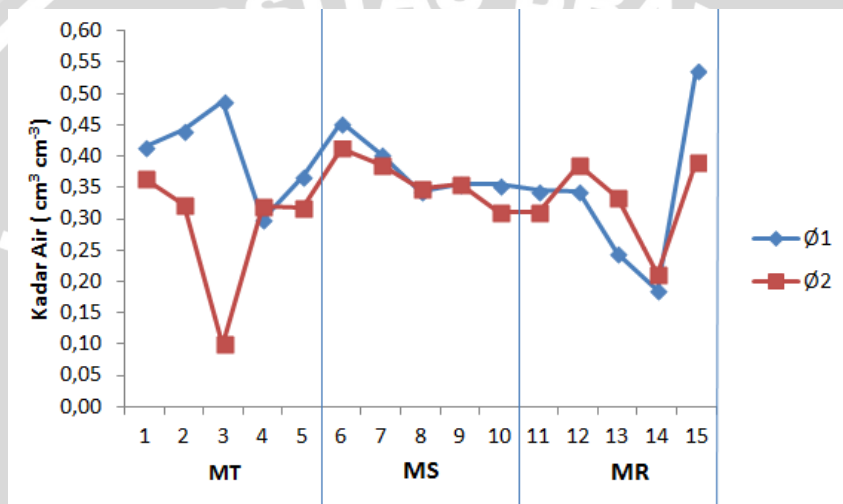
Limpasan air pada hutan kota Malabar dan hutan kota Velodrome diketahui dengan nilai nol (0). Kondisi topografi yang datar dan terdapat pematang dengan tanaman pagar juga bangunan pagar sehingga dinilai 0 untuk nilai run off pada hutan kota Malabar dan Velodrome.

c. Perkolasi

Perkolasi merupakan Bergeraknya air secara horizontal dan vertikal didalam tanah. Salah satu faktor yang mempengaruhi perkolasi adalah dari kondisi tanah. Kondisi tekstur tanah pada hutan Velodrome dan Malabar cenderung dominan klei dapat diduga air sangat minimal dalam bergerak secara vertikal ataupun horizontal. Selain itu terdapatnya guludan dengan tanaman pagar dan bangunan pembatas hutan, akan membuat air sulit untuk bergerak secara horizontal. Dengan demikian nilai perkolasi (D) pada hutan Malabar dan Velodrome dapat diestimasi dengan nilai 0 (nol).

d. Simpanan lengas

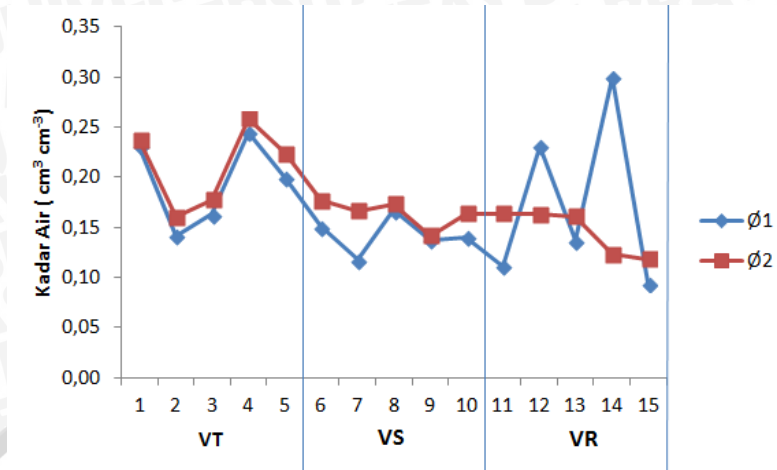
Simpanan lengas pada hutan Malabar dan hutan Velodrome diperoleh dengan menggunakan perhitungan  $S = \phi \times \text{tebal solum}$ , dimana  $\phi$  merupakan kadar air tanah. Kadar air tanah yang diperoleh merupakan dari pengambilan sampel tanah pada bulan Mei yang pada bulan tersebut total curah hujan mulai menurun atau bulan penutup musim penghujan. Hasil dari perhitungan kadar air pada kerapatan pohon tinggi, sedang dan rendah di hutan kota Malabar dan Velodrome dapat dilihat pada Gambar 10 dan 11.



Keterangan: φ1 : kedalaman 0-10 cm, φ2 : kedalaman 10-20 cm  
 MT : malabar kerapatan tinggi, MS: malabar kerapatan sedang, MR : malabar kerapatan rendah

**Gambar 10.** Kadar Air pada hutan Malabar bulan Mei 2014

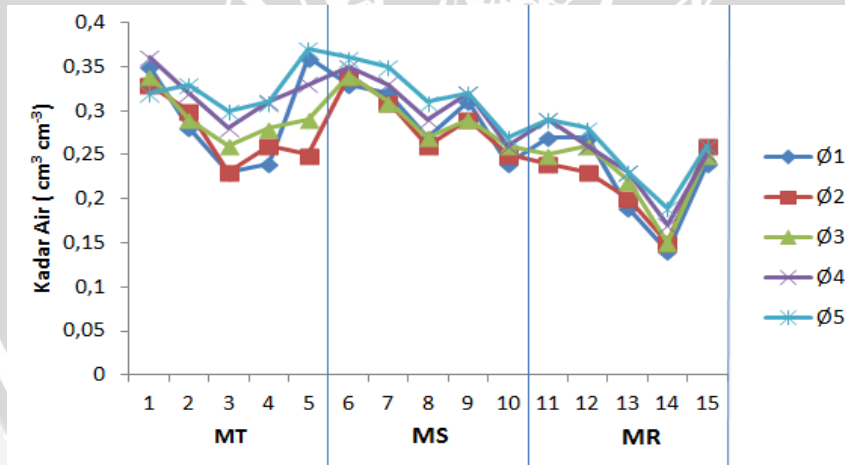




Keterangan: ø1 : kedalaman 0-10 cm, ø2 : kedalaman 10-20 cm  
 VT : velodrome kerapatan tinggi, VS: velodrome kerapatan sedang, VR : velodrome kerapatan rendah

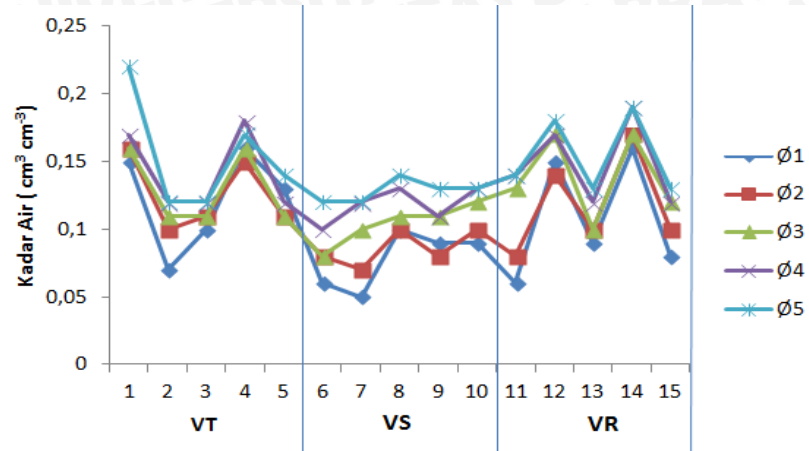
**Gambar 11.** Kadar Air pada hutan Velodrome bulan Mei 2014

Berikutnya juga dihitung hasil dari kadar air tanah hutan Malabar dan Velodrome pada musim kemarau. . Gambar 12 dan 13 merupakan kadar air pada hutan Malabar dan Velodrome saat bulan September 2014. Kadar air hutan Malabar pada bulan Mei dan September 2014 secara umum lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air Velodrome (Lampiran 5).



Keterangan: ø1 : kedalaman 0-10 cm, ø2 : kedalaman 10-20 cm, ø3 : kedalaman 20-30 cm, ø4 : kedalaman 30-40 cm, ø5 : kedalaman 40-50 cm  
 MT : malabar kerapatan tinggi, MS: malabar kerapatan sedang, MR : malabar kerapatan rendah

**Gambar 12.** Kadar Air pada hutan Malabar bulan September 2014



Keterangan:  $\phi 1$  : kedalaman 0-10 cm,  $\phi 2$  : kedalaman 10-20 cm,  $\phi 3$  : kedalaman 20-30 cm,  $\phi 4$  : kedalaman 30-40 cm,  $\phi 5$  : kedalaman 40-50 cm  
 VT : velodrome kerapatan tinggi, VS: velodrome kerapatan sedang, VR : velodrome kerapatan rendah

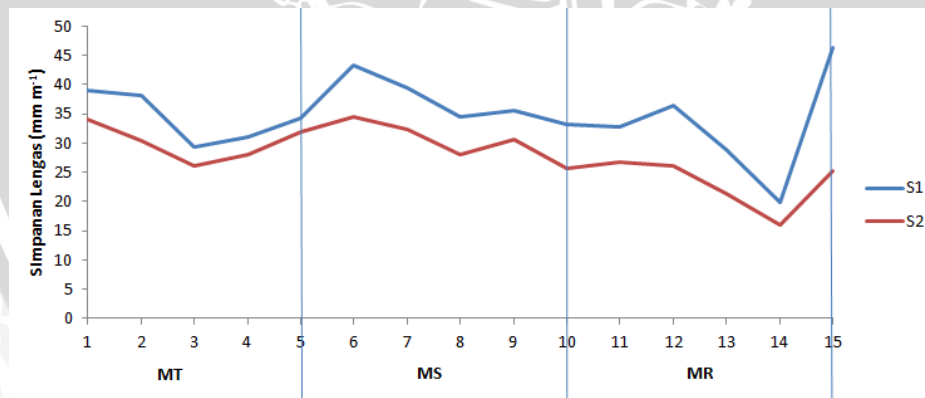
**Gambar 13.** Kadar Air pada hutan Velodrome bulan September 2014.

Kadar air yang sudah diketahui, selanjutnya diperoleh nilai simpanan lengas tanah yang disajikan pada Tabel 5. Nilai simpanan lengas tanah di hutan Malabar pada bulan Mei dan September secara umum lebih besar daripada simpanan lengas di hutan Velodrome. Dari simpanan lengas bulan Mei dan September 2014 diperoleh nilai  $\Delta S$ , dimana  $\Delta S$  merupakan perubahan lengas tanah yang diperoleh dengan rumus  $\Delta S = S_2 - S_1$ . Pada hutan Malabar perubahan simpanan lengas semakin rendah dengan diikuti kerapatan pohon yang tinggi, sedangkan pada hutan Velodrome semakin tinggi kerapatan pohon perubahan simpanan lengas juga tinggi. Pada Hutan Malabar kerapatan pohon yang tinggi memiliki tutupan kanopi yang rapat sehingga mampu menahan air lebih tinggi dibanding dengan kerapatan pohon yang sedang dan rendah. Pada kerapatan pohon tinggi tercipta kondisi yang lembab karena tutupan kanopi lebih rapat dan sinar matahari sulit jatuh ke permukaan tanah sehingga proses penguapan air pada proses evaporasi rendah. Pada Hutan Velodrome tingginya kerapatan pohon diikuti dengan perubahan simpanan lengas yang tinggi, hal ini disebabkan terjadinya penguapan dari proses transpirasi lebih tinggi dibanding dengan kerapatan pohon yang sedang dan rendah.

**Tabel 5.** Simpanan lengas tanah dan perubahan simpanan lengas pada hutan Malabar dan Velodrome

Peerlakuan	Ulangan	Malabar			Velodrome		
		S1	S2	ΔS	S1	S2	ΔS
Unit ( $\text{mm m}^{-1}$ )							
KT	1	38,92	34,00	-4,92	23,41	17,2	-6,21
	2	38,18	30,40	-7,78	15,12	10,4	-4,72
	3	29,40	26,00	-3,40	17,04	11,2	-5,84
	4	30,99	28,00	-2,99	25,15	16,4	-8,75
	5	34,22	32,00	-2,22	21,14	12,2	-8,94
KS	1	43,31	34,40	-8,91	16,37	8,8	-7,57
	2	39,46	32,40	-7,06	14,20	9,2	-5,00
	3	34,52	28,00	-6,52	17,03	11,6	-5,43
	4	35,58	30,60	-4,98	13,96	10,4	-3,56
	5	33,21	25,60	-7,61	15,19	11,4	-3,79
KR	1	32,76	26,80	-5,96	13,78	11	-2,78
	2	36,45	26,00	-10,45	19,69	16,2	-3,49
	3	28,99	21,40	-7,59	14,88	10,8	-4,08
	4	19,85	16,00	-3,85	21,12	17,6	-3,52
	5	46,40	25,20	-21,20	10,61	11	0,39

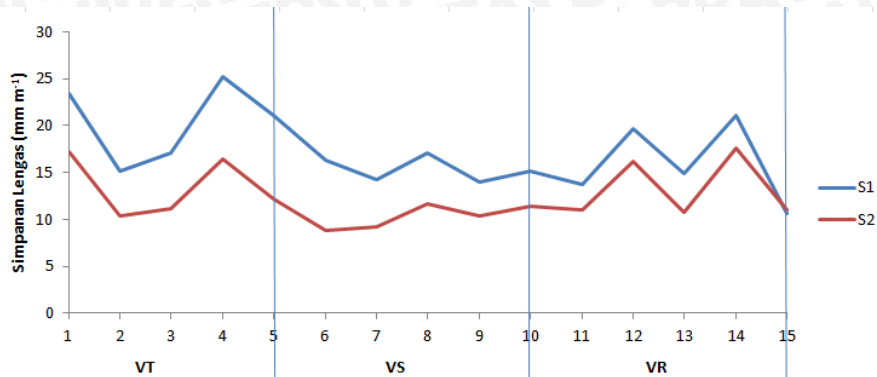
Keterangan: KT: kerapatan pohon tinggi, kerapatan pohon sedang, kerapatan pohon rendah  
 S1 : Simpanan lengas bulan Mei, S2: Simpanan lengas bulan September, ΔS :  
 Perubahan simpanan lengas tanah



Keterangan: S1 : Simpanan lengas bulan Mei, S2: Simpanan lengas bulan September  
 MT : malabar kerapatan tinggi, MS: malabar kerapatan sedang, MR : malabar  
 kerapatan rendah

**Gambar 14.** Simpanan lengas di hutan Malabar





Keterangan: S1 : Simpanan lengas bulan Mei, S2: Simpanan lengas bulan September  
 VT : velodrome kerapatan tinggi, VS: velodrome kerapatan sedang, VR :  
 velodrome kerapatan rendah

**Gambar 15.** Simpanan lengas di hutan Velodrome

#### 4.1.9. Perhitungan Neraca Air

##### a. Evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ )

Suhu, kelembaban, penyinaran dan kecepatan angin sangat berpengaruh pada evapotranspirasi. Pada cuaca terang evapotranspirasi tinggi dan pada cuaca mendung evapotranspirasi rendah. Dari hasil perhitungan model Penman-Monteith, nilai rata-rata evapotranspirasi ( $ET_0$ ) sebesar  $4,11 \text{ mm hr}^{-1}$ . Total evapotranspirasi acuan dalam kurun waktu 13 tahun antara tahun 2000 – 2013 adalah  $1510,4 \text{ mm th}^{-1}$ . Curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Desember dengan nilai rata-rata  $342,7 \text{ mm bln}^{-1}$  dan terendah pada bulan September  $2,15 \text{ mm bln}^{-1}$ . Total curah hujan dalam waktu 13 tahun antara tahun 2000 – 2013 adalah  $1801,55 \text{ mm th}^{-1}$ .

Ini berarti bahwa jumlah curah hujan per tahun yang masuk wilayah penelitian masih cukup tinggi dibandingkan dengan air yang hilang melalui evapotranspirasi. Pada bulan basah (Nopember – Mei) curah hujan efektif lebih besar dibanding bulan kering (Juni – Oktober). Curah hujan efektif terendah terjadi pada bulan kering yaitu bulan September dengan nilai  $2,1 \text{ mm bln}^{-1}$  dan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan basah yaitu bulan Desember dengan nilai  $159,3 \text{ mm bln}^{-1}$ . Kemudian total curah hujan efektif dalam kurun waktu 13 tahun antara tahun 2000-2013 adalah  $1131,20 \text{ mm th}^{-1}$  (Tabel 7).

**Tabel 6.** Nilai Evapotranspirasi Acuan (ET<sub>o</sub>) Bulanan 13 Tahun (2000-2013)

Bulan	Eto (mm hr <sup>-1</sup> )	Total Hujan (mm bln <sup>-1</sup> )	Hujan Efektif (mm bln <sup>-1</sup> )
Januari	3,36	254,80	150,5
Februari	3,56	255,15	150,5
Maret	3,56	283,20	153,3
April	4,11	142,35	109,9
Mei	4,25	159,50	118,8
Juni	4,27	51,50	47,3
Juli	4,39	37,15	34,9
Agustus	4,7	3,90	3,9
September	5,21	2,15	2,1
Oktober	4,87	77,40	67,8
Nopember	3,95	191,75	132,9
Desember	3,12	342,70	159,3
Jumlah (mm th <sup>-1</sup> )	1510,4	1801,55	1131,20

#### b. Evapotranspirasi tanaman (ET<sub>c</sub>)

Evapotranspirasi Tanaman (ET<sub>c</sub>) merupakan kombinasi dari evaporasi dan transpirasi. Menurut Asdak (1995) evaporasi merupakan banyaknya air yang menguap dari lahan dan tanaman dalam suatu petakan karena panas matahari. Dengan diperoleh nilai perubahan simpanan lengas maka dapat diperoleh nilai ET<sub>c</sub> dengan rumus  $ET_c = P - \Delta S$ , dimana P sebagai total hujan rata-rata setiap bulan. Pada Tabel 8 merupakan hasil dari perhitungan ET<sub>c</sub> pada hutan Malabar dan Velodrome.

**Tabel 7.** Presipitasi hujan, perubahan simpanan lengas dan evapotranspirasi tanaman (ETc)

Perlakuan	Ulangan	Malabar			Velodrome		
		P	$\Delta S$	ETc	P	$\Delta S$	ETc
(mm bln <sup>-1</sup> )							
KT	1	0	-4,92	4,92	0	-6,21	6,21
	2	0	-7,78	7,78	0	-4,72	4,72
	3	0	-3,40	3,40	0	-5,84	5,84
	4	0	-2,99	2,99	0	-8,75	8,75
	5	0	-2,22	2,22	0	-8,94	8,94
KS	1	0	-8,91	8,91	0	-7,57	7,57
	2	0	-7,06	7,06	0	-5,00	5,00
	3	0	-6,52	6,52	0	-5,43	5,43
	4	0	-4,98	4,98	0	-3,56	3,56
	5	0	-7,61	7,61	0	-3,79	3,79
KR	1	0	-5,96	5,96	0	-2,78	2,78
	2	0	-10,45	10,45	0	-3,49	3,49
	3	0	-7,59	7,59	0	-4,08	4,08
	4	0	-3,85	3,85	0	-3,52	3,52
	5	0	-21,20	21,20	0	0,39	-0,39

Keterangan: KT: kerapatan pohon tinggi, kerapatan pohon sedang, kerapatan pohon rendah  
P : Presipitasi hujan,  $\Delta S$  : Perubahan simpanan lengas tanah, ETc : Evapotranspirasi tanaman

Dari perhitungan yang diperoleh bahwa nilai rata-rata evapotranspirasi tanaman pada hutan Malabar dengan kerapatan pohon yang tinggi sebesar 4,26 mm m<sup>-1</sup>, pada kerapatan pohon sedang 7,02 mm m<sup>-1</sup> dan pada kerapatan pohon rendah sebesar 9,81 mm m<sup>-1</sup>. Selanjutnya evapotranspirasi tanaman pada hutan Velodrome diketahui pada kerapatan pohon tinggi 6,89 mm m<sup>-1</sup>, pada kerapatan pohon sedang 5,07 mm m<sup>-1</sup> dan pada kerapatan pohon rendah sebesar 2,70 mm m<sup>-1</sup>. Secara keseluruhan nilai dari rata-rata evapotranspirasi pada hutan Malabar lebih tinggi dibandingkan dengan hutan Velodrome. Faktor jenis tanaman pada hutan Malabar yang menjadi penyebab nilai Evapotranspirasi lebih tinggi dibandingkan dengan hutan Velodrome. Jenis tanaman (Lampiran 6) pada hutan Malabar cenderung lebih didominasi dengan jenis tanaman yang cepat tumbuh dan memiliki tutupan kanopi yang menyerupai payung dan rimbun. Pada penelitian Hidayana (2007) jenis tanaman sengon menunjukkan jumlah total



evapotranspirasi yang paling tinggi namun jenis tanaman miranti walau merupakan jenis tanaman yang cepat tumbuh, nilai evapotranspirasinya kecil.

c. Koefisien Tanaman (Kc)

Koefisien tanaman (Kc) merupakan perbandingan antara besarnya evapotranspirasi potensial dengan evapotranspirasi tanaman. Hasil dari perhitungan dengan persamaan  $Kc = \frac{ETc}{ETO}$  diperoleh nilai koefisien tanaman pada hutan Malabar dan Velodrome (Tabel 9). Terdapat perbedaan nilai koefisien tanaman (Kc) antara hutan Malabar dan Velodrome, dimana nilai Kc pada hutan Malabar pada kerapatan tinggi dengan nilai rata-rata sebesar 1,04 dan kerapatan sedang 1,71 dan rendah 2,39. Pada hutan Velodrome nilai Kc pada kerapatan tinggi sebesar 1,68, pada kerapatan sedang 1,23 dan rendah memiliki nilai Kc dengan rata-rata yang sama yaitu 0,66. Menurut Allen *et al.*, (1998) terdapat hubungan antara pertumbuhan dan perhitungan evapotranspirasi potensial ( $ET_0$ ), maka nilai Kc tergantung pada musim dan tingkat pertumbuhan tanaman. Selain itu, nilai Kc merupakan nilai koefisien tanaman yang tergantung dari tipe tanaman dan tingkat pertumbuhannya.

**Tabel 8.** Nilai Evapotranspirasi Tanaman, Evapotranspirasi Acuan dan Koefisien Tanaman

Perlakuan	Ulangan	Malabar			Velodrome		
		ETc (mm hr <sup>-1</sup> )	ETo (mm hr <sup>-1</sup> )	Kc (mm hr <sup>-1</sup> )	ETc (mm hr <sup>-1</sup> )	ETo (mm hr <sup>-1</sup> )	Kc (mm hr <sup>-1</sup> )
KT	1	4,92	4,11	1,20	6,21	4,11	1,51
	2	7,78	4,11	1,89	4,72	4,11	1,15
	3	3,40	4,11	0,83	5,84	4,11	1,42
	4	2,99	4,11	0,73	8,75	4,11	2,13
	5	2,22	4,11	0,54	8,94	4,11	2,18
KS	1	8,91	4,11	2,17	7,57	4,11	1,84
	2	7,06	4,11	1,72	5,00	4,11	1,22
	3	6,52	4,11	1,59	5,43	4,11	1,32
	4	4,98	4,11	1,21	3,56	4,11	0,87
	5	7,61	4,11	1,85	3,79	4,11	0,92
KR	1	5,96	4,11	1,45	2,78	4,11	0,68
	2	10,45	4,11	2,54	3,49	4,11	0,85
	3	7,59	4,11	1,85	4,08	4,11	0,99
	4	3,85	4,11	0,94	3,52	4,11	0,86
	5	21,20	4,11	5,16	-0,39	4,11	-0,09

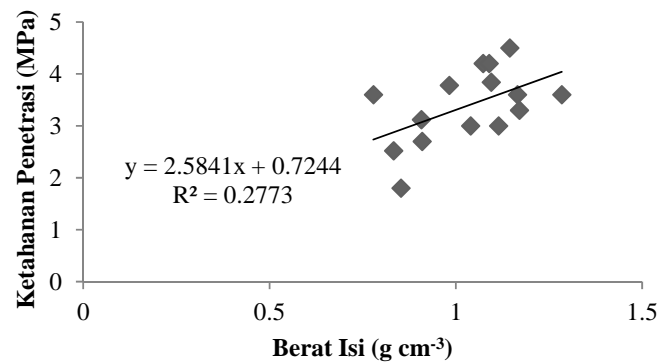
## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1. Hubungan Berat Isi dengan Ketahanan Penetrasi

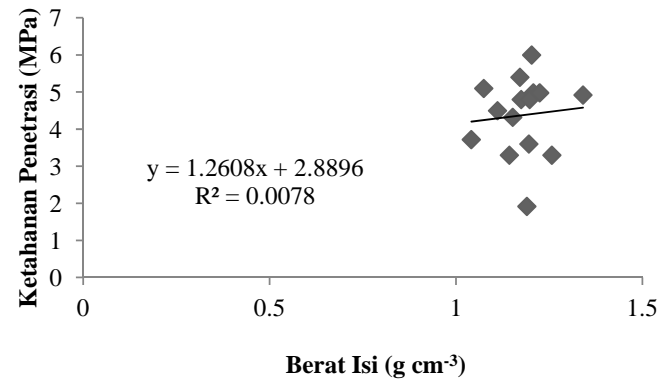
Dari hasil penelitian didapatkan nilai berat isi dari masing-masing hutan kota memiliki nilai yang berbeda. Berat isi dan ketahanan penetrasi saling mempengaruhi dan berhubungan dengan tingkat kepadatan tanah. Berat isi yang tinggi menyebabkan ruang antar partikel menyempit sehingga akar tanaman sulit menembus tanah yang akan menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu bahkan terhambat (Islami dan Utomo, 1995).

Hasil penelitian menunjukkan adanya keeratan hubungan antara berat isi dengan ketahanan penetrasi dengan nilai korelasi sebesar 0,53 pada hutan Malabar dan dengan nilai korelasi 0,09 pada hutan Velodrome (Lampiran 4). Uji regresi (Gambar 16 dan 17) dilakukan untuk mengetahui pengaruh antar parameter salah satunya adalah pengaruh berat isi dengan ketahanan penetrasi dimana hasil penelitian pada hutan Malabar menunjukkan pengaruh berat isi sebesar 28% dan pada hutan Velodrome menunjukkan pengaruh berat isi sebesar 1%.

Hal ini menandakan bahwa pengaruh berat isi terhadap ketahanan penetrasi pada hutan Malabar lebih besar dibandingkan pada hutan Velodrome sebesar 0,1%. Hal ini adanya faktor lain yang mempengaruhi ketahanan penetrasi tanah akibat dari tingginya aktivitas manusia. Berdasarkan hasil penelitian Dewi (2007) menyatakan faktor lain yang mempengaruhi ketahanan penetrasi adalah lalu lintas manusia. Hutan Malabar yang menjadi tempat rekreasi masyarakat tidak lepas dari aktivitas manusia. Hutan Malabar setiap hari dikunjungi manusia dengan berbagai macam kegiatan seperti kegiatan komunitas (musik, fotografi dan pencinta anjing), sebagai tempat istirahat, sebagai sarana tempat olahraga dan kegiatan outbond. Pada Hutan Velodrome juga banyak kegiatan aktivitas manusia, seperti setiap hari Minggu pagi di Hutan Velodrome menjadi tempat kegiatan pasar Minggu dan pada area hutan juga menjadi tempat parkir para pengunjung pasar Minggu. Selain itu, kesehariannya hutan Velodrome sebagai tempat berkumpul para pencinta sepeda, tempat beristirahat manusia serta sebagai sarana tempat olahraga.



**Gambar 16.** Hubungan Berat Isi dengan Ketahanan Penetrasi pada Hutan Malabar



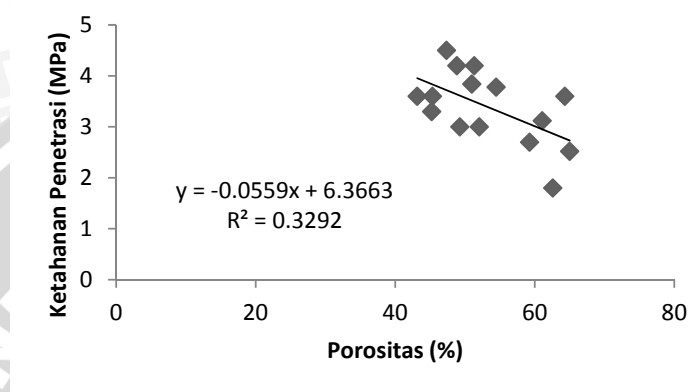
**Gambar 17.** Hubungan Berat Isi dengan Ketahanan Penetrasi pada Hutan Velodrome

#### 4.2.2. Hubungan Porositas dengan Ketahanan penetrasi Tanah

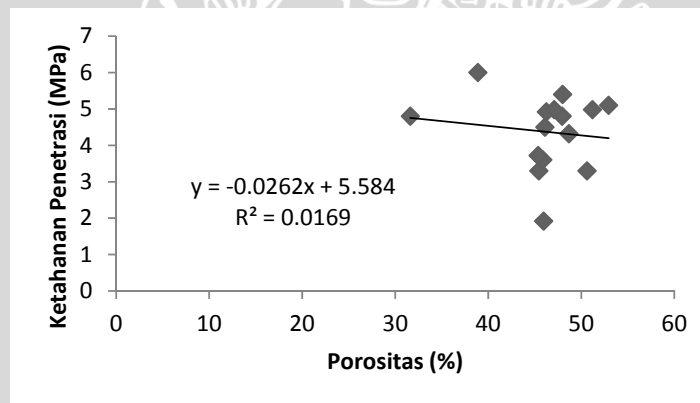
Adanya desakan antar partikel tanah menyebabkan ruang pori tanah berkurang sehingga kerapatan tanah akan meningkat disertai dengan meningkatnya kepadatan tanah. Hasil penelitian berdasarkan uji korelasi (Lampiran 4) terlihat bahwa ketahanan penetrasi pada hutan Malabar berkorelasi negatif dengan porositas tanah ( $r = -0,57$ ) dan pada hutan Velodrome porositas tanah berkorelasi negatif dengan ketahanan penetrasi dengan nilai korelasi  $-0,13$ . Dari hasil penelitian setelah diuji regresi (Gambar 18 dan 19) ada pengaruh porositas terhadap ketahanan penetrasi. Pada hutan Malabar pengaruh porositas sebesar 33% dan pada hutan Velodrome pengaruh porositas sebesar 2%. Dengan demikian porositas tanah semakin rendah maka ketahanan penetrasi semakin meningkat. Hal tersebut menjadi indikasi terjadinya kepadatan tanah yang saling berhubungan serta berpengaruh satu sama lainnya. Pada hutan Malabar dan



Velodrome memiliki ketahanan penetrasi yang tinggi dan diikuti dengan nilai pori yang rendah akibat intensifnya aktivitas manusia. Aktivitas manusia menyebabkan terjadinya desakan antar partikel tanah sehingga pori tanah berkurang dan tanah menjadi padat.



**Gambar 18.** Hubungan Porositas dengan Ketahanan Penetrasi pada Hutan Malabar



**Gambar 19.** Hubungan Porositas dengan Ketahanan Penetrasi pada Hutan Velodrome

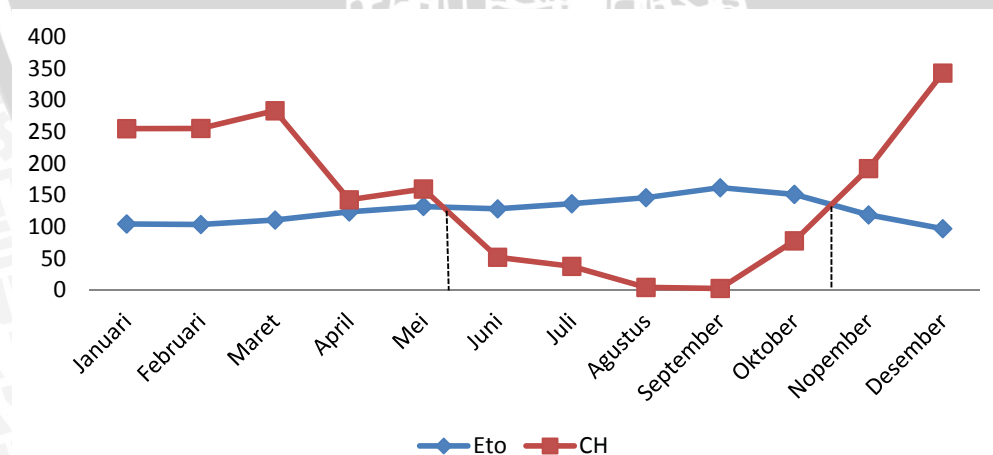
#### 4.2.3. Pengaruh Kerapatan Pohon terhadap Kepadatan Tanah

Kepadatan tanah dapat diketahui dari ketahanan penetrasi, berat isi dan total pori tanah. Ketahanan penetrasi dapat menjadi indikasi untuk mengetahui kepadatan tanah, pada setiap kerapatan pohon memiliki nilai ketahanan penetrasi yang berbeda. Tanah yang padat akan memiliki ketahanan penetrasi dan berat isi yang tinggi serta ruang pori yang rendah. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa kerapatan pohon yang tinggi pada hutan Malabar dan Velodrome memiliki

kepadatan tanah yang rendah, dan semakin rendah kerapatan pohon kepadatan tanah akan tinggi. Hal ini disebabkan karena ketersediaan seresah daun dan ranting pada masing-masing kerapatan akan menjadi masukan bahan organik pada tanah. Selain itu, aktivitas manusia menyebabkan terjadinya kepadatan tanah yang merupakan salah satu degradasi tanah dari segi fisik. Kegiatan manusia seperti pejalan kaki saat rekreasi dan sistem pengelolaan hutan kota dengan menyapu serta pengangkutan seresah dilakukan rutin setiap hari, akan mengakibatkan kepadatan tanah atau degradasi lahan khususnya dari segi fisik.

#### 4.2.4. Neraca Air pada Hutan Malabar dan Velodrome

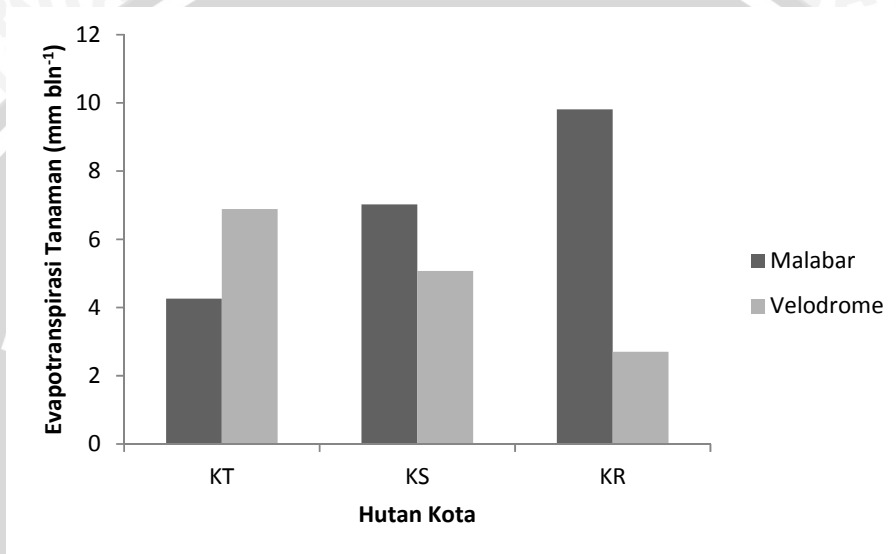
Dari hasil perhitungan diperoleh rata-rata curah hujan sebesar 277,16 mm bln<sup>-1</sup> yang dimana pada bulan Nopember – Mei (bulan basah) dan pada bulan Juni – Oktober (bulan kering). Pada bulan Desember merupakan bulan dengan curah hujan tertinggi dengan nilai rata-rata 342,70 mm th<sup>-1</sup> dan pada bulan September merupakan bulan dengan curah hujan terendah dengan nilai rata-rata 2,15 mm th<sup>-1</sup>. Ini berarti pada bulan Nopember – Mei merupakan bulan yang surplus air dan pada bulan Juni – Oktober bulan kekurangan air (defisit air). Defisit tertinggi pada bulan Oktober (77,40 mm th<sup>-1</sup>) dan defisit terendah pada bulan September (2,15 mm th<sup>-1</sup>)(Gambar 19). Dengan banyaknya bulan yang mengalami surplus air (7 bln) maka kebutuhan air hutan kota Malabar dan hutan kota Velodrome masih tercukupi



**Gambar 20.** Curah hujan (P) dan Evapotranspirasi (ET<sub>0</sub>) tahun 2000-2013

Berdasarkan Tabel 9 nilai Evapotranspirasi Tanaman (ET<sub>c</sub>) pada hutan Malabar dan Velodrome terdapat perbedaan nilai antara kerapatan pohon dan

antara hutan Malabar dan Velodrome. Diketahui nilai ETc pada Hutan Malabar dengan kerapatan pohon yang tinggi sebesar  $4,26 \text{ mm bln}^{-1}$ , pada kerapatan pohon sedang sebesar  $7,02 \text{ mm bln}^{-1}$  dan pada kerapatan pohon rendah sebesar  $9,81 \text{ mm bln}^{-1}$ . Nilai ETc pada hutan Velodrome berbeda dengan hutan Malabar, dimana kerapatan pohon tinggi memiliki nilai ETc juga yang tinggi ( $6,89 \text{ mm bln}^{-1}$ ). Nilai ETc pada kerapatan yang sedang sebesar  $5,07 \text{ mm bln}^{-1}$  dan pada kerapatan pohon rendah sebesar  $2,7 \text{ mm bln}^{-1}$  (Gambar 21).

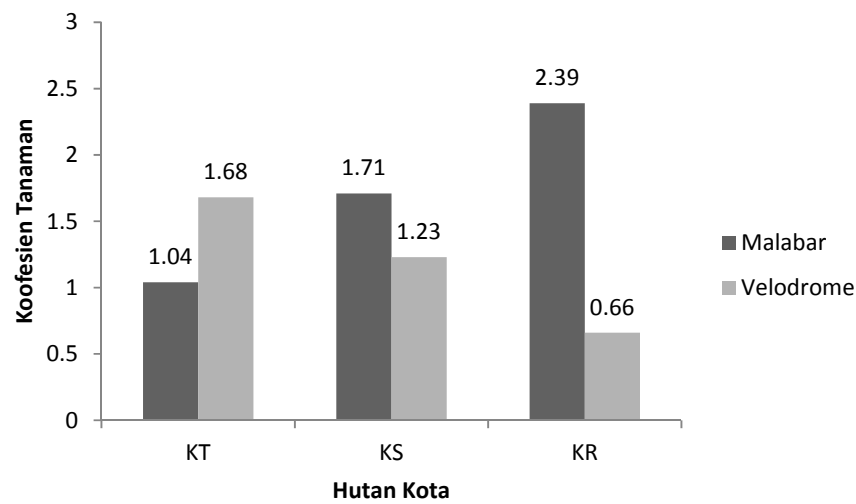


Keterangan: KT : kerapatan pohon tinggi, KS : kerapatan pohon sedang, KR : kerapatan pohon rendah

**Gambar 21.** Evapotransi Tanaman (ETc) pada Hutan Malabar dan Velodrome

Koefisien tanaman ( $K_c$ ) pada hutan Malabar dan Velodrome juga mempunyai nilai yang berbeda. Koefisien tanaman dipengaruhi oleh nilai Evapotranspirasi potensial dan Evapotranspirasi tanaman. Koefisien tanaman diketahui dari perbandingan antara besarnya Evapotranspirasi potensial dan Evapotranspirasi tanaman, sehingga koefisien tanaman nilainya tergantung pada musim dan tingkat pertumbuhan tanaman.





Keterangan: KT : kerapatan pohon tinggi, KS : kerapatan pohon sedang, KR : kerapatan pohon rendah

**Gambar 22.** Nilai koefisien pada Hutan Malabar dan Velodrome

Nilai Kc pada hutan Malabar dengan kerapatan yang tinggi sebesar 1,04 pada kerapatan pohon sedang sebesar 1,71 dan pada kerapatan pohon yang rendah sebesar 2,39. Nilai Kc pada hutan Velodrome pada kerapatan tinggi memiliki nilai yang lebih tinggi (1,68) sedangkan kerapatan sedang memiliki nilai 1,23 dan kerapatan rendah memiliki nilai 1,11. Secara umum nilai Kc pada hutan Malabar lebih besar dibandingkan dengan nilai Kc pada hutan Velodrome. Nilai Kc dari hutan kota Malabar dan Velodrome merupakan nilai dari koefisien tanaman berkayu, dimana hutan kota didominasi tanaman berkayu. Menurut FAO nilai Kc pisang sebesar 1,10 ; anggur 0,85 ; tebu 1,25 ; mangga 1,10 dan nilai Kc tanaman yang diperoleh dari hutan Malabar dan Velodrome kisaran Kc tanaman-tanaman berkambium dan berkayu.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Kerapatan pohon tinggi pada hutan Malabar dan Velodrome memiliki tingkat kepadatan yang rendah dengan nilai ketahanan penetrasi paling rendah dan berat isi terendah, serta pori tertinggi bila dibandingkan dengan kerapatan pohon yang sedang dan tinggi di kedua hutan kota. Nilai ketahanan penetrasi memiliki hubungan yang lemah terhadap berat isi, pada hutan Malabar dengan  $R^2 = 0,28$  dan hutan Velodrome  $R^2 = 0,01$ . Nilai ketahanan penetrasi juga pengaruhnya lemah oleh porositas, pada hutan Malabar  $R^2 = 0,33$  dan pada hutan Velodrome  $R^2 = 0,02$ .
2. a. Wilayah di hutan kota Malabar dan Velodrome surplus air lebih besar dibandingkan dengan defisit air, pada bulan Nopember – Mei terjadi surplus air dan pada Juni – Oktober terjadi defisit air  
b. Pada hutan Malabar memiliki nilai rata-rata  $ET_c$  yang lebih besar dibandingkan hutan Velodrome dan Hutan Malabar memiliki nilai rata-rata  $K_c$  lebih besar dibanding hutan Velodrome.

### 5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian pada ruang terbuka hijau pada wilayah lainnya sehingga dapat diketahui perbedaan setiap ruang terbuka hijau.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous<sup>a</sup>. 2013. [http://id.wikipedia.org/wiki/Neraca\\_air](http://id.wikipedia.org/wiki/Neraca_air) . Diakses 10 April 2014. Malang
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D. dan Smith Martin. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper 56.FAO.Roma
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai. Yogyakarta. Gadjah Mada Press
- Arfan, H dan Pratama, A. 2012. Model Eksperimen Pengaruh Kepadatan, Intensitas Curah Hujan dan Kemiringan Terhadap Reasapan Pada Tanah Organik. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unhas. Makasar
- Arianti, I. 2010. Ruang Terbuka Hijau. Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Rekayasa. Edisi Januari 2010. Jurusan Teknik Sipil. POLNEP
- Brady, N.C. dan R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soil 13th Edition. The Mcmillan Publishing Company. Canada
- Coder, K.D. 2000. Soil Compaction & Trees: Causes, Symptoms & Effects. University of Georgia. Georgia
- Damanik, P. 2007. Perubahan Kepadatan Tanah dan Produksi Tanaman Kacang Tanah Akibat Intensitas Lintasan Traktor dan Dosis Bokasi. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia
- Dewi, D.T. 2007. Studi Kepadatan Permukaan Tanah pada Beberapa Penggunaan Lahan. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
- Gregory, P. 2006. Plan Roots : Growth, Activity and Interaction With The Soil. Blackwell. UK.
- Hardjowigeno, S. 2002. Ilmu Tanah. Akademika Presindo. Jakarta
- Hardjowigeno, S. 1995. Ilmu Tanah. Akademika Presindo. Jakarta
- Hudayana, D. 2007. Evapotranspirasi dan Pertumbuhan Anakan *Acacia crassicarpa* A. Cunn. Ex. Benth, *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen, *Swietenia macrophylla* King DAN *Shore selanica* BL. Pada Berbagai Kadar Air Tanah. Skripsi. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia
- Islami, T dan Utomo, W.H. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. Semarang: Ikip Semarang Press
- Manik, K.E.S, Afandi dan S.B., Yuwono. 1996. Studi Pemadatan Tanah di Lereng Tengah Gunung Betung. Jurnal Tanah Tropika Tahun II No.2 (1-6)
- Nugraha, A.A. 2004. Perubahan Resistensi Listrik Pada Tanah Dalam Hubungannya Dengan Sifat Fisik Tanah (KA dan Bobot Isi). Skripsi.



Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia

- Lado, M., Paz, dan Ben-Hur. 2004. Organic Matter and Aggregate Size Interactions in Infiltration, Seal Formation, and Soil Loss. *Soil Science Society Of America Journal* 68: 935-942
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate Stability and Assesment of Soil Crustability and Erodibility: I Theory and Methodology. *European Journal of Soil Science*. 47; (425-437)
- Purwowidodo. 1986. Tanah dan Erosi. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogot. Bogor.
- Raghavan, G.S.V. 1990. Soil Compaction in Agriculture View Toward Managing the Problem. Springer-verlag. Berlin
- Russel, E.W. 1973. Soil Condition and Plant Growth (10<sup>th</sup> Edition). Longman. London
- Saribun, D.S. 2007. Pengaruh Jenis Penggunaan Lahan dan Kelas Kemiringan Lereng Terhadap Bobot Isi, Porositas Total, dan Kadar Air Tanah pada Sub-Das Cikapundung Hulu. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Indonesia
- Setyowati, D.L. 2007. Sifat Fisik Tanah dan Kemampuan Tanah Meresapkan Air pada Lahan Hutan, Sawah dan Permukiman. Vol. 4 No. 2 Hal. 117
- Setyowati, D. L. 2008. Iklim Mikro dan Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau di Kota Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. Vol 15, No. 3: 125-140
- Singer, J.M. dan D.N., Munns. 1996. SOIL: an Introduction (3<sup>rd</sup> edition). University of California, Davis. Prentice Hall-inc. Asimon and Schuster Company. Upper Saddle River; New Jersey
- Smith, K.A. dan C.E. Mullins. 2001. Soil and Environmental Analysis; Physical Methods. Marcel Dekker, Inc. USA
- Stiegler, James. H, 2000. Soil Compaction and Crusts. Oklahoma State University, Oklahoma
- Suprayogo, D.; Widiyanto; P.,Purnomosidi; R.H.,Widodo; F., Rusiana; Z., Aini; N.,Khasanah; dan Z. Kusuma. 2004 Degradasi Sifat Fisik Tanah sebagai Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Sistem Kopi Monokultur: Kajian Perubahan Makroporositas Tanah. *Agrivitas* 26 (60-68)
- Soemarno. 2004. Model Pengelolaan Sumberdaya Hutan untuk Pengembangan Wilayah dan Pemberdayaan Masyarakat. Malang
- Triatmodjo, B. 2010. Hidrologi Terapan. Yogyakarta. Beta Offset.
- Wolf, B. dan G.H., Snyder. 2003. Sustainable Soils (the place of organic matter insustaining soils and their productivity). Harworth Press, INC. 10 Allice Street, Binghamton. New York.