



BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

AGROHIDROLOGI

- **Ir. Haris, MP**
- **Kaharuddin, SP.,MP**

PUSAT PENDIDIKAN PERTANIAN

Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian

KEMENTERIAN PERTANIAN

2018



BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

AGROHIDROLOGI

- **Ir. Haris, MP**
- **Kaharuddin, SP.,MP**

PUSAT PENDIDIKAN PERTANIAN

Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian
KEMENTERIAN PERTANIAN

2018

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

POLITEKNIK PEMBANGUNAN PERTANIAN

ISBN : 978-602-6367-39-6

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Pendidikan Pertanian

PENYUSUN

Agrohidrologi

- Ir. Haris, MP
- Kaharuddin, SP.,MP

TIM REDAKSI

Ketua : Dr. Bambang Sudarmanto, S.Pt.,MP

Sekretaris : Yudi Astoni, S.TP.,M.Sc

Pusat Pendidikan Pertanian
Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian,
Kantor Pusat Kementerian Pertanian
Gedung D, Lantai 5, Jl. Harsono RM, No. 3 Ragunan, Jakarta Selatan 12550
Telp./Fax : (021) 7827541, 78839234

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke khadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusunan Buku Petunjuk Praktikum dapat diselesaikan dengan baik. Buku panduan ini memuat teori, aturan, bahan evaluasi dan pelaporan hasil praktikum yang diacu oleh mahasiswa pada Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian, sesuai dengan materi ajar yang telah diberikan.

Terima kasih kami sampaikan kepada Ir. Haris, MP dan Kaharuddin, SP,MP selaku Dosen Politeknik Pembangunan Pertanian yang telah menyusun Buku Petunjuk Praktikum ini serta semua pihak yang telah turut membantu dalam penyelesaiannya. Buku Petunjuk Praktikum ditujukan untuk memenuhi kebutuhan informasi yang diperlukan oleh para mahasiswa, dosen serta pranata laboratorium pendidikan yang akan terlibat dalam proses kegiatan praktikum. Diharapkan pelaksanaan dan penyelenggaraan praktikum dapat terlaksana lebih baik lagi serta mampu meningkatkan kualitas pembelajaran pada lingkup Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan Buku Petunjuk Praktikum ini. Semoga buku petunjuk praktikum ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, dosen serta pranata laboratorium pendidikan pada Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian lingkup Kementerian Pertanian.

Jakarta, Juli 2018
Kepala Pusat Pendidikan Pertanian

Drs. Gunawan Yulianto, MM., MSi.
NIP. 19590703 198001 1 001

PRAKATA

Buku petunjuk praktikum Agrohidrologi merupakan salah satu referensi pada kegiatan praktikum mata kuliah Agrohidrologi bagi mahasiswa Program Studi Budidaya Tanaman Hortikultura di Politeknik Pembangunan Pertanian (POLBANGTAN). Penyajian buku petunjuk praktikum ini disajikan dengan ringkas dengan bahasa yang sederhana dan mudah dipahami, sehingga memudahkan mahasiswa dalam mengikuti uraian materi dan petunjuk pelaksanaannya.

Buku petunjuk praktikum ini masih kurang sempurna, tentu kami sangat berharap ada masukan saran untuk perbaikan dan kesempurnaan buku ini, semoga buku petunjuk praktikum ini memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi mahasiswa dan pihak lain yang berhubungan dengan ilmu agrohidrologi.

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
Praktikum 1. Presipitasi/Hujan	1
1. Pokok Bahasan	1
2. Indikator Pencapaian	1
3. Teori	1
4. Bahan dan Alat	4
5. Organisasi	5
6. Prosedur Kerja	5
7. Tugas dan Pertanyaan	6
8. Pustaka	7
9. Hasil Praktikum	8
Praktikum 2. Evaporasi	10
1. Pokok Bahasan	10
2. Indikator Pencapaian	10
3. Teori	10
4. Bahan dan Alat.....	11
5. Organisasi	11
6. Prosedur Kerja	12
7. Tugas dan Pertanyaan	12
8. Pustaka.....	13
9. Hasil Praktikum	13
Praktikum 3. Infiltrasi	15
1. Pokok Bahasan	15
2. Indikator Pencapaian	15
3. Teori	15
4. Bahan dan Alat.....	17
5. Organisasi	17
6. Prosedur Kerja	17
7. Tugas dan Pertanyaan	18
8. Pustaka	19
9. Hasil Praktikum	20

Praktikum 4. Debit Aliran.....	22
1. Pokok Bahasan	22
2. Indikator Pencapaian	22
3. Teori	22
4. Bahan dan Alat.....	23
5. Organisasi	24
6. Prosedur Kerja	24
7. Tugas dan Pertanyaan	37
8. Pustaka	38
9. Hasil Praktikum	38
Praktikum 5. Kebutuhan Air Tanaman	40
1. Pokok Bahasan	40
2. Indikator Pencapaian	40
3. Teori	40
4. Bahan dan Alat	42
5. Organisasi	42
6. Prosedur Kerja	42
7. Tugas dan Pertanyaan	51
8. Pustaka	52
9. Hasil Praktikum	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alat Penakar Curah Hujan	2
2. Panci Evaporasi	12
3. <i>Double ring infiltrometer</i>	17
4. Penempatan Stasiun Pengamat	26
5. Pengukuran Langsung pada Badan Air	29
6. Pengukuran dengan Menggunakan Perahu	30
7. Pengukuran pada Sisi Jembatan	31
8. Pengukuran dengan Menggunakan <i>Cable Car</i> (Kereta Gantung)	31
9. Pengukuran dengan Menggunakan <i>Winch Cable Way</i>	33
10. Pengukuran dengan Menggunakan Metode Pelampung	35
11. Penampang Basah Saluran	36
12. Penampang Saluran Air	38
13. ETO Hasil Perhitungan Program CROPWAT	52



BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM (AGROHIDROLOGI)

Minggu ke	: 1 – 3
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mahasiswa mengetahui dan mampu mengukur curah hujan, serta mampu menghitung curah hujan pada suatu wilayah
Waktu	: 3 (2 x 170) menit
Tempat	: Kelas Lapangan dan Lahan Praktikum

1. Pokok Bahasan:

Presipitasi / hujan

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu mengukur curah hujan dengan alat penakar curah hujan non-otomatik.
- b. Mahasiswa mampu mengukur tebal curah hujan yang terjadi selama satu peristiwa hujan dan selama 24 jam.
- c. Mahasiswa mampu menghitung curah hujan wilayah dengan beberapa metode rata-rata.

3. Teori :

a. Curah hujan

Curah hujan yaitu jumlah air hujan yang turun pada suatu daerah dalam waktu tertentu. Alat untuk mengukur banyaknya curah hujan secara manual disebut *raingauge*. Curah hujan diukur dalam harian, bulanan, dan tahunan. Ketelitian hasil pengukuran curah hujan tergantung pada variabilitas spasial, maksudnya diperlukan semakin banyak lagi penakar curah hujan, bila kita mengukur di suatu daerah yang variasi curah hujannya besar. Ketelitian akan semakin meningkat dengan semakin banyaknya penakar yang dipasang, tetapi memerlukan biaya mahal dan juga memerlukan banyak waktu dan tenaga.



Gambar 1. Alat penakar curah hujan

Pengaruh curah hujan sangat penting dalam kegiatan pertanian karena hujan sangat berguna dalam pembentukan embung, dam atau waduk yang dapat dipergunakan sebagai irigasi pertanian yang dapat membantu para petani untuk bercocok tanam dan hal pertanian lainnya.

b. Perhitungan Curah Hujan Wilayah

Analisis data curah hujan bertujuan untuk mendapatkan besaran curah hujan. Perlunya menghitung curah hujan wilayah adalah untuk penyusunan suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir. Metode yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) ada tiga metode, yaitu metode rata-rata aritmatik, metode poligon Thiessen dan metode Isohyet.

1) Metode Rata-rata Aritmatik

Metode ini paling sederhana, pengukuran yang dilakukan di beberapa stasiun dalam waktu yang bersamaan dijumlahkan dan kemudian dibagi jumlah stasiun. Stasiun hujan yang digunakan dalam hitungan adalah yang berada dalam DAS, tetapi stasiun di luar DAS tangkapan yang masih berdekatan juga bisa diperhitungkan. Metode rata-rata aljabar memberikan hasil yang baik apabila

stasiun hujan tersebar secara merata di DAS dan distribusi hujan relatif merata pada seluruh DAS

Rumus:
$$P = \frac{1}{n}(P_1 + P_2 + \dots + P_n) \dots\dots\dots 1$$

Keterangan:

P = Rata-rata curah hujan wilayah (mm)

n = Jumlah stasiun pengamat curah hujan

P₁, P₂, ..., P_n = Curah hujan pada stasiun 1, 2, ..., n (mm)

2) Metode Poligon Thiessen

Metode ini memperhitungkan bobot dari masing-masing stasiun yang mewakili luasan di sekitarnya. Pada suatu luasan di dalam DAS dianggap bahwa hujan adalah sama dengan yang terjadi pada stasiun yang terdekat, sehingga hujan yang tercatat pada suatu stasiun mewakili luasan tersebut. Metode ini digunakan apabila penyebaran stasiun hujan di daerah yang ditinjau tidak merata, pada metode ini stasiun hujan minimal yang digunakan untuk perhitungan adalah tiga stasiun hujan. Hitungan curah hujan rata-rata dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh dari tiap stasiun. Metode poligon Thiessen banyak digunakan untuk menghitung hujan rata-rata kawasan. Poligon Thiessen adalah tetap untuk suatu jaringan stasiun hujan tertentu. Apabila terdapat perubahan jaringan stasiun hujan seperti pemindahan atau penambahan stasiun, maka harus dibuat lagi poligon yang baru.

Rumus:
$$P = \frac{A_1 P_1 + A_2 P_2 + \dots + A_n P_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots\dots\dots 2$$

Keterangan:

P = Rata rata curah hujan wilayah (mm)

P₁, P₂, ...P_n = curah hujan masing-masing stasiun (mm)

A₁, A₂, ..A_n = luas pengaruh masing-masing stasiun (km²)

3) Metode Isohyet

Isohyet adalah garis yang menghubungkan titik-titik dengan kedalaman hujan yang sama. Pada metode Isohyet, dianggap bahwa hujan pada suatu daerah di antara dua garis Isohyet adalah merata dan sama dengan nilai rata-rata dari kedua garis Isohyet tersebut. Metode Isohyet merupakan cara paling teliti untuk menghitung kedalaman hujan rata-rata di suatu daerah, pada metode ini stasiun hujan harus banyak dan tersebar merata, metode Isohyet membutuhkan pekerjaan dan perhatian yang lebih banyak dibanding dua metode lainnya.

$$\text{Rumus } p = \frac{A_1 \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) + A_2 \left(\frac{p_1 + p_2}{2} \right) + \dots + A_n \left(\frac{p_n + p_{n+1}}{2} \right)}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad \dots 3$$

Keterangan:

P = Rata rata curah hujan wilayah (mm)

p_1, p_2, \dots, p_n = curah hujan masing-masing isohyet (mm)

A_1, A_2, \dots, A_n = luas wilayah antara 2 (dua) isohiet (km²)

4. Bahan dan Alat :

- 1) Alat tulis menulis
- 2) Penggaris
- 3) Kalkulator
- 4) Alat Penakar Curah Hujan
- 5) Kertas millimeter blok
- 6) Peta Lokasi Stasiun Penakar Curah Hujan
- 7) Peta Batas Administrasi Kabupaten lokasi pengamatan
- 8) Peta Daerah Aliran Sungai (DAS) lokasi pengamatan
- 9) Data Curah Hujan pada setiap stasiun pengamatan
- 10) Notebook/laptop dengan software ArcGis (jika memungkinkan)

5. Organisasi :

Mahasiswa dibagi menjadi 7 (tujuh) kelompok, masing-masing kelompok berjumlah 5 (lima) orang dan bekerja sesuai dengan kelompok masing-masing.

6. Prosedur Kerja :

a) Mengukur curah hujan

Langkah kerja :

- 1) Menyiapkan alat penakar curah hujan.
- 2) Melakukan pengamatan/penghitungan curah hujan.
- 3) Menghitung jumlah total curah hujan.
- 4) Membandingkan hasil pengukuran manual dengan hasil pengukuran pada alat *Automatic Weather System (AWS)*, jika ada.

b) Menghitung curah hujan pada suatu wilayah

Langkah kerja:

Cara Aritmatik

- 1) Menyiapkan alat dan bahan.
- 2) Menghitung jumlah total curah hujan di kabupaten lokasi praktikum.
- 3) Menghitung curah hujan rata-rata berdasarkan rumus Aritmatik.

Cara Poligon Thiessen

- 1) Menyiapkan alat dan bahan.
- 2) Menghubungkan titik-titik tempat stasiun terdekat berada pada peta dengan garis lurus
- 3) Membentuk garis-garis yang menghubungkan titik-titik stasiun menjadi bentuk segitiga.
- 4) Membagi garis lurus antara dua stasiun (garis 1) yang berdekatan sama panjang.

- 5) Menarik garis tegak lurus dari garis 1 pada titik pembagi garis tersebut (garis 2).
- 6) Membagi luasan wilayah tiap stasiun berdasarkan garis 2
- 7) Menghitung luasan wilayah tiap stasiun dengan kertas milimeter blok
- 8) Menghitung curah hujan rata-rata dengan rumus Poligon Thiessen.

Cara Isohyet

- 1) Menyiapkan alat dan bahan.
- 2) Menghubungkan titik stasiun dengan curah hujan terbesar dengan titik-titik stasiun yang lain dengan garis lurus.
- 3) Membagi garis lurus tersebut menjadi beberapa bagian dengan interval yang sama.
- 4) Menghubungkan titik-titik dengan curah hujan sama menjadi garis isohyet.
- 5) Menghitung luas wilayah tiap stasiun berdasarkan garis-garis isohyet tersebut.
- 6) Menghitung besar rata-rata curah hujan dengan rumus Isohyet.

7. Tugas dan Pertanyaan :

- a. Tugas
 - 1) Mahasiswa mengukur jumlah hujan pada alat penakar curah hujan.
 - 2) Mahasiswa menghitung ketebalan hujan.
 - 3) Mahasiswa membandingkan hasil yang diperoleh pada pengamatan secara manual dengan hasil yang diperoleh pada AWS.
 - 4) Mahasiswa membuat poligon Thiessen.
 - 5) Mahasiswa menghitung luas wilayah berdasarkan poligon Thiessen.
 - 6) Mahasiswa menghitung curah hujan wilayah berdasarkan poligon Thiessen.

- 7) Mahasiswa membuat garis isohyet.
 - 8) Mahasiswa menghitung luas wilayah berdasarkan garis isohyet.
 - 9) Mahasiswa menghitung curah hujan wilayah berdasarkan garis isohyet.
 - 10) Mahasiswa membuat kesimpulan tentang hasil praktikum
- b. Pertanyaan
- 1) Bagaimana cara menyiapkan alat penakar curah hujan.
 - 2) Bagaimana cara menghitung ketebalan hujan.
 - 3) Bagaimana cara membuat poligon Thiessen.
 - 4) Bagaimana cara menghitung luas wilayah berdasarkan poligon Thiessen.
 - 5) Bagaimana cara menghitung curah hujan wilayah berdasarkan poligon Thiessen.
 - 6) Bagaimana cara membuat garis isohyet.
 - 7) Bagaimana cara menghitung luas wilayah berdasarkan garis isohyet.
 - 8) Bagaimana cara menghitung curah hujan wilayah berdasarkan garis isohyet.
 - 9) Kendala apa yang dihadapi dalam mengukur curah hujan dan menghitung curah hujan wilayah.

8. Pustaka :

- Chay Asdak. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.
- Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Kensaku Takeda. 2005. *Hidrologi Pertanian*. PT. Pradya Utama, Bogor.
- Sugeng Utaya. 2013. Pengantar hidrologi. Aditya Media Publishing, Yogyakarta
- Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

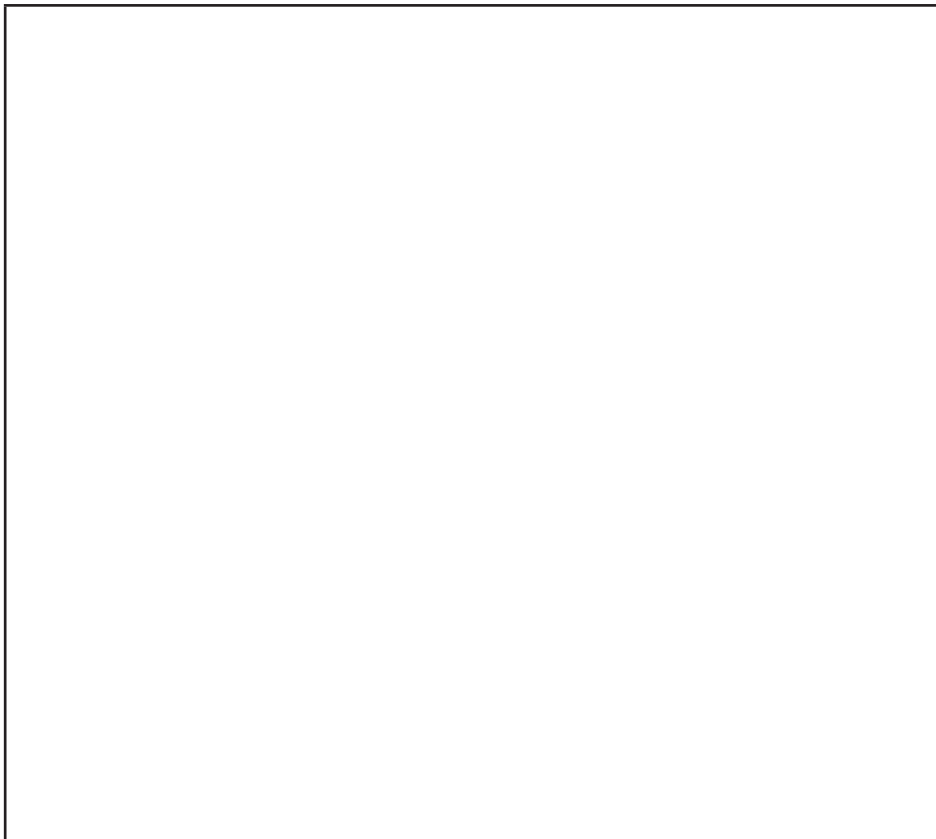
9. Hasil Praktikum :

a) Lembar pengamatan curah hujan

- Nama Pengamat : _____
- N I R M : _____
- Lokasi Pengamatan : _____
- Tanggal Pengamatan : _____
- Untuk Pengamatan suatu peristiwa hujan
 - Lama hujan : _____ jam
 - Tebal hujan : _____ mm
- Untuk Pengamatan curah hujan harian
 - Lama hujan : 24 jam
 - Tebal hujan : _____ mm

b) Lembar perhitungan curah hujan pada suatu wilayah

1) Peta poligon Thiessen



2) Peta Isohyet



3) Hasil perhitungan curah hujan wilayah:

- Nama Pengamat :
- N I R M :
- Hasil Perhitungan :

- a) Rata-rata curah hujan wilayah dengan cara aritmatik
- b) Rata-rata curah hujan wilayah dengan cara Poligon Thiessen
- c) Rata-rata curah hujan wilayah dengan cara Isohiet

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM (AGROHIDROLOGI)

Minggu ke	: 4 – 5
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mahasiswa mengetahui dan mampu melakukan pengukuran epavorasi
Waktu	: 2 (2 x 170) menit
Tempat	: Kelas Lapangan dan Lahan Praktikum

1. Pokok Bahasan :

Evaporasi

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu mengukur evaporasi secara langsung di lapangan.
- b. Mahasiswa mampu mengetahui besarnya evaporasi yang terjadi pada suatu hari.

3. Teori :

Air yang tertampung di badan air seperti danau, sungai, laut, sawah, bendungan atau waduk berubah menjadi uap air karena adanya panas matahari. Penguapan serupa juga terjadi pada air yang terdapat di permukaan tanah. Penguapan semacam ini disebut dengan istilah evaporasi. Evaporasi mengubah air berwujud cair menjadi air yang berwujud gas sehingga memungkinkan ia untuk naik ke atas atmosfer bumi. Semakin tinggi panas matahari (misalnya saat musim kemarau), jumlah air yang menjadi uap air dan naik ke atmosfer bumi juga akan semakin besar.

Evaporasi adalah peristiwa berubahnya air menjadi uap. Uap ini kemudian bergerak dari permukaan tanah atau permukaan air ke udara. Evaporasi merupakan penguapan yang terjadi pada permukaan tanah. Evaporimeter sebagai alat penakar evaporasi adalah bejana penguapan berupa panci atau tangki yang berisi air bersih.

Cara menentukan penguapan bisa secara langsung yaitu dengan alat panci evaporasi maupun secara tidak langsung dengan menggunakan rumus empiris

yaitu besarnya evaporasi menurut Penman adalah :

$$E = 0,35 (e_a - e_d) (1 + v/100) \dots\dots\dots 4$$

Keterangan:

E = evaporasi (mm/hari)

e_a = tekanan uap jenuh pada suhu rata – rata harian (mm/hari)

e_d = tekanan uap sebenarnya (mm/Hg)

v = kecepatan angin pada ketinggian 2 m di atas permukaan tanah (mile/hari)



Gambar 2. Panci evaporasi

4. Bahan dan Alat :

- 1) Alat tulis menulis
- 2) Penggaris
- 3) Kalkulator
- 4) Panci evaporasi
- 5) Termometer bola basah dan bola kering
- 6) Sampel air
- 7) Jam/Stopwatch

5. Organisasi :

Mahasiswa dibagi menjadi 7 (tujuh) kelompok, masing-masing kelompok berjumlah 5 (lima) orang dan bekerja sesuai dengan kelompok masing-masing.

6. Prosedur Kerja :

- 1) Menyiapkan panci evaporasi.
- 2) Meletakkan panci evaporasi pada tempat yang rata/datar
- 3) Mengisi panci evaporasi dengan air jernih sampai pada ketinggian tertentu.
- 4) Pengamatan dimulai pada jam 07.00 waktu setempat, dengan mengukur ketinggian muka air
- 5) Biarkan penguapan terjadi selama 24 jam
- 6) Besok harinya, pada jam 07.00 waktu setempat, dilakukan pengukuran ketinggian muka air.
- 7) Hitung penyusutan ketinggian muka air pada panci evaporasi. Nilai/angka yang diperoleh adalah merupakan nilai evaporasi yang terjadi selama 24 jam.

7. Tugas dan Pertanyaan :

a. Tugas

- 1) Mahasiswa menyiapkan panci evaporasi dan meletakkan pada tempat yang rata/datar.
- 2) Mahasiswa mengisi panci evaporasi dengan air jernih sampai pada ketinggian tertentu.
- 3) Mahasiswa melakukan pengamatan dimulai pada jam 07.00 waktu setempat, dengan mengukur ketinggian muka air, dan membiarkan terjadi penguapan selama 24 jam.
- 4) Mahasiswa melakukan pengamatan pada jam 07.00 waktu setempat, setelah terjadi penguapan selama 24 jam dengan mengukur ketinggian muka air.
- 5) Mahasiswa menghitung penyusutan ketinggian muka air pada panci evaporasi.
- 6) Mahasiswa menetapkan nilai/angka yang diperoleh adalah merupakan nilai evaporasi yang terjadi selama 24 jam.

7) Mahasiswa membuat kesimpulan hasil praktikum

b. Pertanyaan

- 1) Bagaimana cara menyiapkan panci evaporasi.
- 2) Bagaimana cara melakukan pengukuran tinggi muka air pada panci evaporasi.
- 3) Bagaimana cara menghitung penyusutan ketinggian muka air pada panci evaporasi.
- 4) Bagaimana cara menetapkan nilai evaporasi pada suatu wilayah.
- 5) Kendala apa yang dihadapi dalam mengukur evaporasi.

8. Pustaka :

Chay Asdak. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Kensaku Takeda. 2005. *Hidrologi Pertanian*. PT. Pradya Utama, Bogor.

Sugeng Utaya. 2013. *Pengantar hidrologi*. Aditya Media Publishing, Yogyakarta

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

9. Hasil Praktikum :

Lembar pengamatan curah hujan

- Nama Pengamat :
- N I R M :
- Lokasi pengamatan :
- Tanggal pengamatan :
- Pengamatan tinggi muka air

- o Pengamatan I (A) : mm
 - o Pengamatan II (B) : mm
- Lama penguapan : 24 jam
- Selisih tinggi muka air
 - o $A - B$: mm
- Evaporasi : mm/hari

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM (AGROHIDROLOGI)

Minggu ke	: 6 - 8
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mahasiswa mengetahui dan mampu melakukan pengukuran infiltrasi
Waktu	: 2 (2 x 170) menit
Tempat	: Kelas Lapangan dan Lahan Praktikum

1. Pokok Bahasan :

Infiltrasi

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu mengukur infiltrasi di lapangan.
- b. Mahasiswa mampu mengetahui tingkat infiltrasi pada berbagai jenis tanah.

3. Teori :

Air hujan yang turun ke permukaan bumi setelah proses presipitasi akan mengalir di permukaan bumi melalui proses *runoff*. Sebagian kecil di antaranya akan bergerak ke dalam pori-pori tanah, merembes, dan terakumulasi menjadi air tanah. Proses pergerakan air ke dalam pori tanah ini disebut proses infiltrasi. Infiltrasi adalah proses meresapnya air ke dalam tanah melewati permukaan tanah. Infiltrasi merupakan besarnya tebal air yang dapat meresap ke dalam tanah per satuan waktu.

Umumnya besarnya infiltrasi dinyatakan dalam satuan mm/hari atau cm/hari. Pada dasarnya ada tiga faktor yang mempengaruhi besar-kecilnya infiltrasi yaitu sifat permukaan tanah, transmisi lapisan tanah, dan pengatusan kapasitas infiltrasi. Faktor sifat permukaan tanah ditentukan oleh kepadatan permukaan tanah dan ada tidaknya tumbuhan. Semakin padat kondisi permukaan tanah, maka akan semakin kecil tingkat infiltrasi, karena tanah yang padat sulit ditembus oleh air. Sementara itu adanya tumbuhan akan dapat meningkatkan laju infiltrasi.

Namun demikian setiap jenis dan sifat tumbuhan memiliki tingkat pengaruh yang berbeda-beda, sedangkan kerapatan tumbuhan berpengaruh positif terhadap tingkat infiltrasi.

Sifat transmisi lapisan tanah sangat menentukan tingkat infiltrasi karena pada umumnya tanah itu berlapis-lapis. Sedangkan sifat transmisi lapisan tanah ditentukan oleh kemampuan setiap lapisan/horison tanah dalam meloloskan air yang melewatinya, atau kemampuan setiap lapisan tanah dalam pengatusan kapasitas penampungan. Oleh karena itu walaupun lapisan permukaan bersifat meloloskan air (porus), tetapi kalau lapisan dibawahnya sulit meloloskan air, maka nilai kecepatan infiltrasinya juga akan kecil.

Adapun rumus perhitungan infiltrasi sebagai berikut:

$$F = f_c + (f_o - f_c) e^{-kt} \dots\dots\dots 5$$

Keterangan:.

- F = tingkat infiltrasi (cm/hari)
- F_c = tingkat infiltrasi setelah konstan (cm/hari)
- F_o = tingkat infiltrasi awal (cm/hari)
- e = 2,718
- t = waktu awal konstan (jam)
- k = 1/m log e



Gambar 3. *Double ring infiltrometer*

4. Bahan dan Alat :

- 1) Alat tulis menulis
- 2) Penggaris
- 3) Kalkulator
- 4) Kertas millimeter blok
- 5) *Jam/Stopwatch*
- 6) *Double ring infiltrometer*
- 7) Palu besi/karet
- 8) Ember dan gayung
- 9) Air secukupnya

5. Organisasi :

Mahasiswa dibagi menjadi 7 (tujuh) kelompok, masing-masing kelompok berjumlah 5 (lima) orang dan bekerja sesuai dengan kelompok masing-masing.

6. Prosedur Kerja :

- 1) Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Membenamkan ring kecil secara tegak lurus ke dalam tanah sedalam 30 cm dengan cara dipukul menggunakan palu.
- 3) Membenamkan ring besar secara tegak lurus ke dalam tanah di luarnya sedalam 30 cm dengan cara dipukul menggunakan palu.
- 4) Memasang penggaris di dalam ring kecil dengan posisi angka kecil di bagian bawah.
- 5) Menyiapkan beberapa ember air dan mengisi ruang antara ring besar dan kecil sampai menggenang.
- 6) Mengisi ruang di dalam ring kecil sampai menggenang dan dengan mengamati penggaris.
- 7) Mencatat tinggi air di awal pengukuran.

- 8) Menghidupkan stop watch dan mencatat penurunan ketinggian air setiap 1 menit.
- 9) Apabila tingkat penurunan air sudah terlalu lambat, tambah waktu pencatatan setiap 3 menit, 4 menit, dan seterusnya.
- 10) Menghentikan pengukuran setelah penurunan tinggi muka air mencapai keadaan konstan.
- 11) Mencatat/merekam kondisi penutup lahan dan posisi geografis lokasi praktikum.
- 12) Menghitung tingkat infiltrasi dengan prosedur dan rumus yang ada.

7. Tugas dan Pertanyaan :

a. Tugas

- 1) Mahasiswa menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Mahasiswa membenamkan ring kecil secara tegak lurus ke dalam tanah sedalam 30 cm dengan cara dipukul menggunakan palu.
- 3) Mahasiswa membenamkan ring besar secara tegak lurus ke dalam tanah di luarnya sedalam 30 cm dengan cara dipukul menggunakan palu.
- 4) Mahasiswa memasang penggaris di dalam ring kecil dengan posisi angka kecil di bagian bawah.
- 5) Mahasiswa menyiapkan beberapa ember air dan mengisi ruang antara ring besar dan kecil sampai menggenang.
- 6) Mahasiswa mengisi ruang di dalam ring kecil sampai menggenang dan dengan mengamati penggaris.
- 7) Mahasiswa mencatat tinggi air di awal pengukuran.
- 8) Mahasiswa menghidupkan stop watch dan mencatat penurunan ketinggian air setiap 1 menit, dan apabila tingkat penurunan air sudah terlalu lambat, tambah waktu pencatatan setiap 3 menit, 4 menit, dan seterusnya.

- 9) Mahasiswa menghentikan pengukuran setelah penurunan tinggi muka air mencapai keadaan konstan.
- 10) Mahasiswa mencatat/merekam kondisi penutup lahan dan posisi geografis lokasi praktikum.
- 11) Mahasiswa menghitung tingkat infiltrasi.

b. Pertanyaan

- 1) Bagaimana cara membenamkan ring kecil dan ring besar ke dalam tanah?
- 2) Bagaimana cara memasang penggaris di dalam ring kecil.
- 3) Bagaimana cara pengisian air ke dalam *ring infiltrometer*.
- 4) Bagaimana prosedur pengamatan penurunan tinggi air sampai kondisi konstan
- 5) Bagaimana cara mencatat/merekam kondisi penutup lahan dan posisi geografis lokasi praktikum.
- 6) Bagaimana cara menghitung tingkat infiltrasi.
- 7) Berapa nilai infiltrasi yang diperoleh.
- 8) Kendala apa yang dihadapi dalam mengukur tingkat infiltrasi

8. Pustaka :

Chay Asdak. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Kensaku Takeda. 2005. *Hidrologi Pertanian*. PT. Pradya Utama, Bogor.

Sugeng Utaya. 2013. *Pengantar hidrologi*. Aditya Media Publishing, Yogyakarta

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

9. Hasil Praktikum :

a) Lembar pengamatan tingkat infiltrasi

Data infiltrometer (*double ring*)

No	Waktu		Tinggi Penurunan Air (cm)
	Menit	Jam	
	0	0.00	
1	5	0.08	
2	10	0.17	
3	15	0.25	
4	20	1.00	
5	25	0.42	
6	30	0.50	
7	35	0.58	
8	40	0.67	
9	45	0.75	
10	50	0.83	

Perhitungan laju infiltrasi

No	Waktu		Tinggi Penurunan Air (cm)	Laju Infiltrasi (f)	
	Menit	Jam		cm/menit	cm/jam
	0	0.00		-	-
1	5	0.08			
2	10	0.17			
3	15	0.25			
4	20	1.00			
5	25	0.42			
6	30	0.50			
7	35	0.58			
8	40	0.67			
9	45	0.75			
10	50	0.83			

b) Perhitungan parameter infiltrasi

Perhitungan parameter infiltrasi

No.	Waktu (t)	Laju Infiltrasi (f) (cm/jam)	fc	f-fc	log (f-fc)
	Jam				
1	0.00				
2	0.08				
3	0.17				
4	0.25				
5	1.00				
6	0.42				
7	0.50				
8	0.58				
9	0.67				
10	0.75				

c) Persamaan linier regresi hubungan t dan log (f-fc)

Dari persamaan diketahui nilai m =

Nilai konstanta $k = -1/m \log e$

$K = \dots$

Sehingga diperoleh data sebagai berikut:

$k = \dots$

$f_c = \dots$ mm/jam

$f_o = \dots$ mm/jam

$e = \dots$

$t = \dots$ jam

Kapasitas infiltrasi:

$$f = f_c + (f_o - f_c) \cdot e^{-kt}$$

$f = \dots$ mm/jam

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM (AGROHIDROLOGI)

Minggu ke	: 11 - 12
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mahasiswa mengetahui dan mampu melakukan pengukuran debit aliran
Waktu	: 2 (2 x 170) menit
Tempat	: Kelas Lapangan dan Lahan Praktikum

1. Pokok Bahasan :

Debit aliran

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu mengukur debit air yang mengalir dari suatu penampang tertentu persatuan waktu
- b. Mahasiswa mampu melaksanakan pengukuran dengan beberapa metode.

3. Teori :

Debit adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit aliran biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Hidrograf aliran adalah suatu perilaku debit sebagai respon adanya perubahan karakteristik biogeofisik yang berlangsung dalam suatu DAS (oleh adanya kegiatan pengelolaan DAS) dan atau adanya perubahan (fluktuasi musiman atau tahunan) iklim lokal.

Debit aliran adalah jumlah air yang mengalir dalam satuan volume per waktu. Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari Daerah Aliran Sungai (DAS). Satuan debit yang digunakan adalah meter kubik per detik (m^3/s). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu.

Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari suatu sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter per/detik, untuk memenuhi kebutuhan air pengairan, debit air harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran yang telah disiapkan. Aliran sungai berasal dari hujan yang masuk kedalam alur sungai berupa aliran permukaan dan aliran air di bawah permukaan, debit aliran sungai akan naik setelah terjadi hujan yang cukup, kemudian yang turun kembali setelah hujan selesai.

Grafik yang menunjukkan naik turunnya debit sungai menurut waktu disebut hidrograf, bentuk hidrograf sungai tergantung dari sifat hujan dan sifat daerah aliran sungai. Terdapat tiga kemungkinan perubahan debit air sungai yaitu Laju penambahan air bawah tanah lebih kecil dari penurunan aliran air bawah tanah normal, Laju penambahan air bawah tanah sama dengan laju penurunannya, sehingga debit aliran menjadi konstan untuk sementara, dan Laju penambahan air bawah tanah melebihi laju penurunan normal, sehingga terjadi kenaikan permukaan air tanah dan debit sungai.

Debit air sungai adalah tinggi permukaan air sungai yang terukur oleh alat ukur permukaan air sungai. Pengukurannya dilakukan tiap hari, atau dengan pengertian yang lain debit atau aliran sungai adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Dalam sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt).

4. Bahan dan Alat :

- 1) Alat tulis menulis
- 2) Penggaris
- 3) Kalkulator
- 4) Kertas millimeter blok
- 5) Jam/*Stopwatch*
- 6) *Current meter*
- 7) Rol meter

- 8) Botol untuk media pelampung
- 9) Tali rafia
- 10) Patok untuk pengukuran antar segmen
- 11) Pelskal untuk membaca tinggi muka air
- 12) Alat dokumentasi

5. Organisasi :

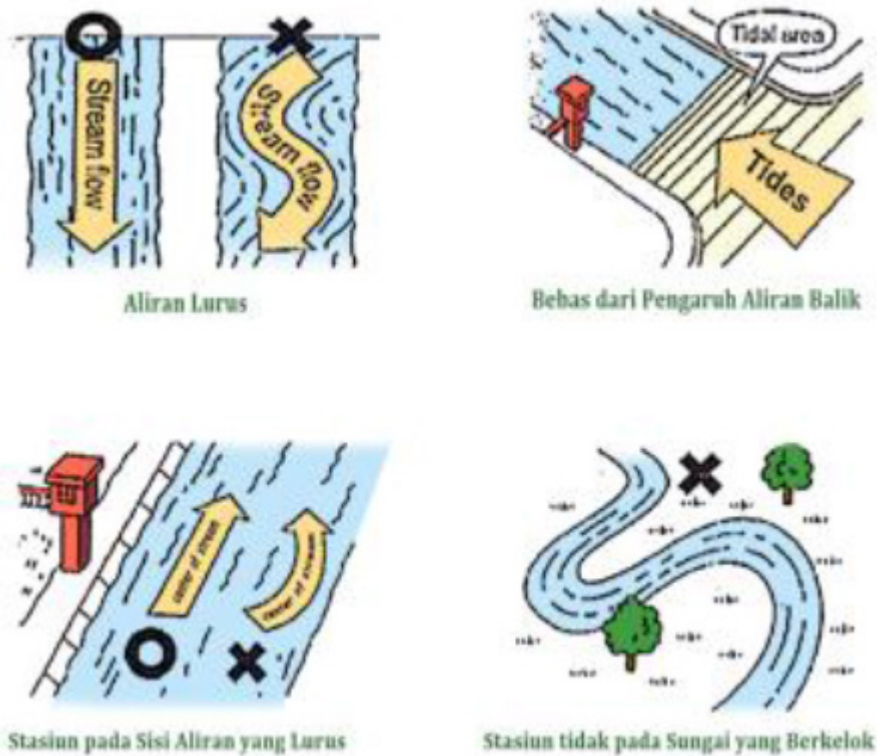
Mahasiswa dibagi menjadi 7 (tujuh) kelompok, masing-masing kelompok berjumlah 5 (lima) orang dan bekerja sesuai dengan kelompok masing-masing.

6. Prosedur Kerja :

Sebelum melakukan pengukuran debit, maka perlu dipertimbangkan faktor-faktor, sebagai berikut:

- a) Berada tepat atau di sekitar lokasi pos duga air, dimana tidak ada perubahan bentuk penampang atau debit yang menyolok.
- b) Alur sungai harus lurus sepanjang minimal 3 kali lebar sungai pada saat banjir/ muka air tertinggi.
- c) Distribusi aliran merata dan tidak ada aliran yang memutar.
- d) Aliran tidak terganggu sampah maupun tanaman air dan tidak terganggu oleh adanya bangunan air lainnya (misalkan pilar jembatan), tidak terpengaruh peninggian muka air, pasang surut dan aliran lahar.
- e) Penampang melintang pengukuran diupayakan tegak lurus terhadap alur sungai.
- f) Kedalaman pengukuran minimal 3 sampai dengan 5 kali diameter baling-baling alat ukur arus yang digunakan.

Berikut adalah gambar penempatan stasiun pengamat pada berbagai macam aliran sungai:



Gambar 4. Penempatan stasiun pengamat

a. Pengukuran Menggunakan Current Meter

Pengukuran debit dengan menggunakan *current meter* (alat ukur arus) dilakukan dengan cara pengamatan langsung dalam badan air, dari jembatan, dengan menggunakan perahu, dengan menggunakan *winch cable way* dan dengan menggunakan *cable car*. Apabila pengukuran dilakukan dengan kabel penggantung dan posisi kabel penduga tidak tegak lurus terhadap muka air, maka kedalaman air harus dikoreksi dengan besarnya sudut penyimpangan. Adapun tahapan pengukuran dengan menggunakan current meter adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan peralatan yang digunakan untuk pengukuran, yaitu:
 - 1 (satu) set alat ukur arus atau *current meter*.
 - 2 (dua) buah alat penduga kedalaman (stang/stick) panjang masing-masing 1 meter.

- Blangko isian pengukuran
 - Alat tulis menulis
 - Alat pengambilan sampel air
 - Botol sampel air
 - Peralatan kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dan penunjang lainnya seperti topi, sepatu lapangan dan lain-lain.
- 1) Membentangkan kabel pada lokasi yang memenuhi persyaratan dan posisi tegak lurus dengan arah arus air dan tidak kendur
 - 2) Menentukan titik pengukuran dengan jarak antar vertikal $\pm 1/20$ dari lebar sungai dan jarak minimum = 0.50 m
 - 3) Memberikan tanda pada masing-masing titik pengamatan
 - 4) Membaca ketinggian muka air pada pelskal
 - 5) Menulis semua informasi/keterangan yang ada pada blangko isian pengukuran seperti nama sungai dan tempat, tanggal pengukuran, nama petugas dan sebagainya.
 - 6) Mencatat jumlah putaran baling-baling selama interval waktu yang telah ditentukan (40-70 detik), apabila arus air lambat waktu yang digunakan lebih lama (misal 70 detik), apabila arus air cepat waktu yang digunakan lebih pendek (misal 40 detik).
 - 7) Menghitung kecepatan arus dari jumlah putaran yang didapat dengan menggunakan rumus baling-baling tergantung dari alat bantu yang digunakan (tongkat penduga dan berat bandul)
 - 8) Menghitung kecepatan (v) rata-rata pada setiap vertikal dengan rumus:
 - Apabila pengukuran dilakukan pada 1 titik (0.5 atau 0.6 d) contoh (vertikal 2) maka v rata-rata = v pada titik tersebut
 - Apabila pengukuran dilakukan pada 2 titik (0.2 dan 0.8 d) contoh (vertikal 3) maka v rata-rata = $(v_{0.2} + v_{0.8})/2$
 - 9) Menghitung luas sub/bagian penampang melintang

- 10) Menghitung debit pada setiap sub/bagian penampang melintang
- 11) Mengulangi kegiatan pada butir 10 sampai butir 12 untuk seluruh sub bagian penampang
- 12) Menghitung debit total (Q total)

Debit total dihitung dengan cara menjumlahkan debit dari seluruh debit pada sub/ bagian penampang

$$Q \text{ (total)} = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n \quad \dots\dots\dots 6$$

- 13) Menghitung luas seluruh penampang melintang (A)

Luas seluruh penampang melintang dihitung dengan cara menjumlahkan seluruh luas pada sub/bagian penampang dengan:

$$A = a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n \quad \dots\dots\dots 7$$

- 14) Menghitung kecepatan rata-rata seluruh penampang melintang (V).
Kecepatan rata-rata seluruh penampang melintang = debit total per luas seluruh penampang melintang, atau

$$V = Q \text{ total} / A \quad \dots\dots\dots 8$$

- 15) Mencatat waktu dan tinggi muka air pada pelskal segera setelah pengukuran selesai pada kartu pengukuran.
- 16) Mencatat hasil perhitungan butir 14 sampai dengan 16 pada kartu pengukuran

Pengukuran debit dengan menggunakan *current meter* dapat dilakukan dengan beberapa metode di antaranya:

1. Pengukuran langsung pada badan air

Pada metode ini, petugas pengukur langsung masuk ke dalam badan air. Petugas minimal terdiri dari 2 (dua) orang, 1 (satu) orang mengoperasikan peralatan dan 1 (satu) orang bertugas mencatat data pengukuran. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan kegiatan ini adalah:

- a) Pengukuran dilakukan pada lokasi yang dapat dijangkau oleh petugas pengukur.

- b) Posisi berdiri pengukur harus berada di hilir alat ukur arus dan tidak boleh menyebabkan berubahnya garis aliran pada jalur vertikal yang diukur.
- c) Meletakkan tongkat penduga tegak lurus pada jarak antara 2,5-7,5 cm di hilir kabel baja yang telah dibentangkan
- d) Menghindari berdiri dalam air apabila akan mengakibatkan penyempitan penampang melintang.
- e) Apabila posisi *current meter* (arah aliran) tidak tegak lurus terhadap penampang melintang sungai, maka besarnya sudut penyimpangan perlu dicatat untuk menghitung koreksi kecepatan di vertikalnya.



Gambar 5. Pengukuran langsung pada badan air

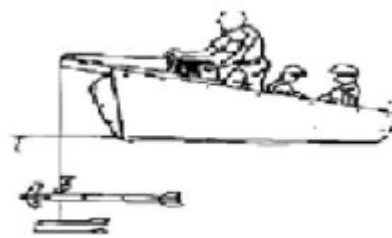
2. Menggunakan perahu

Kegiatan pengukuran dengan menggunakan perahu dilakukan jika kegiatan dengan metode pengukuran langsung pada badan air tidak memungkinkan. Petugas pengukur debit menggunakan sarana perahu sebagai alat bantu dalam pengukuran. Petugas pengukur minimal terdiri dari 3 (tiga) orang, 1 (satu) orang petugas mengendalikan perahu, 1 (satu) orang petugas mengoperasikan peralatan dan 1 (satu) orang petugas mencatat data pengukuran.

Yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan pengukuran dengan menggunakan perahu, adalah sebagai berikut:

- a) Alat ukur arus dilengkapi dengan alat penggulung kabel (*sounding reel*) dan pemberat yang disesuaikan dengan kondisi aliran (kedalaman dan kecepatan).
- b) Posisi alat ukur harus berada di depan perahu (bagian hilir).

- c) Kabel yang digunakan untuk mengukur lebar sungai (tagline) harus terpisah dari kabel yang digunakan untuk pengendali perahu.
- d) Apabila lebar sungai lebih dari 100 m, atau sungai digunakan untuk transportasi air maka kabel pengendali perahu tidak dapat digunakan. Pengaturan posisi perahu diatur dengan menggunakan *sextant* meter agar lintasan pengukuran tetap berada pada satu jalur sehingga lebar sungai sesuai dengan lebar sungai sesungguhnya. Metode ini disebut metode sudut (*angular method*). Selain metode ini dapat juga digunakan metode perahu bergerak.



Gambar 6. Pengukuran dengan menggunakan perahu

3. Menggunakan sisi jembatan

Pengukuran debit dari sisi jembatan dilakukan pada bagian hilir aliran. Hasil terbaik diperoleh bila pada jembatan tersebut tidak terdapat pilar pada badan sungai. Peralatan yang digunakan adalah *bridge crane*, *sounding reel*, *tagline*, dan 1 set *current meter* + pemberat yang beratnya tergantung dari kecepatan aliran. Petugas pengukur minimal terdiri dari 3 orang, 2 (dua) orang petugas mengoperasikan *bridge crane* dan peralatan pengukur dan 1 (satu) orang petugas mencatat data pengukuran.

Pengukuran dari sisi jembatan dilakukan apabila pada lokasi pos terdapat fasilitas jembatan, dengan kondisi kedalaman air lebih dari 2 m dan kecepatan airnya cukup deras sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengukuran dengan menggunakan perahu.

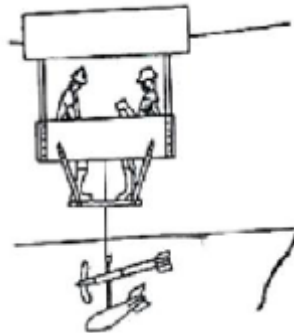


Gambar 7. Pengukuran pada sisi jembatan

4. Menggunakan *cable car* (kereta gantung)

Pengukuran debit juga dapat dilakukan dengan menggunakan *cable car*, berupa kereta gantung yang digantungkan pada kabel utama yang juga berfungsi sebagai alat ukur lebar sungai, dan juga dilengkapi dengan tempat duduk petugas pengukur dan dudukan *sounding reel*.

Alat yang digunakan adalah *current meter* lengkap dengan ekor panjang dan pemberat yang disesuaikan dengan kondisi kecepatan dan kedalaman aliran. Petugas pengukur terdiri dari 2 (dua) orang, 1 (satu) orang bertugas mengoperasikan peralatan dan 1 orang bertugas mencatat data pengukuran.



Gambar 8. Pengukuran dengan menggunakan *cable car* (kereta gantung)

5. Menggunakan *winch cable way*

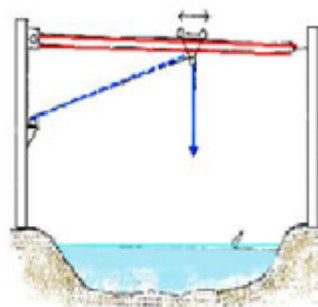
Pengukuran dengan menggunakan *winch cable way* merupakan salah satu alternatif yang bisa digunakan dalam pengukuran debit air. Penggunaan *winch cable way* dilakukan dari pinggir sungai, dengan jumlah petugas pengukur

minimal terdiri dari 2 (dua) orang, 1 (satu) orang bertugas mengoperasikan peralatan dan 1 (satu) orang bertugas mencatat data pengukuran.

Seperti halnya tempat pengukuran dengan metode lainnya, lokasi penempatan *winch cable way* harus memenuhi persyaratan teknis, antara lain pada bagian alur sungai yang lurus, aliran laminar dan merata.

Peralatan *winch cable way* terdiri atas:

- a) Kabel pengukur lebar sungai.
- b) Kabel pengukur kedalaman air juga berfungsi sebagai kabel penghantar listrik untuk menghitung jumlah putaran dan juga berfungsi sebagai penggantung *current meter* + pemberat yang disesuaikan dengan kondisi aliran (kedalaman dan kecepatan).
- c) Kabel utama (*main cable*) yang berfungsi sebagai penggantung semua peralatan yang digunakan. Kabel utama diikatkan pada dua buah tiang yang dipasang pada kedua tebing sungai, dan salah satu tiangnya digunakan untuk menempatkan pengerek (*winch*).
- d) Pengerek (*winch*) yang berfungsi untuk menggulung kabel pengukur lebar sungai dan kabel pengukur kedalaman air. Winch dapat terdiri dari 2 (*double drum winch*) atau hanya terdiri dari 1 winch (*single drum winch*).



Gambar 9. Pengukuran dengan menggunakan *winch cable way*

b. Pengukuran Menggunakan Pelampung

Prinsip pengukuran debit dengan menggunakan alat pelampung, sama dengan metode konvensional, hanya saja kecepatan aliran diukur dengan menggunakan pelampung. Metode pengukuran debit dengan menggunakan pelampung sering

digunakan pada kondisi banjir dimana pengukuran dengan cara konvensional tidak mungkin dilaksanakan karena faktor peralatan dan keselamatan tim pengukur.

1) Lokasi pengukuran

- a) Syarat lokasi pengukuran seperti pada metode konvensional
- b) Kondisi aliran sedang banjir dan tidak melimpah
- c) Geometri alur dan badan sungai stabil
- d) Jarak antara penampang hulu dan hilir minimal 3 kali lebar sungai pada kondisi banjir

2) Peralatan pengukuran

- a) Alat pengukur jarak
- b) Alat pelampung
- c) Alat pengukur waktu (*stop watch*)
- d) Alat penyipat ruang (theodolith)

3) Pengukuran penampang melintang

Pengukuran penampang basah dapat dilakukan pada saat sungai tidak sedang banjir yaitu sesudah atau sebelum banjir. Pengukuran paling sedikit 2 (dua) penampang melintang yaitu di hulu dan di hilir yang merupakan titik awal dan titik akhir lintasan penampang. Luas penampang basah sungai didapat dengan cara merata-rata luas kedua penampang basah yang telah diukur.

4) Tahapan pengukuran

a) Persiapan

- Memilih lokasi pengukuran.
- Menyiapkan pelampung.
- Menyiapkan peralatan untuk mengukur jarak antara dua penampang.
- Menyiapkan peralatan untuk menentukan posisi lintasan pelampung.
- Menyiapkan peralatan untuk memberi aba-aba.

- Menyiapkan alat pencatat waktu.
- Menyiapkan alat tulis.

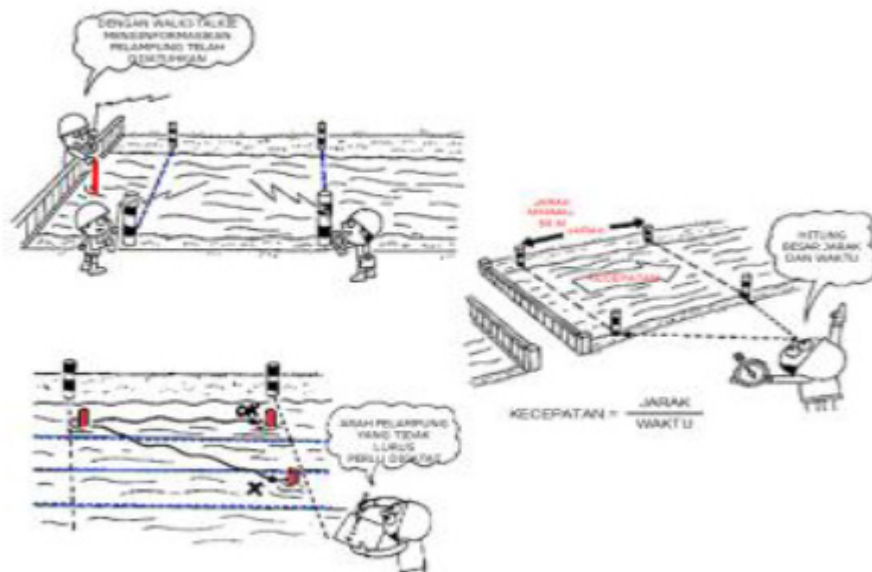
b) Pelaksanaan Pengukuran

- Melakukan pembacaan tinggi muka air pada pos duga air di awal pengukuran.
- Meletakkan alat penyipat ruang di tengah-tengah antara penampang hulu dan hilir.
- Mengukur jarak antara penampang hulu dan penampang hilir
- Melepaskan pelampung kira-kira 10 meter di hulu penampang hulu
- Mengukur sudut azimuth posisi pelampung pada saat pelampung melalui penampang hulu dan penampang hilir. Pada saat itu juga catat waktunya
- Mencatat tinggi muka air pada akhir pengukuran

c) Perhitungan debit

- Menggambar penampang basah di hulu dan hilir.
- Menggambar lintasan pelampung.
- Menghitung panjang tiap lintasan pelampung.
- Menghitung kecepatan aliran permukaan tiap pelampung, untuk mendapatkan kecepatan aliran sebenarnya, maka kecepatan aliran permukaan tiap pelampung harus dikalikan dengan koreksi yang besarnya berkisar antara 0.7 dan 0.8 tergantung dari panjang pelampung dan proses lintasan pelampung.
- Menggambar grafik kecepatan aliran.
- Menentukan bagian penampang basah.
- Menentukan nilai kecepatan aliran pada setiap batas bagian penampang.
- Menghitung kecepatan rata-rata pada setiap bagian penampang basah.
- Menghitung luas bagian penampang basah.
- Menghitung debit untuk setiap bagian penampang basah.

- Menghitung debit total.
- Menghitung tinggi muka air rata-rata



Gambar 10. Pengukuran dengan menggunakan metode pelampung

d) Perhitungan kecepatan aliran

Menghitung kecepatan aliran air dengan menggunakan rumus:

$$V = D/t \dots\dots\dots 9$$

Keterangan:

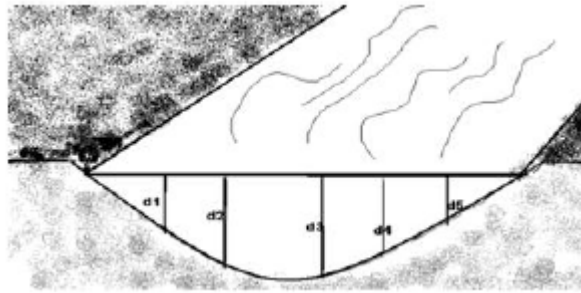
V = kecepatan aliran air sungai (m/detik)

D = jarak antara daerah penampang I dan II (meter)

t = waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak (detik)

e) Menentukan luas penampang basah saluran (A)

- Menentukan lebar saluran (l) pada daerah penampang.
- Mengukur kedalaman air (d1) pada daerah penampang I kemudian diulangi; hingga lima tempat (d2, d3, d4, d5).
- kemudian diulangi; hingga lima tempat (d2, d3, d4, d5).



Gambar 11. Penampang basah saluran

f) Menentukan rata-rata dalam air (d) pada daerah penampang I

- Menghitung luas penampang basah dengan menggunakan rumus:

$$A = l \times d \dots\dots\dots 10$$

dimana

A = luas penampang basah (m^2)

l = lebar saluran (meter)

d = kedalaman air rata-rata (meter)

- Menghitung debit dengan menggunakan rumus:

$$Q = V \times A \dots\dots\dots 11$$

dimana

Q = debit air yang mengalir ($m^3/detik$)

V = kecepatan aliran air ($m/detik$)

A = Luas penampang basah (m^2)

g) Contoh perhitungan debit dengan metode pelampung

LI sebagai lebar saluran 1 : 1.5 m

LII sebagai lebar saluran 2 : 1.5 m

D = 25 m t = 43 detik

Menghitung kecepatan aliran air (V): jarak di bagi waktu $V = 25 : 43$, maka $V = 0.58 \text{ m/detik}$

LI	d1 = 0.45 m	LII	d1 = 0.36 m
	d2 = 0.44 m		d2 = 0.37 m
	d3 = 0.55 m		d3 = 0.35 m
	d4 = 0.38 m		d4 = 0.34 m
	d5 = 0.32 m		d5 = 0.30 m

Rata-rata dari penambahan LI = 0.43 m,

Rata-rata dari penambahan LII = 0.34 m

$$A = L \times d$$

AI = luas penampang basah 1

AIL = luas penampang basah 2

$$AI = 1.5 \text{ m} \times 0.43 \text{ m} = 0.645 \text{ m}$$

$$AIL = 1.5 \text{ m} \times 0.34 \text{ m} = 0.51 \text{ m},$$

$$\text{maka } (0.645 + 0.51)/2 = 0.57 \text{ m}^2$$

$$Q = V \times A$$

Keterangan :

Q = debit aliran sungai (m^3 / det)

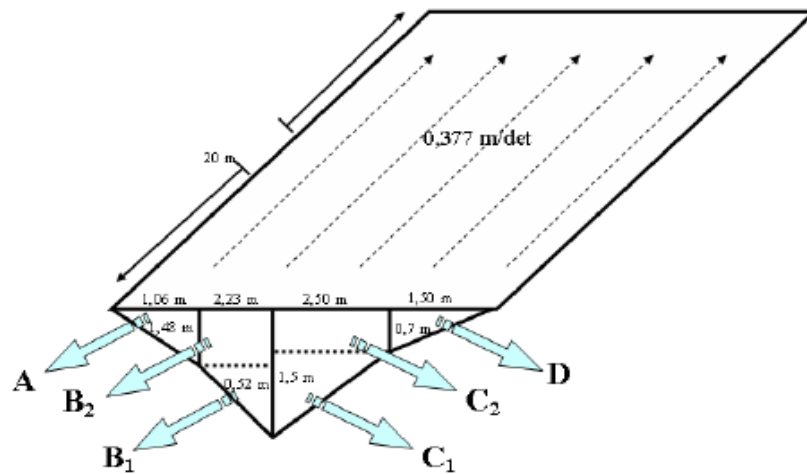
V = kecepatan aliran air (m / det)

A = Luas penampang basah (M^2)

$$Q = 0.58 \text{ m/dtk} \times 0.57 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.33 \text{ m}^3/\text{detik}$$

h) Contoh perhitungan luas penampang



Gambar 12. Penampang saluran air

$$\text{Luas A} = \frac{1}{2} \times 1,06 \times 1,48$$

$$= 0,784$$

$$\text{Luas B1} = \frac{1}{2} \times 2,23 \times 0,52$$

$$= 0,579$$

$$\text{Luas B2} = \frac{1}{2} \times 2,23 \times 1,48$$

$$= 3,094$$

$$\text{Luas C1} = \frac{1}{2} \times 1,30 \times 2,50$$

$$= 1,625$$

$$\text{Luas C2} = 0,70 \times 2,50$$

$$= 1,750$$

$$\text{Luas D} = \frac{1}{2} \times 1,50 \times 0,70$$

$$= 0,525$$

Luas penampang saluran

$$= A + B1 + B2 + C1 + C2 + D$$

$$= 0,784 + 0,579 + 3,094 + 1,625 + 1,750 + 0,525$$

$$= 8,268 \text{ m}^2$$

7. Tugas dan Pertanyaan :

a. Tugas

- 1) Mahasiswa menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- 2) Mahasiswa melakukan pengukuran debit air

- 3) Mahasiswa menghitung debit air
 - 4) Mahasiswa membandingkan hasil dari berbagai metode yang digunakan
- b. Pertanyaan
- 1) Bagaimana prosedur kerja pengukuran debit dengan menggunakan *current meter*.
 - 2) Bagaimana prosedur kerja pengukuran debit dengan menggunakan pelampung.
 - 3) Bagaimana cara mengukur luas penampang saluran.
 - 4) Bagaimana cara menghitung debit air.

8. Pustaka :

Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. Departemen Ilmu-ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB, Bogor.

Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah dan Air, Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.

Chay Asdak. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Kensaku Takeda. 2005. *Hidrologi Pertanian*. PT. Pradya Utama, Bogor.

Sugeng Utaya. 2013. *Pengantar hidrologi*. Aditya Media Publishing, Yogyakarta

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

9. Hasil Praktikum :

Lembar pengukuran debit air

Blangko pengukuran debit air

DAS	:	
Kabupaten	:	
Waktu	:	
Kondisi Cuaca	:	
Kordinat	:	

No Segemen	Lebar Sungai (L) meter	Dalam Sungai (D) meter	A= L X D (m ²)	Kecepatan (V) m/det		Debit (Q = A x V XF)
				Jarak Pengukuran (m)	Waktu Pengukuran (det)	
P1 (Stasiun awal)						
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

(AGROHIDROLOGI)

Minggu ke	: 13 – 14
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mahasiswa mengetahui dan mampu menghitung kebutuhan air tanaman
Waktu	: 2 (2 x 170) menit
Tempat	: Kelas Lapangan dan Lahan Praktikum

1. Pokok Bahasan :

Kebutuhan air tanaman

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mengetahui dan mampu menghitung faktor-faktor penentu kebutuhan air tanaman.
- b. Mahasiswa mampu menghitung kebutuhan air beberapa jenis tanaman hortikultura.

3. Teori :

Dalam proses fotosintesis, tanaman memerlukan air untuk mengonversi unsur-unsur hara yang tersedia di alam menjadi cadangan makanannya. Selain itu, air juga merupakan media pengatur suhu bagi tanaman karena dapat menyerap dan menyalurkan panas dari tubuh tanaman dengan cara diuapkan ke luar tanaman melalui daun (stomata). Proses penguapan air dari tanaman dinamakan proses transpirasi. Selain itu, air adalah bagian penting dari jaringan meristem tanaman karena merupakan salah satu faktor penting dari protoplasma. Air juga berfungsi air sebagai sarana transportasi untuk mengangkut zat hara dari lingkungan ke dalam tubuh tanaman.

Pemberian air dengan optimal yang sesuai dengan fase pertumbuhan tanaman dapat meningkatkan produktivitas. Pemberian air sesuai masa vegetatifnya akan meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah cabang, luas daun, dan diameter batang. Selain itu, dalam fase generatif juga dapat meningkatkan

jumlah bunga, buah, bobot dan diameter buah, serta panjang buah. Kekurangan dan kelebihan air berpengaruh terhadap penurunan kualitas dan produktivitas tanaman. Kelebihan air juga mengganggu pertumbuhan tanaman. Misalnya, air berlebih pada tanaman muda akan menyebabkan perakaran membusuk dan mempercepat kematian tanaman.

Proses penambahan air untuk memenuhi kebutuhan lengas tanah bagi pertumbuhan tanaman dinamakan irigasi. Dalam pengertian lain, irigasi merupakan usaha pengaturan dan penyediaan air untuk menunjang proses produksi pertanian. Jenis irigasi antara lain irigasi air permukaan, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa, dan irigasi rawa. Sistem irigasi harus bermanfaat untuk kelestarian air itu sendiri maupun untuk keberlanjutan obyek yang diairi. Pemberian air irigasi harus dilakukan secara efisien, tidak boleh berlebih maupun kurang. Dalam hal ini, irigasi harus didasari pada pola pemberian air dengan hemat. Pemberian air irigasi dikatakan hemat apabila selisih antara penyediaan air dan kebutuhan air tanaman tidak tinggi.

Jumlah kebutuhan air tanaman adalah sebanyak air yang hilang karena adanya penguapan air tanah dan tanaman (evapotranspirasi). Kebutuhan air tanah dipengaruhi kondisi iklim dan karakteristik tanaman, faktor tersebut berpengaruh terhadap laju evapotranspirasi. Kebutuhan air tanaman juga dipengaruhi oleh kondisi lahan dan teknik budidaya. Maka dari itu, penyediaan air irigasi harus memperhatikan fase vegetatif tanaman, kondisi iklim, karakteristik tanaman, kondisi lahan, serta cara-cara budidayanya.

Dasar penelitian kebutuhan air tanaman adalah menentukan kurva koefisien kebutuhan air tanaman, yaitu nisbah antara evapotranspirasi tanaman dalam keadaan pertumbuhan normal (E_t), dengan evapotranspirasi potensial dari tanaman acuan (E_{tp}) sebagai fungsi dari waktu pertumbuhan tanaman (t), atau dinyatakan sebagai:

$$E_t / E_{tp} = k_c = f(t). \dots\dots\dots 12$$

Berdasarkan persamaan tersebut, bila E_{tp} dapat diprediksi dan koefisien tanaman diketahui maka E_t dapat diketahui pula. Kebutuhan air tanaman dianggap merupakan kebutuhan air untuk evaporasi dan transpirasi saja, serta

tanaman tidak mengalami tekanan kekurangan atau kelebihan air selama pertumbuhannya.

Untuk penentuan kebutuhan air tanaman, banyak digunakan metode perhitungan dengan rumus-rumus pendekatan. Rumus-rumus pendekatan tersebut diantaranya Blaney-Criddle, Penman-Monteith, Radiasi, Panci Evaporasi, Thornthwaite, Wickman, IRRI, Lowry Johnson, Christiansen, dan lain-lainnya. Rumus-rumus tersebut pada umumnya berupa rumus-rumus empiris yang dikembangkan berdasarkan kondisi yang ada di lapangan.

Untuk menentukan nilai evapotranspirasi potensial sebagai kebutuhan air tanaman juga dapat dilakukan menggunakan perangkat lunak pada komputer. Perangkat lunak yang dimaksud adalah CROPWAT. CROPWAT dikembangkan oleh Divisi *Land and Water Development* FAO dengan menggunakan metode Penman-Monteith sebagai bahan perencanaan irigasi. CROPWAT merupakan suatu alat yang praktis untuk penghitungan laju evapotranspirasi standar, kebutuhan air tanaman, serta pengaturan irigasi tanaman (Stancalie, 2000).

4. Bahan dan Alat :

- 1) Alat tulis menulis
- 2) Laptop/notebook
- 3) Data klimatologi
- 4) Software Cropwat (jika memungkinkan)

5. Organisasi :

Mahasiswa dibagi menjadi 7 (tujuh) kelompok, masing-masing kelompok berjumlah 5 (lima) orang dan bekerja sesuai dengan kelompok masing-masing.

6. Prosedur Kerja :

- a) Nilai evapotranspirasi potensial dihitung manual menggunakan metode Penman-Monteith berdasarkan data klimat yang disediakan.
- b) Langkah di atas diulangi dengan program CROPWAT. Program CROPWAT dapat digunakan untuk menghitung evapotranspirasi potensial, evapotranspirasi

aktual, kebutuhan air irigasi satu jenis tanaman maupun beberapa jenis tanaman dalam satu hamparan, serta merencanakan pemberian air irigasi.

Catatan: langkah b) dilakukan jika software CROPWAT tersedia

c) Analisis data

1) Menentukan nilai temperatur rata-rata (T_{mean} ($^{\circ}\text{C}$))

2) Menentukan nilai U (m/s)

3) Menghitung nilai tekanan uap jenuh e_a (kPa)

$$e_a(T_{\text{max}}) = 0.611 \exp\left(\frac{17.2 T_{\text{max}}}{T_{\text{max}} + 237.3}\right)$$

$$e_a(T_{\text{min}}) = 0.611 \exp\left(\frac{17.2 T_{\text{min}}}{T_{\text{min}} + 237.3}\right)$$

$$e_a = \frac{e_a(T_{\text{max}}) + e_a(T_{\text{min}})}{2}$$

4) Menghitung nilai tekanan uap harian e_d (kPa)

$$e_d = Rh_{\text{mean}} / \left(\frac{\rho}{e_a(T_{\text{min}})} + \frac{\rho}{e_a(T_{\text{max}})} \right)$$

5) Menghitung nilai nilai slop kurva tekanan uap Δ (kPa)

$$\Delta = \left(\frac{4098 e_a}{(T_{\text{mean}} + 237.3)^2} \right)$$

6) Menghitung nilai tekanan atmosfer P (kPa)

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.26} \quad \text{dengan } z = \text{tinggi tempat (m)}$$

7) Menghitung nilai panas laten penguapan (MJ/kg)

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$$

8) Menghitung nilai konstanta psychometrik (kPa)

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda}$$

- 9) Menghitung nilai kanopi resistance r_c (sm^{-1})

$$r_c = \frac{200}{2.8} \approx 0$$

- 10) Menghitung nilai aerodinamik resistance r_a (sm^{-1})

$$r_a = \frac{208}{U_2}$$

- 11) Menghitung nilai modifikasi konstanta psychometrik (kPa)

$$\gamma^* = \gamma \left(\frac{1 + r_c}{r_a} \right)$$

- 12) Menghitung nilai ET aerodinamik (mm/day)

$$E_{aero} = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 U_2)} \cdot \frac{900}{(T + 273)} U_2 (e_a - e_d)$$

- 13) Menghitung nilai nomor hari (J)

Januari = 15

Februari = 31+14 = 45

Maret = 31+28+15 = 74 dst

- 14) Menghitung nilai deklinasi matahari (rad)

$$\delta = 0.409 \sin(0.0172J - 1.9) \quad \text{dengan J adalah nomor hari}$$

- 15) Menghitung nilai sudut matahari (rad)

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta)$$

- 16) Menghitung nilai jarak relatif matahari d_r

$$d_r = 1 + 0.033 \cos(0.0172 J)$$

- 17) Menghitung nilai radiasi permukaan atmosfer R_a ($\text{MJ/m}^2\text{d}$)

$$R_a = 3.6 d_r (\omega_s \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s)$$

- 18) Menghitung nilai panjang hari

$$N = \frac{2 \omega_s}{\pi} \text{ jam}$$

- 19) Menghitung nilai angka angstrom R_s (MJ/m²d)

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

dengan: $a_s=0.25$, $b_s=0.5$ dan n/N =sinar matahari (%)

Jika n/N tidak diketahui maka $\frac{n}{N} = \frac{R_s}{R_a} = K_R \sqrt{(T_{\max} - T_{\min})}$

dengan: $K_{RS} = 0.19$

- 20) Menghitung nilai radiasi gelombang pendek R_{ns}

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \approx 0.7 R_s$$

- 21) Menghitung nilai faktor perawanan f

$$f = \left(0.9 \frac{n}{N} + 0.1 \right)$$

- 22) Menghitung nilai emesivitas

$$\varepsilon = (a_1 + b_1 \sqrt{e_d}) = (0.4 - 0.4 \sqrt{e_d})$$

- 23) Menghitung nilai radiasi thermal bersih R_{nl} (MJ/m²d)

$$R_{nl} = 2.5 \times 10^{-9} \left(0.9 \frac{n}{N} + 0.1 \right) (0.4 - 0.4 \sqrt{e_d}) (T_{kx}^4 + T_{kn}^4)$$

dengan T_{kx} = maximum day temperature (K)

T_{kn} = minimum day temperature (K)

- 24) Menghitung nilai radiasi yang diterima atmosfer R_n (MJ/m²d)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

- 25) Menghitung nilai soil heat flux G (MJ/m²d)

$$G = 0.14 (T_{\text{bulan } n} - T_{\text{bulan } n-1})$$

- 26) Menghitung nilai energi yang ditinggal di atmosfer E (MJ/m²d)

$$E = R_n - G$$

- 27) Menghitung nilai ET yang terjadi karena radiasi (mm/day)

$$E_{rad} = \frac{\left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} \right) R_n}{\lambda}$$

28) Menghitung nilai Eto

$$E_{To} = E_{T_{aero}} + E_{T_{rad}}$$

d) Contoh perhitungan, misalnya untuk bulan Februari 2013

1) Menentukan nilai temperatur rata-rata (Tmean (°C))

$$T_{mean} = 24,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

2) Menentukan nilai U (m/s)

$$U = 0,6285 \text{ m/s}$$

3) Menghitung nilai tekanan uap jenuh e_a (kPa)

$$\begin{aligned} e_a(T_{max}) &= 0.611 \exp\left(\frac{17.2 T_{max}}{T_{max} + 237.3}\right) \\ &= 0.611 \exp\left(\frac{17.2 \times 29.2}{29.2 + 237.3}\right) \\ &= 3,9839 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_a(T_{min}) &= 0.611 \exp\left(\frac{17.2 T_{min}}{T_{min} + 237.3}\right) \\ &= 0.611 \exp\left(\frac{17.2 \times 21.8}{21.8 + 237.3}\right) \\ &= 2,3828 \text{ kPa} \end{aligned}$$

$$e_a = \frac{e_a(T_{max}) + e_a(T_{min})}{2}$$

$$e_a = (3,9839 + 2,3828)/2 = 3,1834 \text{ kPa.}$$

4) Menghitung nilai tekanan uap harian e_d (kPa)

$$\begin{aligned} e_d &= Rh_{mean} / \left(\frac{\rho}{e_a(T_{min})} + \frac{\rho}{e_a(T_{max})} \right) \\ &= 84 / \left(\frac{\rho}{3,9839} + \frac{\rho}{2,3828} \right) \\ &= 2,4006 \text{ kPa} \end{aligned}$$

5) Menghitung nilai nilai slop kurva tekanan uap Δ (kPa)

$$\Delta = \left(\frac{4098 e_a}{(T_{mean} + 237.3)^2} \right)$$

$$= \left(\frac{4098 \times 3,1834}{(24,6 + 237.3)^2} \right)$$

$$= 0,1434 \text{ kPa}$$

- 6) Menghitung nilai tekanan atmosfer P (kPa)

$$P = 101.3 \left(\frac{293 - 0.0065z}{293} \right)^{5.8}$$

dengan z = tinggi tempat (m)

$$= 101.3 \left(\frac{293 - (0.0065 \times 24,6)}{293} \right)^{5.8}$$

$$= 101,2326 \text{ kPa}$$

- 7) Menghitung nilai panas laten penguapan (MJ/kg)

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T$$

$$= 2,501 - (2,361 \times 10^{-3} \times 24,6)$$

$$= 2,4429 \text{ MJ/kg}$$

- 8) Menghitung nilai konstanta psychometrik (kPa)

$$\gamma = 0.00163 \frac{P}{\lambda}$$

$$\gamma = 0.00163 \frac{101.2326}{2.4429}$$

$$= 0,0675 \text{ kPa}$$

- 9) Menghitung nilai kanopi resistance r_c (sm^{-1})

$$r_c = \frac{200}{2.8} \approx 71,43$$

- 10) Menghitung nilai aerodynamik resistance r_a (sm^{-1})

$$r_a = \frac{208}{U_2}$$

$$= 208/0.6285 = 330.9613$$

- 11) Menghitung nilai modifikasi konstanta psychometrik (kPa)

$$\gamma^* = \gamma \left(\frac{1+r_c}{r_a} \right)$$

$$=$$

- 12) Menghitung nilai ET aerodynamik (mm/day)

$$E_{aero} = \frac{\gamma}{\Delta + \gamma(1+0.34 U_2)} \cdot \frac{900}{(T+273)} U_2 (e_a - e_d)$$

$$ET_{aero} =$$

- 13) Menghitung nilai nomor hari (J)

Januari = 15

Februari = 31+14 = 45

- 14) Menghitung nilai deklinasi matahari (rad)

$\delta = 0,409 \sin(0,0172 \times J - 1,39)$ dengan J adalah nomor hari

$\delta = 0,409 \sin(0,0172 \times 45 - 1,39) = -0,2363$ rad

- 15) Menghitung nilai sudut matahari (rad)

$$\omega_s = \arccos(-\tan \phi \tan \delta)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan -0,1348 \tan -0,2363) = 1,6035$$

- 16) Menghitung nilai jarak relatif matahari d_r

$$d_r = 1 + 0.033 \cos(0.0172 J) = 1 + 0.033 \cos(0.0172 \times 45)$$

$$= 1.0236$$

- 17) Menghitung nilai radiasi permukaan atmosfer R_a ($\text{MJ/m}^2\text{d}$)

$$R_a = 3.6 d_r (\omega_s \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \sin \omega_s)$$

$$R_a = 37,6 \times 1,0236 (1,6035 \sin-0,1348 \sin-0.2363 + \cos-0,1348 \cos-0.2363 \sin1,6035) = 39,0002 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

- 18) Menghitung nilai panjang hari

$$N = \frac{2 \omega_s}{\pi} \text{ jam}$$

$$= 12,2558$$

- 19) Menghitung nilai angka angstrom R_s (MJ/m²d)

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a$$

dengan: $a_s=0.25$, $b_s=0.5$ dan n/N =sinar matahari (%)

$$n/N = 0,3858$$

$$R_s =$$

- 20) Menghitung nilai radiasi gelombang pendek R_{ns}

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \approx 0.7 R_s$$

$$= 0,77 \times 17,2737 = 13,3007$$

- 21) Menghitung nilai faktor per-awanan f

$$f = \left(0.9 \frac{n}{N} + 0.1 \right)$$

$$f = (0,9 \times n/N) + 0,1 = (0,9 \times 0,3858) + 0,1 = 0,4472$$

- 22) Menghitung nilai emesivitas

$$\varepsilon = (a_1 + b_1 \sqrt{e_d}) = (0.4 - 0.4 \sqrt{e_d})$$

$$= 0,34 - 0,14 = 0,1231$$

- 23) Menghitung nilai radiasi thermal bersih R_{nl} (MJ/m²d)

$$R_{nl} = 2.45 \times 10^{-9} \left(0.9 \frac{n}{N} + 0.1 \right) (0.4 - 0.4 \sqrt{e_d}) (T_{kx}^4 + T_{kn}^4)$$

dengan T_{kx} = maximum day temperature (K)

T_{kn} = minimum day temperature (K)

$$R_{nl} = 2,45 \times 10^{-9} (0,9 \times 0,3858 \times 0,4472 \times 0,1231) (301,9 + 293,3)$$

$$R_{nl} = 1,1204 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

- 24) Menghitung nilai radiasi yang diterima atmosfer R_n (MJ/m²d)

$$R_n = R_{ns} - R_{nl}$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} = 13,3007 - 1,1204 = 12,1803 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

- 25) Menghitung nilai *soil heat flux* G (MJ/m²d)

$$G = 0.14 (T_{\text{bulan } n} - T_{\text{bulan } n-1})$$

$$G = 0,14 (24,6 - 25,2) = -0,0840 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

- 26) Menghitung nilai energi yang ditinggal di atmosfer E (MJ/m²d)

$$E = R_n - G$$

$$E = R_n - G = 12,1803 - (-0,0840) = 12,2643 \text{ MJ/m}^2\text{d}$$

- 27) Menghitung nilai ET yang terjadi karena radiasi (mm/day)

$$E_{rad} = \frac{\left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma^*} \right) R_n}{\lambda}$$

$$E_{rad} = 3,1746 \text{ mm/day}$$

- 28) Menghitung nilai Eto

$$E_{To} = E_{T_{aero}} + E_{T_{rad}}$$

$$E_{To} = E_{T_{aero}} + E_{T_{rad}} = 0,4459 + 3,1746 = 3,6205 \text{ mm/day}$$

- e) Contoh hasil perhitungan dengan menggunakan program CROPWAT

Hasil perhitungan ETo dengan menggunakan program CROPWAT dapat dilihat pada Gambar 13.

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled

Country: Indonesia Station: AWS Polbangtan

Altitude: 10 m. Latitude: 6.00 °N Longitude: 115.00 °E

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m²/day	ETo mm/day
January	23.0	30.0	86	76	6.0	17.1	3.48
February	23.0	31.0	86	75	6.0	18.0	3.72
March	24.0	32.0	85	74	7.0	20.3	4.27
April	24.0	32.0	85	64	8.0	21.8	4.52
May	25.0	33.0	85	64	8.0	21.0	4.48
June	25.0	33.0	84	63	8.0	20.5	4.38
July	25.0	33.0	84	63	9.0	22.1	4.68
August	25.0	33.0	84	60	9.0	22.8	4.84
September	25.0	33.0	83	60	9.0	23.2	4.92
October	25.0	33.0	83	60	9.0	22.7	4.79
November	24.0	33.0	83	63	9.0	21.6	4.53
December	23.0	31.0	84	80	7.0	18.2	3.76
Average	24.3	32.3	84	67	7.9	20.8	4.36

Gambar 13. ETO hasil perhitungan program CROPWAT

7. Tugas dan Pertanyaan :

a) Tugas

- 1) Mahasiswa menghitung nilai evapotranspirasi potensial secara manual menggunakan metode Penman-Monteith berdasarkan data iklim yang disediakan.
- 2) Mahasiswa menghitung kebutuhan air minimal 3 (tiga) jenis tanaman hortikultura.
- 3) Mahasiswa menghitung nilai evapotranspirasi potensial dengan menggunakan program CROPWAT, jika memungkinkan.

b) Pertanyaan

- 1) Data apa saja yang diperlukan dalam menghitung nilai evapotranspirasi potensial
- 2) Berapa nilai evapotranspirasi potensial untuk 3 (tiga) jenis tanaman hortikultura yang berbeda
- 3) Bagaimana perbedaan nilai evapotranspirasi potensial yang diperoleh melalui perhitungan secara manual dan melalui program CROPWAT

Catatan: No 3) dijawab jika nilai evapotranspirasi potensial dihitung dengan program CROPWAT

8. Pustaka :

Chay Asdak. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.

Pusposutardjo, S., 1991. Analisis Tinjau (Reconnaissance Analysis) Potensi Sistem Irigasi Indonesia Untuk Mendukung Swasembada Beras. Jurnal Teknik Pertanian hal: 10-27. Perhimpunan Teknik Pertanian, Bogor.

Radjulaini. 2003. *Pemakaian Tiga Metode Water Requirement untuk Memprediksi Luas Sawah Maksimum yang dapat Diairi (Studi Kasus DAS Cikaduen-Jabar)*. Dalam <http://www.rudycr.com/PPS702-ipb/06223/radjulaini.htm> diakses pada Minggu, 25 September 2016 pukul 20.10 WIB.

Reza Fatah Nugraha. 2016. Laporan Praktikum Azas dan Teknik Irigasi. Fak. Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta.

Rokhma, N. M. 2008. *Menyelamatkan Pangan dengan Irigasi Hemat Air*. Kanisius: Yogyakarta.

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

Kensaku Takeda. 2005. *Hidrologi Pertanian*. PT. Pradnya Utama, Bogor.

Stancalie, F., et al. 2010. Using Earth Observation Data and Cropwat Model To Estimate The Actual Crop Evapotranspiration. Physics and Chemistry of the Earth 35(1): 25-30.

Sugeng Utaya. 2013. *Pengantar hidrologi*. Aditya Media Publishing, Yogyakarta

Suyono Sosrosudarsono dan Kensaku Takeda. 1999. Hidrologi Untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.

9. Hasil Praktikum :

- Nama Mahasiswa :
- N I R M :
- Nama Stasiun :
- Perhitungan ET0 :

