

**PENJADUALAN PENGAIRAN TANAMAN JAGUNG DAN
TEBU DI LADANG FAKULTI PERTANIAN LESTARI,
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

ASMUNIRWAN BIN USUG

**PERPUSTAKAAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH**

**PROGRAM PENGELUARAN TANAMAN
FAKULTI PERTANIAN LESTARI
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
2016**



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN TESIS

JUDUL: Penjadualan Pengairan Tanaman Jagung dan Tebu di Ladang
Fakulti Pertanian Lestari, Universiti Malaysia Sabah.

IAZAH: Ijazah Sarjana Muda Sains Pertanian Dengan Kepujian

SAYA: ASMUNIRWAN BIN USUG SESI PENGAJIAN: _____
 (HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan tesis *(LPSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:-

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara Institusi pengajian tinggi.
4. Sila tandakan (✓)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh:

NURULAIN BINTI ISMAIL

PUSTAKAWAN KANAN

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)


 (TANDATANGAN PENULIS)

Alamat Tetap: Kampung
Remang, P/S 61109, 91120
Lahad Datu, Sabah.

TARIKH: 12.1.2017


 (NAMA PENYELIA)

TARIKH: 12/1/17

Catatan:

*Potong yang tidak berkenaan.

*Jika tesis ini SULIT dan TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

*Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana Secara Penyelidikan atau disertai bagi pengajian secara kerja kursus dan Laporan Projek Sarjana Muda (LPSM).



PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap satunya saya jelaskan sumbernya. Saya juga mengakui bahawa disertasi ini tidak pernah atau sedang dihantar untuk perolehi ijazah dari universiti ini atau mana-mana universiti yang lain.



ASMUNIRWAN BIN USUG

BR13110014

13 JANUARI 2017



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

DIPERAKUKAN OLEH

1. Prof. Ir Dr. Mohd Amin Mohd Soom
Penyelia



PROF IR. DR. MOHD. AMIN MOHD. SOOM
PROFESSOR OF AGRICULTURAL ENGINEERING
FACULTY OF SUSTAINABLE AGRICULTURE
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH



PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur ke hadrat Ilahi dengan limpahan rahmat serta nikmat masa, nyawa tenaga yang dianugerahkan kepada saya dapat juga saya menyiapkan tugas ini dengan jayanya.

Pertamanya, saya ingin mendedikasikan ucapan penghargaan ini kepada pensyarah saya, Prof. Ir. Dr. Mohd Amin Bin Mohd Soom dan Dr. Abdul Rahim bin Awang kerana dengan tunjuk ajar serta bimbingan daripada mereka telah membuka ruang untuk saya menyiapkan tugas ini.

Saya juga ingin mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada ibu bapa saya Usug bin Mohd Yakub dan Ajarah binti Sarhid. Mereka telah memberikan saya segala kemudahan dan sokongan moral yang tidak terhingga sampai saya berjaya menghabiskan tugas ini.

Ucapan penghargaan ini juga saya tujukan kepada rakan-rakan yang banyak memberi peringatan terhadap setiap apa yang saya telah alpa, terutamanya Mohamad Naim Nia'amad, Mohd Afiq Nur Adamin, Mohd Afriz bin Nasip, Aliyah Yahaya dan Amalina Izzati Saffuan. Mereka membantu saya dengan menjawab setiap pertanyaan yang saya utarakan kepada mereka.

Akhir madah, saya mengucapkan terima kasih kepada mereka yang terlibat secara langsung atau sebaliknya dalam pembikinan projek akhir tahun ini. Terima kasih.



ABSTRAK

Penjadualan pengairan adalah penting dalam usaha penjimatan air dan kos pengairan lebih-lebih lagi di kawasan taburan hujan yang tinggi seperti Malaysia. Kajian ini bertujuan untuk meningkatkan kemahiran pengurusan sistem pengairan, untuk mengelakkan pembaziran penggunaan air, memenuhi keperluan air bagi tanaman secara cekap dan saintifik. Kajian ini dijalankan di Fakulti Pertanian Lestari Universiti Malaysia Sabah yang berkoordinatkan $5^{\circ} 55'4''$ N 118° E, bermula pada bulan Julai sehingga Oktober 2016. Selain itu, kajian ini juga melibatkan pengumpulan data tanaman kajian seperti jagung dan tebu, data meteorologi Sandakan serta data tanah Silabukan (acrisol) untuk menentukan kadar Sejatpeluhan (ET_0), dan keperluan air tanaman (ET_c) untuk menghasilkan jadual pengairan tanaman dengan menggunakan perisian CropWAT 8.0 beta. Satu penjadualan pengairan telah disediakan untuk tanaman jagung manis dan tebu. Jagung boleh ditanam dua kali setahun diselang dengan tanaman kekacang di musim kering pada bulan April dan Mei. Pusingan pertama boleh ditanam dibulan November atau Disember, dan pusingan kedua di bulan Jun atau Julai. Tebu pula perlu dituai dimusim kering iaitu April dan Mei.



MAIZE AND SUGARCANE IRRIGATION SCHEDULING AT FACULTY OF SUSTAINABLE AGRICULTURE, UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

ABSTRACT

Irrigation scheduling is important for water saving and irrigation costs reduction especially in high rainfall areas like Malaysia. This study indicates that in addition to improved irrigation techniques, the key to avoiding water table rise is improved efficiency in scheduling irrigation to meet as precisely as possible the water needs of crop, rather than applying irrigation water in a more ad-hoc approach. The study was carried out at the Faculty of Sustainable Agriculture (FSA) in Universiti Malaysia Sabah, Sandakan, Sabah (5°55'4" N 118°0'8" E) from July to September 2016. This study involves collecting maize and sugarcane information, Sandakan meteorology data and Silabukan (Acrisol) data to estimate the Evapotranspiration (ET_o) reading and plant water requirement for crop irrigation scheduling. The meteorological data was collected and analysed by using CropWAT 8.0 beta software. An irrigation schedule was developed for sweet corn and sugar cane. Corn can be planted twice a year with leguminous crop grown after the first harvest during the dry months of April or May. The first crop can be planted in November or December and the second crop in June or July. Sugarcane can be harvested during the dry months of April and May.



ISI KANDUNGAN

KANDUNGAN	MUKA SURAT
PENGAKUAN	i
DIPERAKUKAN OLEH	ii
PENGHARGAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
ISI KANDUNGAN	vi
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xii
SENARAI SINGKATAN	xiii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Justifikasi	2
1.3 Objektif	3
BAB 2 ULASAN PERPUSTAKAAN	
2.1 Pengenalan	4
2.2 Sistem Pengairan dan Penyaliran	5
2.2.1 Pengurusan Air dalam Pertanian	5
2.3 Meteorologi Pertanian	6
2.3.1 Aspek-Aspek Penting Kajian dalam Meteorologi Pertanian	6
2.3.2 Kitaran Hidrologi	8
2.3.3 Taburan Air Global	9
2.4 Keperluan Air Tanaman	10
2.4.1 Iklim	11
2.4.2 Jenis Tanaman	12
2.4.3 Peringkat Tumbesaran Tanaman	12
2.4.4 Tanaman yang Memerlukan Jumlah Air yang rendah	13
2.4.5 Tanaman yang Memerlukan Air Pada Jumlah Sederhana	13
2.4.6 Tanaman yang Memerlukan Jumlah Air yang Banyak	14
2.4.7 Jumlah Penggunaan Air untuk Jagung	14



2.5	Tekstur Tanah	16
2.6	Penjadualan Pengairan	17
2.6.1	Kepentingan Penjadualan Pengairan	17

BAB 3 METODOLOGI

3.1	Lokasi Kajian	19
3.2	Pengumpulan Data untuk Kajian	19
3.2.1	Data Meteorologi di Kawasan Sandakan	19
3.3	Pemilihan Tanaman	19
3.4	Menentukan Jumlah Keperluan Air Tanaman	19
3.4.1	Persamaan Penman-monteith	20
3.4.2	Langkah-Langkah Pengiraan	20
3.4.3	Kuali Sejatan	28
3.4.4	Menentukan Defisit Air Tanah	29
3.5	Menentukan Keupayaan Tanah Memegang Air	29
3.5.1	Penentuan Keupayaan Tanah Memegang Air	29
3.5.2	Penentuan WHC	30
3.5.3	Menentukan Jumlah Air yang ada pada Zon Akar	31
3.6	Membuat Jadual Pengairan Bagi Tanaman di Ladang Fakulti Pertanian	32
3.6.1	Contoh Jadual Pengairan	32
3.7	Mereka Bentuk Cadangan Susun Atur Sistem Pengairan dan Penyaliran untuk Tanaman Terpilih	33

BAB 4

4.1	Data Meteorologi	34
4.1.1	Suhu	35
4.1.2	Purata Hujan	35
4.1.3	Lembapan	36
4.1.5	Halaju Angin	37

4.2	Kadar Sejatpeluhan (ET_0) Bulanan Menggunakan Kaedah Penman-Monteith	37
4.2.1	Sejatpeluhan	38
4.2.2	Data Hujan dan Hujan Efektif Bulanan untuk Sepanjang Tahun di Sandakan	40
4.3	Maklumat Tanah Silabukan	41
4.4	Peringkatan Pertumbuhan, Susutan pekali (p), Kedalaman Akar(m), Pekali Tanaman (K_c), dan Faktor maklum balas Tanaman (K_y)	45
4.5	Keperluan Air Tanaman dan Jadual Pengairan	48
4.6	Cadangan Amalan Kultur dan Susun Atur Sistem Pengairan Untuk Tanaman Terpilih	51
4.6.1	Plot Jagung	51
4.6.2	Plot Tebu	53
4.7	Pelan Cadangan Sistem Pengairan dan Saliran untuk tanaman Terpilih di Ladang Fakulti	57

BAB 5 PERBINCANGAN

5.1	Keadaan Meteorologi di Sandakan	59
5.1.1	Hubungan Suhu dan Pertumbuhan Tanaman	59
5.1.2	Hubungan Purata Hujan dan Pertumbuhan Tanaman Serta Keperluan Air Tanaman	59
5.1.3	Hubungan Lembapan (%) dan Pertumbuhan Tanaman	60
5.1.4	Hubungan Halaju Angin dan Keperluan Air Tanaman serta Pertumbuhan Tanaman	61
5.2	Hubungan Sejatpeluhan, ET_0 dan Keperluan Air Tanaman	61
5.2.3	Hujan Efektif, Kesan Terhadap Tanaman Dan Pengairan	62
5.3	Pengurusan Tanah Silabukan (Acrisol) dalam Pertanian	63
5.4	Keperluan Air Tanaman Dan Pertumbuhan Jagung dan Tebu	64
5.4.1	Jagung	64
5.4.2	Tebu	69
5.5	Perbandingan Keperluan Air Jagung dan Tebu dengan kawasan Pengeluar Terbesar Jagung dan Tebu di Malaysia	72
5.5.1	Jagung	73
5.5.2	Tebu	73
5.6	Sistem Pengairan dan Kesannya terhadap Tanaman Terpilih	74

5.6.1	Jagung	74
5.6.2	Tebu	75
5.7	Jadual Pengairan: Pengurangan Kos Pengeluaran, Penghasilan Tinggi Serta Berkualiti	76
BAB 6 KESIMPULAN		79
6.1	Cadangan	80
RUJUKAN		81
LAMPIRAN A		84
LAMPIRAN B		95
LAMPIRAN C		96



SENARAI JADUAL

Jadual		Muka Surat
2.4.1	Keperluan Air Tanaman Mengikut Faktor Iklim	12
2.4.6	Keperluan Air Tanaman	13
4.1	Data Meteorologi	34
4.2	Kadar Sejatpeluhan (ET_o)	38
4.3.1	Data Tanah Acrisol mengikut profil tanah	43
4.3.2	Data Tanah Acrisol mengikut profil tanah	44
4.3.3	Data Umum Tanah Silabukan	44
4.4.1	Peringkat pertumbuhan jagung	45
4.4.2	Peringkat Pertumbuhan Tebu	46
4.4.3.1	K_c Dan Pertumbuhan Tanaman Tebu	46
4.5.1	Keperluan Air Tanaman Jagung (semasa musim hujan)	47
4.4.2.	Keperluan Air Tanaman Jagung (Semasa Musim Kemarau)	49
4.5.3.	Keperluan Air Tanaman Tebu	50
4.6.1:	Perosak, simptom dan kawalan untuk tanaman Jagung	52
5.7.1	Perancangan Masa Sesuai Tanam dan Tuai Tanaman Jagung di Sandakan	75
5.7.2	Perancangan Masa Sesuai Tanam dan Tuai Tanaman Jagung di Sandakan	76

SENARAI RAJAH

Rajah		Muka Surat
2.3.1	Stesen Meteorologi Miri Sarawak Malaysia	8
2.3.2	Kitaran Air (kitaran Hidrologi)	9
2.3.3	Taburan Air Bumi	10
2.4	Sejatpeluhan	11
2.4.3	Keperluan Air tanaman 10 mm sehari	13
2.4.7	Penggunaan Air Harian untuk Jagung	15
2.5	Segitiga Tekstur Tanah	16
2.6.1	Contoh Penjadualan Pengairan	17
3.5.1	Formula Keupayaan Tanah Memegang Air (a) (b)	30
3.5.2	Formula Keupayaan Tanah Memegang Air	31
3.6.1	Contoh Jadual Pengairan	32
4.1.1	Suhu Bulanan Untuk Sepanjang Tahun Di Sandakan	35
4.1.2.1	Purata taburan hujan bulanan di Sandakan	35
4.1.2.2.	Jumlah Hari Hujan Bulanan	36
4.1.3.	Lembapan (%) bulanan di Sandakan	37
4.1.4.	Halaju Angin (km/h) bulanan di Sandakan.	37
4.2.1.	Sejatpeluhan (E_{t_0}) di Sandakan	39
4.2.2.	Iklim dan Kadar Sejatpeluhan (E_{t_0}) untuk Sepanjang Tahun di Sandakan	39
4.2.3	Hujan dan Hujan Efektif Bulanan untuk Sepanjang Tahun di Sandakan	40
4.3	Jenis Tanah di Sabah, Sandakan NB 50-11	41
4.3.1	Profil Tanah Silabukan	42
4.6.2.1	Sistem Alur Benih Ganda	54
4.6.2.2	Sistem Lubang	54
4.6.2.1	Pelan Cadangan Sistem pengairan dan Saliran di Plot Tanaman Tebu	57
4.6.2.2	Pelan Cadangan Sistem pengairan dan Saliran di Plot Tanaman Jagung	58



5.4.1	Skematik menunjukkan tempoh pertumbuhan jagung	64
5.4.1.1	Hubungan antara penurunan relatif hasil dan defisit sejatpeluhan relatif	65
5.4.1.2	Hubungan antara penurunan relatif hasil dan defisit sejatpeluhan relatif bagi tempoh pertumbuhan individu	66
5.4.2	Tempoh pertumbuhan tebu (selepas Kuyper, 1952)	68
5.4.2.1	Hubungan antara penurunan relatif hasil dan defisit Sejatpeluhan relatif bagi jumlah tempoh yang semakin meningkat	69
5.4.2.2	Hubungan antara penurunan relatif hasil dan defisit Sejatpeluhan relatif bagi tempoh pertumbuhan individu	69

SENARAI SIMBOL, UNIT DAN SINGKATAN

UMS	Universiti Malaysia Sabah
FPL	Fakulti Pertanian Lestari
sm	Sentimeter



BAB 1

PENGENALAN

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian merupakan sektor yang telah lama berakar umbi di negara ini, perkembangan pertanian di Malaysia pada era sebelum penjajahan tertumpu kepada keluaran secara tradisional, khususnya tanaman padi yang diusahakan secara kecil-kecilan. Walau bagaimanapun, perubahan struktur yang telah berlaku dalam ekonomi Malaysia telah meletakkan sektor pertanian sebagai sektor yang tidak penting dari sudut sumbangannya kepada keluaran kasar dalam negara mahupun pendapatan eksport negara. Namun begitu, ini tidak bermakna bahawa sektor pertanian sudah tidak penting lagi dalam ekonomi Malaysia. Dalam meninjau sektor pertanian pada masa depan atau konteks matlamat negara untuk menjadi negara perindustrian, kita seharusnya melihat sektor pertanian daripada perspektif perkembangan ekonomi negara secara menyeluruh. Sektor pertanian mempunyai peranan tersendiri dalam negara.

Menyedari hakikat kepentingan sektor pertanian di negara kita, pembangunan sistem pengairan dan saluran merupakan faktor yang paling penting terhadap pencapaian objektif Dasar Pertanian Negara, iaitu untuk menambah jumlah pengeluaran dalam bidang pertanian hingga ke tahap yang maksimum. Pengairan bermaksud satu usaha membekal air kepada tanah supaya air dalam tanah sentiasa cukup untuk keperluan pertumbuhan tanaman yang sempurna. Walaupun Malaysia menerima kadar hujan yang tinggi (sekitar 3000mm setahun), namun pengairan diperlukan apabila tahap lembapan di dalam tanah menurun sehingga 50% dari muatan tanah memegang air. Kesemua jenis tanaman memerlukan air dan nutrisi untuk membesar dan memberikan hasil yang banyak dan berkualiti. Apabila tanaman mengalami masalah stres air, stomata akan tertutup dan menyebabkan proses fotosintesis tidak efektif. Pertumbuhan tanaman akan lebih baik sekiranya tumbuhan mendapat air dan udara yang seimbang pada zon

akar tanaman. Sesetengah peringkat pada pertumbuhan tanaman amat sensitif kepada ketersediaan lembapan. Bekalan air yang tidak mencukupi boleh membantutkan pertumbuhan tanaman tanpa menunjukkan kesan sampingan seperti kelayuan pada daun, sementara bekalan air yang berlebihan boleh menyebabkan pereputan akar tanaman dan ini menyebabkan pengurangan hasil tanaman. Dengan ini, sistem pengairan yang teratur dan penjadualan pengairan menjadi begitu penting pengeluaran hasil tanaman di Malaysia.

Selain itu, kesan perubahan iklim juga memberi kesan serius kepada sektor pertanian terutamanya dalam subsektor pengeluaran bahan makanan negara. Ini berkait rapat dengan keselamatan bekalan makanan negara seperti pengeluaran padi, sayur-sayuran, daging, telur dan sebagainya. Kesan terhadap faktor perubahan hujan dan suhu agak serius di Malaysia. Kajian oleh DSSAT di MADA Kedah pada 2009 mendapati jika suhu naik 2°C menyebabkan purata penghasilan padi menurun dari 8 mt/ha kepada 7 mt/ha

Bekalan air menjadi salah satu kepentingan di dalam sektor pertanian. Sistem pengairan telah dibangunkan sejak zaman dahulu untuk membekal air kepada sektor pertanian. 'The National Supply Expansion Program' (NWSEP) telah melabur sebanyak \$60 juta dalam 'Agriculture and Agri-Food Canada' (AAFC) dalam tempoh 4 tahun untuk pembekalan air terhadap sektor pertanian. Program ini adalah untuk memperbaiki masalah pertanian yang berkaitan dengan pembekalan air melalui pembangunan dan sistem pengembangan bekalan air. Dalam bidang kejuruteraan pertanian, pelbagai usaha telah dilaksanakan supaya dapat mewujudkan suatu sistem yang baik dan cekap. Pengurusan sistem pengairan dan penyaliran yang baik seharusnya membekalkan air kepada tanaman yang ditanam pada kadar yang diperlukan. Dengan sistem pengairan yang sempurna, kadar lembapan dalam tanah dapat ditingkatkan semula kepada 100% atau ketahap had optimum lembapan tanah. Di samping itu, sistem pengurusan pengairan dan penyaliran perlu direkabentuk dengan baik mengikut keperluan untuk mengelakkan kos yang tinggi. Setelah sistem dapat membekalkan air pengairan, pembaziran perlu dielakkan. Oleh itu, penjadualan pengairan amat diperlukan untuk mengelakkan pembaziran air, tenaga dan kos.

1.2 Justifikasi

Pada masa ini, kebanyakan tanah di Malaysia tidak berupaya memegang air pada tahap yang mencukupi untuk sepanjang tempoh pertumbuhan pokok. Terdapat sesetengah kawasan tanah pertanian tidak berupaya menyalirkan air berlebihan keluar dari kawasan

tersebut sehingga boleh menjejaskan pertumbuhan tanaman. Selain itu, keadaan cuaca yang tidak menentu, fenomena El Niño dan La Niña yang melanda meningkatkan keperluan pengairan di Malaysia.

Para petani pastinya bergantung kepada banyak kaedah bagi menentukan kadar penggunaan air yang betul untuk tanaman bagi mengelakkan penurunan kualiti dan kuantiti hasil tanaman. Namun, masalah kekurangan air masih belum dapat diatasi. Kekurangan bekalan dan kualiti air yang rendah di kawasan Sandakan telah meningkatkan kesedaran petani terhadap kepentingan dan pengurusan bekalan air untuk kegunaan sektor pertanian. Oleh itu, satu kajian perlu dilakukan untuk penjadualan pengairan dan pengurusan air pada zon akar tanaman di kawasan ladang UMS Sandakan. Kajian ini akan memberi sumbangan kepada para petani satu kaedah pengurusan air pengairan agar penghasilan tanaman yang terbaik dari segi kualiti dan kuantiti hasil tanaman dapat ditingkatkan.

1.3 Objektif

1. Mengenal pasti keperluan air bagi tanaman jagung dan tebu berpandukan data meteorologi.
2. Mengenal pasti keupayaan tanah memegang air di tapak tanaman terpilih.
3. Mereka bentuk cadangan susun atur sistem pengairan dan penyaliran yang lebih teratur.
4. Membina jadual pengairan untuk tanaman terpilih di UMS kampus Sandakan.

BAB 2

ULASAN PERPUSTAKAAN

2.1 Pengenalan

Sistem pengairan telah wujud sejak berkurun lamanya. Menurut Vaugh et al, (1986a) sistem pengairan sudah dibangunkan pada masa pemerintahan Ratu Assyiria. Mesir pula menyatakan mempunyai empangan tertua di dunia, panjang 108 meter dan tinggi 12 meter yang telah dibangunkan 5000 tahun yang lalu untuk menampung keperluan minuman dan sistem pengairan. Tekanan kehidupan dan keperluan untuk penyediaan makanan telah memerlukan suatu pengembangan sistem pengairan yang pesat di seluruh dunia. Walaupun demikian, pengairan perlu diberi mengikut keperluan tanaman dari segi jumlah air dan masa yang diperlukan.

2.2 Sistem Pengairan Dan Penyaliran

Pengairan boleh di definisikan sebagai amalan penggunaan air kepada tanah untuk membekalkan paras kelembapan tanah serta keperluan cairan tanaman untuk pertumbuhan pada kadar yang diperlukan. Namun begitu, terdapat definisi yang lebih umum dan termasuk sebagai sistem pengairan adalah penggunaan air pada tanah untuk kegunaan seperti berikut; (Vaughn et al., 1986b)

1. Menambah air ke dalam tanah untuk menyediakan cairan yang di perlukan untuk pertumbuhan tanam-tanaman.
2. Untuk menyediakan hasil pertanian pada musim kemarau yang pendek.
3. Untuk menyejukkan tanah dan atmosfera yang mampu memberikan suasana selesa untuk pertumbuhan tanam-tanaman.
4. Untuk mengurangkan bahaya pembekuan
5. Untuk mencuci atau mengurangkan garam dalam tanah.
6. Untuk mengurangkan bahaya hakisan pada tanah.



7. Untuk memudahkan pembajakan dan gumpalan tanah.

Terdapat lima cara bekalan air melalui sistem pengairan, iaitu:

1. Pengeanagan (flooding);
2. Menggunakan alur;
3. Menggunakan air bawah permukaan air tanah naik;
4. Penyiraman (sprinkling)
5. Sistem cucuran (drip)

2.2.1 Pengurusan Air dalam Pertanian

Kebanyakan tanah di Malaysia tidak mampu memegang air pada tahap yang mencukupi untuk sepanjang tempoh pertumbuhan pokok (Azlan, 2007). Terdapat sesetengah kawasan tanaman di Malaysia tidak mempunyai sistem penyaliran yang bagus dan tidak mampu menyalurkan air yang berlebihan keluar dari kawasan tersebut sehingga boleh menjejaskan pertumbuhan tanaman. Oleh yang demikian, bagi mengatasi masalah ini, pengurusan pengairan dan penyaliran yang sistematik itu merupakan faktor yang penting yang perlu diberi perhatian bagi membolehkan hasil pengeluaran tanaman pada tahap maksimum.

Pengairan diperlukan apabila tahap kelembapan di dalam tanah menurun sehingga ke paras kurang daripada 50%. Dengan adanya sistem pengairan yang sistematik, paras kelembapan di dalam tanah dapat ditingkatkan semula sehingga 100% atau ke tahap 'had basah tanah'.

Kelebihan mewujudkan sistem pengairan yang sempurna dalam sesuatu ladang (Folhes *et. al*, 2009):

- a) Memastikan bekalan air kepada tanah sentiasa ada dan mencukupi untuk digunakan pada bila-bila masa terutamanya pada peringkat awal pertumbuhan tanaman.
- b) Melembutkan lapisan tanah keras (soil hard pan) untuk membolehkan pertumbuhan sistem perakaran yang baik dan memudahkan kerja-kerja membajak tanah dilakukan.
- c) Sistem pengairan yang terkawal berupaya memperbaiki struktur tanah dengan menggalakkan proses tindak balas kimia dan meningkatkan aktiviti organisma micro yang terdapat dalam tanah.

- d) Keadaan tanah yang sentiasa lembap dapat meningkatkan keberkesanan pengambilan nutrisi dalam tanah oleh tanaman.
- e) Membantu melarut resapkan bahan garam dalam tanah dan meningkatkan hasil tanaman.
- f) Meningkatkan nilai hartanah kerana tanah menjadi lebih subur berbanding dengan nilai tanah yang kurang subur.
- g) Mewujudkan aktiviti pertanian yang lebih berdaya maju serta mampan kerana ianya boleh di jalankan sepanjang masa tanpa menghadapi masalah kekurangan bekalan air.

Air amat diperlukan untuk menyediakan kelembapan tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan tanam-tanaman biasanya boleh di dapati melalui lima sumber :

- a) Presipitasi
- b) Air atmosfera selain presipitasi
- c) Air bergenang
- d) Air tanah
- e) Pengairan

Sekiranya kelima-lima punca air ini sukar diperoleh, perancangan sistem pengairan mungkin akan terganggu.

2.3 Meteorologi Pertanian

Meteorologi atau kajicuaca merupakan pengajian saintifik tentang keadaan atmosfera terutamanya berkenaan cuaca dan ia digolongkan kepada klimatologi, fizik atmosfera dan kimia atmosfera sebagai sains atmosfera. Manakala meteorologi pertanian pula bermaksud pengajian saintifik hubungan antara keadaan atmosfera dengan tanaman, rumpai, pokok, haiwan serangga perosak dan penyakit. Cuaca memainkan peranan penting dalam mencorakkan cara hidup kita.

2.3.1 Aspek-aspek penting kajian dalam Meteorologi Pertanian

Meteorologi pertanian merangkumi banyak aspek penting kajian seperti 'Crop modeling' dan 'remote sensing' dalam jangkaan hasil tanaman, ramalan cuaca dalam pengurusan bencana, kelestarian pengeluaran hasil pertanian semasa disamping pencemaran alam sekitar dan penipisan lapisan ozon atmosfera serta perubahan iklim (Varshneya, 2012).

a. Meramal pengeluaran hasil tanaman:

Ramalan pengeluaran hasil tanaman boleh diperoleh dengan mudah dengan bantuan 'Dynamic Crop Growth Model'. Model ini dapat membantu untuk meramal hasil tanaman seawal 1-2 bulan dan ini memberi kemudahan kepada ramai petani.

b. Pengurusan bencana:

Bencana alam seperti banjir, kemarau, ribut taufan dan gempa bumi adalah bencana yang biasa berlaku di Malaysia. Bencana yang berlaku secara semula jadi ini menyebabkan banyak kerosakan dan kerugian, terutamanya kepada hasil tanaman dan hasil ternakan. Oleh itu, dengan adanya kajian-kajian yang berkait rapat dengan meteorologi pertanian ini, banyak manfaat yang boleh diperoleh khususnya bagi menghadapi dan mengatasi masalah bencana alam ini.

c. Pencemaran alam sekitar:

Pencemaran banyak berlaku berpunca daripada sektor perindustrian yang banyak melepaskan asap yang tidak sihat, gas yang beracun dan bahan buangan yang menyebabkan pencemaran pada air dan udara. Melalui meteorologi pertanian, pelbagai langkah boleh dijalankan bagi mengekalkan kelestarian alam sekitar disamping dapat menghasilkan hasil tanaman yang baik walaupun berdepan pencemaran yang teruk.

d. Penipisan lapisan ozone:

Apabila fluoroarbon masuk ke dalam atmosfera, ia telah menebuk lubang pada lapisan ozon. Lubang yang terhasil ini membenarkan cahaya radiasi ultraviolet menembusi lapisan ozon. Cahaya radiasi ultraviolet ini sangat bahaya kepada manusia sehingga boleh menyebabkan penyakit kulit malah ia juga boleh menyebabkan kerosakan pada tanaman. Melalui penyelidikan yang dilakukan pelbagai teknologi peranti tela di buat bagi menyelamatkan tanaman dari bahaya cahaya radiasi ultraviolet.

e. Perubahan iklim:

Perubahan iklim berlaku apabila kuantiti karbon dioksida di atmosfera semakin meningkat dan menyebabkan suhu meningkat sehingga menyebabkan pencairan salji.

f. Mengambil dan mengumpul data

Data meteorologi direkod dengan adanya bantuan peralatan, radas dan teknologi secara manual ataupun secara automatik.



Rajah 2.3.1 (f): Stesen Meteorologi Miri Sarawak, Malaysia

Sumber: <https://en.wikipedia.org>, 2015

2.3.2 Kitaran Hidrologi

secara umumnya, kitaran hidrologi boleh di definisikan sebagai pergerakan air daripada laut ke atmosfera melalui proses curahan atau hujan yang lama ianya terkumpul di sungai-sungai dan mengalir semula ke dalam laut. Kitaran ini akan sentiasa berulang dan ianya tidak akan berakhir sehingga tamatnya hayat alam ini. Kitaran hidrologi adalah sangat penting kerana ia akan membekalkan air kepada semua unsur yang terdapat di bumi (Pereira et. al, 2004).



Rajah 2.3.2: Kitaran Air (kitaran Hidrologi)

Sumber: <http://water.usgs.gov>, 2015

Kitaran hidrologi mengambil alih 'hydrophere' yang mana ia adalah kawasan yang mengandungi semua air di udara dan di permukaan bumi. Kitaran itu adalah air melalui 'hydrophere'. oleh itu keseluruhan proses ini adalah mudah, ia dibahagikan dalam lima bahagian, iaitu pemeluwapan, penyusupan, air larian, penyejatan dan mendakan (Viessman et. al, 1996).

Dalam menguruskan pengairan dan sistemnya amatlah penting bagi seseorang yang terlibat memahami dengan mendalam mengenai kitaran hidrologi. Ianya penting bagi memastikan bekalan air yang diperlukan sentiasa mencukupi dan juga penting supaya dapat menjangkakan kesan-kesan jangka masa panjang yang akan berlaku kepada sumber bekalan air dan seterusnya kesannya kepada pengairan. Langkah persediaan awal boleh dilakukan sekiranya sebarang masalah dapat dikesan dengan lebih awal bagi memastikan kecekapan pengurusan berada pada tahap yang berkualiti.

2.3.3 Taburan air global

Sila rujuk kepada carta dan jadual data di bawah untuk penjelasan yang lebih terperinci tentang penyimpanan air dunia. Jika diperhatikan, daripada jumlah bekalan air di dunia ini iaitu sebanyak 1,386 juta kubik kilometer (32.5 juta kubik batu) air, lebih daripada 96% ialah air masin. Daripada jumlah air tawar, lebih daripada 68% terperangkap dalam

RUJUKAN

- Ali M.H., Hoque M.R., Hassan A.A., and Khair A., 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. *Agricultural. Water Management.*, **92**, 151-161.
- Allen, R. G., Walter, I. A., Elliot, R. L., Howell, T.A., Itenfisu, D., Jensen, M. E. and Snyder, R. 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. ASCE and American Society of Civil Engineers.
- Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D., and Smith M. 1998. "Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements." Irrigation and Drainage Paper No. 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Alves, I. & Pereira, L. (2000). Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling with infrared thermometers: A new approach. *Irrigation Science*, Vol.**19**, pp.101-106
- Anonymous. 2009, *Aciences*, <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/ae445> diakses pada Mac 8, 2016.
- Anonymous. 2016. Average Weather For Sandakan, Malaysia. WeatherSpark site. <https://weatherspark.com/averages/34019/Sandakan-Sabah-Malaysia>. Diakses pada 23 Ogos 2016.
- Anonymous. 2016. Monthly Rainfall Review. Laman rasmi Malaysian Meteorologi Department. <http://www.met.gov.my/web/metmalaysia/climate>. Diakses pada 26 Ogos 2016.
- Aparicio V Costa JL 2007 Soil quality indicators under continuous cropping systems in the Argentinean Pampas. *Soil & Tillage Research* **96**, 155-165 doi:10.1016/j.still.2007.05.006
- ASCE-EWRI 2005. "The ASCE standardized reference evapotranspiration equation." In: Allen RG, Walter IA, Elliott RL, Howell TA, Itenfisu D, Jensen ME, Snyder RL (eds). American Society of Civil Engineers, 69 p.
- B. Sundara, 2008 ."Sugarcane Ratoons, Their Importance and Establishment," In: T. R. Shanthy and D. P. Prathap, Eds., *Ratoon Management in Sugarcane*, Sugarcane Breeding Institute, Coimbatore, pp. 6-11
- Bernstein, L. and Francois, L.E., 1973a. Comparisons of drip, furrow, and sprinkle irrigation. *Soil Science* **115**: 73-86
- Blaney, H. F. and Criddle, W. D. 1950. Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigation data. United States Department of Agriculture, Soil Conservation Service.
- Boman, B.J., and E.W. Stover. 2002. *Outline for Managing Irrigation of Florida Citrus with High Salinity Water*. AE217. Gainesville, University of Florida Institute of Food and Agricultural Aciences, <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/ae217> diakses pada Mac 8, 2016.
- Bradley, R.S. 2000. One thousand years of climate change. *Global Change Newsletter* **44**: 5-6.
- Davis. 2009. *Smart irrigation Controllers: Probramming Guidelines for Evapotranspiration-Based Irrigation Controllers*. AE445. Gainesville, University of Florida Institute of Food and Agricultural
- Development Division, United Nations Food and Agriculture Service, Rome, Italy. Thornthwaite, C. W. 1948. "An approach toward a rational classification of climate." *Geographical Review* **38**: 55-94. Dukes, M.D., M.L. Shedd, and S.L.
- Donelan MA (1990) Air-sea Interaction. In: LeMehaute B, Hanes DM (eds) *The Sea*, Vol.9, pp. 239-292. New York: John Wiley

- FAO. 1994. Irrigation Water Delivery Models. Proceedings of the FAO Expert Consultation, Rome, Italy, 4-7 Oct. 1993. *Water Report 1*. Rome.
- Lenselink, K.J. and Jurriens, J. 1992. *Inventory of Irrigation Software for Microcomputers*. ILRI. Wageningen.
- FAO-UNESCO (1971-1981) Soil Map of the World, 1:5,000,000, Volumes 11-X. UNESCO, Sabah.
- Howell, T. A. and Evett, S. R. 2006. The Penman-Monteith Method. Available online: <http://www.cprl.ars.usda.gov/wmru/pdfs/PM%20COLO%20Bar%20%20orrected%209apr04.pdf>. Diakses pada Mac 1, 2016.
- Irmak, S., and D.Z. Haman. 2003. *Evapotranspiration: Potential or Reference?* ABE 343. Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, 2003. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/AE/AE25600.pdf> diakses pada Mac 1, 2016.
- Jabro, J.D., Evans, R.G., Kim, Y. and Iversen, W.M., 2009. Estimating in situ soil-water retention and field water capacity in two contrasting soil textures. *Irrigation Science* **27**: 223-229.
- Jensen, M. E., Burman, R. D. and Allen, R. G. 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No. **70**. American Society of Civil Engineers, New York.
- Jiotode, D.J., Lambe, D.L. and Dhawad, C.S., 2002. Growth parameters and water use studies of maize on influenced by irrigation levels and row spacing. *Crop Research* **24**: 292-295.
- Mayhew, Peter J., B. Gereth, Jenkins and Timothy G, Benton, 2007. Along term association between global temperature and diversity, Originating and extinction in fossil record. Proceedings of Royal Society B. Royal Publishing.
- McCloud, D. E. 1955. "Water requirements of field crops in Florida as influenced by climate." *Proceedings Soil Science Society of Florida* **15**:165-172.
- McCloud, D. E. and Dunavin Jr., L. S. 1954. "The measurement of potential evapotranspiration." The Johns Hopkins University Laboratory of Climatology. Publication in *Climatology* **7**: 55-68.
- Migliaccio, K.W., and Y. Li. 2000. *Irrigation Scheduling for Tropical Fruit Groves in South Florida*. TR001. Gainesville, University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/tr001> diakses pada April 15, 2016.
- Monteith, J. L. 1965. "Evaporation and Environment." In: *The state and movement of water in living organism*. 19th Symp. Soc. Exptl. Biol. P. 205-234.
- Morgan, K.T., E.A. Hanlon, and T.A. Obreza. 2009. *A Web-Based Model to Improve Water Use Efficiency and Reduce Nutrient Leaching for Florida Citrus*. SS499. Gainesville, University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, <http://edis.ifas.ufl.edu/ss499> diakses pada Mac 8, 2016.
- Nielsen, D. & Gardner, B. (1987). Scheduling irrigations for corn with the crop water stress index (CWSI). *Applied Agricultural Research*, Vol. **2**, No. **5**, pp.295-300
- Oktem, A. 2008. Effect of water shortage on yield, and protein and mineral compositions of drip irrigated sweet corn in sustainable agricultural systems. *Agricultural Water Management*, **95(9)** 1003-1010.
- Penman, H. L. 1948. "Natural evaporation from open water, bare soil and grass." *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, Vol. **193**, No. **1032**, p. 120-145.
- R. G. Allen, L. S.Pereira, D.Raes, and M.SMITH, 1998, *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements, Irrigation and Drainage Paper No. 56*, Food and Agricultural Organization (FAO), Rome,.
- R. Nalini, 2009, "Studies on Enzymology of Sucrose Accumulation in Plant and Ratoon Crop of Sugarcane (*Saccharum officinarum*) Varieties," MS. Dissertation, Bharathiar University, Coimbatore.

- Rahman, M.M., M.O.Islam and M.Hasanuzzaman,2008. Study of effective rainfall for irrigated agriculture in south-eastern part of Bangladesh, *World Journals of Agri. Sci* **4(4)**:453- 457. 12.
- Richards, R. (2000). Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *Journal of Experimental Botany* Vol.**51**, pp.447-458
- Romero, C.C., Dukes, M.D., Baigorria, G.A., and Cohen, R. 2009. "Comparing theoretical irrigation requirement and actual irrigation for citrus in Florida." *Agricultural Water Management* **96**:473-483.
- Simonne, E.H., M.D. Dukes, and L. Zotarelli. 2010. "Principles and Practices of Irrigation Management for Vegetables," p. 17-26, In: S. M. Olson and E. Simonne. eds. *Vegetable Production Handbook for Florida 2010-2011*.IFAS, Gainesville, FL.
- Smajstrla, A.G., B.J. Boman, D.Z. Haman, F.T. Izuno, D.J. Pitts and F.S. Zaxueta. 1997. *Basic Irrigation Scheduling in Florida*. AE111. Gainesville, University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, diakses pada Mac 25, 2016.
- Smith, M., Allen, R. G., Monteith, J. L., Pereira, L. S. Perrier, A. and Pruitt, W. O. 1992. *Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements*. Land and Water
- Tan K.H., 1996. *Soil sampling, Preparation and Analysis*. Marcel Dekker Press, New York, USA.
- Turner, J.H. and Anderson C. L. (1980). *Planning for an Irrigation system*. American Assoc. For Vocational Instructional Materials, Athens, Georgia. Pg.120.
- Zwart S.J. and Bastiaansen W.G.M., 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *J. Agric. Water Manag.*, **69**, 115-133.