



TUGAS AKHIR TERAPAN TERAPAN - VC 181819

PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREK, KOTA SURABAYA

CHOIRUL ANWAR
NRP. 10 1 1 18 15 0000 14

DOSEN PEMBIMBING 1 :
S. Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP. 19771231 200604 2 001

DOSEN PEMBIMBING 2 :
Dwi Indriyani, ST., MT.
NIP. 19810210 201404 2 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR TERAPAN TERAPAN - VC 181819

**PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI
HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN
PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN
MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA
SURABAYA**

**CHOIRUL ANWAR
NRP. 10 1 1 18 15 0000 14**

**DOSEN PEMBIMBING 1 :
S. Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP. 19771231 200604 2 001**

**DOSEN PEMBIMBING 2 :
Dwi Indriyani ST., MT.
NIP. 19810210 201404 2 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



FINAL PROJECT - VC 181819

**PLANNING OF HYDROPONICS IRRIGATION
NETWORK FOR LAND EXTENSIVEIZATION ON
RAINFED AGRICULTURE IN MADE VILLAGE,
SAMBIKEREK SUBDISTRICT, SURABAYA CITY.**

**CHOIRUL ANWAR
NRP. 10 1 1 18 15 0000 14**

**SUPERVISOR 1 :
S. Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP. 19771231 200604 2 001**

**SUPERVISOR 2 :
Dwi Indriyani ST., MT.
NIP. 19810210 201404 2 001**

**DIPLOMA IV PROGRAM
CIVIL INFRASTRUCTURE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF VOCATIONS
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



Berita Acara Sidang Proyek Akhir

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS

Semester Genap 2019-2020

Nomor BA :

Nomor Jadwal :

2

Program Studi : D4 Teknik Sipil Lanjut Jenjang

Diinisi oleh : Dwi Indriyani, ST., MT.

Bawa pada hari ini : Senin, 03-Agt-2020

Pukul : 13.00 s/d 15.00

Di tempat : Online Meeting

Telah dilaksanakan sidang Proposal Tugas Akhir dengan judul:

MODIFIKASI JARINGAN IRIGASI KONVENTIONAL KOMBINASI IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA

Yang dihadiri dan dipresentasikan oleh mahasiswa :

(Hadir / Tidak Hadir)

10111815000014 CHOIRUL ANWAR

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Pembimbing:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 S. Kamilia Aziz, ST., MT.

Hadir

2 Dwi Indriyani, ST., MT.

Hadir

Yang dihadiri oleh dosen Penguii:

(Hadir / Tidak Hadir)

1 Ir. Ismail Sa'ud, M.MT.

Hadir

2 Ir. Edy Sumirman, MT.

Hadir

3

Bahwasanya. musyawarah pembimbing dan penguii pada sidang proyek akhir ini memutuskan:

10111815000014 CHOIRUL ANWAR

LULUS, TANPA REVISI

Catatan / revisi / masukan :

Ir. Ismail Sa'ud, M.MT.

a Dalam saran, disebutkan jika mengetahui titik layu cabe dan sawi akan lebih efektif

b Detail potongan dan pipa dilengkapi

c

d

e

f

Ir. Edy Sumirman, MT.

- a Menghitung daya pompa
 - b Disebutkan pupuk apa yang dipakai
 - c arah aliran, posisi pompa, dimensi pipa tercantum pada gambar
 - d
 - e
 - f

Judul direvisi dengan PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA

Tindak lanjut :

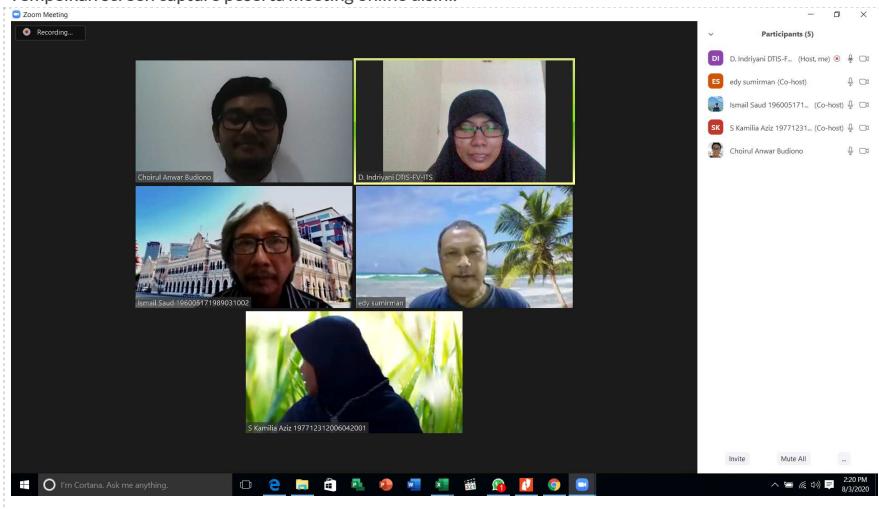
Mahasiswa memperbaiki/merevisi Proyek Akhir sesuai dengan masukan di atas.

Penutup :

Demikian Berita Acara Sidang Proyek Akhir ini dibuat sebagai panduan revisi oleh Mahasiswa.

Lampiran :

Tempelkan screen capture peserta meeting online disini.



LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK
GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH
HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN
SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar
Sarjana Terapan
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya 2020

Disusun oleh :
Mahasiswa



Choirul Anwar

NRP. 1011181500014

Disetujui oleh,

Dosen Pembimbing 1



Dosen Pembimbing 2



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA SURABAYA

Nama	:	Choirul Anwar
NRP	:	1011150000014
Program Studi	:	Diploma IV Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing 1	:	S. Kamilia Aziz, ST., MT.
NIP	:	19771231 200604 2 001
Dosen Pembimbing 2	:	Dwi Indriyani ST., MT..
NIP	:	19810210 201404 2 001

Abstrak :

Jumlah penduduk kota Surabaya dari tahun 2014 sampai 2015 mengalami peningkatan sebesar 4,45%. Lahan pertanian di Kota Surabaya mengalami penyusutan lahan sebesar 75 hektar setiap tahunnya. Peningkatan jumlah penduduk kota Surabaya berbanding terbalik dengan ketersediaan lahan pertanian. Solusinya adalah menerapkan konsep baru *urban farming*. Hasil optimasi eksisting menghasilkan intensitas tanam sebesar 289% dengan pola tanam padi-palawija-palawija, sedangkan optimasi rencana menghasilkan intensitas tanam sebesar 240% dengan pola tanam palawija-palawija (hidroponik tingkat atas), intensitas tanam sebesar 311% dengan pola tanam palawija-palawija-palawija (hidroponik tingkat bawah), dan budidaya ikan lele sistem bioflok. Kebutuhan air rencana sebesar $3,63 \times 10^6$ liter sedangkan ketersediaan tampungan air total sebesar $3,75 \times 10^6$ liter. Nilai *benefit cost ratio* (BCR) eksisting dan rencana masing-masing sebesar 0,09 dan 1,43. Nilai *net present value* (NPV) eksisting dan

rencana masing-masing sebesar Rp.-115.719.410,06 dan Rp. 2.956.052.297,26. Nilai *payback period* (PP) eksisting dan rencana membutuhkan 12,39 tahun dan 1,7 tahun.

Kata kunci; Urban Farming, Hidroponik, Aquaponik, dan Bioflok

ABSTRACT

PLANNING OF HYDROPOONICS IRRIGATION NETWORK FOR LAND EXTENSIVEIZATION ON RAINFED AGRICULTURE IN MADE VILLAGE, SAMBIKEREPA SUBDISTRICT, SURABAYA CITY.

<i>Name</i>	: <i>Choirul Anwar</i>
<i>ID Number</i>	: <i>1011150000014</i>
<i>Study Program</i>	: <i>Diploma IV Civil Engineering Departement of Civil Infrastructure Engineering, Vocational School Institut Teknologi Sepuluh Nopember</i>
<i>Supervisor 1</i>	: <i>S. Kamilia Aziz, ST., MT.</i>
<i>ID Number</i>	: <i>19771231 200604 2 001</i>
<i>Supervisor 2</i>	: <i>Dwi Indriyani ST., MT..</i>
<i>ID Number</i>	: <i>19810210 201404 2 001</i>

Abstract :

The population of Surabaya city from 2014 to 2015 increased by 4.45%. Agricultural land in the Surabaya city experiences 75 hectares of land every year. The increase in the population of the city of Surabaya is inversely proportional to the availability of agricultural land. The solution is to apply a new concept of urban farming. The optimization of the existing resulted in cropping intensity of 289% with rice-vegetable-vegetable cropping patterns, while optimization of the plan resulted in cropping intensity of 240% with vegetable-vegetable cropping patterns (top level hydroponics), 311% with vegetable-vegetable-vegetable cropping patterns (low level hydroponics), and catfish farming by biofloc's system. The water demand is 3.63×10^6 liters while the water supply is 3.75×10^6 liters. BCR of existing and plans are 0.09 and 1.43. NPV of existing and plans

are -115,719,410.06 IDR and 2,956,052,297.26. IDR. PP of existing and plans require 12.39 years and 1.7 years.

Keywords; Urban Farming, Hydroponics, Aquaponics, and Bioflo

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan petunjuk Hidayah-Nya akhirnya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas akhir terapan Terapan ini dengan judul:

PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA SURABAYA

Laporan Tugas akhir terapan Terapan ini merupakan salah satu syarat menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Diploma IV, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam penyusunan Tugas akhir terapan Terapan ini kami mengucapkan terima kasih kepada :

1. Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D. selaku Kepala Program Studi Jurusan Diploma IV, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. S. Kamilia Aziz, ST., MT. dan Dwi Indriyani ST., MT. selaku dosen pembimbing yang dengan penuh kesabaran, dan keikhlasan membimbing serta meluangkan waktu untuk kami hingga terselesaiannya Tugas akhir terapan Terapan ini.
3. Keluarga serta Orang Tua yang membantu mendukung hingga terselesaiannya Tugas akhir terapan ini
4. Ahmad Fajaruddin Al Farisy yang telah membantu mendesain kerangka dari *greenhouse*.
5. Prasetyo Hari Purwanto dan Wildan Aidi Rahman yang telah membantu membuatkan animasi 3D.
6. Teman-teman Diploma Teknik Infrastruktur Sipil angkatan 2018 dan teman-teman kelas bangunan air lanjut jenjang khususnya atas bantuan do'a serta dukungannya.

Saya menyadari bahwa dalam penulisan Tugas akhir terapan Terapan ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu

saya mohon maaf atas kesalahan yang kami perbuat karena kurangnya ilmu pada diri saya. Saya mengharapkan kritik dan saran membangun dari para pembaca sekalian.

Surabaya, 3 Agustus 2020

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 <i>Latar Belakang</i>	1
1.2 <i>Rumusan Masalah</i>	2
1.3 <i>Tujuan</i>	2
1.4 <i>Batasan Masalah</i>	2
1.5 <i>Manfaat</i>	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. <i>Umum</i>	3
2.1.1. Hidroponik	3
2.1.2. Hidroponik Fertigasi Tetes	3
2.1.3. Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST).....	4
2.1.4. Aquaponik.....	5
2.1.5. Budidaya Ikan Sistem Bioflok	6
2.2. <i>Membuat Peta Topografi</i>	7
2.2.1. Membuat Patok dengan <i>Google Earth</i>	7
2.2.2. Mendownload Peta DEM.....	8
2.2.3. Mengolah data dengan aplikasi <i>Global Mapper</i>	9
2.2.4. Membuat Topografi dengan <i>Surfer</i>	11
2.3. <i>Debit Ketersediaan</i>	14
2.3.1. Uji Konsestensi Metode RAPS	14
2.3.2. Debit Penampungan Air Hujan	15
2.3.3. Koefisien Pengaliran (C).....	16
2.4. <i>Debit Kebutuhan</i>	16
2.4.1. Curah Hujan Efektif.....	16
2.4.2. Evapotranspirasi Peinmonteh.....	17
2.4.3. Evapotranspirasi <i>Greenhouse</i>	18
2.4.4. Kebutuhan air selama penyiapan lahan (IR)	19
2.4.5. Perkolasi	20
2.4.6. Pergantian Lapisan Air (Water Layer Requirment)	20

2.4.7.	Koefisien Tanaman Eksisting	21
2.4.8.	Koefisien Tanaman Rencana	21
2.4.9.	Penggunaan Konsumtif	22
2.4.10.	Kebutuhan Air di Sawah (NFR)	22
2.4.11.	Kebutuhan Air di Pintu Pengambilan (DR)	23
2.4.12.	Kebutuhan Air pada Hidroponik	23
2.5.	<i>Optimasi Irrigasi</i>	24
2.6.	<i>Desain Perencanaan Urban Farming</i>	25
2.6.1.	Tampungan Air (<i>Reservoir</i>)	25
2.6.2.	Dimensi Talang Penampungan Air Hujan (PAH)	26
2.6.3.	Dimensi Pipa irigasi	27
2.6.4.	Debit Saluran Pembuang	28
2.6.5.	Dimensi Saluran Pembuang	29
2.6.6.	Sumur Resapan Air Hujan	31
2.7.	<i>Analisa Ekonomi</i>	32
2.7.1.	Metode <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	32
2.7.2.	Metode <i>Net Present Value</i> (NPV)	32
2.7.3.	Metode <i>Payback Period</i> (PP)	32
BAB III	METODOLOGI	33
3.1.	<i>Studi Literatur</i>	33
3.2.	<i>Pengumpulan Data</i>	33
3.3.	<i>Bagan Alir Pekerjaan</i>	33
BAB IV	PERHITUNGAN ANALISA	35
4.1.	<i>Membuat Peta Topografi</i>	35
4.1.1.	Membuat Patok dengan <i>Google Earth</i>	35
4.1.2.	Mendownload Peta DEM	35
4.1.3.	Mengolah data dengan aplikasi <i>Global Mapper</i>	38
4.1.4.	Membuat Topografi dengan <i>Surfer</i>	42
4.2.	<i>Debit Ketersediaan</i>	45
4.2.1.	Intensitas Curah Hujan (i)	45
4.2.2.	Uji Konsestensi Metode RAPS	46
4.2.3.	Koefisien Pengaliran (C)	47
4.2.4.	Debit Penampungan Air Hujan	48
4.3.	<i>Klimatologi</i>	49
4.3.1.	Evapotranspirasi potensial (Eto) Penman Modifikasi	51
4.3.2.	Evapotranspirasi potensial (Eto) <i>Greenhouse</i>	54

4.3.3.	Perbandingan Evapotranspirasi potensial harian (Eto)	58
4.4.	Debit Kebutuhan Eksisting.....	59
4.4.1.	Curah Hujan Efektif.....	59
4.4.2.	Pergantian Lapisan Air (<i>Water Layer Requirment</i>)	61
4.4.3.	Koefisien Tanaman Eksisting	62
4.4.4.	Penggunaan Konsumtif (Etc)	63
4.4.5.	Kebutuhan Air disawah (NFR) Eksisting	63
4.4.6.	Kebutuhan Air di Pengambilan (DR) Padi Eksisting	63
4.4.7.	Optimasi Eksisting	63
4.5.	Debit Kebutuhan Rencana	69
4.5.1.	Hidroponik tingkat atas.....	69
4.5.2.	Hidroponik tingkat bawah.....	70
4.5.3.	Tampungan Air	70
4.6.	Debit Kebutuhan Rencana Hidroponik Tingkat Atas	71
4.6.1.	Kebutuhan Air di Pengambilan (DR) Tanamna Cabai.....	71
4.6.2.	Optimasi Cabai 1	71
4.6.3.	Optimasi Cabai 2 (Debit Kontinu sepanjang Tahun)	76
4.7.	Debit Kebutuhan Rencana Hidroponik Tingkat Bawah	80
4.7.1.	Kebutuhan Air di Pengambilan (DR) Tanamna Sawi	80
4.7.2.	Optimasi Sawi 1	80
4.7.3.	Optimasi Sawi 2	84
4.7.4.	Optimasi Sawi 3	87
4.7.5.	Optimasi Sawi 4.....	91
4.8.	Rekapitulasi Debit Kebutuhan Rencana.....	94
4.9.	Desain Urban Farming Desa Made Kota Surabaya	95
4.9.1.	Desain Petak Tersier <i>Urban Farming Made</i>	95
4.9.2.	Desain Jalan Akses <i>Urban Farming Made</i>	95
4.9.3.	Desain Penampung Air Hujan (PAH) <i>Urban Farming Made</i>	97
4.9.4.	Pemilihan Tanaman Hasil Optimasi	100
4.9.5.	Desain Dimensi Talang (PAH) <i>Urban Farming Made</i>	101
4.9.6.	Desain Pipa Irigasi	106
4.9.7.	Desain Saluran Pembuangan <i>Urban Farming Made</i>	107
4.9.8.	Desain Sumur Resapan	110
4.9.9.	Desain <i>Greenhouse Urban Farming Made</i>	111
4.9.10.	Desain Pipa Penghubung Tampungan Air	115
4.9.11.	Siklus Aliran Air dalam <i>Urban Farming Made</i>	117
4.9.12.	Pembagian Blok dan Pedoman Awal Tanam.....	118
4.10.	Analisa Ekonomi	120

4.10.1. Luas Tanam <i>Urban Farming</i> Made.....	120
4.10.2. Pendapatan <i>Urban Farming</i> Made	121
4.10.3. Biaya (<i>Cost</i>).....	124
4.10.4. Rekapitulasi dan Analisa Ekonomi.....	127
BAB 5 PENUTUP.....	129
5.1. <i>Kesimpulan</i>	129
5.2. <i>Saran</i>	129
DAFTAR PUSTAKA	131
LAMPIRAN.....	133

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan sistem bioflok dan Konvensional	6
Tabel 2. 2 Nilai Kritis dari Q dan R	15
Tabel 2. 3 Kebutuhan air selama penyiapan lahan (IR).....	20
Tabel 2. 4 Nilai Perkolasi	20
Tabel 2. 5 Koefisien Tanaman Padi.....	21
Tabel 2. 6 Koefisien Tanaman Palawija.....	21
Tabel 2. 7 Koefisien Tanaman Cabai	22
Tabel 2. 8 Koefisien Tanaman Sawi.....	22
Tabel 2. 9 Harga Koefisien Limpasan Air Hujan untuk Qd	29
Tabel 2. 10 Harga Koefisien kekasaran <i>Manning</i> (n).....	31
Tabel 4. 1 Titik Koordinat Petak.....	36
Tabel 4. 2 Titik Koordinat Lokasi Studi.....	41
Tabel 4. 3 Luasan Petak Sawah.....	44
Tabel 4. 4 Curah Hujan Bulanan Stasiun Kandangan	45
Tabel 4. 5 Uji Konsestensi Metode RAPS	47
Tabel 4. 6 Debit Penampungan Air Hujan	48
Tabel 4. 7 Data Kelembaban Kota Surabaya	49
Tabel 4. 8 Data Temperatur Kota Surabaya	49
Tabel 4. 9 Data Lama Penyirinan Kota Surabaya.....	50
Tabel 4. 10 Data Kecepatan Aingin Kota Surabaya	50
Tabel 4. 11 Evapotanspirasi potensial (Eto) Penman Modifikasi.....	53
Tabel 4. 12 Evapotanspirasi potensial (Eto) Stanghellini.....	57
Tabel 4. 13 Perbandingan Evapotranspirasi potensial (Eto).....	58
Tabel 4. 14 Probabilitas Curah Hujan St. Kandangan.....	59
Tabel 4. 15 Curah Hujan Efektif	60
Tabel 4. 16 Lahan Persiapan (WLR)	62
Tabel 4. 17 Kebutuhan Air pada Pintu Pengambilan (DR)	66
Tabel 4. 18 Debit Optimasi Eksisting.....	67
Tabel 4. 19 Luas Optimasi Eksisting.....	68
Tabel 4. 20 Perhitungan Debit Rencana	69
Tabel 4. 21 Kebutuhan air di Pintu Pengambil (DR) Cabai	73
Tabel 4. 22 Debit Optimasi Hidroponik Cabai 1	74
Tabel 4. 23 Luas Optimasi Hidroponik Cabai 1	75
Tabel 4. 24 Debit Optimasi Hidroponik Cabai 2	78
Tabel 4. 25 Luas Optimasi Hidroponik Cabai 2	79
Tabel 4. 26 Kebutuhan air di Pintu Pengambil (DR) Sawi.....	82
Tabel 4. 27 Debit Optimasi Hidroponik Sawi 1	83

Tabel 4. 28 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 1	84
Tabel 4. 29 Debit Optimasi Hidroponik Sawi 2	86
Tabel 4. 30 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 2	87
Tabel 4. 31 Debit Optimasi Hidroponik Sawi 3	89
Tabel 4. 32 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 3	90
Tabel 4. 33 Debit Optimasi Hidroponik Sawi 4	92
Tabel 4. 34 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 4	93
Tabel 4. 35 Rekapitulasi Pola Tanam dan Intensitas Tanam	94
Tabel 4. 36 Rekapitulasi Debit Kebutuhan Rencana	95
Tabel 4. 37 Ukuran Panjang dan Lebar Petak Tersier	96
Tabel 4. 38 Panjang Jalan Akses	96
Tabel 4. 39 Rekapitulasi Kebutuhan Tampungan Air	99
Tabel 4. 40 Debit Air Hujan pada Talang.....	103
Tabel 4. 41 Kebutuhan Talang Sekunder	104
Tabel 4. 42 Dimensi Talang Rambu (1/2 lingkaran)	105
Tabel 4. 43 Dimensi Talang Tegak (Lingkaran)	106
Tabel 4. 44 Dimensi Pipa Irigasi	107
Tabel 4. 45 Debit Saluran Pembuang Irigasi	108
Tabel 4. 46 Dimensi Saluran Pembuang.....	109
Tabel 4. 47 Pembagian Tipe <i>Greenhouse</i>	115
Tabel 4. 48 Blok dan Pedoman Awal tanam	119
Tabel 4. 49 Luas Tanam Eksisting	121
Tabel 4. 50 Luas Tanam Rencana.....	121
Tabel 4. 51 Hasil produksi.....	122
Tabel 4. 52 Hasil Produksi Ikan Lele pada Kolam Ikan	123
Tabel 4. 53 Hasil Produksi Ikan Lele pada Kolam Hidroponik Sawi..	123
Tabel 4. 54 Pendapatan Urban Farming Made	124
Tabel 4. 55 Biaya Tetap Tenaga Kerja Eksisting	125
Tabel 4. 56 Biaya Tetap Tenaga Kerja Rencana	125
Tabel 4. 57 Biaya Variabel Eksisting	126
Tabel 4. 58 Biaya Variabel Rencana	126
Tabel 4. 59 Biaya Penyusutan Rencana.....	127
Tabel 4. 60 Rekapitulasi Nilai Ekonomi.....	128

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Fertigasi Tetes.....	4
Gambar 2. 2 Penerapan Fertigasi Tetes	4
Gambar 2. 3 Skema Teknologi Hidroponik Sistem Terapung	5
Gambar 2. 4 Penerapan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung.....	5
Gambar 2. 5 Aquaponik	6
Gambar 2. 6 Tampilan awal <i>Google Earth</i>	7
Gambar 2. 7 Tampilan Pin/ Penanda Lokasi	8
Gambar 2. 8 website srtm.csi.cgiar.org	9
Gambar 2. 9 Download data DEM suatu wilayah	9
Gambar 2. 10 Membuka data DEM pada <i>Global Mapper</i>	10
Gambar 2. 11 Membuat Kontur dengan <i>Global Mapper</i>	10
Gambar 2. 12 Membuat Batasan Kontur pada <i>Global Mapper</i>	11
Gambar 2. 13 Hasil kontur pada <i>Global Mapper</i>	11
Gambar 2. 14 Tampilan awal Aplikasi <i>Surfer</i>	12
Gambar 2. 15 Jendela Transform pada <i>Surfer</i>	12
Gambar 2. 16 Jendela Penambahan Data pada <i>Surfer</i>	13
Gambar 2. 17 Map Wizard pada <i>Surfer</i>	13
Gambar 2. 18 Pilihan Tipe Peta pada <i>Surfer</i>	14
Gambar 2. 19 Hasil <i>Running Surfer</i>	14
Gambar 2. 20 Metode Kurva massa dan Alaisi Kurva Massa.....	26
Gambar 2. 21 Parameter Potongan Melintang.....	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir	34
Gambar 4. 1 Penanda Titik Petak pada <i>Google Earth</i>	35
Gambar 4. 2 Tampilan awal Website srtm.csi.cgiar.org.....	37
Gambar 4. 3 Pemilihan Lokasi Peta DEM	37
Gambar 4. 4 Jendela website untuk mendownload peta DEM	37
Gambar 4. 5 Tampilan awal <i>Global Mapper</i>	38
Gambar 4. 6 Tampilan Open File <i>Global Mapper</i>	39
Gambar 4. 7 Tampilan Peta DEM pada <i>Global Mapper</i>	39
Gambar 4. 8 Tampilan Tool Analysis pada <i>Global Mapper</i>	40
Gambar 4. 9 Contour Generation Options pada <i>Global Mapper</i>	40
Gambar 4. 10 Contour Bounds pada <i>Global Mapper</i>	40
Gambar 4. 11 Hasil <i>Running Global Mapper</i>	41
Gambar 4. 12 Tampilan Worksheet pada <i>Surfer</i>	42
Gambar 4. 13 Tampilan Grid Data pada <i>Surfer</i>	43
Gambar 4. 14 Running Grid Data pada <i>Surfer</i>	43

Gambar 4. 15 Hasil Running pada <i>Surfer</i>	43
Gambar 4. 16 Petak Sawah <i>Sumber; Dokumentasi Pribadi</i>	44
Gambar 4. 17 Grafik Curah Hujan Bulanan Stasiun Kandangan	46
Gambar 4. 18 Grafik Debit Penampungan Air Hujan	48
Gambar 4. 19 Evapotanspirasi potensial (Eto) Penman Modifikasi	54
Gambar 4. 20 Evapotanspirasi potensial (Eto) Stanghellini	56
Gambar 4. 21 Perbandingan Evapotanspirasi potensial (Eto)	58
Gambar 4. 22 Grafik Optimasi Eksisting	65
Gambar 4. 23 Grafik Kumulatif Optimasi Eksisting	68
Gambar 4. 24 Skema Perhitungan Debit Rencana.....	69
Gambar 4. 25 Grafik Optimasi Hidroponik Cabai 1.....	75
Gambar 4. 26 Grafik Kumulatif Optimasi Hidroponik Cabai 1	76
Gambar 4. 27 Grafik Optimasi Hidroponik Cabai 2.....	77
Gambar 4. 28 Grafik Kumulatif Optimasi Hidroponik Cabai 2	79
Gambar 4. 29 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 1	81
Gambar 4. 30 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 1	81
Gambar 4. 31 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 2	85
Gambar 4. 32 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 2	85
Gambar 4. 33 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 3	88
Gambar 4. 34 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 3	90
Gambar 4. 35 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 4	93
Gambar 4. 36 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 4	94
Gambar 4. 37 Sketsa Desain Tampungan Air (<i>Reservoir</i>)	97
Gambar 4. 38 Rekapitulasi Penggunaan Air.....	98
Gambar 4. 39 Rekapitulasi Kumulatif Penggunaan Air	98
Gambar 4. 40 Alur Penampungan Air Hujan (PAH).....	101
Gambar 4. 41 Skema Talang Sekunder	102
Gambar 4. 42 Potongan Melintang Skema Pipa Penghubung	115
Gambar 4. 44 Potongan Memanjang Skema Pipa Penghubung	116
Gambar 4. 43 Tampak Atas Skema Pipa Penghubung	116
Gambar 4. 45 Siklus Aliran Air dalam <i>Urban Farming Made</i>	117
Gambar 4. 46 Blok Petak Tersier	120

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Surabaya merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Menurut Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil Kota Surabaya jumlah penduduk Kota Surabaya pada tahun 2014 yaitu 2.848.583 jiwa. Pada tahun 2015 jumlah penduduk Kota surabaya tercatat sebanyak 2.975.359 jiwa. Jumlah penduduk dari tahun 2014 sampai 2015 mengalami peningkatan sebesar 4,45%. Surabaya memiliki lahan pertanian sebesar 1.400 hektar. Lahan pertanian tersebut mengalami penyusutan lahan sebesar 75 hektar setiap tahunnya menurut Dinas Pertanian Kota Surabaya yang dikutip dari Repubika.co.id (2016). Peningkatan jumlah penduduk kota Suarabaya berbanding terbalik dengan ketersediaan lahan pertanian.

Perbedaan antara peningkatan jumlah penduduk dan penurunan lahan menyebabkan harga sayur-sayuran di Surabaya semakin tinggi. Jumlah ketersediaan sayuran terbatas sedangkan permintaan semakin meningkat. Menurut data BPS Jatim pada Tahun 2016 Kota Surabaya mengalami inflasi sebesar 0,73%. Komoditas sayur-sayuran penyumbang inflasi terbesar dari kelompok bahan makanan sebesar 2,36%.

Untuk mengatasi ketidakseimbangan tersebut pemerintah Kota Surabaya membuat program Urban Farming. Menurut Bappeko kota Surabaya program ini dituangkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) tahun 2006-2010 dan dilanjutkan kembali pada tahun 2011-2015. Salah satu kegiatan Urban Farming ini terdapat di Kelurahan Made Kecamatan Sambikerep Surabaya. Luas lahan Urban Farming tersebut sebesar 211,85 hektar dan produksi tanaman mencapai 6.000 ton per tahun.

Pemerintah Kota Surabaya sejak tahun 2007 hingga tahun 2013 belum menentukan tolak ukur keberhasilan pelaksanaan Urban Farming. Pengembangan desain Urban Farming di seluruh wilayah Kota Surabaya termasuk Kelurahan Made berjalan lambat menurut Dewi RR (2016) pada jurnalnya. Diperlukan sebuah desain inovasi untuk mengembangkan Urban Farming di Kota Surabaya. Desain Modifikasi Jaringan Irigasi Konvensional Kombinasi Irigasi Hidroponik Guna Ekstensifikasi Lahan

Pada Sawah Tadah Hujan Di Kelurahan Made, Kecamatan Sambikerep, Kota Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul dari latar belakang tersebut sebagai berikut :

- a. Berapa kebutuhan air tanaman pada jaringan tersebut?
- b. Bagaimana desain jaringan irigasi hidroponik untuk ekstensifikasi lahan pada sawah tадah hujan?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan penulisan Tugas akhir terapan Terapan adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung kebutuhan air tanaman pada jaringan tersebut
- b. Mendesain jaringan irigasi hidroponik untuk ekstensifikasi lahan pada sawah tадah hujan?

1.4 Batasan Masalah

Untuk mendapatkan hasil pembahasan yang maksimal batasan masalah dari penggerjaan Tugas akhir terapan Terapan ini adalah :

- a. Desain modifikasi jaringan hanya seluas 1 Ha
- b. Tidak memperhitungkan kebutuhan listrik

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penulisan tugas akhir terapan ini adalah sebagai bahan referensi dalam mendesain jaringan irigasi hidroponik guna ekstensifikasi lahan pada sawah tадah hujan di Kelurahan Made, Kecamatan Sambikerep, Kota Surabaya apabila digunakan bagi pihak yang membutuhkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

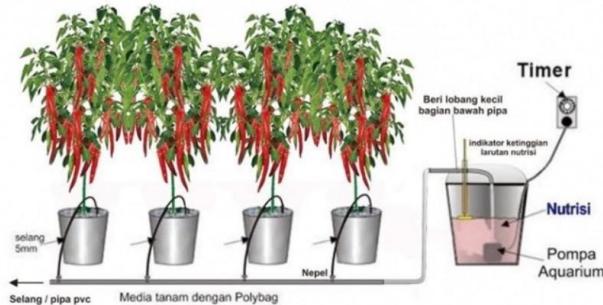
2.1.1. Hidroponik

Hidropinik adalah sistem budidaya menggunakan air yang mengandung nutrisi dan mineral tanpa menggunakan media tanah. Sistem ini ditemukan oleh William Frederick Gericke pada awal tahun 1930 di Berkley California. Sistem hidroponik memiliki keunggulan dibandingkan sistem budidaya konvensional (Swastika, Sri dkk. 2017) Berikut ini adalah keunggulannya;

- a. Mengurangi risiko atau masalah budidaya yang berhubungan dengan tanah seperti gangguan serangga, jamur dan bakteri yang hidup di tanah.
- b. Lebih mudah dalam pemeliharaan seperti tidak melibatkan proses penyiraman dan pengolahan tanah dalam budidaya tanamannya.
- c. Proses budidaya dilakukan dalam kondisi lebih bersih tanpa menggunakan pupuk kotoran hewan.
- d. Faktor-faktor pembatas dalam budidaya di lahan seperti suhu, kelembaban dan nutrisi dan pH dapat diatur dengan menggunakan metode hidroponik ini.

2.1.2. Hidroponik Fertigasi Tetes

Fertigasi adalah cara pemberian air irigasi bersamaan dengan pemupukan melalui emiter yang diletakkan dekat dengan perakaran tanaman. Fertigasi sebagai salah satu sub-sistem hidroponik yang bentuk penerapannya yakni penanaman dalam media pot (tabulampot). Irigasi tetes (*drip irrigation*) adalah sistem pemberian air irigasi yang bertekanan rendah melalui jaringan tabung dalam pola yang telah ditentukan dan memberikan air secara perlahan di dasar setiap tanaman atau tanah disekitarnya. Kedua sistem tersebut bisa dikombinasikan menjadi fertigasi tetes seperti gambar 2.1 dan 2.2. Salah satu komoditas pertanian yang berpotensi untuk dikembangkan dalam fertigasi tetes yaitu komoditas hortikultura. Cabai rawit (*Capsicum frutescens L.*) (Rohmah, Laela Nur, Dkk. 2018.)



Gambar 2. 1 Skema Fertigasi Tetes
 Sumber; www.faunadanflora.com

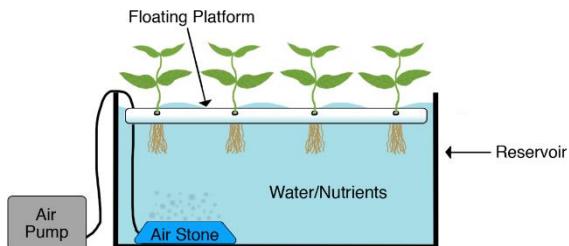


Gambar 2. 2 Penerapan Fertigasi Tetes
 Sumber; www.trubus-online.co.id

2.1.3. Teknologi Hidroponik Sisterm Terapung (THST)

Teknik hidroponik sistem terapung (THST) atau biasa juga disebut hidroponik rakit apung (*floating raft*) adalah teknik hidroponik yang di tempatkan pada *styrofoam* yang diapungkan pada sebuah kolam besar yang berisi larutan nutrisi seperti gambar 2.3 dan 2.4. Beberapa jenis tanaman sayuran yang berhasil tumbuh dan berproduksi normal dalam THST adalah Selada (*Lactuca sativa L.*) var. Panorama, Grand Rapid, Caisin (*Brassica rapa L. cv. group Caisin*) var. Tosakan, Pakchoy (*Brassica rapa L. cv. group Pak Choi*) var. White tropical type,

Kailan *Brassica oleracea* L. var. *alboglabra*) var. BBT 35, dan Kangkung (*Ipomoea reptans*) var. Bangkok LP1 (Muhamromah, Riani. 2017)



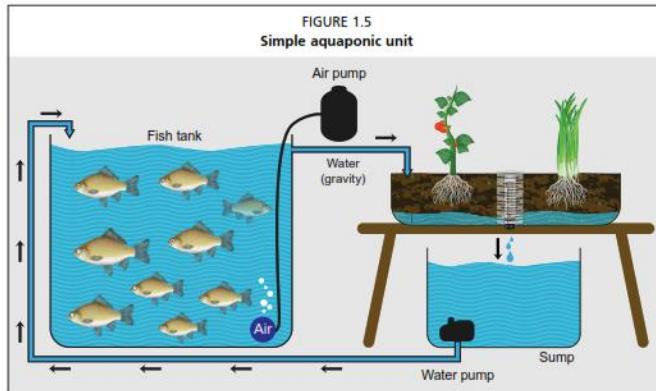
Gambar 2. 3 Skema Teknologi Hidroponik Sistem Terapung
Sumber; FAO



Gambar 2. 4 Penerapan Teknologi Hidroponik Sistem Terapung
Sumber; www.hamilplus.com

2.1.4. Aquaponik

Aquaponik adalah integrasi sirkulasi akuakultur dan hidroponik dalam satu sistem produksi. Dalam sebuah unit aquaponik, air dari siklus tangki ikan melalui filter, tanaman tumbuh tempat tidur dan kemudian kembali ke ikan seperti gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Aquaponik
Sumber; FAO

2.1.5. Budidaya Ikan Sistem Bioflok

Tabel 2. 1 Perbandingan sistem bioflok dan Konvensional

No	Komponen	Sistem Bioflok	Konvensional
1	Masa Budidaya	75-90 hari	120-130 hari
2	Padat Tebar Benih	500-1.000 ekor/m ³	100 ekor/m ³
3	Produktifitas	50-90 kg/m ³	12 kg/m ³
4	Hasil Panen	46-93 kg/m ³	12 kg/m ³
5	FCR Pakan	0.8	1,6
6	Keuntungan	7.000/kg	3.000 /kg
7	BEP	170,67 Kg	545,86 Kg
8	R/C Ratio	1,8	1,07

Sumber ; KPP Ri, 2017

Teknologi bioflok bisa mengolah limbah untuk meminimalkan limbah sekaligus mendaur ulang limbah menjadi pakan. Hal ini dapat menciptakan budidaya ikan yang ramah lingkungan, berkelanjutan, efisien dalam penggunaan air maupun pakan. Teknologi ini juga mampu mengurangi kebutuhan air pasok yang saat ini merupakan permasalahan bagi budidaya ikan di perkotaan. Perbandingan sistem

bioflok dan konvensional dapat dilihat pada tabel 2.1 (Direktorat Produksi dan Usaha Budidaya KPP RI, 2017)

2.2. Membuat Peta Topografi

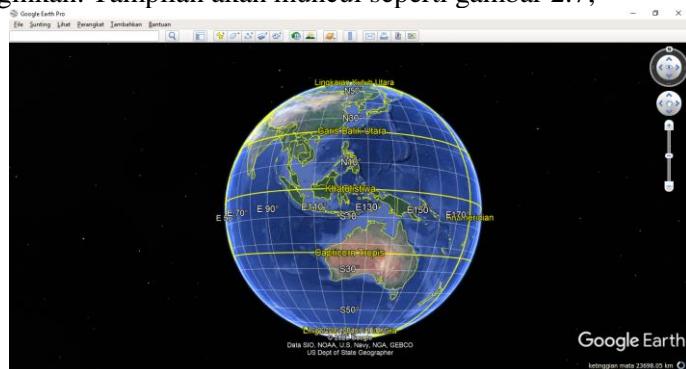
2.2.1. Membuat Patok dengan *Google Earth*

Ada dua cara untuk mengukur patok sawah yang akan di tinjau;

- a. Menggunakan titik-titik koordinat dari hasil penembakan dengan alat theodolit, waterpass, *Global Positioning System* (GPS) ataupun Total Station.
 - b. Menggunakan aplikasi berupa *Google Earth*.

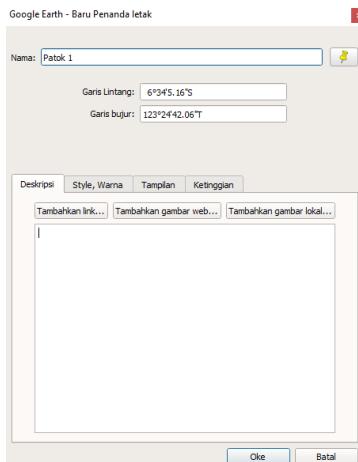
Pada tugas akhir terapan ini menggunakan *Google Earth* dikarenakan ini masih tahap perencanaan sebuah ide. *Google Earth* dapat menampilkan foto udara untuk memudahkan pembagian petak-petak. Berikut ini adalah cara mengoperasikan *Google Earth*;

- a. Membuka aplikasi *Google Earth* Tampilan *Google Earth* dapat dilihat pada Gambar 2.6.
 - b. Klik ikon  pin untuk membuat patok pada lokasi yang diinginkan. Tampilan akan muncul seperti gambar 2.7;



Gambar 2. 6 Tampilan awal *Google Earth*

Sumber: Dokumentasi Pribadi



Gambar 2. 7 Tampilan Pin/ Penanda Lokasi
Sumber; Dokumentasi Pribadi

2.2.2. Mendownload Peta DEM

Untuk mencari koordinat kontur pada suatu wilayah dapat dicari dengan 2 cara yaitu;

- Pengukuran langsung.

Pengukuran dengan menggunakan alat theodolit, waterpass, *Global Positioning System* (GPS) ataupun Total Station.

- Menggunakan peta DEM

Pada tugas akhir terapan ini menggunakan peta DEM. Peta DEM dipilih karena dapat menunjukkan titik koordinat yang lebih detail untuk setiap elevasinya. Berikut ini adalah cara mengambil menurut geosriwijaya.com (2016);

- Mengakses website penyedia data DEM yaitu <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>
- Pilih salah satu wilayah dengan mengklik kotak yang ingin didownload, dilanjutkan dengan Klik “Click here to Begin Search” seperti gambar 2.8.
- Dilanjutkan dengan mendownload data, Klik “Data Download (FTP)” dan pastikan kode data DEM sesuai dengan data yang dipilih seperti gambar 2.9.



Gambar 2. 8 website srtm.csi.cgiar.org

Sumber; srtm.csi.cgiar.org



Gambar 2. 9 Download data DEM suatu wilayah

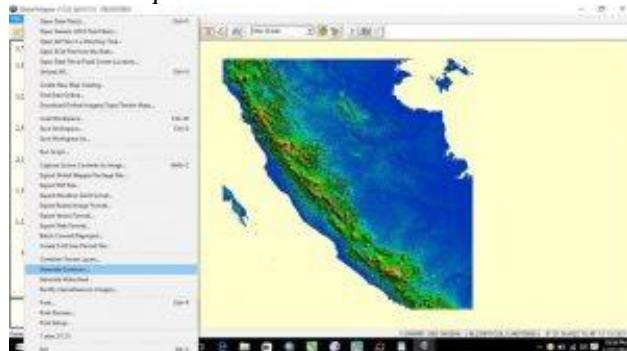
Sumber; srtm.csi.cgiar.org

2.2.3. Mengolah data dengan aplikasi *Global Mapper*

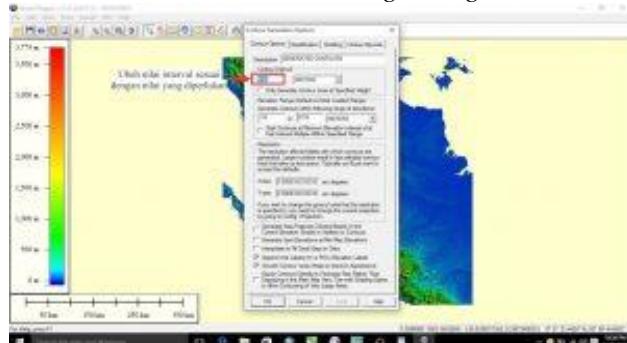
Data DEM akan diolah menjadi data koordinat berupa (X,Y Z) pada suatu wilayah yang ditinjau. Data DEM tersebut dapat diolah dengan menggunakan aplikasi *Global Mapper*. Berikut ini adalah cara-cara menggunakan aplikasi *Global Mapper* menurut geosriwijaya.com (2016);

- Buka *global mapper* dan klik “*Open your own data file*” dengan memilih data DEM yang ingin dimunculkan seperti gambar 2.10.

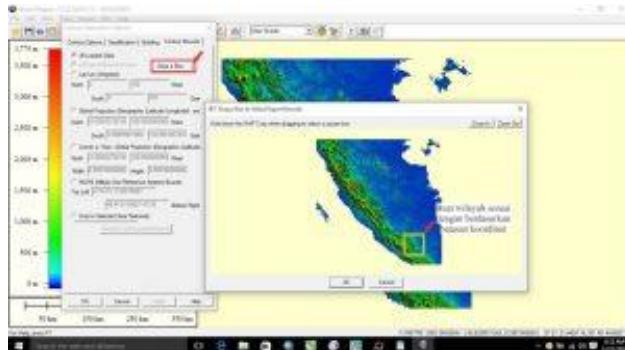
- b. Selanjutnya klik *File > Generate Contour* dan atur interval kontur yang dibutuhkan, gambar merupakan tampilan awal saat membuka aplikasi *global mapper* dan data DEM seperti gambar 2.11
- c. Dilanjutkan dengan menuju Contour Bounds dan klik *Draw a Box >* Pilih wilayah yang akan dimunculkan nilai konturnya seperti gambar 2.12
- d. Setelah tahapan berikut dilewati, kita dapat melihat tampilan kontur dengan menuju *Open Control Center* dan menghilangkan centang pada data DEM seperti gambar 2.13
- e. Jika dirasa data kontur yang dibutuhkan telah sesuai, dapat dilanjutkan dengan *export file* sesuai dengan format yang dibutuhkan yang pengaturannya terdapat pada *File > Export Raster Image/ Export Elevation Grid/ Export Vector Format*.



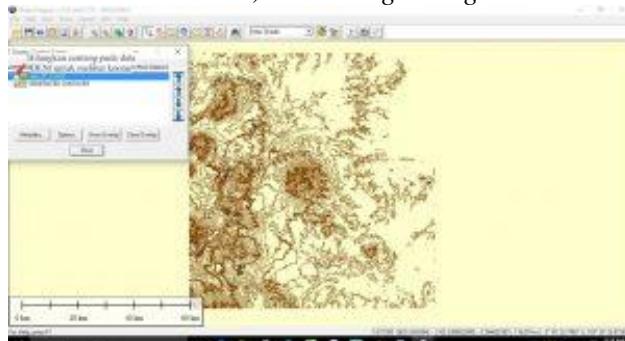
Gambar 2. 10 Membuka data DEM pada *Global Mapper*
Sumber; srtm.csi.cgiar.org



Gambar 2. 11 Membuat Kontur dengan *Global Mapper*
Sumber; srtm.csi.cgiar.org



Gambar 2. 12 Membuat Batasan Kontur pada *Global Mapper*
Sumber; srtm.cgiar.org



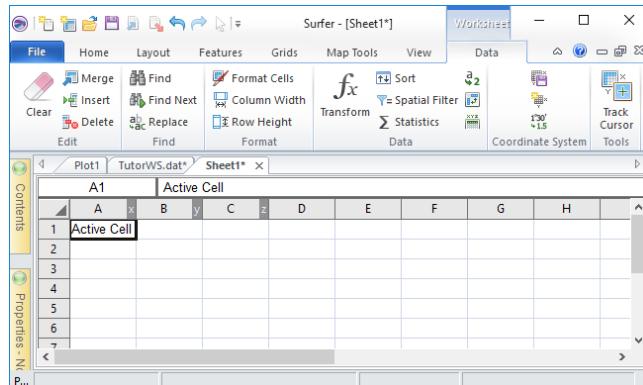
Gambar 2. 13 Hasil kontur pada *Global Mapper*
Sumber: srtm.csi.cgiar.org

2.2.4. Membuat Topografi dengan *Surfer*

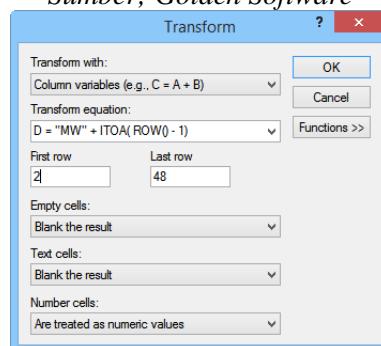
Aplikasi *surfer* bisa digunakan untuk mengubah data koordinat X, Y dan Z menjadi sebuah kontur. Data koordinat bisa didapat dari pengukuran langsung ataupun dari data DEM. Berikut ini adalah cara mengoperasikan *surfer* menurut *Golden Software* (2017);

- a. Membuat file data baru. *Klik File / New / Worksheet*, klik tombol  pada *Toolbar* akses cepat, or press **CTRL + W** pada *keyboard*. Jendela lembar kerja kosong baru akan ditampilkan seperti gambar 2.14.

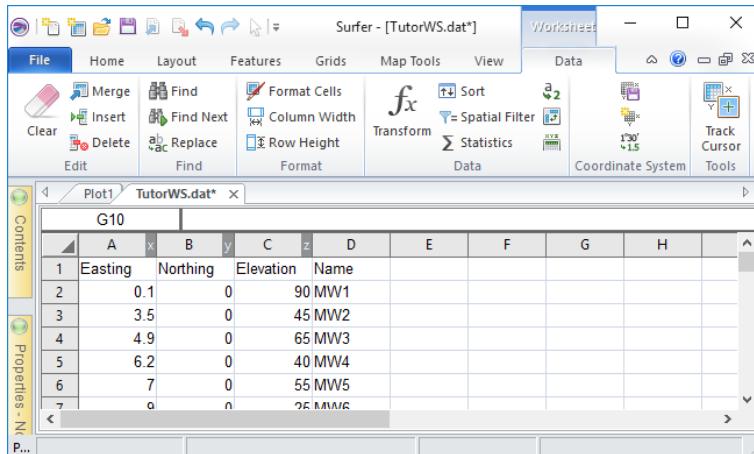
- b. Menambahkan data baru. Klik *Data / Data / Transform command*. Akan muncul jendela *Transform* seperti gambar 2.15. Klik Oke. Akan muncul seperti jendela seperti gambar 2.16.
- c. Masukan data koordinat yang kita punya. *Klik File / Save As*
- d. Menggunakan *Map Wizard*. Jika Anda memiliki jendela worksheet terbuka, klik pada Plot1 tab di atas lembar kerja Window alternatif, Anda dapat membuat jendela plot baru dengan *File / New / Plot* seperti gambar 2.17
- e. Pilih layer peta yang ingin Anda buat dengan Wizard peta seperti gambar 2.18.
- f. Sebuah peta dibuat dengan lapisan kontur dan post default seperti gambar 2.19



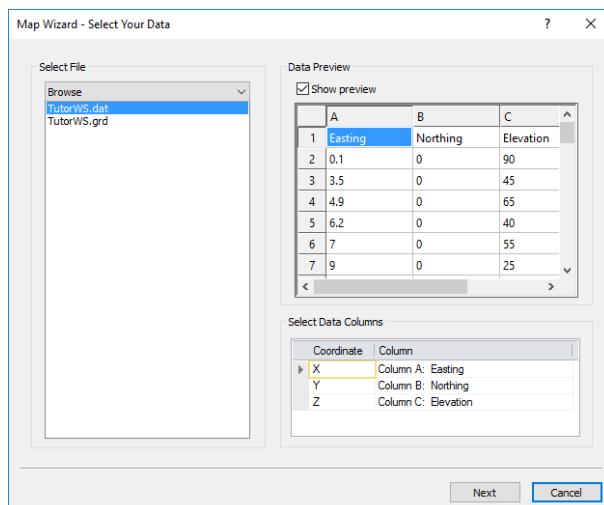
Gambar 2. 14 Tampilan awal Aplikasi Surfer
Sumber; Golden Software



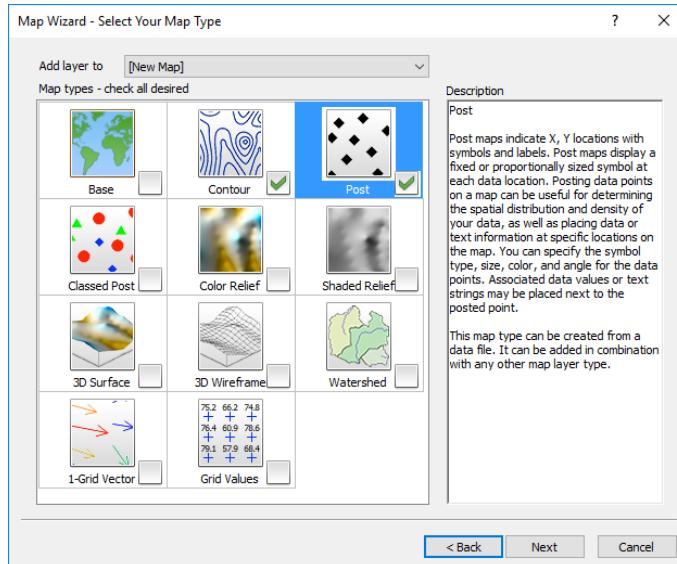
Gambar 2. 15 Jendela Transform pada Surfer
Sumber; Golden Software



Gambar 2. 16 Jendela Penambahan Data pada Surfer
Sumber; Golden Software

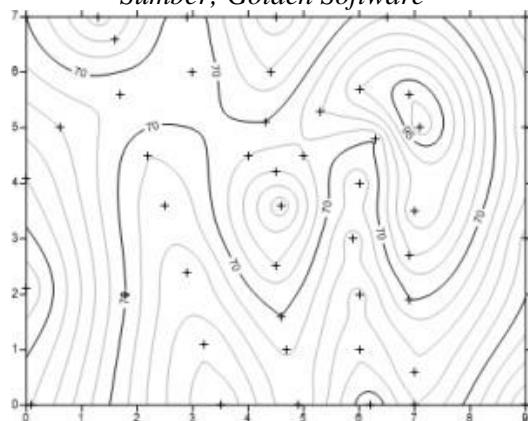


Gambar 2. 17 Map Wizard pada Surfer
Sumber; Golden Software



Gambar 2. 18 Pilihan Tipe Peta pada Surfer

Sumber; Golden Software



Gambar 2. 19 Hasil Running Surfer

Sumber; Golden Software

2.3. Debit Ketersediaan

2.3.1. Uji Konsestensi Metode RAPS

Cara ini dilakukan dengan cara menghitung nilai kumulatif penyimpangannya terhadap nilai rata-rata (*mean*). Bila Q/n yang didapat

lebih kecil dari nilai kritik untuk tahun dan *confidence level* yang sesuai, maka data dinyatakan panggah (Soewarno, 1995 dalam Mediawan 2018).

Langkah-langkah perhitungan uji validitas data dengan Metode Raps adalah sebagai berikut:

- Menghitung hujan tahunan;
- Menghitung rerata hujan tahunan;

$$X = \frac{\sum X_i}{n} \quad (\text{Pers. 2. 1})$$

Dimana :

X = rerata hujan tahunan

$\sum X_i$ = total hujan tahunan

n = jumlah data

- Menghitung sk^* ;

$$Sk^* = \text{Komulatif } (X_i - X) \quad (\text{Pers. 2. 2})$$

- Menghitung sk^{**} ;

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{S_{tdev}} \quad (\text{Pers. 2. 3})$$

$$S_{tdev} = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n}} \quad (\text{Pers. 2. 4})$$

- Menghitung $qmaks$ dan $rmaks$;

$$Q = maks (Sk^{**}) \quad (\text{Pers. 2. 5})$$

$$R = maks (Sk^{**}) - \min (Sk^{**}) \quad (\text{Pers. 2. 6})$$

- Menganalisis menggunakan Tabel 2.2. nilai kritis dari Q dan R dengan syarat ($qmaks < qtable$) dan ($rmaks < rtable$).

Tabel 2. 2 Nilai Kritis dari Q dan R

N	Q/ \sqrt{n}			R/ \sqrt{n}		
	90%	95%	99%	90%	95%	99%
10	1.05	1.14	1.29	1.21	1.28	1.38
20	1.1	1.22	1.42	1.34	1.43	1.6
30	1.12	1.24	1.46	1.4	1.5	1.7
40	1.13	1.26	1.5	1.42	1.53	1.74
50	1.14	1.27	1.52	1.44	1.55	1.78
100	1.17	1.29	1.55	1.5	1.62	1.86

2.3.2. Debit Penampungan Air Hujan

Debit Penampungan Air Hujan didapatkan dari air limpasan pada atap *Greenhouse*. Berikut ini adalah persamaan yang digunakan menurut Lade, Omolara. Dkk, 2013

$$Runoff = C i A \quad (\text{Pers. 2. 7})$$

Dimana:

C = koefisien limam

i = intensitas curah hujan

A = luas atap

2.3.3. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien *runoff* sangat dipengaruhi oleh daerah kedap air menurut SNI 2415-2016 tata cara perhitungan debit banjir rencana dapat dirumuskan seperti berikut :

$$C = 0,9 I_m + (1 - I_m) C_p \quad (\text{Pers. 2. 8})$$

$$I_m = \frac{A_{\text{Kedap Air}}}{A_{\text{Total}}} \quad (\text{Pers. 2. 9})$$

Dimana :

Cp = koefisien *runoff* untuk daerah tidak kedap air

Im = Rasio Kedap Air

A = Luas Atap

2.4. Debit Kebutuhan

2.4.1. Curah Hujan Efektif

Tingkat keandalan hujan dapat terjadi berdasarkan probabilitas kejadian, mengikuti rumus Weibull :

$$P\% = \frac{m^2}{(n_2+1)} \times 100\% \quad (\text{Pers. 2. 10})$$

Dimana:

P% = Probabilitas (%)

m₂ = Nomor urut data

n₂ = Jumlah data

Analisa curah hujan efektif ini dilakukan dengan maksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Untuk irigasi padi curah hujan efektif bulanan diambil 70% dari curah hujan minimum dengan periode ulang rencana tertentu dengan kemungkinan kegagalan 20% (Curah hujan R80).

$$\text{Re padi} = (R 80 \times 70\%) \text{ mm/hari} \quad (\text{Pers. 2. 11})$$

$$\text{Repolawija} = (\text{R}80 \times 50\%) \text{ mm/hari} \quad (\text{Pers. 2. 12})$$

2.4.2. Evapotranspirasi Penmonteh

Gabungan dari dua peristiwa yakni evaporasi dan transpirasi yang terjadi secara bersamaan disebut juga peristiwa evapotranspirasi. Faktor iklim yang sangat mempengaruhi peristiwa ini, diantaranya adalah suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari. Terdapat berbagai macam metode untuk menghitung besarnya evapotranspirasi yang terjadi, diantaranya adalah rumus Blaney Cridle, Penmann dan Ture-Langhein-Wunt. Untuk daerah tropis besarnya evapotranspirasi yang terjadi dihitung menggunakan Metode Penman modifikasi FAO sebagai berikut (Pruit, 1977)

$$\text{Eto} = c \{ W \cdot Rn + (1-W) \cdot f(u) \cdot (ea-ed) \} \quad (\text{Pers. 2. 13})$$

Dimana:

- c = Faktor pergantian cuaca akibat siang dan malam
- W = Faktor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial (mengacu pada tabel Penman hubungan antara temperature dengan ketinggian).
- (1-W) = faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban pada Eto
- (ea-ed) = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata (mbar).
- ed = ea x RH, ea = tekanan uap jenuh
- RH = Kelembapan relatif.
- Rn = Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hari)
 - = $R_{ns} - R_{n1}$
- Rns = Harga netto gelombang pendek
 - = $Rs (1 - a)$
- Rs = Radiasi gelombang pendek,
- a = koefisien pemantulan = 0.25
- Rs = $(0.25 + 0.5(n/N)) Ra$
- n/N = lama penyinaran matahari
- Ra = Radiasi extra terresial (bedasarkan lokasi stasiun pengamatan)

- Rn1 = Radiasi netto gelombang panjang
 = $2.01 \times 10^9 \cdot T^4 (0.34 \cdot 0.44 \cdot ed^{0.5}) (0.1 + 0.9n/N)$
 f (u) = Fungsi Pengaruh angin pada ET₀
 = $0.27 \times (1 + U_2/100)$
 U2 = merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari di ketinggian 2 m.

2.4.3. Evapotranspirasi Greenhouse

Stanghellini, (1987) merevisi persamaan penman-Monteith untuk mewakili kondisi di rumah kaca, di mana kecepatan udara biasanya rendah ($<1,0 \text{ ms}^{-1}$). Sebuah kanopi multi-lapisan dianggap memperkirakan ET₀ per jam, menggunakan tanaman tomat yang berkembang dengan baik (*Lycopersicon esculentum Mill.*) tumbuh dalam satu gelas, rumah kaca tipe Venlo dengan pemanas pipa air panas. Model Stanghellini meliputi perhitungan fluks panas radiasi matahari yang berasal dari karakteristik empiris dari gelombang pendek dan penyerapan radiasi gelombang panjang dalam kanopi Multi-lapisan (Kirnak dan Short, 2001; Prenger et al., 2002 dalam Mpusia, Peter, 2006). Indeks area daun (LAI, m^2m^{-2}) digunakan untuk memperhitungkan pertukaran energi dari beberapa lapisan daun pada tanaman rumah kaca. Bentuk persamaan adalah:

$$ET_0 = 2 \cdot LAI \cdot \frac{\frac{1}{\lambda} \frac{\Delta(Rn-G)+K_t \cdot \frac{VPD \cdot \rho \cdot C_p}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)}}{(Pers. 2. 14)}$$

$$R_n = 0.07 R_{ns} - \frac{252 \cdot \rho \cdot C_p (T - T_0)}{r_R} \quad (Pers. 2. 15)$$

$$\gamma = \frac{C_p \cdot P}{\varepsilon \cdot \lambda} \quad (Pers. 2. 16)$$

$$r_R = \frac{\rho \cdot C_p}{4 \cdot \sigma (T + 273.15)^3} \quad (Pers. 2. 17)$$

Dimana

- LAI = indeks area daun (m^2/m^2)
 K_t = faktor konversi satuan waktu (86.400 mm/hari; 3600 mm/jam)
 r_c = perlawanan kanopi (detik/m)
 R_{ns} = radiasi gelombang pendek bersih ($\text{MJ}/\text{m}^2 \text{ hari}$)
 T₀ = suhu daun ($^{\circ}\text{C}$)
 r_a = perlawanan aerodinamis (detik/m)

C_p	= spesifik udara (MJ/kg °C)
ρ	= kepadatan udara berarti (kg/m^3)
ε	= air untuk mengeringkan rasio berat molekul (-)
λ	= panas laten dari vapourization(MJ/kg)
σ	= konstan Stefan-Boltzmann ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{K}^4\text{hari}$)
r_R	= resistensi radiatif (detik/m)
P	= tekanan atmosfer (kPa)
VPD	= defisit tekanan uap (kPa)

Untuk perhitungan ET, resistensi internal dan eksternal r_c dan r_a untuk kanopi dipilih untuk menjadi 70 detik/m dan 430 detik/m masing-masing (Donatelli et al., 2006; Oke, 1983; Prenger et al., 2002 dalam Mpusia, Peter, 2006).

2.4.4. Kebutuhan air selama penyiapan lahan (IR)

Untuk perhitungan kebutuhan irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh van de Goor dan Zijlstra. Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam $1/\text{dt}$ selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus 2.18 dengan hasil perhitungan rumus dapat dilihat pada tabel 2.3 :

$$\text{IR} = M e^k / (e^k - 1) \quad (\text{Pers. 2. 18})$$

Dimana:

IR	= Kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/ hari)
M	= Kebutuhan air untuk mengganti/ mengompensari kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasasi di sawah yang sudah dijenuhkan
	= $Eo + P$
Eo	= Evaporasi air terbuka (mm/ hari)
	= $1,10 \times ETo$
P	= Perkolasi (mm/hari) (Tergantung tekstur tanah)
T	= jangka waktu penyiapan lahan (hari)
S	= Kebutuhan air (untuk penjenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm)
	= $250 + 50 = 300 \text{ mm}$
k	= MT/S

Tabel 2. 3 Kebutuhan air selama penyiapkan lahan (IR)

EO + P (mm/ha)	T = 30 ha		T = 45 ha	
	s = 250 mm	s = 300 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
5	11.1	12.7	8.4	9.5
5.5	11.4	13	8.8	9.8
6	11.7	13.3	9.1	10.1
6.5	12	13.6	9.4	10.4
7	12.3	13.9	9.8	10.8
7.5	12.6	14.2	10.1	11.1
8	13	14.5	10.5	11.4
8.5	13.3	14.8	10.8	11.8
9	13.6	15.2	11.2	12.1
9.5	14	15.5	11.6	12.5
10	14.3	15.8	12	12.9
10.5	14.7	16.2	12.4	13.2
11	15	16.5	12.8	13.6

Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI, 2013a.

2.4.5. Perkolasi

Nilai perkolasi dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Nilai Perkolasi

Tekstur	Tanah Perkolasi (mm/hari)
Lempung berpasir	3 – 6
Lempung berpasir	2 – 3
Liat berlempung	1 – 2

Sumber: Sibarani, 2015

2.4.6. Pergantian Lapisan Air (Water Layer Requirement)

Adapun ketentuan – ketentuan dalam WLR adalah sebagai berikut:

- a. WLR diperlukan saat terjadi pemupukan maupun penyiraman, yaitu satu sampai dua bulan dari transplanting.
- b. WLR = 50 mm (diasumsikan)
- c. Jangka waktu WLR = 0,5 bulan (selama 0,5 bulan air digunakan untuk WLR sebesar 50 mm)

2.4.7. Koefisien Tanaman Eksisting

Harga – harga koefisien tanaman padi yang diberikan pada tabel 2.5 akan dipakai untuk menentukan harga koefisien tanama yang sesuai. Untuk koefisien tanaman palawija dapat dilihat pada tabel 2.6.

2.4.8. Koefisien Tanaman Rencana

Harga – harga koefisien tanaman rencana berupa tanaman cabai dapat dilihat pada tabel 2.7 dan tanaman sawi tabel 2.8

Tabel 2. 5 Koefisien Tanaman Padi

Bulan	Nedeco/ Prosida		FAO	
	Biasa	Unggul	Biasa	Unggul
0,5	1,20	1,20	1,10	1,10
1	1,20	1,27	1,10	1,10
1,5	1,32	1,33	1,10	1,05
2	1,40	1,30	1,10	1,05
2,5	1,35	1,30	1,10	0,95
3	1,24	0	1,05	0
3,5	1,12		0,95	
4	4		0	

Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI, 1985

Tabel 2. 6 Koefisien Tanaman Palawija

Jenis Tanaman	Pertumb uhan	1/2 Bulanan												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Kedelai	85	0.50	0.75	1.00	1.00	0.82	0.45							
Jagung	80	0.50	0.59	0.96	1.05	1.02	0.95							
Kcng tnh	130	0.50	0.51	0.66	0.85	0.95	0.95	0.95	0.55	0.55				
Bawang	70	0.50	0.51	0.69	0.90	0.95								
Buncis	75	0.50	0.64	0.89	0.95	0.88								
Kapas	195	0.50	0.50	0.58	0.75	0.91	1.04	1.05	1.05	1.05	0.78	0.65	0.65	0.65

Sumber: Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI, 2013a.

Tabel 2. 7 Koefisien Tanaman Cabai

Periode Pertumbuhan	Umur (hari)	Kc
Awal	0 s.d 7	0.4
Vegetatif	8 s.d 14	0.75
Pembungaan	15 s.d 28	1.1
Pembuahan	29 s.d 63	1
Pemasakan	64 s.d 105	0.9

Sumber : Doorenbos dan Kassam (1979) dalam Supriadi, Devie R dkk (2018)

Tabel 2. 8 Koefisien Tanaman Sawi

Periode Pertumbuhan	Umur (hari)	Kc
Awal	0 s.d 15	0.30
Tengah	16 s.d 30	1.20
Akhir	31 s.d 45	0.60

Sumber : Allen, dkk (1998) dalam sari, Dinda P, dkk (2014)

2.4.9. Penggunaan Konsumtif

Penggunaan konsumtif dihitung dengan rumus berikut;

$$ETc = Kc \times ET_{To} \quad (\text{Pers. 2. 19})$$

Dimana:

ETc = evapotranspirasi tanaman (mm/ hari)

Kc = Koefisien tanaman

ET_{To} = evapotranspirasi tanaman acuan (mm/ hari)

2.4.10. Kebutuhan Air di Sawah (NFR)

Kebutuhan Air disawah (*Net Field Requirement*, NFR) adalah Kebutuhan air yang dibutuhkan untuk tanaman untuk pertumbuhan yang optimal pada suatu jaringan irigasi tanpa kekurangan air. Berikut ini adalah rumusan yang digunakan dalam mencari besaran kebutuhan air di sawah untuk beberapa jenis tanaman: (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI, 2013b)

$$NFR \text{ padi} = Etc + WLR + P - RE \text{ padi} \quad (\text{Pers. 2. 20})$$

$$\text{NFR Palawija} = \text{Etc} - \text{RE palawija} \quad (\text{Pers. 2. 21})$$

Dimana:

NFR = kebutuhan air di sawah (mm/hari)

WLR = penggatian lapisan air (mm)

P = perkolasi

Re = curah hujan efektif (mm/hari)

2.4.11. Kebutuhan Air di Pintu Pengambilan (DR)

Kebutuhan air di pintu pengambilan merupakan jumlah kebutuhan air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasinya. Kebutuhan air di pintu pengambilan dapat dihitung dengan persamaan 2.22:

$$DR = \frac{\text{NFR}}{\text{EI} \times 8,64} \quad (\text{Pers. 2. 22})$$

Dimana:

DR = Kebutuhan air di pintu pengambilan (lt/dt/Ha)

NFR = Kebutuhan air di sawah (mm/hari)

EI = Efisiensi irigasi secara total = 0.648 (%)

$\frac{1}{8,64}$ = Angka konversi satuan dari mm/hari ke lt/dt/hari

2.4.12. Kebutuhan Air pada Hidroponik

Laju pemberian air yang tepat pada kolam hidroponik sistem terapung diperlukan untuk mempertahankan tinggi muka air atau mengompensasi laju konsumsi air tanaman. Kebutuhan air dihitung menggunakan persamaan 2.23 (Muharomah, Riani. 2017.)

$$Q = \frac{\text{Etc}}{1000} PL \quad (\text{Pers. 2. 23})$$

Dimana

Q = debit kebutuhan air (m^3/hari)

ETc = laju evapotranspirasi aktual (mm/hari) pada *Greenhouse*

P = panjang kolam (m)

L = lebar kolam (m)

2.5. Optimasi Irigasi

Optimasi linier merupakan suatu model matematis yang mempunyai dua fungsi utama, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala atau pembatas. Optimasi linier bertujuan untuk mencapai nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi tujuan. Solver adalah program tambahan *Microsoft Excel* yang digunakan untuk analisa nilai agar mencapai hasil yang optimum (maksimum atau minimum) dan dituangkan menjadi suatu rumus didalam suatu sel yang disebut sel tujuan, tetapi memiliki batasan pada nilai dari sel rumusan lain pada lembar kerja.

Solver bekerja dengan group sel, yang disebut variabel keputusan atau sel variabel sederhana yang digunakan dalam perhitungan rumus di dalam sel tujuan atau batasan. Solver juga menyesuaikan nilai di dalam sel variabel keputusan untuk memenuhi batas pada sel batasan dan memberikan hasil yang diinginkan untuk sel tujuan. (Pratama, Y . Dkk, 2017)

Adapun model matematika optimasi yang digunakan dalam tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut:

- Optimasi ditinjau dari Intensitas Tanam

Maksimumkan nilai:

$$OF = \Sigma Luas tan. padi + \Sigma Luas tan. palawija \quad (\text{Pers. 2. 24})$$

Dimana

OF = nilai yaitu maksimum intensitas tanam (Ha).

$X_{1,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 1 (Ha)

$X_{2,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 2 (Ha)

$X_{3,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 3 (Ha)

$X_{4,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 4 (Ha)

$X_{5,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 5 (Ha)

$X_{6,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 6 (Ha)

$X_{7,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 7 (Ha)

$X_{8,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 8 (Ha)

$X_{9,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 9 (Ha)

$X_{10,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 10 (Ha)

$X_{11,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 11 (Ha)

$X_{12,padi}$ = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 12 (Ha)

P_1 = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 1 (Ha)

P2 = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 2 (Ha)

P3 = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 3 (Ha)

$$X_{1\text{padi}}, X_{2\text{padi}}, X_{3\text{padi}}, X_{4\text{padi}}, X_{51\text{padi}} \dots X_{6\text{padi}}, X_{7\text{padi}}, X_{8\text{padi}}, X_{9\text{padi}}, \\ X_{10\text{padi}}, X_{11\text{padi}}, X_{12\text{padi}} \quad P1, P2, P3 \geq 0$$

b. Fungsi Kendala

Luasan Maksimum

$$X_{\text{padi}} + P \leq \text{Luasan Total} \quad (\text{Pers. 2. 25})$$

c. Volume Andalan

$$V_{\text{padi}} \cdot X_{\text{padi}} + V_{\text{pal}} \cdot X_{\text{pal}} \leq V_{i1} \quad (\text{Pers. 2. 26})$$

V_{i1} = volume andalan pada bulan 1

d. Tanaman Palawija

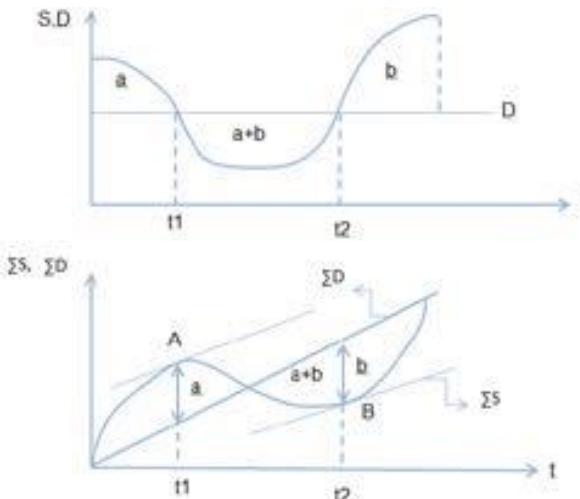
$$P1 \geq Pt \quad (\text{Pers. 2. 27})$$

Pt = Luas tanaman palawija yang diisyaratkan

2.6. Desain Perencanaan *Urban Farming*

2.6.1. Tampungan Air (*Reservoir*)

Tampungan air (*reservoir*) dapat dihitung menggunakan metode Ripple atau kurva Massa. Metode ini ditemukan oleh Ripple (1883) untuk menghitung besarnya kapasitas tampung *reservoir* yang memadai pada tingkat kebutuhan air tertentu (efektif untuk kebutuhan air yang konstan). (Ripple, 1883 dalam Ulfa 2016)



Gambar 2. 20 Metode Kurva massa dan Alaisi Kurva Massa
Sumber; Ripple, 1883 dalam Ulfa 2016

Pada diagram gambar 2.20 Nilai *Inflow* (S) plotting debit kumulatif waduk dengan kemiringan kurva massa pada waktu tertentu. Kebutuhan air adalah kemiringan kurva permintaan (D) atau imbuhan. Kapasitas penyimpanan yang diperlukan (*active storage*) adalah nilai kumulatif maksimum antara garis singgung dari garis permintaan (D) ditarik pada titik tertinggi dan titik terendah dari kurva massa (S) memberikan tingkat penarikan dari waduk selama perode kritis.

2.6.2. Dimensi Talang Penampungan Air Hujan (PAH)

Talang penampung Air hujan (PAH) berfungsi untuk mengumpulkan air dan akan dialirkan ke *reservoir*. Perhitungan dimulai dari debit air baku berupa air hujan. Dari debit tersebut dapat diketahui kebutuhan dimensi talang. Air hujan jatuh keatap dan akan mengalir ke talang rambu. Air yang berada di talang rambu akan turun melalui talang tegak ke *reservoir*. (Setyawaty, Lya, 2014)

- Perhitungan debit air baku

$$Q = \frac{I \times A_{atap}}{T} \quad (\text{Pers. 2. 28})$$

Dimana

Q = Debit air rata-rata hujan (m^3/detik)

I = intensitas curah hujan rata-rata (m)

A_{atap} = luas atap sebagai bidang penangkap (m^2)

T = periode atau lama waktu hujan (detik)

- b. Dimensi talang rambu (Talang $\frac{1}{2}$ lingkaran)

$$Q = A V \quad (\text{Pers. 2. 29})$$

$$A = \frac{1}{2}\pi r^2 \quad (\text{Pers. 2. 30})$$

$$d = 2r \quad (\text{Pers. 2. 31})$$

- c. Dimensi talang tegak (Talang lingkaran)

$$v = \sqrt{2gh} \quad (\text{Pers. 2. 32})$$

$$A = \pi r^2 \quad (\text{Pers. 2. 33})$$

Dimana

v = kecepatan aliran air pada talang tegak (m/detik)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/detik)

h = tinggi jatuh air (m)

A = luas atap sebagai bidang penangkap (m)

Q = Debit air rata-rata hujan (m^3/detik)

r = jari-jari talang rambu/tegak (m)

d = diameter talang rambu/tegak (m)

2.6.3. Dimensi Pipa irigasi

Prinsip kehilangan energi akibat gesekan (*friksi*) dalam saluran pipa dapat dijelaskan pada persamaan Darcy-Weisbach berikut.

$$hf = f \cdot \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{Pers. 2. 34})$$

dimana:

hf = kehilangan energi (m)

f = faktor gesekan

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

d = diameter pipa (m)

g = gaya gravitasi

Total head pompa (H) dapat dihitung dengan persamaan 2.35;

$$H = H_s + H_i + H_o \quad (\text{Pers. 2. 35})$$

dimana:

H	= total <i>head</i> pompa (m)
H_s	= <i>head</i> statis (m)
$H_i=H_f+H_m$	= total head loss, dalam m
H_o	= sisa tekanan
H_f	= <i>head loss</i> mayor akibat friksi/gesekan
H_m	= head loss minor akibat gesekan, antara lain akibat aksesoris

Daya pompa yang diperlukan dihitung dengan persamaan berikut;

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{1000 \cdot \mu_p \cdot \mu_m} \quad (\text{Pers. 2. 36})$$

dimana:

P	= daya pompa, (KW)
ρ	= masa jenis air, (kg/m^3)
g	= percepatan gravitasi, dalam (m/detik^2)
Q	= debit, (m^3/detik)
H	= total head pompa, (m)
μ_p	= efisiensi pompa
μ_m	= efisiensi motor

Perkiraan efisiensi pompa berkisar antara 90% sampai 95%. Efisiensi motor 10% lebih rendah dari efisiensi pompa.

2.6.4. Debit Saluran Pembuang

Dalam merencanakan saluran pembuang untuk daerah-daerah dimana padi tidak ditanam, ada dua macam debit yang perlu dipertimbangkan, yaitu :

- Debit puncak maksimum dalam jangka waktu pendek dan
- Debit rencana yang dipakai untuk perencanaan saluran

Debit rencana adalah volume limpasan air hujan dalam waktu sehari dari suatu daerah yang akan dibuang airnya yang disebabkan oleh curah hujan sehari di daerah tersebut. Air hujan yang tidak tertahan atau merembes dalam waktu satu hari, diandaikan mengalir dalam waktu satu

hari, diandaikan mengalir dalam waktu satu hari itu juga, ini menghasilkan debit rencana yang konstan dihitung sebagai berikut; (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI. 2013b.)

$$Qd = 0,116 \propto R(1)_5 A^{0,92} \quad (\text{Pers. 2. 37})$$

dimana :

Qd = debit rencana, l/dt

α = koefisien limpasan air hujan (tabel 2.9)

$R(1)_5$ = curah hujan sehari, m dengan kemungkinan terpenuhi 20%

A = luas daerah yang dibuang airnya, ha

Tabel 2. 9 Harga Koefisien Limpasan Air Hujan untuk Qd

Penutup Tanah	Kelompok Hidrologis Tanah	
	C	D
Hutan lebat	0.60	0.70
Hutan tidak lebat	0.65	0.75
<u>Tanaman ladang (daerah terjal)</u>	0.75	0.80

Sumber; Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI. 2013b.

Penjelasan mengenai kelompok hidrologis tanah adalah sebagai berikut:

- Kelompok C: Tanah yang mempunyai laju infiltrasi rendah ($1 - 4 \text{ mm/jam}$)
- Kelompok D: (potensi limpasan tinggi) Tanah yang mempunyai laju infiltrasi amat rendah ($0 - 1 \text{ mm/jam}$)

2.6.5. Dimensi Saluran Pembuangan

Untuk perencanaan ruas, aliran saluran dianggap sebagai aliran tetap, dan untuk itu diterapkan rumus *Manning*. Parameter potongan melintang saluran dapat dilihat pada gambar 2.21.

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (\text{Pers. 2. 38})$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (\text{Pers. 2. 39})$$

$$A = (b + mh)h \quad (\text{Pers. 2. 40})$$

$$P = (b + 2h\sqrt{1 + m^2}) \quad (\text{Pers. 2. 41})$$

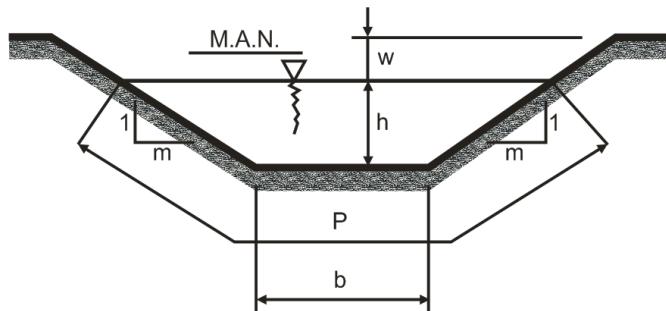
$$Q = A V \quad (\text{Pers. 2. 42})$$

Dimana :

- Q = debit saluran (m^3/detik)
- V = kecepatan aliran (m/detik)
- A = potongan melintang aliran
- R = jari – jari hidrolis, m
- P = keliling basah, m
- B = lebar dasar, m
- H = tinggi air, m
- I = kemiringan energi (kemiringan saluran)
- n = koefisien kekasaran *Manning* (tabel 2.10)
- m = kemiringan talut (1 vertikal : m horizontal)

Nilai n adalah koefisien kekasaran *Manning*, dimana dipengaruhi:

- a. kekasaran permukaan;
- b. tetumbuhan;
- c. ketidak teraturan saluran;
- d. trase saluran;
- e. pengendapan dan penggerusan;
- f. hambatan;
- g. ukuran dan bentuk saluran;
- h. taraf air dan debit.



Gambar 2. 21 Parameter Potongan Melintang
Sumber; Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI. 2013b

Tabel 2. 10 Harga Koefisien kekasaran Manning (n)

No	Tipe Saluran	Harga n		
		Min	Normal	Maks
1 Beton				
	□ Gorong-gorong lurus dan bebas dari kotoran	0.010	0.011	0.013
	□ Gorong-gorong dengan lengkungan dan sedikit kotoran	0.011	0.013	0.014
	□ Beton dipoles	0.011	0.012	0.014
	□ Saluran pembuang dengan bak kontrol	0.013	0.015	0.017
2 Tanah, lurus dan seragam				
	□ Bersih baru	0.016	0.018	0.020
	□ bersih telah melapuk	0.018	0.022	0.025
	□ Berkerikil	0.022	0.025	0.030
	□ Berumput pendek, sedikit gulma	0.022	0.027	0.033
3 Saluran Alam				
	□ Bersih baru	0.025	0.030	0.033
	□ bersih, berkelok kelok	0.033	0.040	0.045
	□ banyak tanaman penganggu	0.050	0.070	0.080
	□ dataran banjir berumput pendek-tinggi	0.025	0.030	0.035
	□ Saluran di belukar	0.035	0.050	0.070

Daftar lengkap dapat dilihat dalam *Open Channel Hydraulic* oleh Ven Ten Chow

2.6.6. Sumur Resapan Air Hujan

Sumur resapan air hujan adalah prasarana untuk menampung dan meresapkan air hujan ke dalam tanah. Intensitas hujan ditentukan dengan analisis *Intensity Duration Frequency* (IDF) dari daerah lokasi pembangunan dengan durasi hujan 2 jam dan periode ulang 2 tahunan, dengan perhitungan dengan rumus seperti berikut : (SNI 8456:2017)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad (\text{Pers. 2. 43})$$

Dimana;

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan/durasi curah hujan (jam)

R₂₄ = Curah hujan rencana dalam suatu periode ulang (mm)

Rumus yang dapat digunakan untuk perhitungan kedalaman sumur (H) dapat dilihat pada persamaan 2.44:

$$H = \frac{\omega}{\omega \pi r K} \quad (\text{Pers. 2. 44})$$

- Harga $\omega = 2$, untuk sumur kosong berdinding kedap air atau sumur tanpa dinding dengan batu pengisi.

- Harga $\omega = 5$, untuk sumur kosong berdinding porus.
 - Untuk koefisien limpasan (c) ditetapkan sebesar 0,95
- Dimana:

H = kedalaman sumur (m)

r = radius sumur (m)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/jam)

Q = Debit andil banjir ($Q = C.I.A$) (m^3/jam)

2.7. Analisa Ekonomi

2.7.1. Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Dalam memutuskan kelayakan suatu proyek ada banyak pertimbangan dan permasalahan. Metode BCR bisa digunakan sebagai parameter kelayakan sebuah proyek.

$$BCR = \frac{Benefit}{Cost} \quad (\text{Pers. 2. 45})$$

Pada metode BCR ini tolok ukur yang digunakan adalah sebagai berikut :

Jika $BCR \geq 1$, maka proyek layak

Jika $BCR < 1$, maka proyek tidak layak

2.7.2. Metode *Net Present Value* (NPV)

Nilai Bersih Sekarang (NPV) memperhitungkan pengaruh waktu terhadap nilai uang sudah dimasukkan ke dalam perhitungan. Pada metode NPV (nilai bersih sekarang) ini tolok ukur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Jika $NPV \geq 0$, maka proyek diterima
- Jika $NPV < 0$, maka proyek ditolak

Jika suatu keputusan dihadapkan pada pemilihan beberapa alternatif proyek, maka yang akan dipilih adalah proyek yang mempunyai hasil NPV yang paling besar.

2.7.3. Metode *Payback Period* (PP)

Payback period adalah suatu periode yang diperlukan untuk dapat menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan proceeds atau aliran kas netto (*net cash flows*).

$$PP = \frac{\text{Investasi awal}}{\text{Arus Kas}} \times 1 \text{ Tahun} \quad (\text{Pers. 2. 46})$$

BAB III

METODOLOGI

3.1. Studi Literatur

Mempelajari materi-materi penunjang untuk penyelesaian Tugas akhir terapan Terapan, berupa:

- a. Perencanaan Irigasi.
- b. Jurnal Tentang Tanaman Hidroponik.

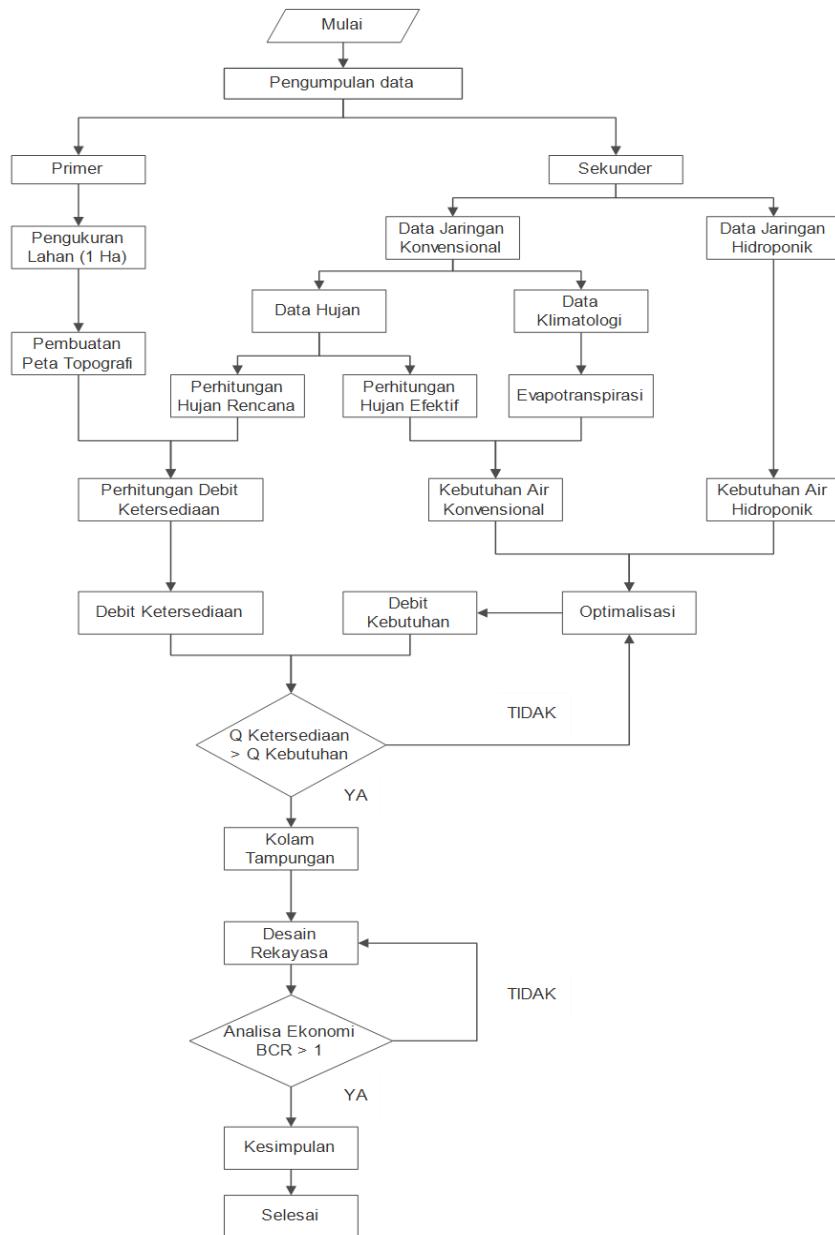
3.2. Pengumpulan Data

Data-data yang terkait dalam Tugas akhir terapan Terapan ini:

- a. Data Topografi
- b. Data Curah Hujan
- c. Data Klimatologi

3.3. Bagan Alir Pekerjaan

Untuk mempermudah dalam melaksanakan penelitian, maka disusun diagram alur penelitian sebagai pedoman melaksanakan langkah-langkah mulai dari perumusan masalah, pengumpulan data, tahap analisa, samapai dengan pengambilan keputusan dan merangkumnya dalam kesimpulan dan saran.



Gambar 3. 1 Diagram Alir

BAB IV

PERHITUNGAN ANALISA

4.1. Membuat Peta Topografi

Lokasi tugas akhir terapan ini terletak pada Desa Made, Kecamatan Sambikerep, Kota Surabaya. Adapun luasan yang digunakan sebesar 1,072 Ha.

4.1.1. Membuat Patok dengan *Google Earth*

Penandaan patok menggunakan aplikasi *Google Earth* yang dapat dilihat pada gambar 4.1. Penandaan tersebut akan digunakan untuk mengetahui titik koordinat petak. Rekapitulasi titik koordinat dapat dilihat pada tabel 4.1

4.1.2. Mendownload Peta DEM

Peta DEM digunakan untuk membuat kontur pada Desa Made, Kecamatan Sambikerep, Kota Surabaya. Berikut ini adalah cara mendownload peta DEM pada daerah tersebut;

- Membuka web site [http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION](http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp) seperti gambar 4.2
- Pilih lokasi Jawa Timur pada Peta. Klik “Serach” untuk mendownload peta DEM seperti gambar 4.3.
- Download peta DEM seperti gambar 4.4.

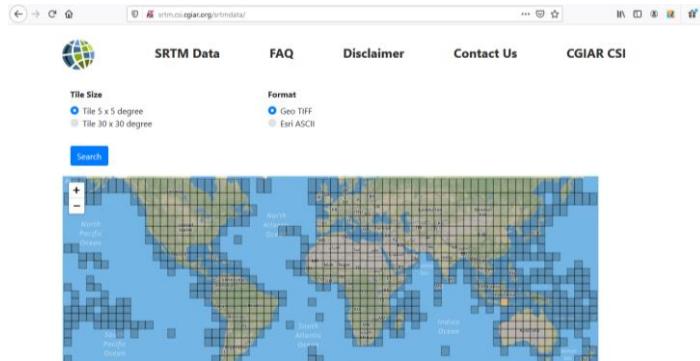


Gambar 4. 1 Penanda Titik Petak pada *Google Earth*
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 1 Titik Koordinat Petak

No	Patok Tersier	Degrees, Minutes, dan Second		UTM	
		Latitude	Longitude	X	Y
1	1,1	7°16'14.44"S	112°38'0.06"E	680323.0317	9196003.1237
2	1,2	7°16'14.49"S	112°38'0.72"E	680343.2716	9196001.5147
3	1,3	7°16'14.62"S	112°38'1.34"E	680362.2757	9195997.4524
4	1,4	7°16'14.75"S	112°38'1.86"E	680378.2123	9195993.4013
5	1,5	7°16'15.02"S	112°38'1.78"E	680375.7283	9195985.1158
6	1,6	7°16'15.08"S	112°38'2.58"E	680400.2617	9195983.1840
7	1,7	7°16'15.28"S	112°38'3.11"E	680416.4972	9195976.9813
8	1,8	7°16'15.34"S	112°38'3.54"E	680429.6808	9195975.0905
9	1,9	7°16'15.49"S	112°38'3.97"E	680442.8544	9195970.4348
10	1,10	7°16'15.65"S	112°38'4.44"E	680457.2539	9195965.4676
11	1,11	7°16'15.71"S	112°38'4.88"E	680470.7442	9195963.5756
12	1,12	7°16'15.09"S	112°38'4.98"E	680473.8805	9195982.6109
13	1,13	7°16'15.20"S	112°38'5.48"E	680489.2058	9195979.1763
14	1,14	7°16'15.91"S	112°38'5.41"E	680486.9797	9195957.3729
15	1,15	7°16'15.27"S	112°38'5.94"E	680503.3085	9195976.9750
16	1,16	7°16'16.02"S	112°38'5.82"E	680499.5442	9195953.9483
17	2,1	7°16'15.31"S	112°37'59.86"E	680316.8003	9195976.4196
18	2,2	7°16'15.57"S	112°38'0.53"E	680337.3237	9195968.3582
19	2,3	7°16'15.71"S	112°38'1.12"E	680355.4063	9195963.9921
20	2,4	7°16'15.85"S	112°38'1.60"E	680370.1148	9195959.6382
21	2,5	7°16'16.13"S	112°38'2.33"E	680392.4765	9195950.9558
22	2,6	7°16'16.25"S	112°38'2.32"E	680392.1564	9195947.2705
23	2,7	7°16'16.42"S	112°38'2.88"E	680409.3155	9195941.9861
24	2,8	7°16'16.54"S	112°38'3.30"E	680422.1857	9195938.2532
25	2,9	7°16'16.62"S	112°38'3.76"E	680436.2873	9195935.7446
26	2,10	7°16'16.74"S	112°38'4.25"E	680451.3047	9195932.0039
27	2,11	7°16'16.89"S	112°38'4.63"E	680462.9445	9195927.3538
28	2,12	7°16'17.02"S	112°38'5.13"E	680478.2676	9195923.3049
29	2,13	7°16'17.11"S	112°38'5.58"E	680492.0613	9195920.4902
30	3,1	7°16'16.34"S	112°37'59.60"E	680308.7106	9195944.8069
31	3,2	7°16'16.45"S	112°38'0.35"E	680331.7046	9195941.3446
32	3,3	7°16'16.58"S	112°38'0.94"E	680349.7884	9195937.2857
33	3,4	7°16'16.76"S	112°38'1.40"E	680363.8789	9195931.7052
34	3,5	7°16'16.97"S	112°38'2.18"E	680387.7820	9195925.1676
35	3,6	7°16'17.48"S	112°38'2.09"E	680384.9647	9195909.5105
36	3,7	7°16'17.63"S	112°38'2.65"E	680402.1261	9195904.8405
37	3,8	7°16'17.68"S	112°38'3.09"E	680415.6175	9195903.2557
38	3,9	7°16'18.00"S	112°38'3.03"E	680413.7415	9195893.4320
39	3,10	7°16'18.08"S	112°38'3.50"E	680428.1498	9195890.9223
40	3,11	7°16'18.23"S	112°38'3.96"E	680442.2436	9195886.2634
41	3,12	7°16'18.25"S	112°38'4.35"E	680454.2046	9195885.6058
42	3,13	7°16'18.66"S	112°38'4.27"E	680451.7051	9195873.0195
43	3,14	7°16'18.70"S	112°38'4.80"E	680467.9584	9195871.7320
44	3,15	7°16'18.10"S	112°38'4.92"E	680471.7060	9195890.1506
45	3,16	7°16'18.17"S	112°38'5.37"E	680485.5019	9195887.9504
46	4,1	7°16'16.93"S	112°37'59.48"E	680304.9642	9195926.6954
47	4,2	7°16'17.16"S	112°38'0.27"E	680329.1719	9195919.5424
48	4,3	7°16'17.39"S	112°38'0.85"E	680346.9378	9195912.4126
49	4,4	7°16'17.50"S	112°38'1.26"E	680359.5023	9195908.9880
50	4,5	7°16'17.71"S	112°38'2.04"E	680383.4055	9195902.4504
51	4,6	7°16'18.55"S	112°38'1.86"E	680377.7908	9195876.6656
52	4,7	7°16'18.73"S	112°38'2.43"E	680395.2556	9195871.0729

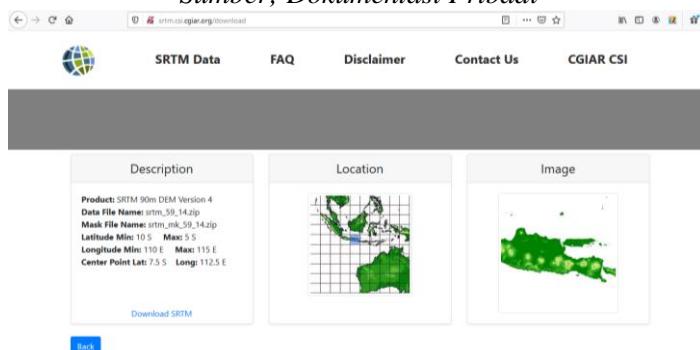
Sumber : Perhitungan, 2020



Gambar 4. 2 Tampilan awal Website srtm.cgiar.org
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 3 Pemilihan Lokasi Peta DEM
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 4 Jendela website untuk mendownload peta DEM
Sumber; Dokumentasi Pribadi

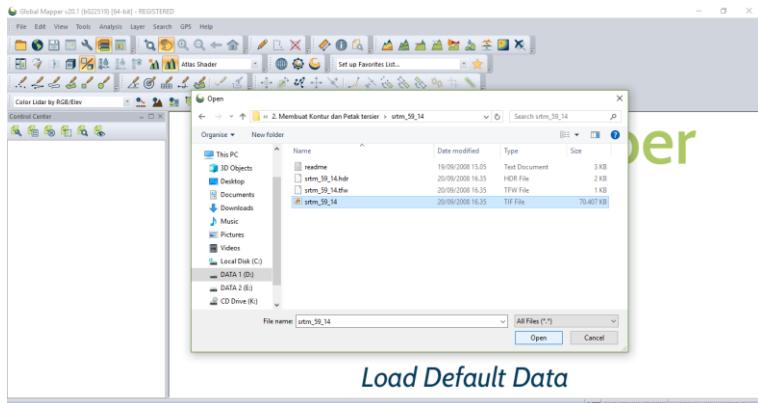
4.1.3. Mengolah data dengan aplikasi *Global Mapper*

Peta DEM yang sudah didownload dapat dibuka dengan menggunakan aplikasi *Global Mapper*. Berikut ini adalah cara menjalankan aplikasi *Global Mapper*;

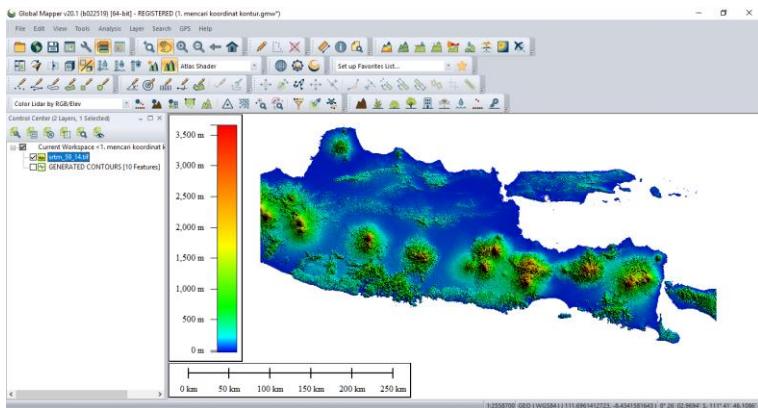
- a. Membuka aplikasi *Global Mapper* seperti gambar 4.5
- b. Klik *Open Data File* seperti gambar 4.6. Buka file peta DEM yang didownload sebelumnya. Data DEM akan muncul seperti gambar 4.7
- c. Klik *analysis / Generate Contours (from Terrain Grid)* seperti gambar 4.8
- d. Akan muncul gambar seperti dibaawah ini. Pilih interval yang diinginkan pada kolom “*Contour Interval*”. Pada studi ini interval yang digunakan adalah 0,2 meter seperti gambar 4.9
- e. Klik kolom “*Contour Bounds*” untuk menentukan daerah yang akan dijadikan kontur. Pada studi ini batas kontur -7,2707 *North*, 112,6350 *West*, -7,2719 *South*, dan 112,6332 *East* seperti gambar 4.10
- f. Kontur akan muncul seperti gambar 4.11.
- g. Peta Kontur tersebut bisa di *Export* ke format “*XY harris Multilayer textfile*”. Data titik koordinat lokasi studi dapat dilihat pada tabel 4.2



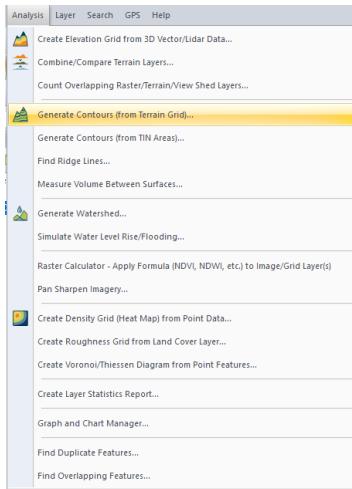
Gambar 4. 5 Tampilan awal *Global Mapper*
Sumber; Dokumentasi Pribadi



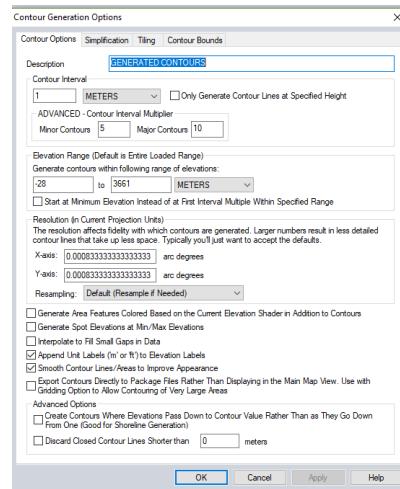
Gambar 4. 6 Tampilan Open File Global Mapper
Sumber; Dokumentasi Pribadi



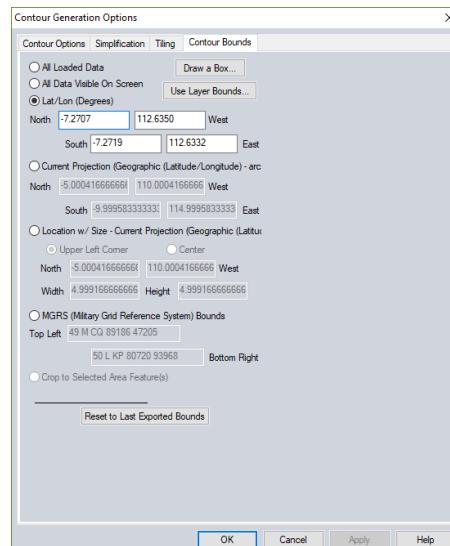
Gambar 4. 7 Tampilan Peta DEM pada Global Mapper
Sumber; Dokumentasi Pribadi



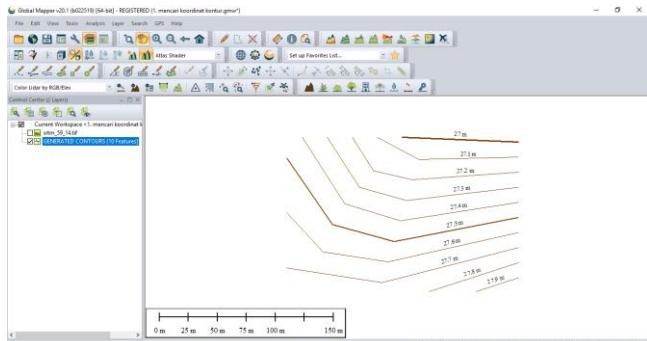
Gambar 4. 8 Tampilan Tool Analysis pada *Global Mapper*
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 9 Contour Generation Options pada *Global Mapper*
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 10 Contour Bounds pada *Global Mapper*
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 11 Hasil Running Global Mapper
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 2 Titik Koordinat Lokasi Studi

No	Degrees, Minutes, dan Second			UTM		
	Latitude	Longitude	Z	X	Y	Z
1	7° 16' 14.5612" S	112° 38' 05.9399" E	27	680503.3841	9195998.7492	27
2	7° 16' 14.4401" S	112° 38' 02.7100" E	27	680404.3204	9196002.8272	27
3	7° 16' 14.9824" S	112° 38' 05.9399" E	27.1	680503.3373	9195985.8100	27.1
4	7° 16' 15.0449" S	112° 38' 03.1613" E	27.1	680418.0969	9195984.1978	27.1
5	7° 16' 14.4401" S	112° 38' 02.0113" E	27.1	680382.8878	9196002.9046	27.1
6	7° 16' 15.4036" S	112° 38' 05.9399" E	27.2	680503.2906	9195972.8708	27.2
7	7° 16' 15.6177" S	112° 38' 02.9907" E	27.2	680412.8002	9195966.6204	27.2
8	7° 16' 15.3635" S	112° 38' 01.9090" E	27.2	680379.6473	9195974.5492	27.2
9	7° 16' 14.4401" S	112° 38' 01.3127" E	27.2	680361.4582	9196002.9820	27.2
10	7° 16' 15.8248" S	112° 38' 05.9399" E	27.3	680503.2438	9195959.9316	27.3
11	7° 16' 16.1906" S	112° 38' 02.8201" E	27.3	680407.5035	9195949.0398	27.3
12	7° 16' 15.8252" S	112° 38' 01.5086" E	27.3	680367.3139	9195960.4101	27.3
13	7° 16' 14.4401" S	112° 38' 00.6141" E	27.3	680340.0287	9196003.0593	27.3
14	7° 16' 16.2460" S	112° 38' 05.9399" E	27.4	680503.1971	9195946.9923	27.4
15	7° 16' 16.7634" S	112° 38' 02.6496" E	27.4	680402.2099	9195931.4624	27.4
16	7° 16' 16.2869" S	112° 38' 01.1081" E	27.4	680354.9773	9195946.2711	27.4
17	7° 16' 14.4401" S	112° 37' 59.9155" E	27.4	680318.5992	9196003.1366	27.4
18	7° 16' 16.6672" S	112° 38' 05.9399" E	27.5	680503.1503	9195934.0531	27.5
19	7° 16' 17.3362" S	112° 38' 02.4790" E	27.5	680396.9132	9195913.8849	27.5
20	7° 16' 16.8637" S	112° 38' 00.7603" E	27.5	680344.2446	9195928.5904	27.5
21	7° 16' 15.0153" S	112° 37' 59.4800" E	27.5	680305.1765	9195985.5148	27.5
22	7° 16' 17.0884" S	112° 38' 05.9399" E	27.6	680503.1036	9195921.1139	27.6
23	7° 16' 17.9091" S	112° 38' 02.3084" E	27.6	680391.6165	9195896.3044	27.6
24	7° 16' 17.6308" S	112° 38' 00.4996" E	27.6	680336.1626	9195905.0540	27.6
25	7° 16' 16.5421" S	112° 37' 59.4800" E	27.6	680305.0072	9195938.6116	27.6
26	7° 16' 17.5096" S	112° 38' 05.9399" E	27.7	680503.0569	9195908.1746	27.7
27	7° 16' 18.4819" S	112° 38' 02.1378" E	27.7	680386.3199	9195878.7269	27.7
28	7° 16' 18.0690" S	112° 37' 59.4800" E	27.7	680304.8379	9195891.7054	27.7
29	7° 16' 17.9308" S	112° 38' 05.9399" E	27.8	680503.0101	9195895.2354	27.8
30	7° 16' 18.7298" S	112° 38' 03.4534" E	27.8	680426.6483	9195870.9657	27.8
31	7° 16' 18.3520" S	112° 38' 05.9399" E	27.9	680502.9634	9195882.2962	27.9
32	7° 16' 18.7298" S	112° 38' 04.7641" E	27.9	680466.8539	9195870.8205	27.9

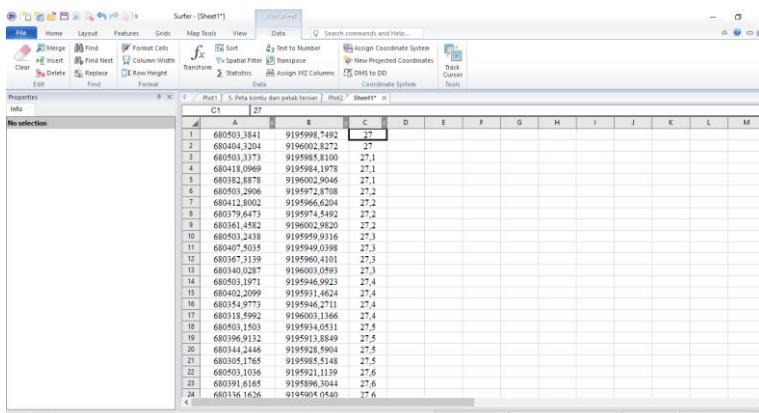
Sumber; Perhitungan 2020

4.1.4. Membuat Topografi dengan Surfer

Hasil running aplikasi *Global Mapper* berupa data yang berformat *textfile*. Data tersebut diolah dengan menggunakan *Microsoft Excel* untuk dimasukkan pada aplikasi *Surfer*. Berikut ini adalah cara menjalankan aplikasi *Surfer*;

- Membuka aplikasi *Surfer*.
- Klik *File / New / Worksheet*. Memasukkan hasil olahan data di *Microsoft Excel* kedalam *Worksheet*. Klik *File / Save As* seperti gambar 4.12.
- Klik *Home / Grid Data*. Akan muncul tampilan jendela seperti berikut ini. Masukkan data *worksheet* yang sudah di simpan. Klik *Oke* seperti gambar 4.13.
- Aplikasi *Surfer* akan me-*running* data tersebut seperti gambar 4.14.
- Untuk memunculkan peta kontur klik *Home / Base*. Hasil peta kontur seperti gambar 4.15.
- Klik *File / Export*. Untuk menjadikan format *.dxf* yang akan diolah di *AutoCAD*

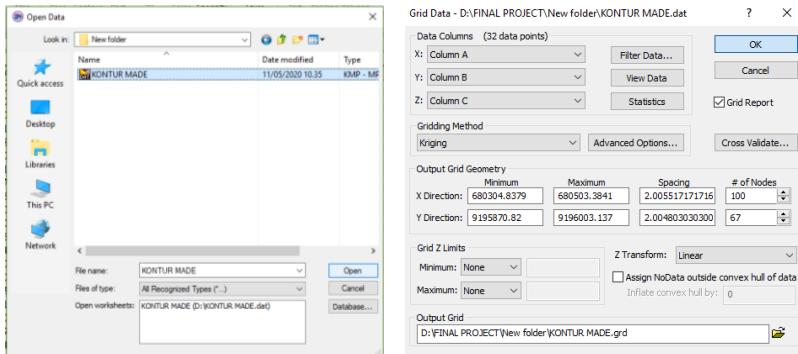
Data kontur dan petak hasil *Surfer* kemudian diolah menggunakan *AutoCAD*. Dari gambar tersebut dapat dihitung luasan setiap petak . Luasan masing-masing petak dapat dilihat pada gambar 4.16 dan tabel 4.3;



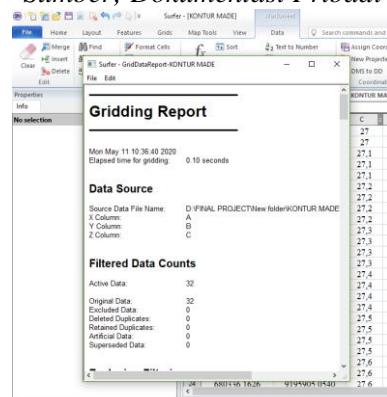
The screenshot shows the Surfer software window with the title 'Surfer - [Sheet1]'. The menu bar includes File, Home, Layout, Features, Grids, Map Tools, View, Data, and Help. The ribbon tabs are Plot1, Plot2, and Sheet1. The 'Data' tab is selected. The 'Properties' panel on the left shows 'No selection'. The main area displays a grid with columns A through M and rows 1 through 24. The data consists of three columns of coordinates and one column of values:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	680413,3841	9195467,740											
2	680413,2204	9196002,8272	27										
3	680501,3173	9195985,8100	27.1										
4	680413,0969	9195984,1978	27.1										
5	680382,8878	9196002,9046	27.1										
6	680501,2906	9195972,8708	27.2										
7	680412,8802	9195966,6200	27.2										
8	680412,8802	9195966,6202	27.2										
9	680161,4582	9196002,9820	27.2										
10	680501,2438	9195959,9316	27.3										
11	680407,5035	9195949,0398	27.3										
12	680507,3109	9195959,0398	27.3										
13	680396,9387	9195981,0593	27.3										
14	680503,1971	9195946,9923	27.4										
15	680402,2099	9195931,4624	27.4										
16	680354,9773	9195946,2711	27.4										
17	680318,9992	9196003,1366	27.4										
18	680396,9387	9195981,0593	27.5										
19	680396,9132	9195913,8849	27.5										
20	680344,2446	9195928,5904	27.5										
21	680303,1765	9195985,5148	27.5										
22	680501,1036	9195921,1139	27.6										
23	680391,6165	9195986,3044	27.6										
24	680118,1626	9194984,9460	27.6										

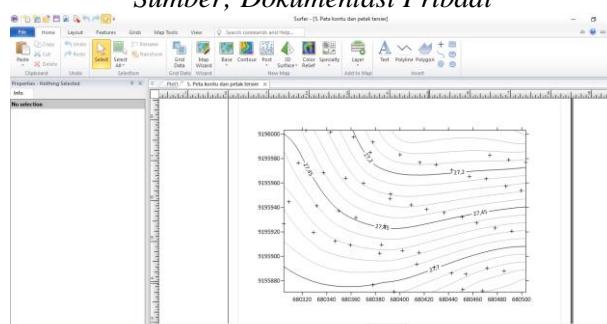
Gambar 4. 12 Tampilan Worksheet pada Surfer
Sumber; Dokumentasi Pribadi



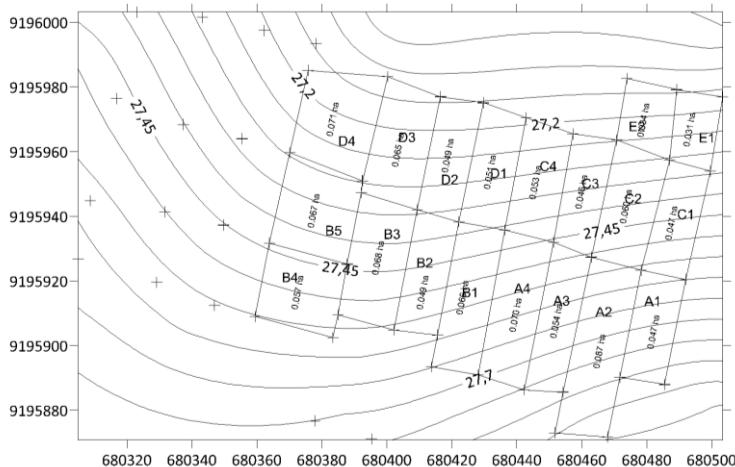
Gambar 4. 13 Tampilan Grid Data pada Surfer
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 14 Running Grid Data pada Surfer
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 15 Hasil Running pada Surfer
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 16 Petak Sawah Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 3 Luasan Petak Sawah

No	Petak Tersier	Luas m ²	Luas ha
1	A1	469.570	0.047
2	A2	869.312	0.087
3	A3	539.821	0.054
4	A4	695.214	0.070
5	B1	659.169	0.066
6	B2	493.741	0.049
7	B3	681.597	0.068
8	B4	573.887	0.057
9	B5	667.462	0.067
10	C1	470.230	0.047
11	C2	596.881	0.060
12	C3	460.288	0.046
13	C4	528.467	0.053
14	D1	512.918	0.051
15	D2	488.511	0.049
16	D3	645.082	0.065
17	D4	712.082	0.071
18	E1	307.216	0.031
19	E2	335.145	0.034
Jumlah		10706.590	1.072

sumber; Perhitungan, 2020

4.2. Debit Ketersediaan

Sumber air yang digunakan pada proyek ini adalah air hujan. Pada Lokasi Studi di Kelurahan Made sistem irigasi sebelumnya yang digunakan adalah sawah tada hujan. Pada lokasi studi juga tidak ditemukan adanya sungai, waduk, ataupun sumber mata air yang bisa dimanfaatkan untuk lahan pertanian. Studi ini tidak memperhitungkan air tanah dikarenakan tidak ada studi literatur ataupun penelitian tentang potensi air tanah di wilayah tersebut.

4.2.1. Intensitas Curah Hujan (i)

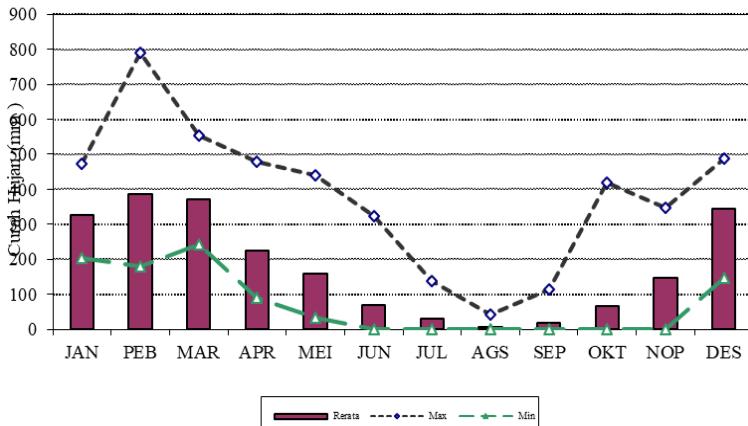
Data curah hujan yang digunakan adalah stasiun Kandangan ($07^{\circ}15'187''$ LS dan $112^{\circ}39'284''$ LS) elevasi 2,5 mdpl. Jumlah data curah hujan sebanyak 12 buah dari tahun 2006 sampai 2017. Curah hujan yang digunakan untuk perhitungan adalah rata-rata curah hujan setiap bulannya. Rekapitulasi data dapat dilihat pada gambar 4.17 dan tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Curah Hujan Bulanan Stasiun Kandangan

TAHUN	BULAN												TAHUNAN Total (mm/thn)	R_{24} (mm)
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES		
2006	259	407	402	185	32	3	0	0	0	0	0	147	1435	72
2007	205	449	490	176	73	9	0	0	0	0	48	476	1926	97
2008	277	179	367	136	59	0	0	4	0	90	302	487	1901	120
2009	395	643	334	147	235	30	0	4	0	0	16	287	2091	78
2010	395	420	553	478	231	58	89	24	115	159	228	403	3153	127
2011	265	343	404	290	188	0	0	0	0	0	206	338	2034	79
2012	474	300	243	143	96	12	0	0	0	14	32	321	1635	82
2013	428	220	293	157	242	323	100	0	0	0	175	428	2366	75
2014	210	306	509	350	123	172	14	0	0	0	92	242	2018	81
2015	334	346	288	284	150	11	8	0	0	0	39	368	1828	63
2016	284	789	256	252	439	156	138	41	87	418	349	388	3596	120
2017	372	234	318	89	37	52	30	0	6	101	278	258	1775	98
Max	474	789	553	478	439	323	138	41	115	418	349	487	3596	127
Rerata	325	386	371	224	159	69	32	6	17	65	147	345	2147	91
Min	205	179	243	89	32	0	0	0	0	0	147	1435	63	

Sumber : UPT PSA WS Buntung Peketingan Surabaya, 2019

Curah Hujan Bulanan



Gambar 4. 17 Grafik Curah Hujan Bulanan Stasiun Kandangan
Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.2.2. Uji Konsestensi Metode RAPS

Cara perhitungan pada tahun 2006;

- Menghitung hujan tahunan;
- Menghitung rerata hujan tahunan;

$$X = \frac{\Sigma X_i}{n} = \frac{25758}{12} = 2146,50$$

- Menghitung sk^* ;

$$Sk^* = (X_i - X) = (1435 - 2146,50) = -711,50$$

- Menghitung sk^{**} ;

$$S_{tdev} = \sqrt{\frac{\Sigma (X_i - X)^2}{n}} = \sqrt{\frac{(4310731,00)^2}{12}} = 599,36$$

$$Sk^{**} = \frac{Sk^*}{S_{tdev}} = \frac{-711,50}{599,36} = -1,19$$

- Menghitung q_{maks} dan r_{maks} ;

$$Q = \text{maks}(Sk^{**}) = 2,42$$

$$R = \text{maks}(Sk^{**}) - \text{min}(Sk^{**}) = 2,42 - (-1,19) = 3,61$$

Tabel 4. 5 Uji Konsestensi Metode RAPS

NO	TAHU N	Data Hujan Max (Xi)	(Xi-X)	(Xi-X) ²	Sk*	Sk**=S k*/Dy	Q/n ^{0.5}		R/n ^{0.5}		Ket
							Hitung an	Batas	Hitun gan	Batas	
1	2006	1435	-711.50	506232.25	-711.50	-1.19					
2	2007	1926	-220.50	48620.25	-220.50	-0.37					
3	2008	1901	-245.50	60270.25	-245.50	-0.41					
4	2009	2091	-55.50	3080.25	-55.50	-0.09					
5	2010	3153	1006.50	1013042.25	1006.50	1.68					
6	2011	2034	-112.50	12656.25	-112.50	-0.19	0.70		1.16	1.04	1.31
7	2012	1635	-511.50	261632.25	-511.50	-0.85					
8	2013	2366	219.50	48180.25	219.50	0.37					
9	2014	2018	-128.50	16512.25	-128.50	-0.21					
10	2015	1828	-318.50	101442.25	-318.50	-0.53					
11	2016	3596	1449.50	2101050.25	1449.50	2.42					
12	2017	1775	-371.50	138012.25	-371.50	-0.62					
Jumlah		25758		4310731.00							
n		12									
Rata X		2146.50									
Stdev		599.36									
Qmaks =		2.42									
Sk** Mak											
Qmin=Sk**		-1.19									
Min											
R		3.61									

Sumber; Perhitungan, 2020

Pada tabel 4.5 dapat dilihat bahwa nilai hitungan Q/\sqrt{n} sebesar 0,70 dibawah batas kritis nilai Q/\sqrt{n} sebesar 1,16. Nilai hitungan untuk R/\sqrt{n} sebesar 1,04 dibawah batas kritis nilai R/\sqrt{n} sebesar 1,31. Data curah hujan stasiun Kandangan dari tahun 2006 sampai dengan 2017 masuk dalam uji konsestensi data dengan metode RAPS.

4.2.3. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) didapat dari luasan atap *Greenhouse* sebesar 10.706,560 m². Atap *Greenhouse* terbuat dari atap plastik yang bersifat kedap air. Koefisien *runoff* untuk daerah tidak kedap air (*C_p*) sebesar 0 karena semua daerah kedap air.

$$I_m = \frac{A_{Kedap Air}}{A_{Total}} = \frac{10706,590}{10706,590} = 1$$

$$C = 0,9 I_m + (1 - I_m) C_p = 0,9 \cdot 1 + (1 - 1) 0 = 0,9$$

Data Konsisten (Hitungan < Batas)

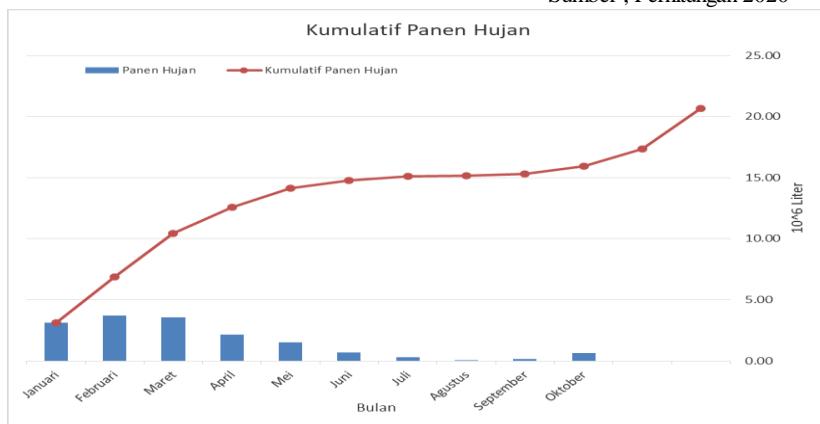
4.2.4. Debit Penampungan Air Hujan

Debit Penampungan air hujan didapatkan dari air limpasan (*runoff*) atap *Greenhouse* yang akan ditampung dalam *reservoir* bawah. *Reservoir* bawah tersebut nantinya akan dimanfaatkan untuk kebutuhan air dari tanaman hidroponik dan budidaya ikan (aquaponik). Debit dapat dilihat pada tabel 4.6 dan gambar 4.18;

Tabel 4. 6 Debit Penampungan Air Hujan

No	Bulan	Hujan Rata-	Luas Atap	Koefisien	Panen	Panen	Kumulatif
		rata (i)	(RA)	pengaliran (C)	Hujan (10^3 m^3)	Hujan (10^6 l)	Panen Hujan (10^6 l)
		(mm)	(m ²)				
1	Januari	325	10706.59	0.9	3.13	3.13	3.13
2	Februari	386	10706.59	0.9	3.72	3.72	6.85
3	Maret	371	10706.59	0.9	3.58	3.58	10.43
4	April	224	10706.59	0.9	2.16	2.16	12.59
5	Mei	159	10706.59	0.9	1.53	1.53	14.12
6	Juni	69	10706.59	0.9	0.66	0.66	14.78
7	Juli	32	10706.59	0.9	0.30	0.30	15.09
8	Agustus	6	10706.59	0.9	0.06	0.06	15.14
9	September	17	10706.59	0.9	0.17	0.17	15.31
10	Okttober	65	10706.59	0.9	0.63	0.63	15.94
11	November	147	10706.59	0.9	1.42	1.42	17.36
12	Desember	345	10706.59	0.9	3.33	3.33	20.68
		Rata rata :			1.59	1.59	

Sumber ; Perhitungan 2020



Gambar 4. 18 Grafik Debit Penampungan Air Hujan

Sumber; Dokumentasi Pribadi

Contoh Perhitungan pada bulan Januari;

$$Runoff = C_i A = 0,9 \cdot 325 \cdot 1070,59 = 3.13 \text{ mm}$$

4.3. Klimatologi

Data klimatologi menggunakan dari Stasiun meteorologi Perak II Surabaya. Data klimatologi berupa data kelembaban, temperatur, lama penyinaran matahari, dan kecepatan angin. Jumlah data klimatologi adalah sebanyak 9 data, mulai dari tahun 2010 sampai dengan tahun 2018. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7 – tabel 4.10;

Tabel 4. 7 Data Kelembaban Kota Surabaya

No	Bulan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata-Rata	Ket
1	Jan	79.00	78.00	79.00	81.00	80.00	78.00	76.00	82.00	82.00	79.44	
2	Feb	78.00	78.00	79.00	79.00	80.00	80.00	81.00	81.00	82.00	79.78	
3	Mar	77.00	77.00	78.00	79.00	77.00	79.00	77.00	80.00	82.00	78.44	
4	Apr	80.00	78.00	74.00	79.00	78.00	81.00	80.00	79.00	77.00	78.44	
5	Mei	80.00	75.00	74.00	79.00	75.00	74.00	78.00	75.00	73.00	75.89	
6	Jun	77.00	70.00	71.00	80.00	74.00	69.00	79.00	78.00	74.00	74.67	
7	Jul	74.00	69.00	68.00	75.00	72.00	70.00	78.00	73.00	72.00	72.33	
8	Agu	72.00	65.00	66.00	68.00	69.00	69.00	72.00	69.00	69.00	68.78	
9	Sep	76.00	64.00	64.00	64.00	64.00	65.00	74.00	70.00	67.00	67.56	
10	Okt	76.00	63.00	65.00	64.00	63.00	64.00	60.00	69.00	66.00	65.56	
11	Nov	76.00	74.00	71.00	72.00	68.00	69.00	79.00	79.00	73.00	73.44	
12	Des	79.00	77.00	78.00	80.00	79.00	76.00	80.00	80.00	78.00	78.56	

Sumber : BPS Kota Surabaya, 2019

Tabel 4. 8 Data Temperatur Kota Surabaya

No	Bulan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata-Rata	Ket
1	Jan	28.10	28.20	27.90	28.10	27.60	28.40	29.70	28.40	28.30	28.30	
2	Feb	28.90	28.30	28.50	28.60	27.90	28.20	29.10	28.20	28.20	28.43	
3	Mar	29.20	28.70	28.40	28.70	29.00	28.50	30.00	28.70	28.70	28.88	
4	Apr	29.10	28.80	29.60	29.00	29.10	28.50	29.60	29.00	29.80	29.17	
5	Mei	29.30	29.20	29.20	29.00	30.00	29.20	30.10	29.30	29.40	29.41	
6	Jun	29.00	28.30	28.70	28.50	29.70	29.20	29.40	28.50	28.80	28.90	
7	Jul	29.00	28.40	27.90	27.90	29.00	28.40	29.10	28.20	27.70	28.40	
8	Agu	29.30	28.20	28.00	28.40	28.70	28.30	29.40	27.90	27.60	28.42	
9	Sep	28.90	28.90	28.90	29.00	28.80	28.90	29.70	28.80	28.80	28.97	
10	Okt	28.90	30.20	30.30	30.20	30.20	30.00	29.10	30.40	30.30	29.96	
11	Nov	29.10	29.70	30.00	29.30	30.30	30.90	29.10	29.00	30.10	29.72	
12	Des	28.10	29.10	28.70	28.10	28.60	29.40	28.50	28.80	29.20	28.72	

Sumber : BPS Kota Surabaya, 2019

Tabel 4. 9 Data Lama Penyinaran Kota Surabaya

No	Bulan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata-Rata	Ket
1	Jan	64.00	50.00	48.00	63.00	51.00	62.00	63.00	53.00		56.75	
2	Feb	76.00	53.00	63.00	62.00	67.00	77.00	55.00	53.00		63.25	
3	Mar	67.00	64.00	57.00	76.00	85.00	68.00	70.00	65.00		69.00	
4	Apr	62.00	55.00	80.00	59.00	73.00	63.00	60.00	68.00		65.00	
5	Mei	59.00	75.00	83.00	65.00	82.00	62.00	76.00	79.00		72.63	
6	Jun	63.00	89.00	88.00	63.00	88.00	91.00	69.00	70.00		77.63	
7	Jul	76.00	96.00	89.00	71.00	88.00	91.00	78.00	84.00		84.13	
8	Agu	78.00	97.00	94.00	93.00	97.00	92.00	86.00	91.00		91.00	
9	Sep	67.00	98.00	98.00	96.00	99.00	99.00	79.00	91.00		90.88	
10	Okt	64.00	86.00	93.00	94.00	98.00	97.00	61.00	87.00		85.00	
11	Nov	55.00	66.00	77.00	69.00	79.00	92.00	55.00	47.00		67.50	
12	Des	38.00	48.00	52.00	53.00	51.00	61.00	36.00	56.00		49.38	

Sumber : BPS Kota Surabaya, 2019

Tabel 4. 10 Data Kecepatan Aingin Kota Surabaya

No	Bulan	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Rata-Rata	Ket
1	Jan	5.56	12.96	12.96	12.96	12.96	12.96	9.26	7.41	3.33	10.04	
2	Feb	3.70	11.11	9.26	11.11	9.26	9.26	9.26	7.41	3.89	8.25	
3	Mar	3.70	9.26	11.11	9.26	11.11	11.11	9.26	5.56	3.15	8.17	
4	Apr	3.70	7.41	11.11	11.11	9.26	9.26	11.11	5.56	3.70	8.03	
5	Mei	3.70	9.26	12.96	9.26	12.96	12.96	7.41	7.41	4.26	8.91	
6	Jun	3.70	12.96	12.96	9.26	12.96	12.96	3.70	7.41	4.07	8.89	
7	Jul	5.56	14.82	12.96	12.96	14.82	14.82	5.56	9.26	4.07	10.54	
8	Agu	5.56	14.82	14.82	14.82	16.67	16.67	5.56	9.26	4.82	11.44	
9	Sep	3.70	14.82	14.82	14.82	16.67	16.67	7.41	9.26	5.19	11.48	
10	Okt	3.70	14.82	14.82	12.96	16.67	16.67	7.41	7.41	4.44	10.99	
11	Nov	3.70	9.26	11.11	11.11	11.11	11.11	5.56	5.56	3.33	7.98	
12	Des	3.70	11.11	9.26	11.11	11.11	11.11	7.41	5.56	3.33	8.19	

Sumber : BPS Kota Surabaya, 2019

Iklim yang ada didalam *Greenhouse* berbeda dengan iklim yang ada diluar *greenhouse*. Menurut Stanghellini (1993) *greenhouse* dapat mengurangi evapotranspirasi (ET) sebanyak 70% dari sawah terbuka. Didalam *greenhouse* tidak ada hujan dan air harus disediakan oleh sistem irigasi. Secara umum, sistem irigasi dikontrol untuk memberikan air yang cukup mudah tersedia untuk tanaman, dan dengan demikian transpirasi dekat dengan nilai potensinya.

Menurut Penggunaan Fernandes et al., (2003) dalam Mpusia, Peter, (2006) *greenhouse* di daerah kering mengurangi kebutuhan tanaman air dengan mengurangi evapotranspiration. Penutup plastik yang digunakan pada *greenhouse* berubah secara lokal keseimbangan radiasi

dengan *entrapping* radiasi gelombang panjang dan menciptakan penghalang untuk kerugian kelembaban. Akibatnya ETo berkurang sebanyak 60% sampai 85% dibanding di luar rumah kaca.

4.3.1. Evapotranspirasi potensial (Eto) Penman Modifikasi

Perhitungan evapotraspirasi *outdoor* menggunakan metode Penman Modifikasi. Metode ini digunakan karena dalam pengamatan lapangan sawah di desa Made hanya sebuah sawah tanpa atap dan tidak ditemukan *greenhouse*. Contoh perhitungan evaporasi pada bulan Januari

- a. Temperatur rata-rata (T) = 28,30 °C
- b. Kelembaban Relatif (RH) = 79,44 %
- c. Penyinaran matahari (n/N) = 56,75 %
- d. Kecepatan Angin (u) = 1,14 Km/jam
- e. Tekanan uap jenuh (ea) = 38,49 mbar
- f. Tekanan uap nyata (ed)

$$\begin{aligned} \text{ed} &= \text{ea} \times \text{RH}/100 \\ &= 38,49 \times 79,44/100 \\ &= 30,58 \text{ mbar} \end{aligned}$$
- g. Selisih tekanan uap jenuh dengan tekanan uap aktual

$$\begin{aligned} \text{ea-ed} &= 38,49 - 30,58 \text{ mbar} \\ &= 7,91 \text{ mbar} \end{aligned}$$
- h. Kecepatan udara 2 meter diatas pemukaan tanah

$$\begin{aligned} U2 = u \times (2/x)^{0,15} &= 10,04 \times (2/2)^{0,15} \\ &= 10,04 \end{aligned}$$
- i. Fungsi dari kecepatan angin $f(u)$

$$\begin{aligned} f(u) = 0,27 (1+U2/100) &= 0,27 (1+10,04/100) \\ &= 0,30 \text{ km/hari} \end{aligned}$$
- j. Faktor bobot yang dipengaruhi temperatur dan ketinggian lokasi stasiun

$$W = 0,78 \text{ mm/hari}$$
- k. Faktor bobot $(1-w) = 1 - 0,78$

$$= 0,22 \text{ mm/hari}$$
- l. Penyinaran radiasi matahari teoritis (Ra)

$$Ra = 16,02 \text{ mm/hari}$$
- m. Penyinaran radiasi matahari yang dikoreksi (Rs)

$$\begin{aligned} Rs &= (0,25 + 0,5n/N) \times Ra \\ &= (0,25 + 0,5 \times 56,75\%) \times 16,02 \end{aligned}$$

$$= 8.91 \text{ mm/hari}$$

- n. Radiasi geombang pendek netto (Rns)

$$Rns = (1-0,25) \times R_s$$

$$= (1-0,25) \times 8.91$$

$$= 6.69 \text{ mm/hari}$$

- o. Faktor koreksi akibat temperatur $f(T)$

$$f(T) = 16,36$$

- p. Factor koreksi akibat tekanan air $f(ed)$

$$f(ed) = 0,34 - 0,044 \times \sqrt{ed}$$

$$= 0,34 - 0,044 \times \sqrt{30,58}$$

$$= 0,10$$

- q. Fakor penyinaran matahari $f(n/N)$

$$f(n/N) = 0,1 + 0,9 (n/N)$$

$$= 0,1 + 0,9 (56,75\%)$$

$$= 0,61$$

- r. Radiasi gelombang panjang netto (Rn1)

$$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f(n/N)$$

$$= 16,36 \times 0,10 \times 0,61$$

$$= 0,97 \text{ mm/hari}$$

- s. Radiasi netto (Rn)

$$Rn = Rns - Rn1 = 6,69 - 0,97 \text{ mm/hari}$$

$$= 5,72 \text{ mm/hari}$$

- t. C factor koreksi iklim (C)= 1,10

- u. Evapotrasnpurasi potensial harian (Eto)

$$Eto = C \{ W.Rn + (1-W). f(u). (ea-ed) \}$$

$$= 1,10 \{ 0,78 \times 5,72 + (1-0,78) \times 0,30 \times 7,91 \}$$

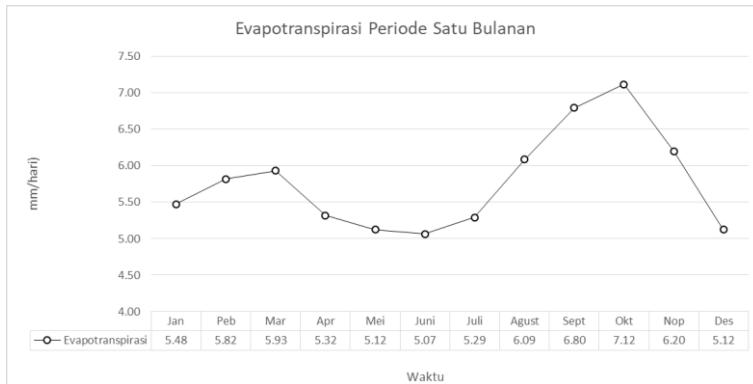
$$= 5,48 \text{ mm/hari.}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.11 dan gambar 4.19. Pada tabel 4.11 dan gambar 4.19 memiliki nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) bervariasi setiap bulannya. Hal ini dikarenakan setiap bulan memiliki variabel yang berbeda-beda. Nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) tertinggi pada bulan oktober sebesar 7,12 mm/hari. Nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) terendah pada bulan Juni sebesar 5,07 mm/hari.

Tabel 4.11 Evapotanspirasi potensial (Eto) Penman Modifikasi

No	DATA BULANAN	Satuan	B U L A N											
			Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nop	Des
1	Temperatur : T	(°C)	28.30	28.43	28.88	29.17	29.41	28.90	28.42	28.97	29.96	29.72	29.72	28.72
2	Kelembaban udara relatif ; Rh	(%)	79.44	79.78	78.44	75.89	74.67	72.33	68.78	67.56	65.56	73.44	78.56	78.56
3	Lama iari penyiniran ; n/N	(%)	56.75	63.25	69.00	65.00	72.63	77.63	84.13	91.00	90.88	85.00	67.50	49.38
4	Kecepatan angin ; U	(Kn/jam)	10.04	8.25	8.17	8.03	8.91	8.89	10.54	11.44	11.48	10.99	7.98	8.19
5	Tekanan uap jenuh ; ea	(mbar)	2.79	2.29	2.27	2.23	2.48	2.47	2.93	3.18	3.19	3.05	2.22	2.28
6	Tekanan uap nyata ; ed	(mbar)	38.49	38.80	39.82	40.48	41.05	39.69	38.72	38.69	40.02	42.30	41.76	39.46
7	Perbedaan tekanan uap ; ea - ed	(mbar)	30.58	30.95	31.24	31.76	31.15	29.64	28.01	26.61	27.04	27.73	30.67	31.00
8	$U2 = Ux(2/x)^{0.15}$		7.91	7.85	8.58	8.73	9.90	10.05	10.71	12.08	12.99	14.57	11.09	8.46
9	Fungsi angin ; f(G) = 0.27 * (1 + U2/100)	(km/hari)	0.30	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29	0.30	0.30	0.30	0.30	0.29	0.29
10	Faktor Penimbang (W)	(mm/hari)	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.79	0.79	0.78
11	Faktor pembobot (1-w)	(mm/hari)	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.21	0.21	0.22
12	Radiasi Terrestrial Ekstra ; Ra	(mm/hari)	16.07	15.53	14.48	13.18	12.78	12.81	13.78	14.93	15.77	15.95	15.92	
13	Radiasi ijar matrahari ; Rs	(mm/hari)	8.91	9.51	9.67	8.70	8.46	8.55	9.02	10.22	11.06	11.18	9.80	8.22
14	Radiasi gelombang pendek netto ; Rns	(mm/hari)	6.69	7.13	7.25	6.53	6.35	6.41	6.77	7.66	8.29	8.39	7.35	6.17
15	Efek radiasi gelombang panjang :		39.244927	16.36	16.39	16.48	16.53	16.58	16.48	16.38	16.49	16.69	16.64	16.44
16	$f(T) = s \cdot T$			0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10
17	$f(ed) = 0.34 - 0.044 \times V_{ed}$			0.61	0.67	0.72	0.69	0.75	0.80	0.86	0.92	0.92	0.87	0.54
18	$f(n/N) = 0.1 + 0.9 * (n/N)$													
19	Radiasi netto (mm/hari) ; Rn	(mm/hari)	0.97	1.04	1.12	1.04	1.18	1.32	1.50	1.70	1.68	1.56	1.13	0.85
20	Faktor koreksi ; C		5.72	6.09	6.13	5.49	5.17	5.09	5.26	5.96	6.61	6.82	6.21	5.32
21	Potensial evapotranpirasi ; PET	(mm/hari)	4.47	4.76	4.81	4.31	4.07	3.99	4.11	4.66	5.19	5.39	4.90	4.17
a.	Radiasi i term ; W x Rn		0.51	0.50	0.54	0.55	0.62	0.64	0.70	0.79	0.84	0.92	0.68	0.53
b.	Aerodinamic term ; (1-W) x f(u) x (ca - ed)		5.48	5.82	5.93	5.32	5.12	5.07	5.29	6.09	6.80	7.12	6.20	5.12
c.	$ETo = C (W.Rn + (1-W) x f(u) x (ca - ed))$	(mm/hari)												

Sumber : Perhitungan 2020



Gambar 4. 19 Evapotanspirasi potensial (Eto) Penman Modifikasi
Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.3.2. Evapotranspirasi potensial (Eto) *Greenhouse*

Perhitungan evapotraspirasi *indoor* menggunakan metode Stanghellini. Metode ini digunakan karena dalam desain bangunan rencana menggunakan *greenhouse*. Contoh perhitungan evaporasi pada bulan Januari

- Temperatur rata-rata (T) = 28,30 °C
- Kelembaban Relatif (RH) = 79,44 %
- Penyinaran matahari (n/N) = 56,75 %
- Kecepatan Angin (u) = 1,14 Km/jam
- Tekanan upa jenuh (ea) = 38,49 mbar
- LAI = 2,85 m²/m²
- Konstanta gas spesifik R = 287 J/(kg.K)
- Kepadatan atmosfer rata-rata $\rho = 100000 / (T * (R + 273.16)) = 100000 / (28,30 \times (287 + 273,16)) = 1,16 \text{ kg/m}^3$
- Panas spesifik udara $C_p = 0,001013 \text{ MJ/(kg.}^\circ\text{C)}$
- Stefan-Boltzmann konstan $\sigma = 5,669 \times 10^{-14} \text{ MJ/(K}^4\text{.m}^2\text{s)}$
- Resistensi radiasi

$$r_R = \frac{\rho \cdot C_p}{4 \cdot \sigma (T + 273,15)^3}$$

$$= \frac{1.16 \times 0,001013}{4 \times 5,556 \times 10^{-14} (28,30 + 273,15)^3} = 188 \text{ s/m}$$

- l. Faktor konversi satuan waktu
 $K_t = 86400 \text{ s/hari}$
- m. Tekanan uap saturasi
 $es = 0,61078 \times e((17,269 \times T)/(237,3+T))$
 $= 0,61078 \times e((17,269 \times 28,30)/(237,3+28,30))$
 $= 3,85 \text{ kPa}$
- n. Tekanan uap aktual
 $ea = ea.Rh/100$
 $= 3,85 \times 79,44/100 = 3,06 \text{ kPa}$
- o. Defisit tekanan uap
 $VPD = es-ea = 3,85 - 3,06 = 0,79 \text{ kPa}$
- p. Suhu lembar
 $\text{Simbol} = 2,52+0,84 \cdot T +(-0,54 \cdot VPD)$
 $= 2,52+0,84 \times 28,30 +(-0,54 \times 0,79)$
 $= 25,87^\circ\text{C}$
- q. Radiasi gelombang pendek bersih
 $Rns = 0,07.Rs$
 $= 0,07 \times 0,87 = 0,06 \text{ MJ/(m}^2.\text{jam)}$
- r. Radiasi gelombang panjang netto (Rn1)
 $Rn1 = (0,16.Kt.\rho.Cp(T-Simbol))/rR$
 $= (0,16 \times 86400 \times 1,16 \times 0,001013 (28,30 - 25,87))/188$
 $= 0,21 \text{ MJ/(m}^2.\text{jam)}$
- s. Radiasi netto (Rn)
 $Rn = Rns - Rn1 = 0,06 - 0,21$
 $= -0,15 \text{ MJ/(m}^2.\text{jam)}$
- t. Kemiringan kurva tekanan uap saturasi
 $\Delta = 0,04145.e(0,06088.T)$
 $= 0,04145.e(0,06088 \cdot 28,30) = 0,23 \text{ kPa}^\circ\text{C}$
- u. Tekanan atmosfir
 $P = 101,3((293-0,0065 \cdot \Delta)/293)^{5,26}$
 $= 101,3((293-0,0065 \times 0,23)/293)^{5,26}$
 $= 101,30 \text{ Kpa}$
- v. Rasio berat molekul air dengan udara kering
 $\varepsilon = 0,62$
- w. Panas penguapan latent

$$\begin{aligned}\lambda &= 2,501 - 0,002361 \cdot T \\ &= 2,501 - 0,002361 \times 28,30 = 2,43 \text{ MJ/kg}\end{aligned}$$

x. Konstanta psikrometri

$$\begin{aligned}\gamma &= (C_p \cdot P) / (\varepsilon \cdot \lambda) \\ &= (0,001013 \times 101,30) / (0,62 \times 2,43) \\ &= 0,07 \text{ MJ/kg}\end{aligned}$$

y. Resistensi kanopi

$$r_c = 70 \text{ s/m}$$

z. Resistensi aerodinamis

$$r_a = 430 \text{ s/m}$$

aa. Evapotranspirasi Potensial

$$Eto = 2,94 \text{ mm/hari}$$

Hasil perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada tabel 4.12 dan gambar 4.20. Pada tabel 4.12 dan gambar 4.20 menunjukkan bahwa pada bulan januari sampai bulan oktober nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) cenderung mengalami peningkatan setiap bulannya. Sedangkan pada bulan oktober ke bulan desember mengalami penurunan. Nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) tertinggi pada bulan oktober sebesar 5,21 mm/hari. Nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) terendah pada bulan februari sebesar 2,90 mm/hari.



Gambar 4. 20 Evapotanspirasi potensial (Eto) Stanghellini
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4.12 Evapotanspirasi potensial (Eto) Stanghellini

No	Variabel	Simbol	Satuan	BULAN												
				Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sep	Okt	Nov	Des	
	Data															
1	Temperatur	T	(°C)	28.30	28.43	28.88	29.17	29.41	28.90	28.42	28.97	29.96	29.72	28.72		
2	Kelenhanan udara relatif	Rh	(%)	79.44	79.78	78.44	78.44	75.89	74.67	72.33	68.78	67.56	65.56	73.44	78.56	
3	Radiusi Satur Matahari	Rs	MJ(m ² .jam)	0.87	0.93	0.95	0.86	0.83	0.87	0.89	1.00	1.08	1.08	0.95	0.80	
4	Kecepatan angin	U	(Km/jam)	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
5	Kecepatan angin LAI (leaf area index)	U	(m/s)	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	
6	Konstanta gas spesifik	R	J/(kg.K)	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	
7	Kepadatan atmosfer rata-rata	ρ	(kg/m ³)	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15	1.15	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15	1.15	
8	Panas spesifik udara	Cp	MJ/(kg.°C)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Stefan-Boltzmann konstan	σ	MJ/(K ⁴ .m ² .s)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Resistensi radiasi	r _r	s/m	188	188	187	186	186	187	188	188	187	184	185	187	
11	Faktor konversi saturen waktu	K _t	s/hari	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	86400	
12	Tekanan uap satureasi	es	kPa	3.85	3.88	3.98	4.04	4.10	3.98	3.87	3.87	4.00	4.23	4.18	3.94	
13	Tekanan uap aktual	ea	kPa	3.06	3.09	3.12	3.17	3.11	2.97	2.80	2.66	2.70	2.77	3.07	3.10	
14	Defisi tekanan uap	VPD	kPa	0.79	0.78	0.86	0.87	0.99	1.01	1.07	1.21	1.30	1.46	1.11	0.85	
15	Suhu lembur	Symbol	(°C)	25.87	25.98	26.31	26.55	26.69	26.25	25.80	25.74	26.15	26.90	26.89	26.19	
16	Radiasi gelombang panjang bersih	Rns	MJ/(m ² .jam)	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	
17	Radiasi gelombang panjang ketar bersih	Rnl	MJ/(m ² .jam)	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.23	0.22	0.23	0.24	0.27	0.25	0.22	
18	Radiusi bersih	Rn	MJ/(m ² .jam)	-0.15	-0.15	-0.16	-0.17	-0.18	-0.17	-0.16	-0.17	-0.19	-0.18	-0.16		
19	Kemiringan kurva tekanan uap satureasi	Δ	(kPa°C)	0.23	0.23	0.24	0.24	0.25	0.24	0.23	0.23	0.24	0.26	0.25	0.24	
20	Tekanan atmosfir	P	kPa	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	101.30	
21	Rasio berat molekul air dengan udara kering	ε		0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	
22	Panas penggepan laien	λ	MJ/kg	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	2.43	
23	Konstanta psikrometri	γ	MJ/kg	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	
24	Resistensi kanopi	rc	s/m	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	
25	Resistensi aerodinamis	ra	s/m	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	430	
26	Evapotanspirasi Potensial	Eto	mm/hari	2.94	2.90	3.12	3.12	3.53	3.70	4.03	4.59	4.82	5.21	3.94	3.08	

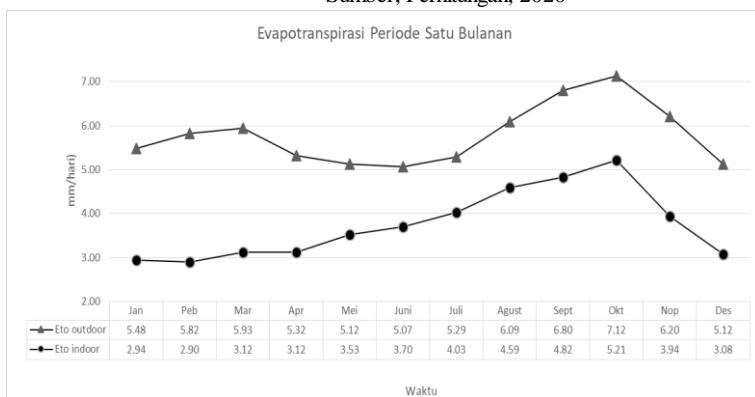
Sumber: Pertamina, 2020

4.3.3. Perbandingan Evapotranspirasi potensial harian (Eto)

Tabel 4. 13 Perbandingan Evapotranspirasi potensial (Eto)

No	Bulan	Eto Outdoor	Eto Indoor	Penurunan
1	Jan	5.48	2.94	53.61%
2	Peb	5.82	2.90	49.77%
3	Mar	5.93	3.12	52.61%
4	Apr	5.32	3.12	58.67%
5	Mei	5.12	3.53	68.85%
6	Juni	5.07	3.70	72.95%
7	Juli	5.29	4.03	76.09%
8	Agust	6.09	4.59	75.33%
9	Sept	6.80	4.82	70.99%
10	Okt	7.12	5.21	73.21%
11	Nop	6.20	3.94	63.52%
12	Des	5.12	3.08	60.13%

Sumber; Perhitungan, 2020



Gambar 4. 21 Perbandingan Evapotanspirasi potensial (Eto)

Sumber; Dokumentasi Pribadi

Pada tabel 4.13 dan gambar 4.21 menunjukkan bahwa nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) metode Stanghellini (*indoor*) lebih rendah daripada evapotranspirasi metode potensial harian (Eto) Penman Modifikasi (*outdoor*). Besaran penuruan evapotranspirasi dari 49,77% sampai 76,09%. Hal ini berbanding lurus dengan penelitian yang dilakukan Stanghellini (1993) dan penelitian yang dilakukan Fernandes et al., (2003).

4.4. Debit Kebutuhan Eksisting

Debit kebutuhan eksisting dihasilkan dari debit kebutuhan yang ada di lapangan pada saat ini. Pada pengamatan pola tanam yang ada dilapangan berupa padi pada musim hujan 1, palawija pada musim hujan 2, sedangkan pada musim kemarau tidak ditanam tanaman atau bero. Debit kebutuhan eksisting dihitung untuk membandingkan hasil dengan debit kebutuhan rencana. Hasil dari perbandingan tersebut bisa digunakan sebagai salah satu faktor untuk mengambil keputusan.

4.4.1. Curah Hujan Efektif

Perhitungan curah hujan andalan dilakukan untuk mengetahui curah hujan yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Curah hujan andalan yang digunakan untuk irigasi sebesar 80% dari total curah hujan. Perhitungan dilakukan dengan melakukan pengurutan data dari terbesar ke terkecil, besarnya peluang suatu data curah hujan adalah sebesar nomor urut data tersebut dibagi dengan jumlah data yang tersedia. Besarnya masing-masing curah hujan andalan dapat dilihat ada tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Probabilitas Curah Hujan St. Kandangan

No	Tahun	CH Tahunan (mm)	n	m	Urutan		Probabilitas
					CH (mm)	Tahun	
1	2006	1435		1	3596	2016	7.69%
2	2007	1926		2	3153	2010	15.38%
3	2008	1901		3	2366	2013	23.08%
4	2009	2091		4	2091	2009	30.77%
5	2010	3153		5	2034	2011	38.46%
6	2011	2034	12	6	2018	2014	46.15%
7	2012	1635		7	1926	2007	53.85%
8	2013	2366		8	1901	2008	61.54%
9	2014	2018		9	1828	2015	69.23%
10	2015	1828		10	1775	2017	76.92%
11	2016	3596		11	1635	2012	84.62%
12	2017	1775		12	1435	2006	92.31%

Sumber; Perhitungan, 2020

Contoh perhitungan probabilitas :

$$P\% = \frac{m^2}{(n^2+1)} \times 100\% = \frac{1}{(12+1)} \times 100\% = 7.69\%$$

Pada tahun 2016 probabilitas hujan akan muncul kembali sebesar 7,69%. Pada tahun 2010 probabilitas hujan akan muncul kembali sebesar 15,38%. Pada tahun 2017 probabilitas hujan akan muncul kembali sebesar 76,92%. Curah hujan tahunan pada tahun 2017 sebesar 1775 mm. Oleh karena itu pemilihan probabilitas yang mendekati curah hujan 80% (R80) pada stasiun hujan Kandangan pada tahun 2017.

Curah hujan efektif digunakan untuk menghitung kebutuhan air. Setiap tanaman membutuhkan curah hujan efektif yang berbeda-beda. Untuk tanaman padi membutuhkan 70% dari hujan andalan dan tanaman palawija membutuhkan 50% dari hujan andalan. Perhitungan curah hujan efektif dapat dilihat pada tabel 4.15;

Tabel 4. 15 Curah Hujan Efektif

Bulan	Periode	R 80% (mm/hari)	Re Padi (mm/10 hari)	Re Pol (mm/10 hari)	Re Padi (mm/hari)	Re Pol (mm/hari)
Nopember	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	109.00	76.30	54.50	7.63	5.45
	III	169.00	118.30	84.50	11.83	8.45
Desember	I	45.00	31.50	22.50	3.15	2.25
	II	173.00	121.10	86.50	12.11	8.65
	III	40.00	28.00	20.00	2.80	2.00
Januari	I	12.00	8.40	6.00	0.84	0.60
	II	222.00	155.40	111.00	15.54	11.10
	III	138.00	96.60	69.00	9.66	6.90
Pebruari	I	73.00	51.10	36.50	5.11	3.65
	II	148.00	103.60	74.00	10.36	7.40
	III	13.00	9.10	6.50	0.91	0.65
Maret	I	70.00	49.00	35.00	4.90	3.50
	II	70.00	49.00	35.00	4.90	3.50
	III	178.00	124.60	89.00	12.46	8.90
April	I	23.00	16.10	11.50	1.61	1.15
	II	25.00	17.50	12.50	1.75	1.25
	III	41.00	28.70	20.50	2.87	2.05
Mei	I	5.00	3.50	2.50	0.35	0.25
	II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	32.00	22.40	16.00	2.24	1.60
Juni	I	22.00	15.40	11.00	1.54	1.10
	II	8.00	5.60	4.00	0.56	0.40
	III	22.00	15.40	11.00	1.54	1.10
Juli	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	3.00	2.10	1.50	0.21	0.15
	III	27.00	18.90	13.50	1.89	1.35
Agustus	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
September	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	6.00	4.20	3.00	0.42	0.30
Oktober	I	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	101.00	70.70	50.50	7.07	5.05

Sumber; Perhitungan, 2020

Contoh perhitungan pada bulan november periode II:

$$\begin{aligned} \text{Re padi} &= R 80 \times 70\% \\ &= 109 \text{ mm/hari} \times 70\% = 76,30 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Repolawija} &= R 80 \times 50\% \\ &= 109 \text{ mm/hari} \times 70\% = 54,50 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.4.2. Pergantian Lapisan Air (Water Layer Requirement)

Evaporasi bebas (Eo) didapatkan dari 1,1 kali dari besarnya evapotranspirasi. Contoh perhitungan pada November periode 1;

$$\begin{aligned} Eo &= 1,1 \times Eto \\ &= 1,1 \times 6,20 \text{ mm/hari} = 6,82 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Laju perkolasi didapatkan dari tabel 2.4. Tanah pada desa Made bertekstur lembung berpasir sehingga nilai perkolasi (P) sebesar 2 mm/hari. Kebutuhan air pengganti (M) didapatkan dengan penjumlahan evaporasi bebas (Eo) dengan perkolasi (P).

$$\begin{aligned} M &= Eo + P \\ &= 6,82 \text{ mm/hari} + 2 \text{ mm/hari.} = 8,82 \text{ mm/hari.} \end{aligned}$$

Kebutuhan air selama penyiapan lahan dapat dicari dengan persamaan 2.18 atau dapat juga didapatkan dari tabel 2.3. Cara menggunakan tabel 2.3 yang akan di interpolasi sebagai berikut;

Diketahui:

$$\text{Kebutuhan air pengganti (M)} = 8,82 \text{ mm/hari}$$

$$\text{Jangka waktu penyiapan lahan (T)} = 30 \text{ hari}$$

$$\text{Kebutuhan air untuk penjenuhan} = 250 \text{ mm}$$

Dari tabel didapatkan

$$X_1 = 8,5 \text{ mm/hari} \quad Y_1 = 13,3 \text{ mm}$$

$$X_2 = 9 \text{ mm/hari} \quad Y_2 = 13,6 \text{ mm}$$

$$X = 8,82 \text{ mm/hari}$$

$$Y = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1} (Y_2 - Y_1) + Y_1$$

$$Y = \frac{8,82 - 8,5}{9 - 8,5} (13,6 - 13,3) + 13,3$$

$$Y = 13,39 \text{ mm/hari}$$

Jadi kebutuhan air untuk penyiapan lahan 13,39 mm/hari. Perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel 4.16

Tabel 4. 16 Lahan Persiapan (WLR)

Bulan	Periode	Et0	E0= Et0x1,1 (mm/hari)	M=(E0+P) (mm/hari)	S (mm/hari)	T (mm/hari)	LP/Etc untuk T = 30 hari
Nopember	I	6.20	6.82	8.82	250.00	30.00	13.39
	II	6.20	6.82	8.82	250.00	30.00	13.39
	III	6.20	6.82	8.82	250.00	30.00	13.39
Desember	I	5.12	5.64	7.64	250.00	30.00	12.68
	II	5.12	5.64	7.64	250.00	30.00	12.68
	III	5.12	5.64	7.64	250.00	30.00	12.68
Januari	I	5.48	6.02	8.02	250.00	30.00	12.91
	II	5.48	6.02	8.02	250.00	30.00	12.91
	III	5.48	6.02	8.02	250.00	30.00	12.91
Pebruari	I	5.82	6.40	8.40	250.00	30.00	13.14
	II	5.82	6.40	8.40	250.00	30.00	13.14
	III	5.82	6.40	8.40	250.00	30.00	13.14
Maret	I	5.93	6.53	8.53	250.00	30.00	13.22
	II	5.93	6.53	8.53	250.00	30.00	13.22
	III	5.93	6.53	8.53	250.00	30.00	13.22
April	I	5.32	5.85	7.85	250.00	30.00	12.81
	II	5.32	5.85	7.85	250.00	30.00	12.81
	III	5.32	5.85	7.85	250.00	30.00	12.81
Mei	I	5.12	5.64	7.64	250.00	30.00	12.68
	II	5.12	5.64	7.64	250.00	30.00	12.68
	III	5.12	5.64	7.64	250.00	30.00	12.68
Juni	I	5.07	5.57	7.57	250.00	30.00	12.64
	II	5.07	5.57	7.57	250.00	30.00	12.64
	III	5.07	5.57	7.57	250.00	30.00	12.64
Juli	I	5.29	5.82	7.82	250.00	30.00	12.79
	II	5.29	5.82	7.82	250.00	30.00	12.79
	III	5.29	5.82	7.82	250.00	30.00	12.79
Agustus	I	6.09	6.70	8.70	250.00	30.00	13.32
	II	6.09	6.70	8.70	250.00	30.00	13.32
	III	6.09	6.70	8.70	250.00	30.00	13.32
September	I	6.80	7.48	9.48	250.00	30.00	13.79
	II	6.80	7.48	9.48	250.00	30.00	13.79
	III	6.80	7.48	9.48	250.00	30.00	13.79
Oktober	I	7.12	7.83	9.83	250.00	30.00	14.00
	II	7.12	7.83	9.83	250.00	30.00	14.00
	III	7.12	7.83	9.83	250.00	30.00	14.00

Sumber; Perhitungan, 2020

4.4.3. Koefisien Tanaman Eksisting

Pada pengamatan lapangan jenis tanaman yang ditanam adalah padi dan palawija. Jenis palawija yang ditanam berupa sawi. Koefisien tanaman padi dapat dilihat pada tabel 2.5 dan koefisien palawija dapat dilihat pada tabel 2.6

4.4.4. Penggunaan Konsumtif (Etc)

Penggunaan konsumtif didapatkan dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned} \text{Etc} &= \text{Kc} \times \text{Eto} \\ &= 1,10 \times 6,20 \text{ mm/hari} \\ &= 6,82 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.4.5. Kebutuhan Air disawah (NFR) Eksisting

Kebutuhan air disawah (NFR) didapatkan dari persamaan 2.20 untuk tanaman padi dan persamaan 2.21 untuk tanaman palawija. Berikut ini adalah contoh perhitungan pada

$$\begin{aligned} \text{NFR}_{\text{padi}} &= \text{Etc} + \text{WLR} + \text{P} - \text{Re padi} \\ &= (6,82 + 0 + 2 - 0) \text{ mm/hari} \\ &= 4,88 \text{ mm/hari} \\ \text{NFR}_{\text{palawija}} &= \text{Etc} - \text{Re palawija} \\ &= (0 - 0) \text{ mm/hari} \\ &= 0 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

4.4.6. Kebutuhan Air di Pengambilan (DR) Padi Eksisting

Kebutuhan air di intake (DR) dapat dicari dengan persamaan 2.22. Efisiensi Irigasi (EI) dapat dicari dengan perkalian antara efisensi saluran prime, sekunder dan tersier. Perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.17.

$$\begin{aligned} \text{DR} &= \frac{\text{NFR}}{\text{EI} \times 8,64} \\ \text{DR} &= \frac{0}{0,648 \times 8,64} = 0 \text{ liter/detik/ha} \end{aligned}$$

4.4.7. Optimasi Eksisting

Optimasi eksisting dilakukan dengan menggunakan debit untuk irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun. Rekayasa ini dilakukan karena dilapangan tidak ada *reservoir* dan hanya menggunakan tada hujan untuk irigasi. Langkah optimasi yang dilakukan seperti pada sub bab 2.5. Analisa optimasi berdasarkan debit kebutuhan irigasi optimum.

Fungsi yang harus diisi dalam kolom solver :

- Set Objective :

$$\text{MaxZ} = \sum_1^{12}(DP.Xi) + \sum_1^3(DJ.Pi)$$

Dimana :

Z : Luas tanam dalam setahun (ha)

X_{i1-12} : Luas areal tanaman untuk jenis padi, golongan bulan ke i_{1-12} (ha).

Pi : Luas areal tanaman untuk jenis palawija, golongan bulan ke i₁₋₃ (ha).

DP : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman padi yang ditanam mulai bulan i ($\text{lt}/\text{dt}/\text{ha}$).

Dj : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman palawija yang ditanam mulai bulan i ($\text{lt}/\text{dt}/\text{ha}$).

- **Changing Variable** : Luas tanam pada tiap bulannya. X1, X2,.....X12. Dan P1-P3.

- Constraints

$$1. \sum A_i < A_{real}$$

ΣA_i : Jumlah luas tanam pada bulan i

Areal : Jumlah luas lahan irigasi (1.072 ha)

$$2, X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P1, P2, P3 \geq 0$$

Luas tanam padi $X_1 \geq 0$ pada bulan Nop

Luas tanam padi $X_2 \geq 0$ pada bulan Des

Luas tanam padi $X_3 \geq 0$, dst. X_{12}

Luas tanam palawija $P_1 \geq 0$ pada bulan Mei

Luas tanam palawija $P_1 \geq 0$ pada selain Mier dst. P_3

3 Debit Hasil Optimasi \leq Debit Eksplorasi (setiap bulannya)

$Q_{\text{Optimasi bulan Non}} \leq Q_{\text{Eksplotasi bulan Non}}$

$Q_{\text{Optimasi bulan Nop}} \leq Q_{\text{Eksplorasi bulan Nop}}$

Q Optimasi bulan Des \leq Q Eksplorasi bulan Des
Q Optimasi bulan Jan \leq Q Eksplorasi bulan Jan.....dst sampai bulan Oktober

Dengan menggunakan rumusan *set objective* dan *constraint* kemudian di analisis menggunakan program linier *Microsoft excel* dan dengan bantuan *add ins solver*, sehingga diperoleh hasil optimasi dengan debit untuk irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun. Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman padi dan palawija ditunjukkan pada tabel 4.18. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.19.

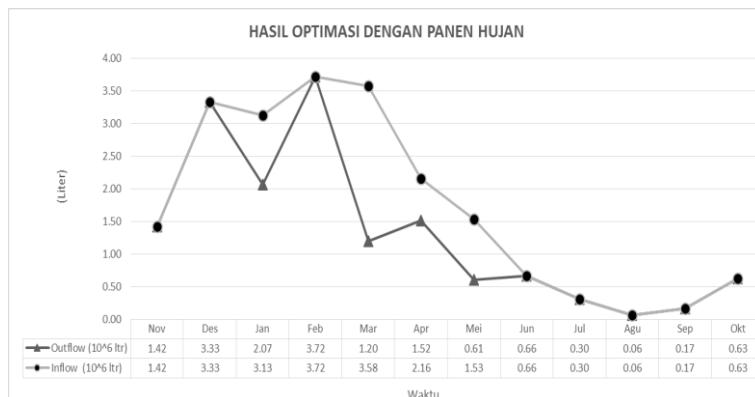
Pada kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam padi dimulai bulan Nopember dengan luas X_1 , tanam padi dimulai bulan Desember

dengan luas X2, dan seterusnya hingga 12 bulan. Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas P1, bulan Juni dengan luas P2 dan seterusnya hingga P3.

Pada tabel 4.18 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam padi ataupun palawija. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman padi dengan luas tanaman palawija. Q hasil optimasi diperolah dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan.

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 3,096 Ha. Hasil optimasi tidak ada awal tanam yang dimulai bulan Maret s.d Agustus dapat dilihat pada tabel 4.19. Intensitas tanam sebesar 289% dengan pola tanam Padi-Palawija-Palawija yang dapat dilihat pada lampiran.

Dari gambar 4.22 dan 4.23 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.22 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) disetiap bulannya. Pada bulan Januari, Maret, April, Mei mengalami kelebihan air. Pada gambar 4.23 menunjukan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 20,68 liter/detik dan *ouflow* sebesar 15,67 liter/detik. Dari kedua gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa ketersedian air (*inflow*) dapat dioptimakan lagi.



Gambar 4. 22 Grafik Optimasi Eksisting
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 17 Kebutuhan Air pada Pintu Pengambilan (DR)

Bulan	Periode	EIO	Re Padi	P (mm/hari)	Tamanan Padi			Tamanan Tanaman			Koefisien Tanaman			Tanaman Palawija				
					WLR	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	Kc1	Kc2	Kc3	Kc	Etc	NFR (mm/hari)	DR	Re Pal	Koefisien (mm/hari)
Nopember	I	6.20	0.00	2	0 LP	LP	LP	LP	LP	13.39	15.39	2.74	0					
	II	6.20	7.63	2	0	1.1	LP	LP	LP	13.39	7.76	1.38	5.45					
	III	6.20	11.83	2	0.83	1.1	1.1	LP	LP	13.39	4.39	0.78	8.45					
Desember	I	5.12	3.15	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.1	5.64	6.15	1.09	2.25					
	II	5.12	12.11	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	5.55	-2.90	-0.52	8.65					
	III	5.12	2.80	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.07	5.46	6.32	1.13	2					
Januari	I	5.48	0.84	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	5.75	8.57	1.53	0.6					
	II	5.48	15.54	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	5.57	-6.31	-1.12	11.1					
	III	5.48	9.66	2	1.66	0.95	1.05	0.98	0.98	5.38	-0.62	-0.11	6.9					
Februari	I	5.82	5.11	2	0.83	0	0.95	0.95	0.63	3.69	4.41	0.25	3.65					
	II	5.82	10.36	2	0	0	0.95	0.48	2.77	-5.59	-1.00	7.4						
	III	5.82	0.91	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.65					
Maret	I	5.93	4.90	2	0 LP	LP	LP	LP	LP	13.22	8.32	1.48	3.5					
	II	5.93	4.90	2	0	1.1	LP	LP	LP	13.22	8.32	1.48	3.5					
	III	5.93	12.46	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.1	13.22	0.76	0.13	8.9					
April	I	5.32	1.61	2	1.66	1.1	1.1	1.1	1.1	1.10	5.85	7.90	1.41	1.15				
	II	5.32	1.75	2	1.66	1.05	1.1	1.1	1.08	5.77	7.68	1.37	1.25					
	III	5.32	2.87	2	1.66	1.05	1.05	1.1	1.07	5.68	6.47	1.15	2.05					
Mei	I	5.12	0.35	2	1.66	1.05	1.05	1.05	1.05	5.38	8.69	1.55	0.25	0.20	0	0	0.34	0.09
	II	5.12	0.00	2	1.66	0.95	1.05	1.05	1.02	5.21	8.87	1.58	0	0.60	0.20	0	0.27	1.37
	III	5.12	2.24	2	1.66	0.95	1.05	0.98	0.98	5.04	6.46	1.15	1.6	1.20	0.60	0.20	0.67	1.24
Juni	I	5.07	1.54	2	0.83	0	0.95	0.95	0.63	3.21	4.50	0.80	1.1	0.80	1.20	0.60	0.87	1.82
	II	5.07	0.56	2	0	0	0.95	0.48	2.41	3.85	0.69	0.4	0.00	0.80	1.20	0.67	3.39	1.32
	III	5.07	1.54	2	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1	0.00	0.00	0.80	0.27	3.29	0.59
Juli	I	5.29	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.25	0.25	0.04
	II	5.29	0.21	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.15	1.35	0	0	0	0
	III	5.29	1.89	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
Agustus	I	6.09	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
	II	6.09	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
	III	6.09	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
September	I	6.80	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
	II	6.80	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
	III	6.80	0.42	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.3	0	0	0	0	0
Oktober	I	7.12	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
	II	7.12	0.00	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0	0	0
	III	7.12	7.07	2	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.25	1.35	0.05	0	0	0

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4.18 Debit Optimasi Eksisting

HASIL OPTIMUM TANAM:		3.096 ha KEBUTUHAN AIR DARI SUMBER												INTENSITAS TANAM :		289%	
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt						
1.64	0.57	0.10	0.00														
	1.19	0.16	0.73	0.04													
	0.75	0.80	0.40	0.44													
		1.37	0.48	1.25	0.60												
			2.35	1.31	1.43	0.50											
				1.91	1.49	1.35	0.62										
					2.10	1.41	1.49	0.69									
						2.04	1.55	1.75	0.73								
							2.28	1.83	1.86	0.76							
								2.37	1.94	1.52							
									2.43	1.61							
										2.07							
0.24																	
0.62	0.00																
0.69	0.51	0.00															
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt						
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	31	30						
0.40	1.28	2.05	2.14	1.86	0.99	0.77	0.80	0.26	0.03	0.03	30						
0.40	1.28	2.05	2.14	1.86	0.99	0.19	0.00	0.00	0.00	0.03	31	Jml hari dlm Bulan					
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.80	0.26	0.03	0.00	0.12 Luas Total (ha)						
0.55	1.24	0.77	1.54	0.45	0.59	0.23	0.26	0.11	0.02	0.06	0.00	Luas tanam Polowijo (ha)					
1.42	3.33	3.13	3.72	3.58	2.16	1.53	0.66	0.30	0.06	0.17	0.00	Q hasil Optimasi (tr/dtk)					
1.42	3.33	2.07	3.72	1.20	1.52	0.61	0.66	0.30	0.06	0.17	0.63	Outflow Eksplorasi (10^6 ltr)					
1.42	4.74	6.81	10.53	11.73	13.25	13.85	14.52	14.82	14.88	15.05	15.67	Kumulatif Outflow (10^6 ltr)					
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00 Faktor Pembagi					
1.42	3.33	3.13	3.72	3.58	2.16	1.53	0.66	0.30	0.06	0.17	0.63	Inflow (10^6 ltr)					
1.42	4.74	7.87	11.60	15.18	17.33	18.86	19.53	19.83	19.89	20.06	20.68	Kumulatif Inflow (10^6 ltr)					

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 19 Luas Optimasi Eksisting

Area 1.072
Max ; 3.096

Keterangan dari tabel 4.19:

	Luas Lahan ha
X1	0.285
X2	0.871
X3	0.798
X4	0.189
X5	-
X6	-
X7	-
X8	-
X9	-
X10	-
X11	0.027
X12	0.093
P1	0.577
P2	0.222
P3	0.034



Gambar 4. 23 Grafik Kumulatif Optimasi Eksisting

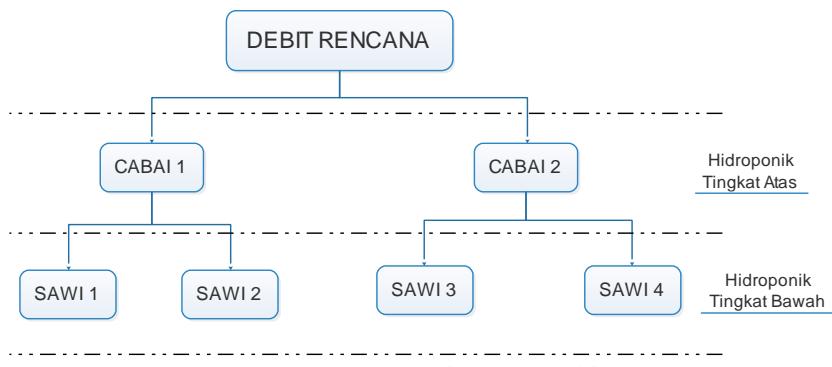
Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.5. Debit Kebutuhan Rencana

Debit kebutuhan rencana ini diperoleh dari tanaman yang berada didalam *greenhouse*. *Greenhouse* ini memiliki banyak fungsi. Yang pertama untuk melindungi tanaman yang didalamnya. Yang kedua *greenhouse* berfungsi untuk memanen air hujan yang akan disimpan di *reservoir*. Yang ketiga *greenhouse* mengurangi panas dan kelembaban sehingga dapat mengurangi nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto). Debit kebutuhan rencana memiliki beberapa kemungkinan perhitungan. Kemungkinan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.20 dan gambar 2.24.

Tabel 4. 20 Perhitungan Debit Rencana

No	Opsi	Keterangan
1	1	Cabai 1 dengan sawi 1
2	2	Cabai 1 dengan sawi 2
3	3	Cabai 2 dengan sawi 3
4	4	Cabai 2 dengan sawi 4



Gambar 4. 24 Skema Perhitungan Debit Rencana
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Desain irigasi ini terdiri dari 3 komponen. Berikut ini adalah penjelasan dari ketiga komponen tersebut;

4.5.1. Hidroponik tingkat atas

Hidroponik tingkat atas akan ditanami tanaman cabai. Sistem irigasi hidroponik menggunakan sistem fertigasi hidroponik. Tanaman

cabai tanam di *polybag* yang diletakan sebuah angkringan. Irigasi tanaman cabai dialiri dengan metode irigasi tetes untuk memenuhi kebutuhan air dan nutrisi. Luas tanaman yang ditanami cabai mencapai 100% dari luas total (1,072 Ha).

4.5.2. Hidroponik tingkat bawah

Hidroponik tingkat bawah akan ditanami tanaman sawi. Pada hidroponik tingkat atas yang ditanami dengan cabai memiliki jarak 60 cm x 60 cm untuk setiap tanaman. Hal ini mengakibatkan masih banyak ruang yang bisa diisi untuk tanaman. Menurut penelitian Wibowo, Suryo Adi, dkk (2018) yang meneliti tentang pengaruh pemberian naungan dengan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan sawi. Dalam penelitian itu peneliti memberikan 3 perlakuan naungan yaitu tanpa naungan 0%, dengan naungan 50% dan dengan naungan 75%. Hasil dari penelitian tersebut adalah sawi yang di naungan dengan intensitas cahaya 50% pada ketiga jenis sawi memberikan pertumbuhan dan hasil yang terbaik di bandingkan dengan naungan dengan intensitas cahaya 25% maupun tanpa naungan. Oleh karena itu, tanaman sawi dipilih untuk hidroponik tingkat bawah.

Sistem hidroponik tanaman sawi berupa teknologi hidroponik sistem terapung (THST). Teknologi ini dipilih karena lebih mudah daripada sistem fertigasi hidroponik. Teknologi ini hanya diletakan diatas *reservoir* dan tanpa menggunakan pompa untuk mengalirkan air. Luasan yang digunakan untuk 80% (0,858 Ha) dari luas total (1,072 Ha) atau 89% dari luas *reservoir* (0,965 Ha). 11% dari luasan *reservoir* digunakan sebagai ruang kosong untuk ikan menerima cahaya dan udara.

4.5.3. Tampungan Air.

Tampungan air ini memiliki 2 fungsi. Yang pertama menjadi tempat penyimpanan air untuk kebutuhan irigasi yang ada diatasnya. Yang kedua tampungan air ini juga digunakan sebagai budidaya ikan tawar. Pembudidayaan ini bisa menambahkan keuntungan dari sistem ini. selain itu kotoran yang dihasilkan oleh ikan bisa digunakan sebagai pupuk untuk tanaman. Luasan tampungan air terdiri dari 90% (0,965 Ha) dari luas total (1,072 Ha). 10% dari luas total digunakan sebagai jalan akses untuk mempermudahkan operasi dan pemeliharaan irigasi.

4.6. Debit Kebutuhan Rencana Hidroponik Tingkat Atas

4.6.1. Kebutuhan Air di Pengambilan (DR) Tanamna Cabai

Koefisien tanaman cabai diperoleh dari tabel 2.5. Periode awal tanaman dengan umur hari dari 0 sampai 7 hari sebesar 0,4. Periode vegetatif dari umur 8 sampai 14 hari sebesar 0,75 dan seterusnya sampai periode pemasakan tanaman dari umur 64 sampai 105 hari sebesar 0,9. Penggunaan konsumtif (Etc) diperoleh dari persamaan 2.15. Kebutuhan air disawah (NFR) diperoleh dari persamaan 2.17. NFR palawija hasil dari pengurangan penggunaan konsumtif (Etc) dikurangi dengan curah hujan efektif (RE) palawija. Tanaman cabai akan ditanam dalam *greenhouse* sehingga curah hujan efektif (RE) palawija diabaikan. Kebutuhan air di sawah (NFR) tanaman cabai sama dengan penggunaan konsumtif (Etc). Kebutuhan air di pintu pengambilan (DR) diperoleh dari persamaan 2.18. Perhitungan lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 4.21;

4.6.2. Optimasi Cabai 1

Optimasi cabai dilakukan dengan menggunakan porsi sebanyak 100% dari debit andalan. Porsi ini digunakan untuk melihat hasil yang paling optimum. Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada sub bab 2.5. Analisa optimasi berdasarkan debit kebutuhan irigasi optimum.

Fungsi yang harus diisi dalam kolom solver :

- *Set Objective* :

$$\text{MaxZ} = \sum_1^{12} (\text{DP} \cdot X_i)$$

Dimana :

Z : Luas tanam dalam setahun (ha)

X_i : Luas areal tanaman untuk jenis Cabai, golongan bulan ke i_{1-12} (ha).

DP : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman Cabai yang ditanam mulai bulan i ($\text{lt}/\text{dt}/\text{ha}$).

- *Changing Variable* : Luas tanam pada tiap bulannya. X_1, X_2, \dots, X_{12} .

- *Constraints*

1. $\sum A_i \leq \text{Areal}$

$\sum A_i$: Jumlah luas tanam pada bulan i

Areal : Jumlah luas lahan irigasi (1,072 ha)

2. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12} \geq 0$
Luas tanam cabai $X_1 \geq 0$ pada bulan Nop
Luas tanam cabai $X_2 \geq 0$ pada bulan Des
Luas tanam cabai $X_3 \geq 0, \dots, X_{12}$
 3. Komulatif *Outflow* Eksisting \leq Komulatif *Inflow*. Dengan menggunakan rumusan set *objective* dan *constrain* kemudian di analisis menggunakan program linier *Microsoft excel* dan dengan bantuan *add ins solver*, sehingga diperoleh hasil optimasi dengan porsi 100% dari debit andalan.

Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman cabai ditunjukkan pada tabel 4.22. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.23. Pada kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam cabai dimulai bulan Nopember dengan luas X_1 , tanam cabai dimulai bulan Desember dengan luas X_2 , dan seterusnya hingga 12 bulan.

Pada tabel 4.22 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam cabai. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman cabai. Q hasil optimasi diperolah dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan.

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 2,573 Ha. Hasil optimasi menunjukkan awal tanam ada pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel 4.23. Intensitas tanam sebesar 240% dengan pola tanam Palawija-Palawija dapat dilihat pada lampiran.

Dari gambar 4.25 dan 4.26 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.25 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada bulan November sampai dengan Mei. Sedangkan untuk bulan Juni sampai dengan oktober terjadi sebaliknya. Pada gambar 4.26 menunjukkan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 20,68 liter/detik dan *outflow* sebesar 17,54 liter/detik. Dari kedua gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa ketersedian air (*inflow*) dapat dioptimakan lagi.

Tabel 4. 21 Kebutuhan air di Pintu Pengambil (DR) Cabai

Bulan	Periode	Koefisien Tanaman				Erc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Rata Rata DR
		Ert0 (mm/hari)	Kc1	Kc2	Kc3				
Nopember	I	6.20	0.40	0	0	0.13	0.83	0.83	0.15
	II	6.20	0.55	0.40	0	0.32	1.96	1.96	0.35
	III	6.20	0.90	0.55	0.40	0.62	3.82	3.82	0.68
Desember	I	5.12	1.09	0.90	0.55	0.85	4.34	4.34	0.77
	II	5.12	1.07	1.09	0.90	1.02	5.23	5.23	0.93
	III	5.12	1.04	1.07	1.09	1.07	5.46	5.46	0.97
Januari	I	5.48	1.01	1.04	1.07	1.04	5.68	5.68	1.01
	II	5.48	0.98	1.01	1.04	1.01	5.53	5.53	0.98
	III	5.48	0.96	0.98	1.01	0.98	5.39	5.39	0.96
Februari	I	5.82	0.94	0.96	0.98	0.96	5.59	5.59	0.99
	II	5.82	0.91	0.94	0.96	0.94	5.45	5.45	0.97
	III	5.82	0.89	0.91	0.94	0.91	5.31	5.31	0.95
Maret	I	5.93	0	0.89	0.91	0.60	3.56	3.56	0.63
	II	5.93	0	0	0.89	0.30	1.76	1.76	0.31
	III	5.93	0.40	0	0	0.13	0.79	0.79	0.14
April	I	5.32	0.55	0.40	0	0.32	1.69	1.69	0.30
	II	5.32	0.90	0.55	0.40	0.62	3.28	3.28	0.58
	III	5.32	1.09	0.90	0.55	0.85	4.51	4.51	0.80
Mei	I	5.12	1.07	1.09	0.90	1.02	5.23	5.23	0.93
	II	5.12	1.04	1.07	1.09	1.07	5.46	5.46	0.97
	III	5.12	1.01	1.04	1.07	1.04	5.31	5.31	0.95
Juni	I	5.07	0.98	1.01	1.04	1.01	5.12	5.12	0.91
	II	5.07	0.96	0.98	1.01	0.98	4.99	4.99	0.89
	III	5.07	0.94	0.96	0.98	0.96	4.86	4.86	0.87
Juli	I	5.29	0.91	0.94	0.96	0.94	4.95	4.95	0.88
	II	5.29	0.89	0.91	0.94	0.91	4.83	4.83	0.86
	III	5.29	0	0.89	0.91	0.60	3.18	3.18	0.57
Agustus	I	6.09	0	0	0.89	0.30	1.80	1.80	0.32
	II	6.09	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	6.09	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
September	I	6.80	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	6.80	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	6.80	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Oktober	I	7.12	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	II	7.12	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00
	III	7.12	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4.22 Debit Optimasi Hidropotik Cabai 1

HASIL OPTIMUM TANAM: 2.573 Ha INTENSITAS TANAM : 240%									
KEBUTUHAN AIR DARI SUMBER									
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu
0.39	0.89	0.98	0.97	0.36					
	0.20	0.51	0.52	0.52	0.19				
		0.19	0.50	0.56	0.52	0.22			
			0.18	0.54	0.56	0.59	0.23		
				0.20	0.54	0.63	0.62	0.25	
					0.56	0.95	0.89	0.77	0.11
						0.37	0.69	0.71	0.67
							0.39	0.75	0.60
								0.80	0.70
									0.09
0.07								0.43	0.85
0.57	0.05								0.76
0.71	0.51	0.18							
0.69	0.55	0.49	0.18						
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu
30	31	28	31	30	31	30	31	31	30
									31 Jml hari dlm Bulan
1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
0.52	0.47	0.50	0.51	0.47	0.51	0.59	0.60	0.62	0.61
1.35	1.27	1.35	1.22	1.25	1.32	1.59	1.56	1.66	1.67
1.35	1.27	1.35	1.22	1.25	1.32	1.59	1.56	1.66	1.67
1.35	2.62	3.97	5.19	6.45	7.77	9.35	10.91	12.57	14.25
1.05	2.62	2.32	3.05	2.85	1.63	0.97	0.43	0.18	0.04
1.42	3.33	3.13	3.72	3.58	2.16	1.53	0.66	0.30	0.06
1.42	4.74	7.87	11.60	15.18	17.33	18.86	19.53	19.83	19.89

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4. 23 Luas Optimasi Hidroponik Cabai 1

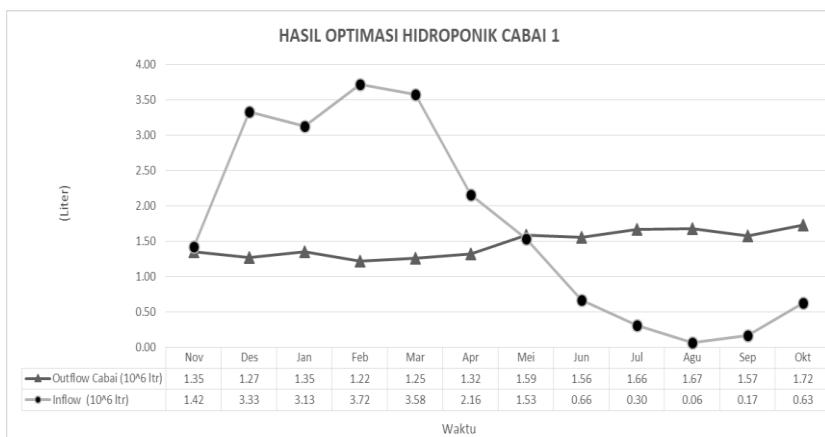
Area 1.072

Max ; 2.573

Keterangan dari tabel 4.23:

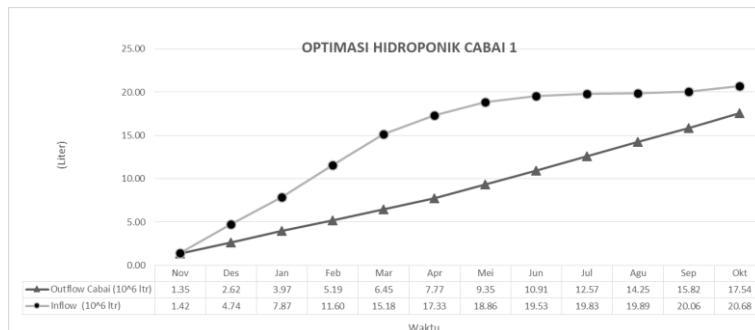
	Luas Lahan ha
X1	0.214
X2	0.214
X3	0.214
X4	0.214
X5	0.214
X6	0.214
X7	0.214
X8	0.214
X9	0.214
X10	0.214
X11	0.214
X12	0.214

X_{1-12} : Untuk cabai pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober



Gambar 4. 25 Grafik Optimasi Hidroponik Cabai 1

Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 26 Grafik Kumulatif Optimasi Hidroponik Cabai 1
Sumber: Dokumentasi Pribadi

4.6.3. Optimasi Cabai 2 (Debit Kontinu sepanjang Tahun)

Optimasi cabai 2 dilakukan dengan menggunakan debit untuk irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun. Rekayasa ini dilakukan untuk membuat ukuran *reservoir* lebih kecil dari pada optimasi cabai 1. Langkah optimasi yang dilakukan seperti pada sub bab 2.5. Analisa optimasi berdasarkan debit irigasi yang direkayasa kontinu sepanjang tahun.

- *Constraints*

1. $\sum Ai \leq Areal$
 $\sum Ai$: Jumlah luas tanam pada bulan i
Areal : Jumlah luas lahan irigasi (1,072 ha)
 2. $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P1, P2, P3 \geq 0$
Luas tanam cabai $X_1 \geq 0$ pada bulan Nop
Luas tanam cabai $X_2 \geq 0$ pada bulan Des
Luas tanam cabai $X_3 \geq 0$ dst. X_{12}
 3. Debit Hasil Optimasi \leq Debit Eksplorasi (setiap bulannya)
 $Q_{\text{Optimasi}} \text{ bulan Nop} \leq Q_{\text{Eksplorasi}} \text{ bulan Nop}$
 $Q_{\text{Optimasi}} \text{ bulan Des} \leq Q_{\text{Eksplorasi}} \text{ bulan Des}$
 $Q_{\text{Optimasi}} \text{ bulan Jan} \leq Q_{\text{Eksplorasi}} \text{ bulan Jan}$ dst sampai bulan Oktober

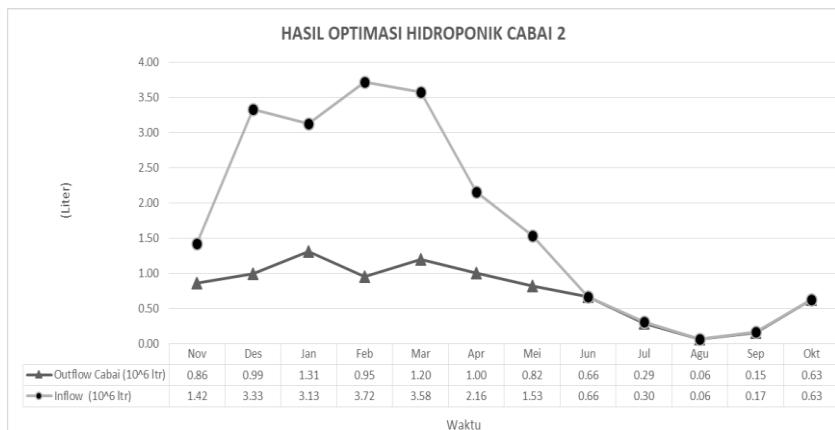
Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman cabai ditunjukkan pada tabel 4.24. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.25. Pada kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya

dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam cabai dimulai bulan Nopember dengan luas X₁, tanam cabai dimulai bulan Desember dengan luas X₂, dan seterusnya hingga 12 bulan

Pada tabel 4.25 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam cabai. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman cabai. Q hasil optimasi diperolah dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan.

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 1,578 Ha. Hasil optimasi menunjukkan awal tanam ada pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel 4.25. Intensitas tanam sebesar 147% dengan pola tanam Palawija-Palawija. Pola tanaman dapat dilihat pada lampiran.

Dari gambar 4.27 dan 4.28 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.27 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada setiap bulannya. Pada gambar 4.28 menunjukkan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 20,68 liter/detik dan *ouflow* sebesar 8,91 liter/detik. Dari kedua gambar tersebut dapat disimpulkan bahwa ketersedian air (*inflow*) dapat dioptimakan lagi.



Gambar 4. 27 Grafik Optimasi Hidroponik Cabai 2
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 24 Debit Optimasi Hidropomik Cabai 2

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 25 Luas Optimasi Hidroponik Cabai 2

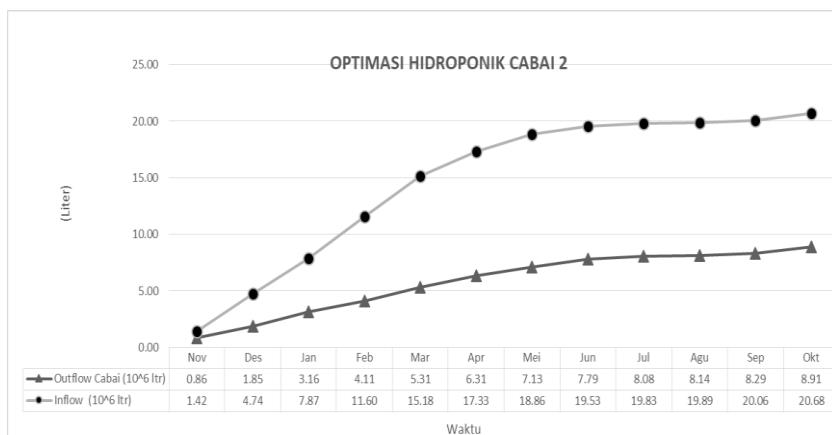
Area 1.072

Max ; 1.578

Keterangan dari tabel 4.25:

Luas Lahan ha	
X1	-
X2	0.561
X3	0.032
X4	0.128
X5	0.351
X6	-
X7	-
X8	0.027
X9	-
X10	-
X11	0.128
X12	0.351

X_{1-12} : Untuk cabai pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober



Gambar 4. 28 Grafik Kumulatif Optimasi Hidroponik Cabai 2

Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.7. Debit Kebutuhan Rencana Hidroponik Tingkat Bawah

4.7.1. Kebutuhan Air di Pengambilan (DR) Tanaman Sawi

Koefisien tanaman cabai diperoleh dari tabel 2.7. Periode awal tanaman dengan umur hari dari 0 sampai 15 hari sebesar 0,30. Periode tengah dari umur 16 sampai 30 hari sebesar 1,20 dan periode pemasakan akhir dari umur 31 sampai 45 hari sebesar 0,60. NFR palawija hasil dari pengurangan penggunaan konsumtif (Etc) dikurangi dengan curah hujan efektif (RE) palawija. Tanaman sawi akan ditanam dalam *greenhouse* sehingga curah hujan efektif (RE) palawija diabaikan. Kebutuhan air di sawah (NFR) tanaman cabai sama dengan penggunaan konsumtif (Etc). Perhitungan lebih lanjut dapat dilihat pada tabel 4.26.

4.7.2. Optimasi Sawi 1 (*Inflow* Setelah Optimasi Cabai 1)

Optimasi sawi dilakukan dengan menggunakan porsi sebanyak 100% dari debit andalan. Debit andalan yang digunakan adalah hasil dari pengurangan debit setelah digunakan optimasi cabai 1. Porsi ini digunakan untuk melihat hasil yang paling optimum. Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada optimasi cabai 1.

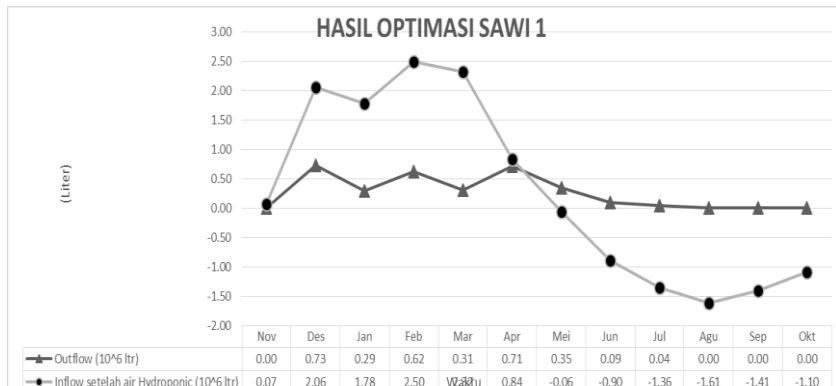
Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman sawi ditunjukkan pada tabel 4.27. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.28. Pada kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam sawi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam sawi dimulai bulan Nopember dengan luas X₁, tanam sawi dimulai bulan Desember dengan luas X₂, dan seterusnya hingga 12 bulan.

Pada tabel 4.27 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam sawi. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman cabai. Q hasil optimasi diperoleh dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan. Pada tanaman sawi, *inflow* yang digunakan adalah *inflow* yang dikurangi dengan *outflow* hasil optimasi cabai 1. Luas optimasi untuk tanaman sawi adalah 0,858 Ha (80% dari total luas).

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 2,668 Ha. Hasil optimasi menunjukkan awal tanam ada pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel

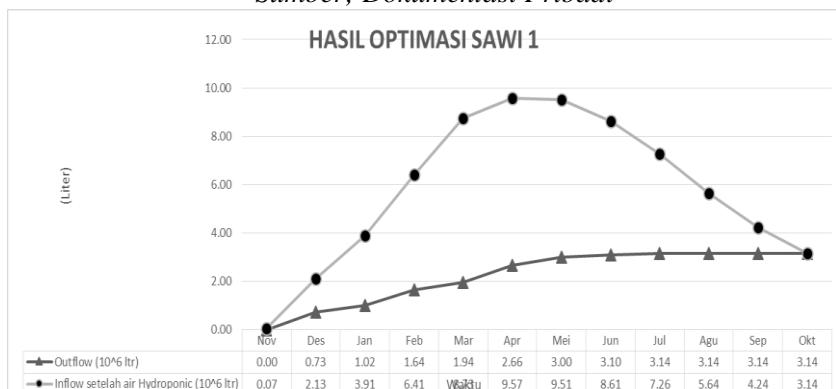
4.28. Intensitas tanam sebesar 311% dengan pola tanam Palawija-Palawija. Pola tanam dapat dilihat pada lampiran.

Dari gambar 4.29 dan 4.30 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.29 kebutuhan air (*outflow*) pada bulan November sampai April tidak melebihi ketersediaan air (*inflow*). Pada setiap bulannya dan pada bulan Mei sampai Oktober melebihi ketersediaan air (*inflow*). Pada gambar 4.30 menunjukan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 3,14 liter/detik dan *ouflow* sebesar 3,14 liter/detik.



Gambar 4. 29 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 1

Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 30 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 1

Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 26 Kebutuhan air di Pintu Pengambil (DR) Sawi

Bulan	Periode	Erf	Koefisien Tanaman				Etc	NFR	DR	Rata
			mm/hari	Kc1	Kc2	Kc3	Kc			DR
Nopember	I	3.94	1.20	0.60	0.20	0.67	2.63	2.63	0.34	0.41
	II	3.94	0.80	1.20	0.60	0.87	3.41	3.41	0.44	
	III	3.94	0.60	0.80	1.20	0.87	3.41	3.41	0.44	
Desember	I	3.08	0.00	0.60	0.80	0.47	1.44	1.44	0.18	0.13
	II	3.08	0.20	0.00	0.60	0.27	0.82	0.82	0.11	
	III	3.08	0.60	0.20	0.00	0.27	0.82	0.82	0.11	
Januari	I	2.94	1.20	0.60	0.20	0.67	1.96	1.96	0.25	0.30
	II	2.94	0.80	1.20	0.60	0.87	2.54	2.54	0.33	
	III	2.94	0.60	0.80	1.20	0.87	2.54	2.54	0.33	
Februari	I	2.90	0.00	0.60	0.80	0.47	1.35	1.35	0.17	0.12
	II	2.90	0.20	0.00	0.60	0.27	0.77	0.77	0.10	
	III	2.90	0.60	0.20	0.00	0.27	0.77	0.77	0.10	
Maret	I	3.12	1.20	0.60	0.20	0.67	2.08	2.08	0.27	0.32
	II	3.12	0.80	1.20	0.60	0.87	2.71	2.71	0.35	
	III	3.12	0.60	0.80	1.20	0.87	2.71	2.71	0.35	
April	I	3.12	0.00	0.60	0.80	0.47	1.46	1.46	0.19	0.13
	II	3.12	0.20	0.00	0.60	0.27	0.83	0.83	0.11	
	III	3.12	0.60	0.20	0.00	0.27	0.83	0.83	0.11	
Mei	I	3.53	1.20	0.60	0.20	0.67	2.35	2.35	0.30	0.36
	II	3.53	0.80	1.20	0.60	0.87	3.06	3.06	0.39	
	III	3.53	0.60	0.80	1.20	0.87	3.06	3.06	0.39	
Juni	I	3.70	0.00	0.60	0.80	0.47	1.73	1.73	0.22	0.16
	II	3.70	0.20	0.00	0.60	0.27	0.99	0.99	0.13	
	III	3.70	0.60	0.20	0.00	0.27	0.99	0.99	0.13	
Juli	I	4.03	1.20	0.60	0.20	0.67	2.69	2.69	0.35	0.41
	II	4.03	0.80	1.20	0.60	0.87	3.49	3.49	0.45	
	III	4.03	0.60	0.80	1.20	0.87	3.49	3.49	0.45	
Agustus	I	4.59	0.00	0.60	0.80	0.47	2.14	2.14	0.28	0.20
	II	4.59	0.20	0.00	0.60	0.27	1.22	1.22	0.16	
	III	4.59	0.60	0.20	0.00	0.27	1.22	1.22	0.16	
September	I	4.82	1.20	0.60	0.20	0.67	3.22	3.22	0.41	0.50
	II	4.82	0.80	1.20	0.60	0.87	4.18	4.18	0.54	
	III	4.82	0.60	0.80	1.20	0.87	4.18	4.18	0.54	
Oktober	I	5.21	0.00	0.60	0.80	0.47	2.43	2.43	0.31	0.22
	II	5.21	0.20	0.00	0.60	0.27	1.39	1.39	0.18	
	III	5.21	0.60	0.20	0.00	0.27	1.39	1.39	0.18	

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4.27 Debit Optimasi Hidroponik Sawi 1

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 28 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 1

Area	0.858
------	-------

Max ;	2.668
-------	-------

Keterangan dari tabel 4.28:

	Luas Lahan ha
X1	-
X2	0.858
X3	-
X4	0.858
X5	-
X6	0.858
X7	-
X8	0.095
X9	-
X10	-
X11	-
X12	-

X₁₋₁₂ : Untuk sawi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

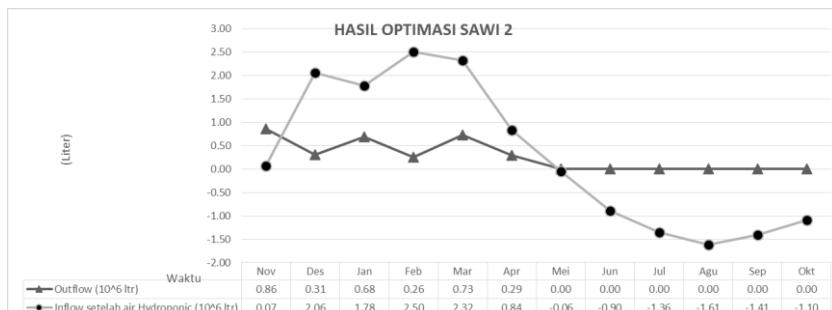
4.7.3. Optimasi Sawi 2 (*Inflow* Setelah Optimasi Cabai 1 dan Debit Kontinu sepanjang Tahun)

Optimasi sawi 2 dilakukan dengan menggunakan debit untuk irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun. Debit yang digunakan adalah hasil dari pengurangan debit setelah digunakan optimasi cabai 1. Rekayasa ini dilakukan untuk membuat ukuran *reservoir* lebih kecil dari pada optimasi sawi 1. Langkah optimasi yang dilakukan seperti pada Optimasi cabai 2.

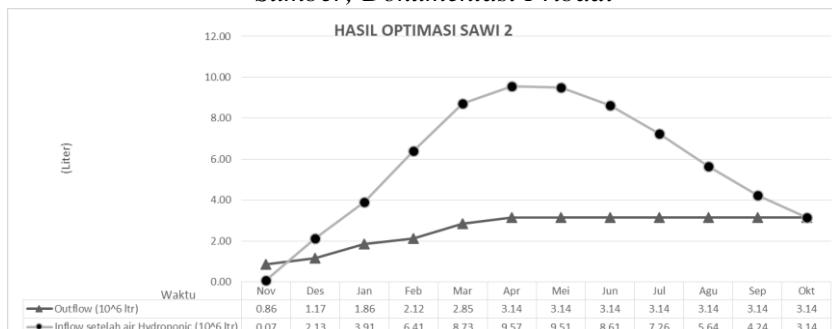
Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman sawi ditunjukkan pada tabel 4.29. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.30. Pada kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam sawi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam sawi dimulai bulan Nopember dengan luas X₁, tanam sawi dimulai bulan Desember dengan luas X₂, dan seterusnya hingga 12 bulan

Pada tabel 4.29 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam cabai. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman cabai. Q hasil optimasi diperolah dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan. Pada tanaman sawi, *inflow* yang digunakan adalah *inflow* yang dikurangi dengan *outflow* hasil optimasi cabai 1. Luas optimasi untuk tanaman sawi adalah 0,858 Ha (80% dari total luas).

Dari gambar 4.31 dan 4.32 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.31 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada setiap bulannya. Pada gambar 4.32 menunjukan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 3,14 liter/detik dan *ouflow* sebesar 3,14 liter/detik.



Gambar 4. 31 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 2
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 32 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 2
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4.29 Debit Optimasi Hidroponik Sawi 2

		HASIL OPTIMUM TANAM:										INTENSITAS TANAM : 296%	
		KEBUTUHAN AIR DARI SUMBER											
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt		
0.41	0.13												
0.32	0.13	0.30	0.12	0.30	0.13	0.32	0.13	0.32	0.15	0.36	0.16	0.38	0.17
												0.41	0.20
												0.47	0.21
												0.50	0.22
												0.54	
0.17													
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jml hari dim Bulan	
0.82	0.85	0.86	0.85	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.00	0.00
0.33	0.12	0.25	0.11	0.27	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.07	2.06	1.78	2.50	2.32	0.84	-0.90	-1.36	-1.61	-1.61	-1.41	-1.10	Eksplorasi (10^6 ltr)	
0.86	0.31	0.68	0.26	0.73	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Outflow (10^6 ltr)	
0.86	1.17	1.86	2.12	2.85	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	3.14	Komulatif Outflow (10^6 ltr)	
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Faktor Pembagi	
1.42	3.33	3.13	3.72	3.58	2.16	1.53	0.66	0.30	0.06	0.17	0.63	Inflow (10^6 ltr)	
1.42	4.74	7.87	11.60	15.18	17.33	18.86	19.53	19.83	19.89	20.06	20.68	Komulatif Inflow (10^6 ltr)	
1.35	1.27	1.35	1.22	1.25	1.32	1.59	1.56	1.66	1.67	1.57	1.72	Kebutuhan Air Hydroponic (10^6 ltr)	
0.07	2.06	1.78	2.50	2.32	0.84	-0.90	-1.36	-1.61	-1.61	-1.41	-1.10	Inflow setelah air Hydroponic (10^6 lt)	
0.07	2.13	3.91	6.41	8.73	9.57	9.51	8.61	7.26	5.64	4.24	3.14	Kom. Inflow setelah Hydroponic (10^6 lt)	

Sumber; Perhitungan, 2020

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 2,533 Ha. Hasil optimasi menunjukkan awal tanam ada pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel 4.30. Intensitas tanam sebesar 269% dengan pola tanam Palawija-Palawija.

Tabel 4. 30 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 2

Area	0.858
Max ;	2.537

Keterangan dari tabel 4.30:

Luas Lahan ha	
X1	0.822
X2	0.024
X3	0.834
X4	0.012
X5	0.845
X6	-
X7	-
X8	-
X9	-
X10	-
X11	-
X12	-

X₁₋₁₂ : Untuk sawi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

4.7.4. Optimasi Sawi 3 (*Inflow Setelah Optimasi Cabai 2*)

Optimasi sawi dilakukan dengan menggunakan porsi sebanyak 100% dari debit andalan. Debit andalan yang digunakan adalah hasil dari pengurangan debit setelah digunakan optimasi cabai 2. Porsi ini digunakan untuk melihat hasil yang paling optimum. Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada Optimasi cabai 1. Analisa optimasi berdasarkan debit kebutuhan irigasi optimum

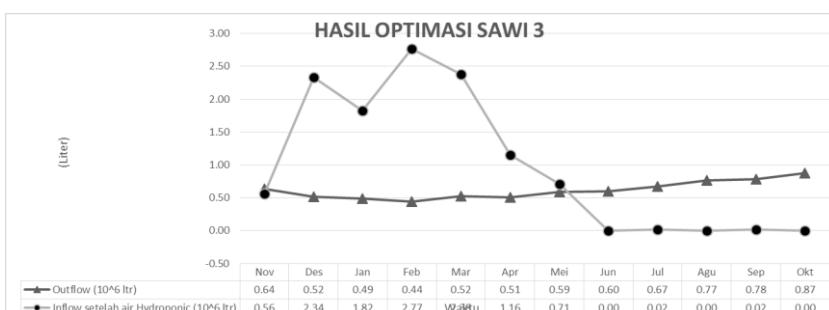
Hasil analisa kebutuhan air untuk sawi ditunjukkan pada tabel 4.31. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.32. Pada

kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam sawi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam sawi dimulai bulan Nopember dengan luas X₁, tanam sawi dimulai bulan Desember dengan luas X₂, dan seterusnya hingga 12 bulan.

Pada tabel 4.31 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam sawi. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman cabai. Q hasil optimasi diperolah dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan. Pada tanaman sawi, *inflow* yang digunakan adalah *inflow* yang dikurangi dengan *outflow* hasil optimasi cabai 2. Luas optimasi untuk tanaman sawi adalah 0,858 Ha (80% dari total luas).

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 2,573 Ha. Hasil optimasi menunjukkan awal tanam ada pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel 4.32. Intensitas tanam sebesar 300% dengan pola tanam Palawija-Palawija. Pola Tanam dapat dilihat dilampiran.

Dari gambar 4.33 dan 4.34 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.33 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada bulan November sampai dengan Mei, sedangkan untuk bulan Juni sampai dengan bulan Oktober terjadi sebaliknya. Pada gambar 4.34 menunjukan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 11,77 liter/detik dan *ouflow* sebesar 7,40 liter/detik.



Gambar 4. 33 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 3

Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 31 Debit Optimasi Hidropotik Sawi 3

HASIL OPTIMUM TANAM:										5.146 ha		INTENSITAS TANAM :		600%	
KEBUTUHAN AIR DARI SUMBER															
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt				
0.41	0.13	0.32	0.13	0.30	0.12	0.30	0.13	0.32	0.13	0.32	0.15	0.36	0.16	0.38	0.17
												0.41	0.20	0.47	0.21
												0.50	0.22	0.54	
0.17															
Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt				
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	31	30	31	30	31	Jml hari di m Bulan
0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	Jml Luas Total (ha)
0.25	0.19	0.18	0.18	0.20	0.20	0.20	0.22	0.23	0.25	0.25	0.29	0.30	0.30	0.33	Q hasil Optimasi (ltr/dtk)
0.64	2.34	1.82	2.77	2.38	1.16	0.71	0.60	0.60	0.62	0.62	0.67	0.77	0.78	0.87	Outflow (10^6 ltr)
0.64	0.52	0.49	0.44	0.52	0.51	0.59	0.60	0.67	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	Komulatif Outflow (10^6 ltr)
0.64	1.15	1.65	2.08	2.61	3.11	3.70	4.30	4.98	5.74	6.52	7.40				
0.87	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	Faktor Pembagi
1.42	3.33	3.13	3.72	3.58	2.16	1.53	0.66	0.30	0.06	0.17	0.63				Inflow (10^6 ltr)
1.42	4.74	7.87	11.60	15.18	17.33	18.86	19.53	19.83	19.89	20.06	20.68				Komulatif Inflow (10^6 ltr)
0.86	0.99	1.31	0.95	1.20	1.00	0.82	0.66	0.29	0.06	0.15	0.63				Kebutuhan Air Hydroponic (10^6 ltr)
0.56	2.34	1.82	2.77	2.38	1.16	0.71	0.60	0.67	0.77	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.00 Inflow setelah air Hydroponic (10^6 ltr)
0.56	2.89	4.72	7.49	9.86	11.02	11.73	11.75	11.75	11.77	11.77	11.77	11.77	11.77	11.77	Kom Inflow setelah Hydroponic (10^6 ltr)

Sumber: Perhitungan, 2020

Tabel 4. 32 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 3

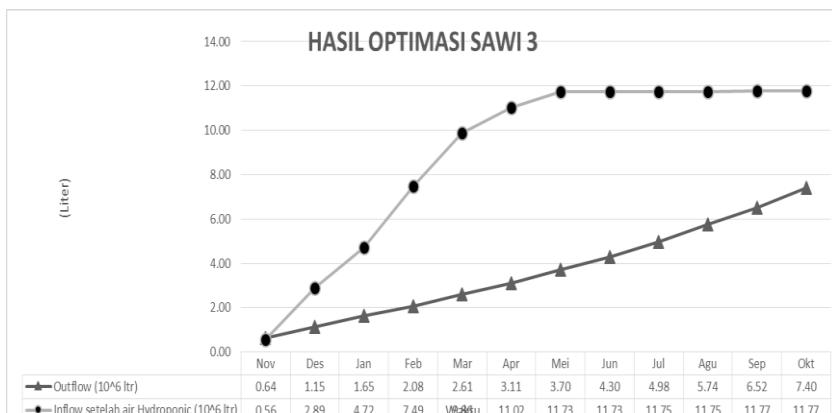
Area 0.858

Max ; 5.146

Keterangan dari tabel 4.32:

	Luas Lahan ha
X1	0.429
X2	0.429
X3	0.429
X4	0.429
X5	0.429
X6	0.429
X7	0.429
X8	0.429
X9	0.429
X10	0.429
X11	0.429
X12	0.429

X₁₋₁₂ : Untuk sawi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober



Gambar 4. 34 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 3

Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.7.5. Optimasi Sawi 4 (*Inflow* Setelah Optimasi Cabai 2 dan Debit Kontinu sepanjang Tahun)

Optimasi sawi 4 dilakukan dengan menggunakan debit untuk irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun. Debit yang digunakan adalah hasil dari pengurangan debit setelah digunakan optimasi cabai 2. Rekayasa ini dilakukan untuk membuat ukuran *reservoir* lebih kecil dari pada optimasi sawi 3. Langkah optimasi yang dilakukan seperti pada optimasi cabai 2. Analisa optimasi berdasarkan debit kebutuhan irigasi optimum.

Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman sawi ditunjukkan pada tabel 4.33. Luasan sawah hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.34. Pada kedua tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam sawi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam sawi dimulai bulan Nopember dengan luas X₁, tanam sawi dimulai bulan Desember dengan luas X₂, dan seterusnya hingga 12 bulan

Pada tabel 4.33 kebutuhan air sumber didapat dari nilai rata-rata DR setiap bulannya yang disusun sesuai dengan awal mulai tanam cabai. Luas total diperolah dari penjumlahan luas tanaman cabai. Q hasil optimasi diperolah dari perkalian antara jumlah luasan dengan DR setiap bulannya. *Outflow* exploitasi diperoleh dari perkalian antara faktor pembagi dengan *inflow*. *Outflow* diperoleh dari debit hasil optimasi selama satu bulan. Pada tanaman sawi, *inflow* yang digunakan adalah *inflow* yang dikurangi dengan *outflow* hasil optimasi cabai 2. Luas optimasi untuk tanaman sawi adalah 0,858 Ha (80% dari total luas).

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh hasil optimasi dengan luas lahan maksimal 2,573 Ha. Hasil optimasi menunjukan awal tanam ada pada setiap bulannya dapat dilihat pada tabel 4.34. Intensitas tanam sebesar 300% dengan pola tanam Palawija-Palawija. Pola tanam dapat dilihat pada lampiran.

Dari gambar 4.35 dan 4.35 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Pada gambar 4.35 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada setiap bulannya. Pada gambar 4.26 menunjukan bahwa grafik kumulatif *inflow* sebesar 11,77 liter/detik dan *ouflow* sebesar 3,16 liter/detik.

Tabel 4. 33 Debit Optimasi Hidropotik Sawi 4

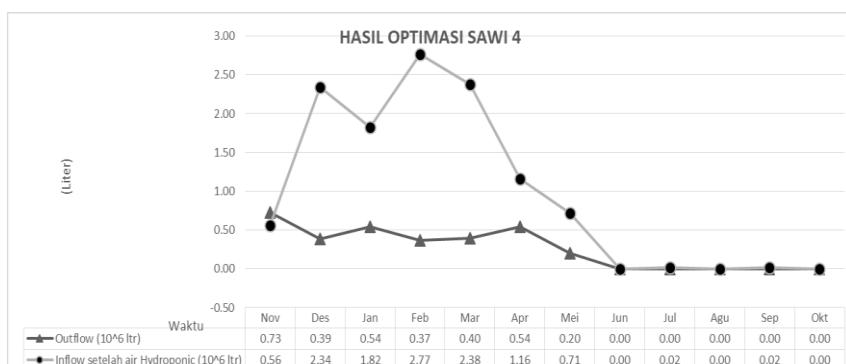
Sumber: Perhitungan: 2020

Tabel 4. 34 Luas Optimasi Hidroponik Sawi 4

Area 0.858
Max ; 2.573

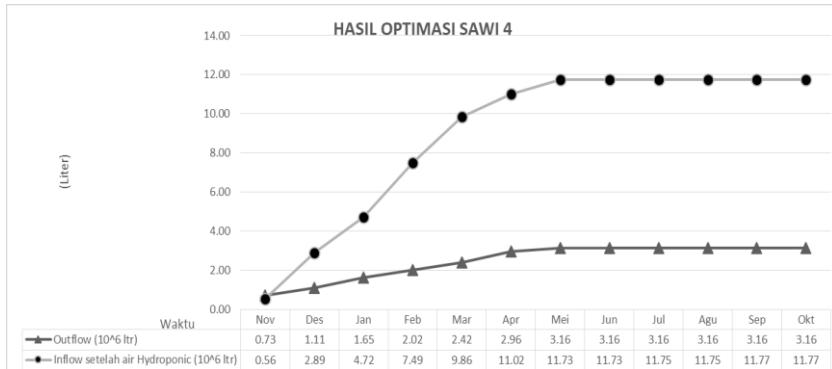
	Luas Lahan ha
X1	0.690
X2	0.168
X3	0.600
X4	0.258
X5	0.355
X6	0.503
X7	-
X8	-
X9	-
X10	-
X11	-
X12	-

Keterangan dari tabel 4.34:

X₁₋₁₂ : Untuk sawi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

Gambar 4. 35 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 4

Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 36 Grafik Optimasi Hidroponik Sawi 4

Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.8. Rekapitulasi Debit Kebutuhan Rencana

Rekapitulasi diperlukan untuk mengetahui dan membandingkan hasil setiap optimasi untuk memilih hasil terbaik. Rekapitulasi pola tanam dan intensitas tanam hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.35. Rekapitulasi debit kebutuhan rencana dapat dilihat pada tabel 4.36;

Tabel 4. 35 Rekapitulasi Pola Tanam dan Intensitas Tanam

No	Uraian	Pola Tanam	Luas Optimasi	Luas	Intensitas Tanam
1	Existing	Padi-Pal-Pal	3.096	1.072	289%
2	Optimasi 1				
	- Cabai 1	Pal - Pal	2.573	1.072	240%
	- Sawi 1	Pal - Pal - Pal	2.668	0.858	311%
3	Optimasi 2				
	- Cabai 1	Pal - Pal	2.573	1.072	240%
	- Sawi 2	Pal - Pal - Pal	2.537	0.858	296%
4	Optimasi 3				
	- Cabai 2	Pal - Pal	1.578	1.072	147%
	- Sawi 3	Pal - Pal - Pal - Pal	5.146	0.858	600%
5	Optimasi 4	Pal - Pal			
	- Cabai 2	Pal - Pal	1.578	1.072	147%
	- Sawi 4	Pal - Pal - Pal	2.573	0.858	300%

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 36 Rekapitulasi Debit Kebutuhan Rencana

No	Bulan	Inflow	Outflow				
			Cabai 1	Cabai 2	Sawi 1	Sawi 2	Sawi 3
(10^6 Ltr)							
1	Nov	1.42	1.35	0.86	0.00	0.86	0.64
2	Des	3.33	1.27	0.99	0.73	0.31	0.52
3	Jan	3.13	1.35	1.31	0.29	0.68	0.49
4	Feb	3.72	1.22	0.95	0.62	0.26	0.44
5	Mar	3.58	1.25	1.20	0.31	0.73	0.52
6	Apr	2.16	1.32	1.00	0.71	0.29	0.51
7	Mei	1.53	1.59	0.82	0.35	0.00	0.59
8	Jun	0.66	1.56	0.66	0.09	0.00	0.60
9	Jul	0.30	1.66	0.29	0.04	0.00	0.67
10	Agu	0.06	1.67	0.06	0.00	0.00	0.77
11	Sep	0.17	1.57	0.15	0.00	0.00	0.78
12	Okt	0.63	1.72	0.63	0.00	0.00	0.87

Sumber: Perhitungan, 2020

4.9. Desain *Urban Farming* Desa Made Kota Surabaya

4.9.1. Desain Petak Tersier *Urban Farming* Made

Ukuran berupa panjang dan lebar setiap petak tersier. Dalam bentuk asli petak tersier tidak berbentuk persegi panjang yang presisi. Hasil panjang dan lebar diperoleh dari pendekatan salah satu sisi sehingga dapat menghasilkan petak tersier yang berbentuk persegi panjang yang presisi. Penentuan panjang dan lebar di dapatkan dari perhitungan gambar dari AutoCAD. Hasil alam desain rencana pada *Urban Farming* Desa Made Kota Surabaya dapat dilihat pada tabel 4.37.

4.9.2. Desain Jalan Akses *Urban Farming* Made

Jalan Akses *Urban Farming* Made di desain dari paving block dengan lebar 1 meter. Gambar desain jalan akses dapat dilihat pada lampiran gambar kerja. Panjang jalan akses dapat dilihat pada tabel 4.38.

Tabel 4. 37 Ukuran Panjang dan Lebar Petak Tersier

No	Petak Tersier	Luas Autocad m ²	Panjang Kanan ha	Lebar Atas
1	A1	469.570	0.047	33.19
	A2	869.312	0.087	52.60
	A3	539.821	0.054	42.65
	A4	695.214	0.070	46.62
2	B1	659.169	0.066	45.55
	B2	493.741	0.049	35.61
	B3	681.597	0.068	37.84
	B4	573.887	0.057	23.13
	B5	667.462	0.067	28.64
3	C1	470.230	0.047	34.42
	C2	596.881	0.060	35.17
	C3	460.288	0.046	37.05
	C4	528.467	0.053	34.01
4	D1	512.918	0.051	35.34
	D2	488.511	0.049	37.65
	D3	645.082	0.065	35.73
	D4	712.082	0.071	33.16
5	E1	307.216	0.031	21.91
	E2	335.145	0.034	23.33
Jumlah		10706.590	1.072	

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 38 Panjang Jalan Akses

No	Petak Tersier			Panjang (m)
1	Antara	A1	&	C1
2	Antara	A2	&	C2
3	Antara	A3	&	C3
4	Antara	A4	&	C4
5	Antara	B1	&	D1
6	Antara	B2	&	D2
7	Antara	B3	&	D3
8	Antara	B5	&	D4
9	Antara	B4	&	B5
10	Atasnya	E1		14.28
11	Atasnya	E2		15.70
Jumlah				181.90

sumber; Perhitungan, 2020

4.9.3. Desain Penampungan Air Hujan (PAH) *Urban Farming Made*

Desain tampungan air (*reservoir*) tidak hanya untuk menyimpan air yang digunakan sebagai irigasi. Desain tampungan air harus bisa mengakomodir 3 fungsi utama. Sketsa desain tampungan air dapat dilihat pada gambar 4.37. Berikut ini adalah ketiga fungsi tampungan air;

1. Tampungan air untuk kebutuhan tanaman cabai dan sawi.
2. Tempat budidaya ikan.
3. Tempat budidaya sawi dengan sistem terapung (THST).



Gambar 4. 37 Sketsa Desain Tampungan Air (*Reservoir*)
Sumber; Dokumentasi Pribadi

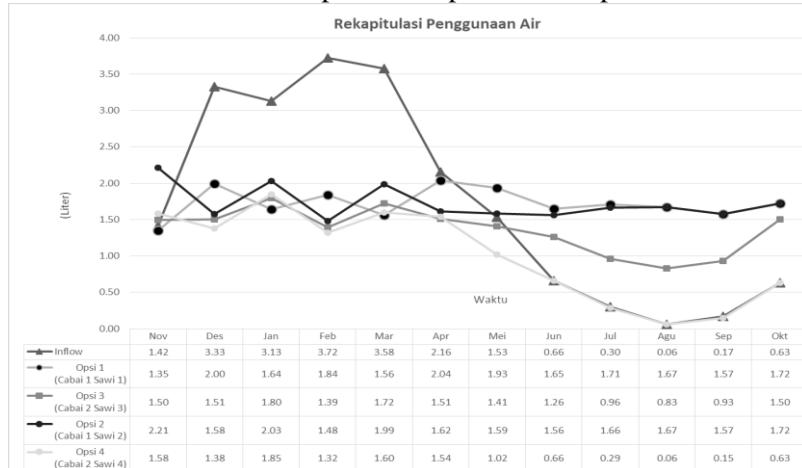
a. Tampungan Air untuk Kebutuhan Tanaman Cabai dan Sawi

Tampungan air untuk kebutuhan tanaman cabai dan sawi dapat dilihat pada tabel 4.39 . Kebutuhan tampungan air untuk opsi 1 (cabai 1 dan sawi 1) sebesar $3,63 \times 10^6$ liter. Kebutuhan tampungan air untuk opsi 2 (cabai 1 dan sawi 2) sebesar $3,85 \times 10^6$ liter. Kebutuhan tampungan air untuk opsi 3 (cabai 2 dan sawi 3) sebesar $3,20 \times 10^6$ liter. Kebutuhan tampungan air untuk opsi 4 (cabai 2 dan sawi 4) sebesar $2,57 \times 10^6$ liter.

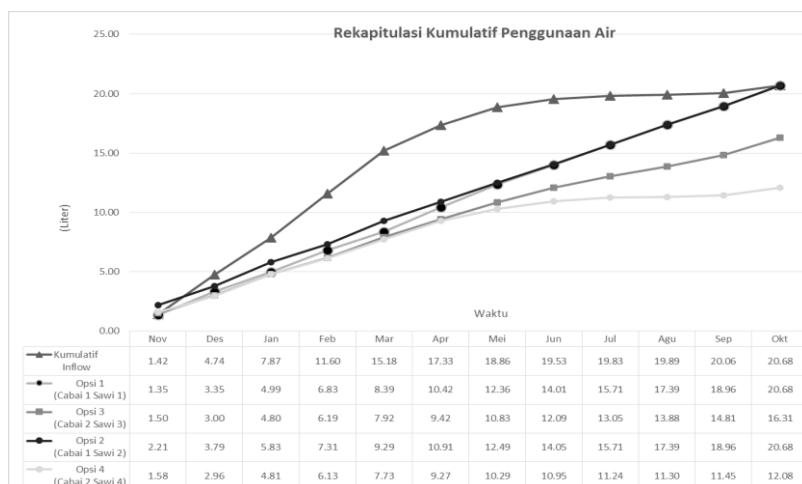
Pada gambar 4.38 grafik menunjukkan bahwa pada opsi 1 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada bulan November sampai dengan April, sedangkan untuk bulan Mei sampai dengan bulan Oktober terjadi sebaliknya. Pada opsi 2 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada bulan November sampai dengan April, sedangkan untuk bulan Mei sampai dengan bulan Oktober terjadi sebaliknya. Pada opsi 3 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada bulan November sampai dengan Mei, sedangkan untuk bulan Juni sampai dengan bulan Oktober terjadi sebaliknya. Pada opsi 4 kebutuhan air (*outflow*) tidak ada yang melebihi ketersediaan air (*inflow*) pada setiap bulannya.

Pada gambar 4.39 grafik menunjukkan bahwa debit kebutuhan kumulatif outflow opsi 1, opsi 2, opsi 3, dan opsi 4 tidak melebihi debit kebutuhan kumulatif *inflow*. Selisih kumulatif outflow dengan *inflow*

pada opsi 1 dan opsi 2 sebesar 0. Sedangkan selisih kumulatif *outflow* dengan *inflow* opsi 3 dan opsi 4 sebesar $4,37 \times 10^6$ liter dan sebesar $8,61 \times 10^6$ liter. Oleh karena itu opsi 3 dan opsi 4 tidak dipilih untuk ditanam.



Gambar 4. 38 Rekapitulasi Penggunaan Air
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 39 Rekapitulasi Kumulatif Penggunaan Air
Sumber; Dokumentasi Pribadi

Tabel 4. 39 Rekapitulasi Kebutuhan Tampungan Air

Sumber : Perhitungan, 2020

b. Tampungan Air untuk Kolam Budidaya Ikan

Perencanaan kolam untuk budidaya ikan memiliki tinggi 1,3 m dengan kedalaman air 1,1 m. Kolam budidaya ikan terbuat dari kerangkan besi diameter 6 cm. Desain kolam berbentuk persegi panjang.

Diketahui;

1. Ketinggian Kolam (h) = 1,30 m
2. Kedalam Kolam (d) = 1,10 m
3. Luas Sawah = 1,072 Ha = 10.720 m^2
4. Luas Kolam (10% dari Luas Total)
 $= 10 \% \times 10.720 \text{ m}^2 = 1.720 \text{ m}^2$
5. Volume Kolam (Luas Kolam x Kedalaman Kolam)
 $= 1.720 \text{ m}^2 \times 1,10 \text{ m} = 1.179,20 \text{ m}^3$
 $= 1.179.200 \text{ liter}$
 $= 1,12 \times 10^6 \text{ liter}$

c. Tampungan Air untuk Kolam Budidaya Sawi Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST)

Perencanaan kolam untuk budidaya sawi dengan menggunakan teknologi hidroponik sistem terapung (TSHT) memerlukan luas sebesar 0,858 Ha (80% dari total luas total). Desain kolam berbentuk persegi panjang yang akan di tutup *styrofoam* sebagai media apung tanaman sawi. Ketinggian kolam sebesar 40 cm dengan kedalaman air 30 cm.

Diketahui;

1. Ketinggian Kolam (h) = 0,40 m
2. Kedalam Kolam (d) = 0,30 m
3. Luas Sawah = 1,072 Ha = 10.720 m^2
4. Luas Kolam (80% dari Luas Total)
 $= 80 \% \times 10.720 \text{ m}^2 = 8.576 \text{ m}^2$
5. Volume Kolam (Luas Kolam x Kedalaman Kolam)
 $= 8.576 \text{ m}^2 \times 1,10 \text{ m} = 2.572,80 \text{ m}^3$
 $= 2.572.800 \text{ liter}$
 $= 2,57 \times 10^6 \text{ liter}$

4.9.4. Pemilihan Tanaman Hasil Optimasi

Dari rekapitulasi debit kebutuhan rencana dan tiga fungsi tampungan air (*reservoir*) didapatkan kriteria *reservoir* sebagai berikut;

- a. Luas Sawah Total = 1,072 Ha

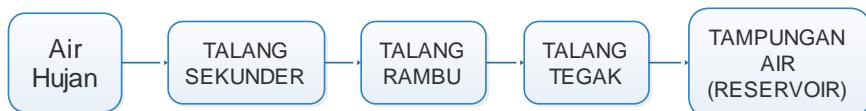
- b. Pola Tanam = Opsi 1 (Cabai 1 dan Sawi 1)
- c. Tanaman Cabai
 - Luas Sawah = 1,072 Ha
 - Luas Sawah Optimasi = 2,573 Ha
 - Intensitas Tanam = 240%
- d. Tanaman Cabai
 - Luas Sawah Sawi = 0,858 Ha (80% Sawah Total)
 - Luas Sawah Optimasi Sawi = 2,668 Ha
 - Intensitas tanam = 311%
- e. Kebutuhan Air Cabai dan Sawi = $3,63 \times 10^6$ liter
- f. Volume Tampungan Air
 - Kolam Ikan = $1,18 \times 10^6$ liter
 - Kolam Hidroponik Terpung = $2,57 \times 10^6$ liter
 - Total Tampungan Air = $1,18 \times 10^6 + 2,57 \times 10^6$ liter
= $3,75 \times 10^6$ liter
- g. Defisit Air = $3,75 \times 10^6 - 3,63 \times 10^6$ liter
= $+ 0,12 \times 10^6$ liter

Jadi pemilihan tanaman adalah dari hasil optimasi 1 dengan cabai 1 dan sawi 1.

4.9.5. Desain Dimensi Talang Penampungan Air Hujan (PAH)

Urban Farming Made

Air hujan turun ditangkap oleh atap *greenhouse*. Desain atap *greenhouse* memiliki lebar 5 meter. Dalam 1 petak tersier memiliki beberapa atap *greenhouse* yang disatukan oleh talang sekunder. Air hujan dari talang sekunder air akan di tampung pada talang rambu. Talang rambu kemudian menyalurkan ke talang tegak. Talang tegak bermuara pada tampungan air (*reservoir*). Alur penampungan air hujan (PAH) dapat dilihat pada gambar 4.40.



Gambar 4. 40 Alur Penampungan Air Hujan (PAH)

Sumber; Dokumentasi Pribadi

a. Debit Air Hujan pada Talang

Probabilitas curah hujan yang digunakan adalah 80%. Untuk itu data curah hujan tahunan yang dipilih adalah curah hujan tahun 2017 yang memiliki probabilitas sebesar 76,92%. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.40

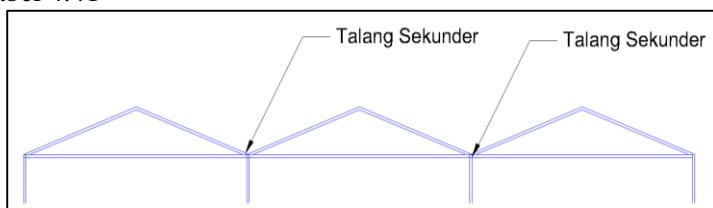
Diketahui;

- Jumlah curah hujan tahunan = 1775 mm
- Jumlah hari dalam setahun = 365 hari
- Waktu hujan (T) = 5 menit = 300 detik
- Intensitas hujan (I) = $1775 \text{ mm}/365 \text{ hari}$
= 4,863 mm
- Luas atap (A_{atap}) = 469,570 m²
- Debit Talang

$$Q = \frac{I \times A_{atap}}{T} = \frac{4,863 \text{ mm} \times 469,570 \text{ m}^2}{300 \text{ detik}} = 0.0076 \text{ m}^3/\text{detik}$$

b. Talang Sekunder

Talang sekunder berfungsi untuk menyalurkan air hujan yang jatuh ke atap *greenhouse* ke talang rambu. Talang sekunder terbuat dari karpet talang. Skema talang sekunder dapat dilihat pada gambar 4.41. kebutuhan panjang tanlang dapat dilihat pada tabel 4.41



Gambar 4. 41 Skema Talang Sekunder
Sumber; Dokumentasi Pribadi

c. Talang Rambu (Mengalirkan Air Hujan ke Talang Tegak)

Diketahui;

- Bentuk talang rambu = $\frac{1}{2}$ lingkaran.
- Kecepatan pada talang (v) = 0,20 m/detik
- Debit talang = 0,0076 m³/detik
- Luas talang rambu (A)

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.0076 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,20 \text{ m}/\text{detik}} = 0,0381 \text{ m}^2$$

- Jari-jari talang rambu

$$r = \sqrt{\frac{A}{\frac{1}{2}\pi}} = \sqrt{\frac{0,0381 \text{ m}^2}{\frac{1}{2}\pi}} = 0.1557 \text{ m}$$

- Diameter talang rambu

$$d = 2r = 2 \times 0.1557 \text{ m} = 0,3113 \text{ m} = 12,26 \text{ inchi}$$

Diameter pipa $\frac{1}{2}$ lingkaran yang digunakan sebagai talang adalah 12,26 inchi. Dipasaran tidak memiliki diameter tersebut oleh karena itu yang dipakai adalah pipa $\frac{1}{2}$ lingkaran dengan diameter 14 inchi. Perhitungan dimensi lainnya dapat dilihat pada tabel 4.42. Gambar dapat dilihat pada Gambar kerja.

Tabel 4. 40 Debit Air Hujan pada Talang

No	Petak Tersier	A _{atap} (m ²)	I (mm)	T (detik)	Q (m ³ /detik)
1	A1	469.570	4.863	300	0.0076
2	A2	869.312	4.863	300	0.0141
3	A3	539.821	4.863	300	0.0088
4	A4	695.214	4.863	300	0.0113
5	B1	659.169	4.863	300	0.0107
6	B2	493.741	4.863	300	0.0080
7	B3	681.597	4.863	300	0.0110
8	B4	573.887	4.863	300	0.0093
9	B5	667.462	4.863	300	0.0108
10	C1	470.230	4.863	300	0.0076
11	C2	596.881	4.863	300	0.0097
12	C3	460.288	4.863	300	0.0075
13	C4	528.467	4.863	300	0.0086
14	D1	512.918	4.863	300	0.0083
15	D2	488.511	4.863	300	0.0079
16	D3	645.082	4.863	300	0.0105
17	D4	712.082	4.863	300	0.0115
18	E1	307.216	4.863	300	0.0050
19	E2	335.145	4.863	300	0.0054
Jumlah		10706.590			

sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 41 Kebutuhan Talang Sekunder

No	Petak Tersier	Panjang	Lebar	Jumlah talang per 5 m	Panjang Total
		m	m		m
1	A1	33.19	14.08	4	132.76
2	A2	52.60	15.58	4	210.40
3	A3	42.65	12.53	3	127.95
4	A4	46.62	15.48	4	186.48
5	B1	45.55	14.32	4	182.20
6	B2	35.61	13.20	3	106.83
7	B3	37.84	17.96	4	151.36
8	B4	23.13	23.99	5	115.65
9	B5	28.64	24.78	6	171.84
10	C1	34.42	13.02	3	103.26
11	C2	35.17	17.20	4	140.68
12	C3	37.05	12.48	3	111.15
13	C4	34.01	14.61	4	136.04
14	D1	35.34	14.06	4	141.36
15	D2	37.65	13.45	4	150.60
16	D3	35.73	17.87	4	142.92
17	D4	33.16	24.61	6	198.96
18	E1	21.91	13.02	3	65.73
19	E2	23.33	17.20	4	93.32
				2669.49	
Jumlah					

Sumber; Perhitungan 2020

d. Talang Tegak (Talang Rambu ke Tampungan Air)

Diketahui;

- Bentuk talang tegak = Lingkaran
- Debit talang = $0.0076 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Gravitasi = $9,80 \text{ m/detik}^2$
- Tinggi talang tegak = $1,90 \text{ m}$
- Kecepatan pada talang tegak

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \cdot 9,8 \frac{m}{\text{detik}^2} \cdot 1,90 \text{ m}} = 6,10 \text{ m/detik}$$

- Luas talang tegak (A)

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.0076 \text{ m}^3/\text{detik}}{6,10 \text{ m/detik}} = 0,0012 \text{ m}^2$$

- Jari-jari talang tegak

$$r = \sqrt{\frac{A}{\frac{1}{2}\pi}} = \sqrt{\frac{0,0012 \text{ m}^2}{\frac{1}{2}\pi}} = 0,0282 \text{ m} = \text{inchi}$$

- Diameter talang tegak

$$d = 2r = 2 \cdot 0,0282 \text{ m} = 0,0564 \text{ m} = 2,22 \text{ inchi}$$

Diameter talang tegak sebesar 2,22 inchi. Talang tegak harus memiliki faktor keselamatan sebesar 3,5. Sehingga diameter talang tegak sebesar 7.77 inchi. Di pasaran tidak memiliki diameter tersebut oleh karena itu yang dipakai adalah pipa berbentuk lingkaran dengan diameter 8 inchi. Perhitungan dimensi lainnya dapat dilihat pada tabel 4.43. Gambar dapat dilipat pada gambar kerja di lampiran

Tabel 4. 42 Dimensi Talang Rambu (1/2 lingkaran)

No	Petak Tersier	Q	v	A	r	d		Diamter dipakai	Panjang Talang (m)
		m ³ /det	m/detik	m ²	m	m	inchi		
1	A1	0.0076	0.200	0.0381	0.1557	0.3113	12.26	14	12.78
2	A2	0.0141	0.200	0.0705	0.2118	0.4236	16.68	18	47.87
3	A3	0.0088	0.200	0.0438	0.1669	0.3338	13.14	14	11.98
4	A4	0.0113	0.200	0.0563	0.1894	0.3788	14.91	16	14.84
5	B1	0.0107	0.200	0.0534	0.1844	0.3688	14.52	16	24.63
6	B2	0.0080	0.200	0.0400	0.1596	0.3192	12.57	14	12.58
7	B3	0.0110	0.200	0.0552	0.1875	0.3751	14.77	16	34.42
8	B4 & B5	0.0201	0.200	0.1006	0.2531	0.5062	19.93	20	32.01
9	C1 & E1	0.0126	0.200	0.0630	0.2003	0.4006	15.77	26	14.08
10	C2 & E2	0.0151	0.200	0.0755	0.2193	0.4386	17.27	28	15.58
11	C3	0.0075	0.200	0.0373	0.1541	0.3082	12.13	14	12.53
12	C4	0.0086	0.200	0.0428	0.1651	0.3303	13.00	14	15.48
13	D1	0.0083	0.200	0.0416	0.1627	0.3254	12.81	14	14.32
14	D2	0.0079	0.200	0.0396	0.1588	0.3175	12.50	14	13.20
15	D3	0.0105	0.200	0.0523	0.1824	0.3649	14.37	16	17.96
16	D4	0.0115	0.200	0.0577	0.1917	0.3834	15.09	16	24.78
Jumlah									319.04

Tabel 4. 43 Dimensi Talang Tegak (Lingkaran)

Petak No	Tersie	Q r m ³ /det	g m/det ²	h m	v m/det	A m	r m	d m	d x SF (3,5) inch	n	D per pes	Dia. di pakai inch
1	A1	0.0076	9.8	1	4.43	0.0017	0.0331	0.0662	2.61	9.12	3	3.04
2	A2	0.0141	9.8	1	4.43	0.0032	0.0450	0.0900	3.54	12.41	3	4.14
3	A3	0.0088	9.8	1	4.43	0.0020	0.0355	0.0709	2.79	9.78	3	3.26
4	A4	0.0113	9.8	1	4.43	0.0025	0.0403	0.0805	3.17	11.09	3	3.70
5	B1	0.0107	9.8	1	4.43	0.0024	0.0392	0.0784	3.09	10.80	3	3.60
6	B2	0.0080	9.8	1	4.43	0.0018	0.0339	0.0678	2.67	9.35	3	3.12
7	B3	0.0110	9.8	1	4.43	0.0025	0.0399	0.0797	3.14	10.98	3	3.66
8	B4 & B5	0.0201	9.8	1	4.43	0.0045	0.0538	0.1076	4.24	14.82	4	3.71
9	C1 & E1	0.0126	9.8	1	4.43	0.0028	0.0426	0.0851	3.35	11.73	3	3.91
10	C2 & E2	0.0151	9.8	1	4.43	0.0034	0.0466	0.0932	3.67	12.85	3	4.28
11	C3	0.0075	9.8	1	4.43	0.0017	0.0328	0.0655	2.58	9.03	3	3.01
12	C4	0.0086	9.8	1	4.43	0.0019	0.0351	0.0702	2.76	9.67	3	3.22
13	D1	0.0083	9.8	1	4.43	0.0019	0.0346	0.0692	2.72	9.53	3	3.18
14	D2	0.0079	9.8	1	4.43	0.0018	0.0337	0.0675	2.66	9.30	3	3.10
15	D3	0.0105	9.8	1	4.43	0.0024	0.0388	0.0776	3.05	10.69	3	3.56
16	D4	0.0115	9.8	1	4.43	0.0026	0.0407	0.0815	3.21	11.23	4	2.81

sumber; Perhitungan, 2020

4.9.6. Desain Pipa Irigasi

Debit pipa irigasi sebesar 2,5 liter/menit setiap saluran pipa irigasi pembagi. Debit pipa irigasi atas didapatkan dari debit dikalikan jumlah pipa irigasi pembagi yang berjumlah 29 buah. Sedangkan pipa irigasi primer didapatkan dari jumlah 3 buah pipa irigasi atas. Perhitungan dimensi pipa ini untuk petak tersier A1 dapat dilihat pada tabel 4.44. Kebutuhan *head* pompa pada petak tersier A1 sebesar 2,662 meter. Kebutuhan daya pompa yang dibutuhkan pada petak tersier A1 sebagai berikut ini;

Diketahui ;

- $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$
- $g = 9,80 \text{ m/detik}^2$
- $Q = 0,0350 \text{ m}^3/\text{detik}$

- $H = 2,662 \text{ m}$
- $\mu_p = 90 \%$
- $\mu_m = 10 \%$
- $P = \text{daya pompa, KW})$

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho \cdot g}{1000 \cdot \mu_p \cdot \mu_m} = \frac{0,0350 \cdot 2,662 \cdot 1 \cdot 9,80}{1000 \cdot 0,90 \cdot 0,10} = 0,0102 \text{ KW}$$

Tabel 4. 44 Dimensi Pipa Irigasi

No	Nama Saluran	Q Kumulatif (m ³ /det)	L (m)	D (Inchi)	D (m)	A (m ²)	V (m/det)	f	g (m/det ²)	Hf (m)	El (m)
1	Pipa Irigasi Pembagi	0.000042	0.90	0.25	0.01	0.00	1.32	0.002	9.80	0.02501	29.90
2	Pipa Irigasi Atas	0.001208	29.42	1.25	0.03	0.00	1.53	0.002	9.80	0.22006	29.90
3	Pipa Irigasi Atas Primer	0.003625	8.03	1.50	0.04	0.00	3.18	0.002	9.80	0.21725	29.90
Total Kehilangan energi (Hf) pada Pipa Irigasi = 0.46232											
Tinggi Pompa ke Pipa Irigasi Atas = 2.200											
Total Head (H) = 2.662											
4	Pipa Drainase	0.001208	29.42	1.25	0.03	0.00	1.53	0.002	9.80	0.22006	29.00

Sumber; Perhitungan, 2020

4.9.7. Desain Saluran Pembuang *Urban Farming* Made

a. Debit Saluran Pembuang

- Koefisien limpasan air hujan (α) = 0,75 (Tabel 2.7) kelompok C dengan penutup tanah berjenis tanaman ladang (daerah terjal)
- Curah hujan sehari $R(1)_5$ = 115,22 mm
- Luas daerah (A) = 0,047 ha
- Debit Saluran Pembuang = 0,0006 m³/detik

$$Qd = 0,116 \propto R(1)_5 A^{0,92}$$

$$Qd = 0,116 \times 0,075 \times 115,22 \times 0,047^{0,92} = 0,6017 \text{ liter/detik}$$

Curah hujan sehari maksimum pada tahun 2017 adalah 98 mm. Untuk curah hujan sehari periode ulang 5 tahun $R(1)_5$ adalah sebesar 115,22 mm. Perhitungan debit saluran pembuang setiap petak tersier dapat dilihat pada tabel 4.45.

Tabel 4. 45 Debit Saluran Pembuang Irigasi

No	Petak Tersier	Luas Autocad		α	R(1) ₅ mm	Qd	
		m ²	ha			l/detik	m ³ /detik
1	A1	469.570	0.047	0.75	115.22	0.6017	0.0006
2	A2	869.312	0.087	0.75	115.22	1.0602	0.0011
3	A3	539.821	0.054	0.75	115.22	0.6837	0.0007
4	A4	695.214	0.070	0.75	115.22	0.8680	0.0009
5	B1	659.169	0.066	0.75	115.22	0.8223	0.0008
6	B2	493.741	0.049	0.75	115.22	0.6252	0.0006
7	B3	681.597	0.068	0.75	115.22	0.8452	0.0008
8	B4	573.887	0.057	0.75	115.22	0.7185	0.0007
9	B5	667.462	0.067	0.75	115.22	0.8338	0.0008
10	C1	470.230	0.047	0.75	115.22	0.6017	0.0006
11	C2	596.881	0.060	0.75	115.22	0.7533	0.0008
12	C3	460.288	0.046	0.75	115.22	0.5899	0.0006
13	C4	528.467	0.053	0.75	115.22	0.6720	0.0007
14	D1	512.918	0.051	0.75	115.22	0.6487	0.0006
15	D2	488.511	0.049	0.75	115.22	0.6252	0.0006
16	D3	645.082	0.065	0.75	115.22	0.8108	0.0008
17	D4	712.082	0.071	0.75	115.22	0.8794	0.0009
18	E1	307.216	0.031	0.75	115.22	0.4103	0.0004
19	E2	335.145	0.034	0.75	115.22	0.4467	0.0004
Jumlah		10706.590	1.072				

Sumber; Perhitungan, 2020

b. Dimensi Saluran Pembuang

Desain saluran pembuang irigasi berfungsi untuk menampung kelebihan air dari *greenhouse*. Perencaan saluran berjenis saluran tanah yang berbentuk persegi.

Dari contoh perhitungan no 1 didapatkan lebar saluran sebesar 8 cm dan tinggi air sebesar 8 cm. Ukuran tersebut terlalu kecil sehingga dimensi saluran yang akan dibuat adalah 20 cm x 20 cm. Perhitungan dimensi saluran pembuang setiap petak tersier dapat dilihat pada tabel 4.46

Tabel 4.46 Dimensi Saluran Pembuang

No	Petak Tersier	Qd	b	h	m	A	P	n	Elevasi		R	I	V	Panjang (m)	Dimensi dipakai
									atas	bawah					
1	A1, C1 & E1	0.0016	0.08	0.08	0	0.0057	0.2257	0.0180	27.60	27.55	0.0251	0.0036	0.2852	14.08	20
2	A2, C2 & E2	0.0023	0.09	0.09	0	0.0075	0.2605	0.0180	27.55	27.50	0.0289	0.0032	0.2998	15.58	20
3	A3 & C3	0.0013	0.07	0.07	0	0.0045	0.2018	0.0180	27.50	27.45	0.0224	0.0040	0.2814	12.53	20
4	A4 & C4	0.0015	0.08	0.08	0	0.0057	0.2257	0.0180	27.45	27.40	0.0251	0.0032	0.2720	15.48	20
5	B1 & D1	0.0015	0.08	0.08	0	0.0070	0.2502	0.0180	27.40	27.38	0.0278	0.0017	0.2114	14.32	20
6	B2 & D2	0.0013	0.08	0.08	0	0.0059	0.2308	0.0180	27.38	27.35	0.0256	0.0019	0.2113	13.20	20
7	B3 & D3	0.0017	0.08	0.08	0	0.0064	0.2400	0.0180	27.35	27.30	0.0267	0.0028	0.2587	17.96	20
8	B4, B5 & D4	0.0024	0.11	0.11	0	0.0115	0.3217	0.0180	27.30	27.27	0.0357	0.0012	0.2115	24.78	20
Jumlah														127.93	

Sumber; Perlitungan, 2020

Contoh perhitungan no 1

Diketahui

- Lebar saluran (asumsi) (b) = 0,08 m = 8 cm
- Tinggi air (asumsi) (h) = 0,08 m = 8 cm
- Kemiringan talut (m) = 0 (Persegi)
- Potongan melintang aliran (A) m^2

$$A = (b + mh)h = (0,08 + 0 \times 0,08)0,08 = 0,0057 \text{ m}^2$$

- Keliling basah

$$P = (b + 2h\sqrt{1 + m^2}) = (0,08 + 2 \times 0,08\sqrt{1 + 0^2}) = 0,2257$$

- Jari – jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0,0057}{0,2257} = 0,0251 \text{ m}$$

- Koefisien kekasaran *Manning* = 0,0180 (Tabel 2.8)
Saluran dari tanah dan masih baru

- Elevasi atas = + 27,60

- Elevasi bawah = + 27,55

- Jarak (S) = 14,08 m

- Kemiringan saluran (I)

$$I = \frac{El \text{ atas} - El \text{ bawah}}{S} = \frac{27,60 - 27,55}{14,08} = 0,0036$$

- Kecepatan aliran

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} = \frac{1}{0,0180} 0,0251^{2/3} 0,0036^{1/2} \\ = 0,2852 \text{ m/dt}$$

- Debit saluran

$$Q = A V = 0,0057 \times 0,2852 = 0,0016 \text{ m}^3/\text{detik}$$

4.9.8. Desain Sumur Resapan

Sumur resapan berfungsi untuk menampung/menyimpan air kelebihan yang tidak bisa ditampung oleh tampungan air hujan (PAH). setalah menyimpan dan menampung air tersebut akan diresapkan kembali ketanah. Hal ini sebagai upaya untuk menjaga air tanah agar tidak turun.

Diketahui;

- R24 = 98,00 mm

$$= 49,00 \text{ mm}$$

Hujan harian yang dipilih adalah pada tahun 2017 karena memiliki probabilitas sebesar 80%. Hujan harian pada tahun 2017 sebesar 98 mm. Dalam perencanaan ini hujan akan ditampung untuk kebutuhan tanaman sebesar 50% oleh karena itu R24 yang digunakan sebesar 49,00 mm.

- $t = 2,00 \text{ jam}$
- $K = 0,48 - 0,86 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$
Jenis tanah lanua (permeabilitas sedang)
- $K = 0,67 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}$
- $R = 1,00 \text{ m}$
- $A = 10706,59 \text{ m}^2$
- $C = 0,95$
- $I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{2/3} = \frac{49}{24} \left(\frac{24}{2} \right)^{2/3}$
 $= 10,70 \text{ mm/jam}$
 $= 0,01 \text{ m/jam}$
- $Q = C I A = 0,9x 0,01 \text{ m/jam} \times 10706,59 \text{ m}^2$
 $108,85 \text{ m}^3/\text{jam}$
- $H = \frac{Q}{\omega \pi r K} = \frac{108,85}{5 \times \pi \times 1 \times 0,67}$
 $= 10,34 \text{ m}$
- $H \text{ per buah} = 2,00 \text{ m}$
- $\text{Jumlah} = 5,16 \text{ buah}$
 $6,00 \text{ buah}$

Jadi jumlah sumur yang digunakan sebagai sumur resapan air hujan adalah 6 buah sumur yang memiliki tinggi $H = 2 \text{ m}$ dengan diametr sumur 1 m.

4.9.9. Desain Greenhouse Urban Farming Made

Greenhouse Urban Faming Made memiliki beberapa fungsi, Selain sebagai pelindung tanaman dari hama dan sinar matahari *Greenhouse* juga berfungsi sebagai penampung air hujan.

a. Petak Tersier

- | | | |
|------------------------|---|---------|
| 1 Panjang (P_{pt}) | = | 33,19 m |
| 2 Lebar (L_{pt}) | = | 14,08 m |

$$3 \text{ Luas } (A_{pt}) = P_{pt} \times L_{pt} = 467,32 \text{ m}^2$$

b. Jalan Akses didalam *Greenhouse*

Diketahui;

$$1 \text{ Luas Jalan Rencana (10% Luas)}$$

$$10 \% \times 467,32 \text{ m}^2 = 46,73 \text{ m}^2$$

Dalam perencanaan awal jalan akses direncanakan sebagai 10% dari luas total

$$2 \text{ Panjang Jalan Total} = 33,19 \text{ m}$$

$$3 \text{ Lebar Jalan Total} = 1,41 \text{ m}$$

$$4 \text{ Jarak Antara cabai} = 0,60 \text{ m}$$

$$5 \text{ Jumlah Jalan} = 1,41 \text{ m} \times 0,60 \text{ m} = 2,35 \text{ Jalur}$$

Rencana;

$$6 \text{ Jumlah Jalan digunakan} = 2,00 \text{ Jalur}$$

$$7 \text{ Panjang Jalan } (P_j) = 33,19 \text{ m}$$

$$8 \text{ Lebar Jalan } (L_j) = 0,85 \text{ m}$$

Lebar jalan sebesar 85 cm agar mudah melakukan operasi dan pemeliharaan *Greenhouse*

$$9 \text{ Luas Jalan } (A_j) = P_j \times L_j = 56,42 \text{ m}^2$$

Luas jalan asli lebih besar daripada luas jalan akses yang direncanakan diawal.

c. Kolam Ikan dalam *Greenhouse*

Diketahui;

$$1 \text{ Total Luas Kolam Ikan (10% Luas)}$$

$$10 \% \times 467,32 \text{ m}^2 = 46,73 \text{ m}^2$$

$$2 \text{ Lebar Kolam } (L_{pt}) - (\text{Jumlah } j \times L_j)$$

$$14,08 \text{ m} - (2 \times 0,85 \text{ m}) = 12,38 \text{ m}$$

Rencana;

$$3 \text{ Jumlah Kolam Ikan} = 3,00 \text{ Buah}$$

Jumlah Kolam Ikan dari jumlah jalan ditambah 1

$$4 \text{ Luas Kolam } (A_k) = 46,73 \text{ m}^2 / 3 = 15,58 \text{ m}^2$$

Total luas dibagi dengan 3 buah kolam

$$5 \text{ Panjang Kolam } (P_k)$$

$$15,58 \text{ m}^2 / 4,13 \text{ m} = 3,77 \text{ m}$$

$$6 \text{ Lebar Kolam } (L_k)$$

$$12,38 \text{ m} / 3 \text{ buah} = 4,13 \text{ m}$$

7 Tinggi Kolam (h _k)	=	1,30 m
8 Tinggi air Kolam (h _{ka})	=	1,10 m
9 Volume Kolam (V _k) 46,73 m ² x 1,10 m	=	51.40 m ³

**d. Kolam Sawi Hidroponik (THST) dalam *Greenhouse*
Diketahui;**

1 Total Luas Kolam Sawi (80% Luas) 80 % x 467,32 m ²	=	373,85 m ²
Dalam perencanaan optimasi kebutuhan air untuk tanaman sawi sebesar 80% dari total luas		
2 Total Luas Kolam Sawi digunakan (Luas - Luas jalan) 467,32 m ² - 56,42 m ²	=	364,16 m ²
3 Lebar Kolam Sawi = L Kolam Ikan	=	12,38 m
Rencana;		
4 Jumlah Kolam Sawi	=	3,00 Buah
5 Luas Kolam sawi (A _{ks}) 364,16 m ² / 3 buah	=	121,39 m ²
6 Panjang Kolam sawi (P _{ks}) 121,39 m ² / 4,13 m	=	29,42 m
7 Lebar Kolam sawi (L _{ks}) = L _k	=	4,13 m
8 Tinggi Kolam sawi (h _{ks})	=	0,40 m
9 Tinggi air Kolam sawi (h _{kas})	=	0,30 m
10 Volume Kolam sawi (V _{ks}) 364,16 m ² x 0,30 m	=	109,25 m ³

e. Volume Total Kolam (V kolam ikan + V Kolam sawi)
 $51,40 \text{ m}^3 + 109,25 \text{ m}^3 = 160,65 \text{ m}^3$

f. Tanaman Cabai (Hidroponik Fertigasi Tetes)
Diketahui ;

1 Total Luas cabai (100% Luas)	=	467,32 m ²
Dalam perencanaan optimasi kebutuhan air untuk tanaman cabai sebesar 100% dari total luas.		
2 Total Luas Cabai digunakan	=	364.16 m ²
Total luas cabai yang digunakan sebesar luas tanaman sawi. Pengurangan luasan dikarenakan ada 2 alasan. Yang pertama dikarenakan ada perencanaan kolam ikan setinggi 1.3 m yang		

akan mengakibatkan operasi dan pemeliharaan cabai sangat susah sehingga luasan kolam ikan tidak ditanami cabai. Yang kedua dikarenakan pembangunan jalan akses selebar 85 cm.

$$\begin{array}{lll} 3 \text{ Polybag (40 cm x 50 cm)} & = & 0,40 \text{ m} \\ & & = 0,50 \text{ m} \end{array}$$

Standart ukuran polybag untuk tanaman cabai bisa hidup adalah sebesar 40 cm x 50 cm

$$\begin{array}{lll} 4 \text{ Jarak antar cabai} & = & 0,60 \text{ m} \end{array}$$

Standart jarak antar cabai sebesar 60 cm dikarenakan agar tanaman tidak mudah tertular penyakit dengan tanaman lainnya

Rencana;

$$\begin{array}{lll} 5 \text{ Jumlah Kolam} & = & 3,00 \text{ Buah} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 6 \text{ Panjang irigasi Cabai (P}_c\text{) = P}_{ks} & = & 29,42 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 7 \text{ Lebar irigasi Cabai (L}_c\text{) = L}_{ks} & = & 12,38 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 8 \text{ Lebar irigasi Cabai per kolam} \\ 12,38 \text{ m / 3 buah} & = & 4,13 \text{ m} \end{array}$$

Potongan Memanjang Cabai

$$\begin{array}{lll} 7 \text{ L, Polybag + Jarak Cabai} \\ 0,40 \text{ m} + 0,60 \text{ m} & = & 1,00 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 8 \text{ Jumlah Hidroponik} \\ 29,42 \text{ m / 1 m} & = & 29,42 \text{ Lajur} \\ & & = 29,00 \text{ Lajur} \end{array}$$

Potongan Melintang Cabai

$$\begin{array}{lll} 9 \text{ P, Polybag + Jarak Cabai} \\ 0,50 \text{ m} + 0,60 \text{ m} & = & 1,10 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 10 \text{ jumlah cabai per lajur} \\ 12,38 \text{ m / 1,10 m} & = & 11,25 \text{ buah} \\ & & = 11,00 \text{ buah} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} 11 \text{ jumlah cabai per lajur/ kolam} \\ 4,13 \text{ m / 1,10 m} & = & 3,75 \text{ buah} \\ & & = 4,00 \text{ buah} \end{array}$$

Jumlah cabai per lajur adalah 11 buah. Jumlah cabai per lajur/kolam adalah 4 buah dan esain ini memiliki 3 buah kolam. Yang mana Jumlah cabai per lajur/kolam adalah $4 \times 3 = 12$ buah. Untuk pengoptimalan tanaman sehingga yang dipilih adalah 12 buah. Perhitungan untuk setiap petak tersier sawah dapat dilihat pada lampiran.

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan ada 3 tipe jenis *greenhouse*. Pembagian tipe *greenhouse* dapat dilihat pada tabel 4.47

Tabel 4. 47 Pembagian Tipe *Greenhouse*

No	Type Green House	Uraian	Petak Tersier
1	GH-1	Memiliki 2 jalan Akses dan 3 kolam	A1, A2, A3, A4, B1, B2, B3, C1, C2, C3, C4, D1,D2, D3 E1 & E2
2	GH-2	Memiliki 3 jalan Akses dan 4 kolam	B4, B5, & D4

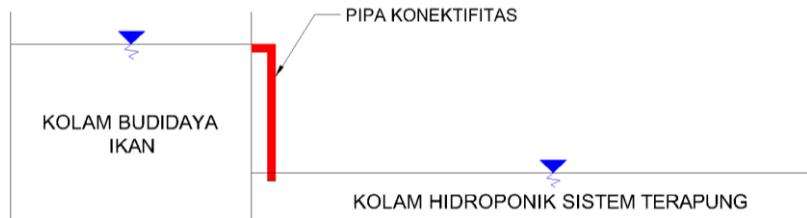
Sumber; Perhitungan, 2020

4.9.10. Desain Pipa Penghubung Tampungan Air *Urban Farming* Made

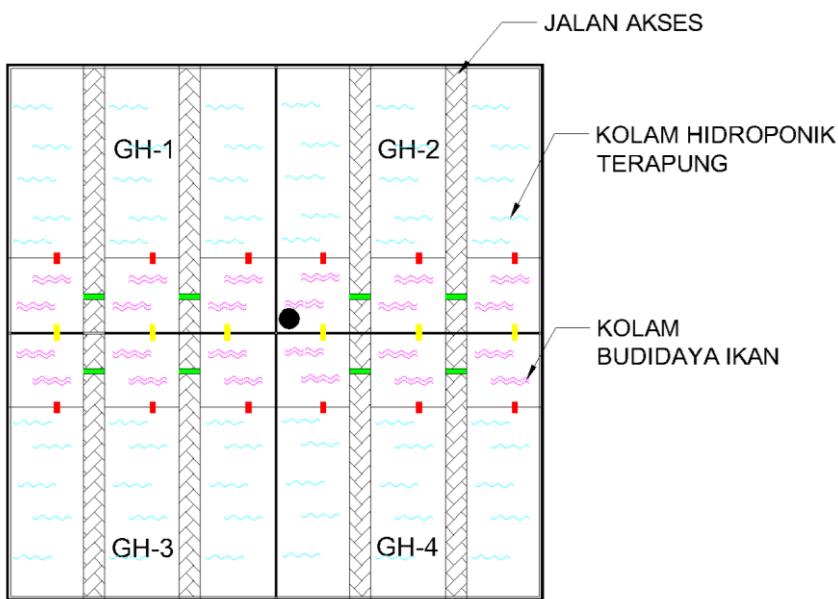
Pipa penghubung tampungan air pada *Urban Farming* bertujuan untuk mennghubungkan tampungan air hujan agar bisa digunakan secara merata pada setiap petak tersier. Tampungan air dalam sebuah *greenhouse* memiliki beberapa jumlah tampungan. Jumlah tampungan pada *greenhouse* dapat dilihat pada tabel 4.47 . Jenis pipa penghubung menggunakan pipa PVC. Skema pipa penghubung dapat dilihat pada gambar 4.42, gambar 4.43, dan gambar 4.44.



Gambar 4. 42 Potongan Melintang Skema Pipa Penghubung
Sumber; Dokumentasi Pribadi



Gambar 4. 43 Potongan Memanjang Skema Pipa Penghubung
Sumber; Dokumentasi Pribadi

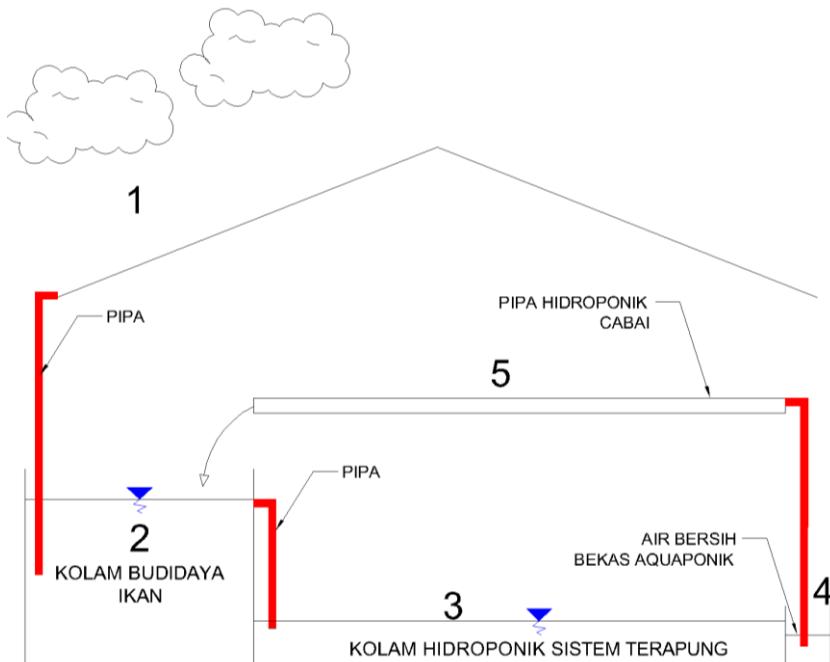


GH = GREEN HOUSE

- = Pipa antara Kolam Ikan dan Kolam Hidroponik
- = Pipa antara Kolam ikan dan Kolam ikan dalam GH
- = Pipa antara Kolam ikan dan Kolam Ikan berbeda GH
- = Pipa antara atap dan Kolam ikan

Gambar 4. 44 Tampak Atas Skema Pipa Penghubung
Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.9.11. Siklus Aliran Air dalam *Urban Farming* Made



Gambar 4. 45 Siklus Aliran Air dalam *Urban Farming* Made

Sumber; Dokumentasi Pribadi

Siklus aliran air adalah perputaran air yang berulang-ulang untuk mengairi irigasi aquaponik dan hidroponik dalam suatu *Urban Farming*. Air yang mengalir dapat membuat air yang memiliki kandungan oksigen yang bagus. Oksigen tersebut dapat membantu pertumbuhan tanaman untuk hidup. Siklus aliran air dalam *Urban Farming* Made adalah sebagai berikut;

1. Air hujan akan ditangkap oleh atap *greenhouse*. Air yang sudah dikumpulkan oleh atap akan dialirkan ke bawah melalui pipa penghubung (talang tegak). Talang tegak tersebut akan mengalirkan air ke tumpungan air (kolam budidaya ikan) dengan gaya gravitasi.
2. Air akan ditampung dalam kolam budidaya ikan. Air ini digunakan untuk membudidayakan ikan lele dengan metode bioflok. Kolam

budidaya ini juga dilengkapi aerotor untuk memberikan oksigen pada air. Ikan lele tidak akan mati karena kekurangan oksigen. Kolam budidaya ikan dihubungkan dengan kolam hidroponik terapung melalui pipa. Air bekas dari ikan lele akan diairkan ke kolam hidroponik sistem terapung dengan gaya gravitasi.

3. Air bekas lele akan ditampung di kolam hidroponik sistem terapung. Air bekas lele bisa dimanfaatkan untuk aquaponik. Kandungan air bekas lele bisa digunakan sebagai nutrisi untuk tanaman sawi. Hal ini juga bisa digunakan untuk memfilter air sebelum digunakan untuk hidroponik cabai. Air hasil aquaponik dialirkan ke tampungan menggunakan gaya gravitasi.
4. Air hasil aquaponik akan ditampung dalam sebuah tampungan berupa saluran memanjang. Air tersebut akan menjadi air yang cukup bersih. Air tersebut akan dicampur dengan pupuk AB mix yang akan digunakan sebagai hidroponik fertigasi tetes untuk tanaman cabai. Air pencampuran tersebut akan dialirkan keatas dengan menggunakan pompa.
5. Air hasil pencampuran tersebut akan dialirkan melalui pipa-pipa ke polybag tanaman cabai. Sisa air dari polybag akan di tumpang di sebuah pipa drainase dan akan dibuang ke dalam kolam budidaya ikan kembali. Air tersebut akan dialirkan kebawah dengan menggunakan gaya gravitasi.
6. Dalam kondisi meluap dimana kapasitas air hujan lebih besar daripada kapasitas tampungan air maka air dari kolam transit (air bersih bekas aquaponik) akan dialirkan ke saluran drainase menuju sumur resapan. Lihat gambar kerja pada lampiran.

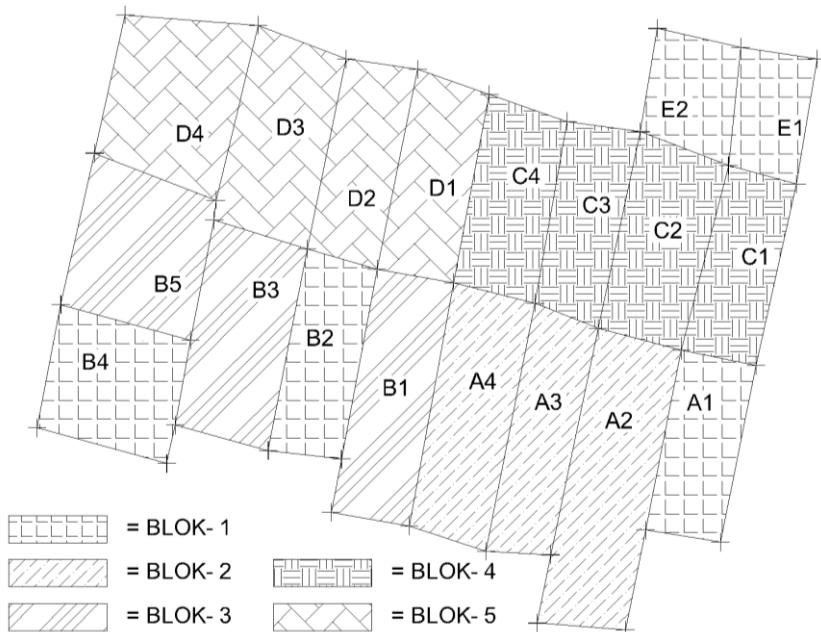
4.9.12. Pembagian Blok dan Pedoman Awal Tanam

Pembagian blok bertujuan untuk memudahkan operasi dan pemeliharaan pada masing masing petak tersier. Pedoman awal tanam bertujuan untuk memudahkan pembagian awal tanam yang disesuaikan dengan hasil optimasi pada setiap petak tersier. Pebagian blok dan pedoman awal tanam dapat dilihat pada tabel 4.48 dan gambar 4.46;

Tabel 4. 48 Blok dan Pedoman Awal tanam

No	Blok	Tanaman	Awal Tanam	Petak Tersier	Luas
1	BLOK-1	Cabai I	Nov	A1, B2 ,B4,	0.218
		Cabai II	Apr	E1, E2	
		Cabai III	Sep		
		Sawi I	Des		0.174
		Sawi II	Feb		
		Sawi III	April		
2	BLOK-2	Sawi IV	Jun		0.049
		Cabai I	Des	A2 ,A3, A4	0.211
		Cabai II	Mei		
		Cabai III	Okt		
		Sawi I	Des		0.169
		Sawi II	Feb		
3	BLOK-3	Sawi III	April		
		Cabai I	Jan	B1, B3. B5	0.201
		Cabai II	Jun		
		Sawi I	Des		0.161
		Sawi II	Feb		
		Sawi III	April		
4	BLOK-4	Cabai I	Feb	C1, C2, C3,	0.206
		Cabai II	Jul	C4	
		Sawi I	Des		0.165
		Sawi II	Feb		
		Sawi III	April		
		Sawi IV	Jun		0.046
5	BLOK-5	Cabai I	Mar	D1, D2, D3,	0.236
		Cabai II	Agu	D4	
		Sawi I	Des		0.189
		Sawi II	Feb		
		Sawi III	April		

Sumber; Perhitungan, 2020



Gambar 4. 46 Blok Petak Tersier
Sumber; Dokumentasi Pribadi

4.10. Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi bertujuan untuk mengetahui apakah proyek ini bisa atau tidak dibangun. Analisa berupa *benefit cost ratio* (BCR), *net present value* (NPV), dan *payback period* (PP).

4.10.1. Luas Tanam *Urban Farming* Made

Luas tanam pada *Urban Farming* Made hasil optimasi eksisting dan rencana dapat dilihat pada tabel 4.49 dan 4.50. Luas ini yang nantinya akan digunakan untuk menghitung hasil produksi eksisting berupa tanaman padi dan palawija (sawi). Menghitung hasil produksi rencana berupa tanaman hidroponik cabai, sawi, dan budidaya ikan lele.

Tabel 4. 49 Luas Tanam Eksisting

Awal Tanam	Padi	Sawi	Intensitas tanam
Nov	0.285	-	26.59%
Des	0.871	-	81.26%
Jan	0.798	-	74.49%
Feb	0.189	-	17.66%
Mar	-	-	0.00%
Apr	-	-	0.00%
Mei	-	0.577	53.83%
Jun	-	0.222	20.73%
Jul	-	0.034	3.14%
Agu	-	-	0.00%
Sep	0.027	-	2.47%
Okt	0.093	-	8.63%
Jumlah	2.26	0.83	288.80%

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 50 Luas Tanam Rencana

Awal Tanam	Cabai	Sawi	Intensitas tanam
Nov	0.214	-	20.00%
Des	0.214	0.858	100.00%
Jan	0.214	-	20.00%
Feb	0.214	0.858	100.00%
Mar	0.214	-	20.00%
Apr	0.214	0.858	100.00%
Mei	0.214	-	20.00%
Jun	0.214	0.095	28.84%
Jul	0.214	-	20.00%
Agu	0.214	-	20.00%
Sep	0.214	-	20.00%
Okt	0.214	-	20.00%
Jumlah	2.573	2.668	488.84%

Sumber; Perhitungan, 2020

4.10.2. Pendapatan *Urban Farming* Made

Pendapatan *urban farming* eksisting didapatkan dari hasil penjualan tanaman padi dan palawija (sawi). Sedangkan untuk *urban farming* rencana didapatkan dari penjualan cabai hidroponi, sawi

hidroponik, dan ikan lele. Hasil produksi taaman hidroponik lebih besar dari tanaman konvensional. Harga penjualan tanaman hidroponik lebih mahal dibandingkan dengan tanaman model konvesional. Hal inilah yang menghasilkan banyak pendapatan dengan sistem hidroponik.

Hasil produksi tanaman cabai dan sawi secara konvensional dapat dilihat pada tabel 4.51. Pada tabel tersebut menunjukan hasil produktifitas tanaman padi dan sayur di Kota Surabaya pada tahun 2007-2017 menurut survei dari BPS Provinsi Jawa Timur pada tahun 2018. Hasil produksi cabai dengan sistem hidroponik dapat menghasilkan 35 ton/ha. Hasil produksi sawi dengan sistem hidropinik dapat menghasilkan 50 ton/ha menurut penelitian dari Simbolon pada tahun 2011 (Moerhasianto, Pradyto, 2011).

Tabel 4. 51 Hasil produksi

Tahun	Padi	Sawi
2007	5.07	
2008	5.61	9.25
2009	5.43	8.91
2010	5.38	8.58
2011	4.87	10.06
2012	5.98	9.19
2013	5.56	9.60
2014	5.59	10.31
2015	6.35	10.00
2016	5.48	10.38
2017	5.22	11.56
Rata-Rata	5.50	9.78

Sumber; BPS Prov Jatim, 2018

Hasil produksi ikan lele dengan sistem bioflok lebih besar daripada sistem konvensional. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabe 2.1. Padat tebar dengan menggunakan sistem bioflok sebesar 1000 ekor/m³ dengan hasil panen sebesar 93 kg/m³. Dalam proyek ini ada 2 model kolam ikan yang bisa dimanfaatkan. Kolam budidaya ikan dengan tinggi 1,3 meter dan kolam hidroponik sawi. Pada kolam budidaya ikan menghasilkan 4 siklus per tahun, sedangkan pada kolam hidroponik sawi hanya 2 siklus per tahun. Hal ini dikarenakan kolam hidroponik sawi dimanfaatkan untuk menanam sawi selama 6 bulan dengan sistem hidroponik terapung yang mana kolam akan ditutup

dengan *styrofoam*. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.52, tabel 4.53, dan tabel 4.54

Tabel 4. 52 Hasil Produksi Ikan Lele pada Kolam Ikan

No	Komponen	satuan	Nilai
1	Luas	ha	1
		m ²	10000
2	Luas kolam (10% dari Luas Total)	m ²	1000
3	Tinggi air Kolam	m	1.1
4	Volume Kolam	m ³	1100
5	Padat tebar	ekor/m ³	1000
6	Hasil Panen Ikan	kg/m ³	93
7	Total Ikan	ekor/Ha	1100000
8	Total	Kg/Ha	102300
		Ton/Ha	102.3
9	Pertahun	Siklus	4
10%	mati	Ton/Ha	368.28

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 53 Hasil Produksi Ikan Lele pada Kolam Hidroponik Sawi

No	Komponen	satuan	Nilai
1	Luas	ha	1
		m ²	10000
2	Luas kolam (80% dari Luas Total)	m ²	8000
3	Tinggi air Kolam	m	0.3
4	Volume Kolam	m ³	2400
5	Padat tebar	ekor/m ³	1000
6	Hasil Panen Ikan	kg/m ³	93
7	Total Ikan	ekor/Ha	2400000
8	Total	Kg/Ha	223200
		Ton/Ha	223.2
9	Pertahun	Siklus	2
10%	mati	Ton/Ha	401.76

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 54 Pendapatan Urban Farming Made

No	Kondisi	Hasil Produksi	Luas Tanam	Harga Per Kg	Total
		(ton/Ha)	(Kg/Ha)	(Ha)	(Rp.)
A	Eksisting				
1	Padi	5.50	5,503.64	2.263	6,500.00
2	Sawi	9.78	9,784.00	0.833	7,000.00
B	Jumlah				137,999,785.75
C	Rencana				
1	Cabai	35.00	90,048.00	2.573	30,000.00
2	Sawi	50.00	133,377.87	2.668	16,000.00
3	Ikan Lele				
-	pd kolam Ikan	331.45	355,316.54	1.072	15,000.00
-	Pd Kolam				
	Sawi	401.76	430,686.72	1.072	15,000.00
D	Jumlah				16,625,534,956.38

Sumber; Perhitungan, 2020

4.10.3. Biaya (*Cost*)

Biaya (*cost*) eksisting didapatkan dari biaya tetap untuk tenaga kerja dan biaya variabel. Biaya tetap untuk tenaga kerja dapat dilihat pada tabel 4.55 dan biaya varibel dapat dilihat pada tabel 4.56. Biaya tenaga kerja yang diperlukan sebesar Rp. 109.457.684,99. Biaya untuk sewa lahan sebesar Rp. 5.360.000,00. Biaya variabel yang harus dikeluarkan per tahun sebesar Rp. 12.041.912,91. Jadi total Biaya eksisting sebesar 126,859,597,90

Biaya (*cost*) rencana didapatkan dari biaya tetap untuk tenaga kerja, biaya tetap untuk penyusutan, dan biaya variabel. Biaya tetap untuk tenaga kerja rencana dapat dilihat pada tabel 4.56, biaya penyusutan dapat dilihat pada tabel 4.568, dan biaya varibel dapat dilihat pada tabel 4.57. Biaya tetap untuk tenaga kerja Rp. 1.168.694.400,00. Biaya tetap untuk penyusutan *greenhouse*, peralatan, Saluran irigasi, sewa lahan, dan biaya listri sebesar Rp. 375.010.396,27. Biaya variabel perhatun sebesar Rp. 5.291.036.533,29. Jadi total biaya rencana yang dikelurakn sebesar Rp. 6.834.741.329,56

Tabel 4. 55 Biaya Tetap Tenaga Kerja Eksisting

Jenis Kegiatan	Satuan	Volume	Luas	Harga Satuan	Total harga
A. TANAMAN PADI			(ha)	(Rp.)	(Rp.)
1 Persemaian	HKO/Ha	3.00	2.263	42,000.00	7,128,647.38
2 Penyiapan lahan		-			
a. Manusia	HKO/Ha	10.00	2.263	42,000.00	23,762,157.93
3 Penanaman	HKO/Ha	10.00	2.263	21,000.00	11,881,078.96
4 Pemeliharaan	HKO/Ha	30.00	2.263	21,000.00	35,643,236.89
5 Panen	Ha	1.00	2.263	525,000.00	29,702,697.41
6 Pasca Panen	HKO/Ha	12.00	2.263	21,000.00	570,291.79
Jumlah A					108,688,110.35
B TANAMAN SAWI					
1 Persemaain &					
Penyiapan lahan	HKO/Ha	6.00	0.833	42,000.00	209,883.99
2 Penanaman	HKO/Ha	7.50	0.833	21,000.00	131,177.50
3 Pemeliharaan	HKO/Ha	6.00	0.833	21,000.00	104,942.00
4 Panen	Ha	0.50	0.833	525,000.00	218,629.16
5 Pasca Panen	HKO/Ha	6.00	0.833	21,000.00	104,942.00
Jumlah B					769,574.64
C Total Padi dan Sawi					109,457,684.99

Tabel 4. 56 Biaya Tetap Tenaga Kerja Rencana

Jenis Kegiatan	Satuan	Volum e	Jumlah Bulan	Luas	Harga Satuan	Total harga
A. Kebutuhan Tenaga Kerja						
1 Persemaian, Penyiapan lahan, Penanaman, & Pemeliharaan	HKO/Ha	8.00	12.00	1.072	125,000.00	321,600,000.00
2 Panen	HKO/Ha	6.00	12.00	1.072	125,000.00	241,200,000.00
3 Pasca Panen	HKO/Ha	8.00	12.00	1.072	125,000.00	321,600,000.00
4 Pengawas	BKO/Ha	3.00	12.00	1.072	4,200,000.00	162,086,400.00
5 Manajer Produksi	BKO/Ha	1.00	12.00	1.072	5,000,000.00	64,320,000.00
6 Asisten Manajer Produksi	BKO/Ha	1.00	12.00	1.072	4,500,000.00	57,888,000.00
Jumlah						1,168,694,400.00

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 57 Biaya Variabel Eksisting

Jenis Kegiatan	Satuan	Volume	Luas	Harga Sat	Total Harga
A Tanaman PADI					
1 Bibit	Kg/Ha	20.00	2.26	6,300.00	285,145.90
2 Pupuk/Nutrisi :					
- Urea	Kg/Ha	290.00	2.26	9,000.00	5,906,593.54
- TSP	Kg/Ha	95.00	2.26	7,000.00	1,504,936.67
3 Pestisida					
- Diazinon	Lt/Ha	1.00	2.26	80,000.00	181,045.01
- Matador	Lt/Ha	1.00	2.26	240,500.00	544,266.57
- Racumin	Ons/Ha	1.00	2.26	100,000.00	226,306.27
Jumlah					8,648,293.95
B Tanaman SAWI					
1 Bibit	Kg/Ha	25.00	0.83	120,000.00	2,498,618.96
2 Pupuk/Nutrisi :					
- Urea	Kg/Ha	45.00	0.83	9,000.00	405,000.00
- TSP	Kg/Ha	70.00	0.83	7,000.00	490,000.00
Jumlah					3,393,618.96
C TOTAL					
12,041,912.91					

sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 58 Biaya Variabel Rencana

Jenis Kegiatan	Satuan	Volume	Luas	Harga Sat	Total Harga
A Tanaman Cabai					
1 Bibit	Pcs/Ha	7,172.57	2.57	65.00	1,199,484.00
2 Media Tanam	kg	358,628.73	2.57	2,000.00	1,845,360,000.00
Jumlah					1,846,559,484.00
B Tanaman Sawi					
1 Bibit	Kg/Ha	0.60	2.67	120,000.00	192,064.14
2 Rockwool	Pcs	88,889.00	2.67	100.00	23,711,651.82
Jumlah					23,903,715.96
C Ikan Lele					
1 Bibit	Ek	3,500,000.00	1.07	125.00	469,000,000.00
2 Pakan	Kg	280,000.00	1.07	8,200.00	2,461,312,000.00
3 Probiotik	Ltr	933.33	1.07	25,000.00	25,013,333.33
4 Molase	Ltr	23,333.33	1.07	6,000.00	150,080,000.00
5 Tepung Terigu	Kg	46,666.67	1.07	6,000.00	300,160,000.00
6 Premix	Kg	46.67	1.07	250,000.00	12,506,666.67
7 Desinfektan	Btl	233.33	1.07	10,000.00	2,501,333.33
Jumlah					3,420,573,333.33
D TOTAL					
2,645,518,266.65					

Sumber; Perhitungan, 2020

Tabel 4. 59 Biaya Penyusutan Rencana

N o	Uraian	Sat uan	Volume	Harga Satuan	Biaya total	umur (thn)	Penyusutan/th n
I	Sewa Lahan	m2	10,720.00	500.00	5,360,000.00	1.00	5,360,000.00
II	Biaya Listrik		1.00	1,800,000.00	1,800,000.00	1.00	1,800,000.00
II	Penyusutan GH	m2	9,561.03	39,000.00	372,880,201.20	4.00	93,220,050.30
IV	Penyusutan Sarana Irigasi				-		
	1 Cabai				-		
	- Mesin Pompa	Pcs	19.00	350,000.00	6,650,000.00	2.00	3,325,000.00
	- Pipa	m2	8,483.20	9,000.00	76,348,770.03	5.00	15,269,754.01
	Paralon/inlet						
	- Rak tanam (bambu)	m2	8,483.20	19,500.00	165,422,335.07	4.00	41,355,583.77
	- Polybag	Pcs	7,172.57	850.00	6,096,688.43	1.00	6,096,688.43
	2 Sawi				-		
	- Styrofoam	m2	8,483.20	13,500.00	114,523,155.05	2.00	57,261,577.52
	Total				-		123,308,603.73
VI	Penyusutan Kolam Ikan dan hidroponik sawi				-		
	1 Kerangka Bambu	m2	12,608.62	19,500.00	245,868,146.98	4.00	61,467,036.75
	2 Terpal	m2	12,608.62	14,000.00	176,520,720.91	2.00	88,260,360.46
	Total				-		149,727,397.20
VI	Penyusutan Fasilitas						
	1 Jalan akses						
	- Pasang Pavin	m2	181.90	97,700.00	17,771,630.00	25.00	710,865.20
	- Pasir urug	m3	9.10	214,820.00	1,953,787.90	25.00	78,151.52
	2 Drainase				-		
	- Gal. Tanah	m3	14.55	50,320.00	732,256.64	2.00	366,128.32
	3 Sumur Resapan				-		
	- Buis Beton	Pcs	24.00	457,500.00	10,980,000.00	25.00	439,200.00
	Total				-		1,594,345.04

Sumber; Perhitungan, 2020

4.10.4. Rekapitulasi dan Analisa Ekonomi

Pendapatan eksisting sebesar Rp. 137.999.785,75 sedangkan Pendapatan rencana sebesar Rp. 16.625.534.956,38. Biaya eksisting yang dikeluarkan sebesar Rp. 126.859.597,90 sedangkan biaya rencana sebesar Rp. 6.834.741.329,56. Keuntungan eksisting sebesar Rp. 11.140.187,85 sedangkan keuntungan rencana sebesar Rp. 9.790.793.626,82.

Analisa ekonomi menggunakan metode *benefit cost ratio* (BCR) eksisting dan rencana masing-masing sebesar 0,09 dan 1,43. *Benefit cost ratio* eksisting tidak memenuhi syarat dikarenakan kurang dari 1 (<1),

sedangkan rencana memenuhi syarat karena melebihi dari 1 (>1). Analisa dengan metode *net present value* (NPV) eksisting dan rencana masing-masing sebesar Rp.-115.719.410,06 dan Rp. 2.956.052.297,26. NPV pada eksisting bernilai negatif dan tidak memenuhi syarat (<0). Analisa metode *payback period* (PP) eksisting membutuhkan 12,39 tahun untuk kembali modal dan rencana membutuhkan 1,7 tahun. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.60

Tabel 4. 60 Rekapitulasi Nilai Ekonomi

No	Komponen	Exsiting	Rencana	Ket.
A Pendapatan				
1	Padi	80,957,980.65	-	
2	Sawi	57,041,805.10	-	
3	Cabai Hidroponik	-	2,701,440,000.00	
4	Sawi Hidroponik	-	2,134,045,996.38	
5	Ikan Lele			
	pd kolam Ikan	-	5,329,748,160.00	
	Pd Kolam Sawi		6,460,300,800.00	
	Total	137,999,785.75	16,625,534,956.38	
B Biaya Tetap				
1	Sewa Lahan	5,360,000.00	5,360,000.00	
2	Biaya Listrik	-	1,800,000.00	
3	Penyusutan GH	-	93,220,050.30	
4	Penyusutan Sarana Irigasi	-	123,308,603.73	
5	Penyusutan Kolam Ikan dan hidroponik sawi	-	149,727,397.20	
6	Penyusutan Fasilitas	-	1,594,345.04	
7	Tenaga Kerja	109,457,684.99	1,168,694,400.00	
	Total	114,817,684.99	1,543,704,796.27	
C Biaya Variabel				
D	Cost (B+D)	126,859,597.90	6,834,741,329.56	
E	Benefit (A-C)	11,140,187.85	9,790,793,626.82	
F	BCR (E/D)	0.09	1.43	diterima
G	NPV	(115,719,410.06)	2,956,052,297.26	diterima
I	PP	12.39 Tahun	1.7 Tahun	

sumber; Perhitungan, 2020

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan pada tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut;

- a. Nilai evapotranspirasi potensial harian (Eto) metode Stanghellini (*indoor*) lebih rendah daripada evapotranspirasi metode potensial harian (Eto) Penman Modifikasi (*outdoor*).
- b. Optimasi eksisting menghasilkan intensitas tanam sebesar 289% dengan pola tanam Padi-Palawija-Palawija, sedangkan optimasi rencana (opsi 1- cabai 1 dan sawi 1) menghasilkan intensitas tanam sebesar 240% dengan pola tanam Palawija-Palawija untuk hidroponik tingkat atas dan intensitas tanam sebesar 311% dengan pola tanam Palawija-Palawija untuk hidroponik tingkat bawah.
- c. Kebutuhan air rencana sebesar $3,63 \times 10^6$ liter sedangkan ketersediaan tampungan air total sebesar $3,75 \times 10^6$ liter (kolam ikan sebesar $1,18 \times 10^6$ liter dan kolam hidroponik herbung sebesar $2,57 \times 10^6$ liter). Sehingga menghasilkan defisit air sebesar $+ 0,12 \times 10^6$ liter.
- d. Pendapatan eksisting sebesar Rp. 137.999.785,75 sedangkan Pendapatan rencana sebesar Rp. 16.625.534.956,38. Biaya eksisting yang dikeluarkan sebesar Rp. 126.859.597,90 sedangkan biaya rencana sebesar Rp. 6.834.741.329,56. Keuntungan eksisting sebesar Rp. 11.140.187,85 sedangkan keuntungan rencana sebesar Rp. 9.790.793.626,82.
- e. Nilai *benefit cost ratio* (BCR) eksisting dan rencana masing-masing sebesar 0,09 dan 1,43. Nilai *net present value* (NPV) eksisting dan rencana masing-masing sebesar Rp.-115.719.410,06 dan Rp. 2.956.052.297,26. dan nilai *payback period* (PP) eksisting membutuhkan 12,39 tahun untuk kembali modal dan rencana membutuhkan 1,7 tahun.

5.2. Saran

Saran pada tugas akhir terapan ini adalah sebagai berikut;

- a. Dalam tugas akhir terapan ini tidak diperhitungkan titik layu tanaman. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang titik layu

tanaman cabai dan sawi agar dapat mengefisiensikan volume *reservoir* sehingga hasil panen menjadi lebih banyak.

- b. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang potensi penggunaan air tanah pada wilayah tersebut sebagai salah satu sumber air sehingga dapat mengefisiensikan volume *reservoir*.
- c. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang presentase luas kolam ikan, luas kolam hidroponik sawi, dan luas hidroponik cabai yang lebih optimal. Penulis hanya mengansumsikan 10% luas kolam ikan, 80% luas kolam hidroponik sawi, dan 100% luas hidroponik cabai.
- d. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang pola tanam selain cabai dan sawi yang bisa menggunakan sistem irigasi tersebut agar sayur dan buah yang dihasilkan bervariasi untuk memenuhi kebutuhan sayur dan buah di Kota Surabaya.
- e. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang berapa kotoran yang dihasilkan ikan yang kemudian akan diserap oleh tanaman dalam sistem aquaponik. Sehingga kebutuhan nutrisi tanaman bisa sepenuhnya disuplai dari kotoran ikan tersebut.
- f. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut tentang potensi sumber listrik (panel surya dan tenaga angin) untuk memenuhi kebutuhan listrik irigasi (pompa, lampu, alat pengukur suhu, pengukur PH dll)
- g. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk pola tanam, pola operasi, pola pemeliharaan berbasis web ataupun android untuk memudahkan petani. Selain itu guna menarik perhatian dari kaum millenial untuk terjun dalam bidang pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. 2019. Kota Surabaya Dalam Angka 2009 s.d 2019. Surabaya.
- BPS Provinsi Jawa Timur. 2018. Produktifitas Padi dan Sayur menurut Kabupaten/ Kota di Jawa Timur pada 2007 - 2017
- Dewi, RR. 2016. *Arahan Peningkatan Pengelolaan Program Urban Farmingdi Kelurahan Made Kecamatan Sambikerep Surabaya*. Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota Volume 5 No 2. Hal C203 - C208. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI. 2013a. *Standar Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan KP-01 Perencanaan Jaringan Irigasi*.
- Direktorat Jenderal Sumber Daya Air RI. 2013b. *Standar Perencanaan Irigasi. Kriteria Perencanaan KP-03 Saluran*.
- Direktorat Produksi dan Usaha Budidaya KPP RI. 2017. *Budidaya Ikan Lele Sistem Biofok*. Buku Saku. Jakarta.
- FAO. 2014. *Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming*. Roma.
- Golden Software. 2017. *Surfer Full users Guide*. Colorado.
- Lade, Omolara. Dkk. 2013. *Assessment of Rainwater Harvesting Potential in Ibadan, Nigeria*. Environ. Eng. Res. 2013 June.18(2) : 91-94. West Midlands:School of Technology. University of Wolverhampton.
- Mediawan, Yudha. 2018. *Modul 3 Analisis Hidrologi dan Sedimen*. Modul Pelatihan Perencanaan banguna Sabo tahun 2018. Bandung; Kementrian PUPR
- Moerhasrianto, Pradyto, 2011, Respon Pertumbuhan Tiga Macam Sayuran Pada berbagai konsentrasi nutrisi larutan hidroponik, Skripsi, Jember: Universitas Jember
- Mpusia, Peter. 2006. *Comparison of Water Consumption between Greenhouse and Outdoor Cultivation*. Thesis. Enschede:International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation.
- Muharomah, Riani. 2017. *Analisis Laju Konsumsi Air Tanaman Selada Pada Teknologi Hidroponik Sistem Terapung Dalam Rumah Tanaman*. Thesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor

- Ulfa, Azura. 2016. *Perhitungan Kinerja Waduk Dan Evaluasi Kapasitas Waduk Ngancar Batuwarno*. Wonogiri. Jawa Tengah. Jurnal Bumi Indonesia Volume 5. Nomer 4 Tahun 2016. Yogyakarta : UGM
- UPT PSA WS Buntung Peketingan Surabaya. 2019. -. Surabaya.
- Pratama, Y . Dkk. 2017. *Rencana operasi pltm pada waduk tukul pacitan dengan mempertimbangkan kebutuhan air optimum untuk irigasi dan air baku tahun 2042*. Tugas Akhir. Surabaya:Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Republika.co.id. 2016. <https://www.republika.co.id/berita/nasional/daerah/16/03/17/o46sc0284-lahan-pertanian-di-surabaya-menyusut> diakses pada tanggal 19 Desember 2018 Pukul 20.44.
- Rohmah, Laela Nur. Dkk. 2018. *Pengaruh Media Tanam Dan Sistem Fertigasi Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Cabai Rawit (Capsicum Frustescens L.) Secara Semi Hidroponik*. Jurnal Ilmiah Agroust Vol 2. No 1 Tahun 2018. Yogyakarta: Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa
- Setyawaty, Lya dkk. 2014. *Penampungan Air Hujan*. Modul Sosialisasi dan Diseminasi Standar Pedoman dan Manual. Bandung: Puskim Balitbang Kementerian Pekerjaan Umum.
- Sibarani, Briza. 2015. *Pengembangan Sistem Monitoring Lingkungan Biofisik Padi Sawah dengan Berbagai Sistem Irigasi*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- SNI 2415-2016 Tata cara perhitungan debit banjir rencana
- SNI 8456:2017 Sumur dan parit resapan air hujan.
- Swastika, Sri dkk. 2017. *Budidaya Sayuran Hidroponik (Bertanam Tanpa Media Tanah)*. Buku Petunjuk Teknik. Pekanbaru: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Balitbangtan Riau.
- Wibowo, Suryo Adhi. 2018. *Pengaruh Pemberian Naungan Dengan Intensitas Cahaya Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Berbagai Jenis Tanaman Sawi (Brassica Juncea L)*. Jurnal Ilmih Agroust Vol 2. No. 1 Tahun 2018. Yogyakarta:Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa .

BIOGRAFI PENULIS



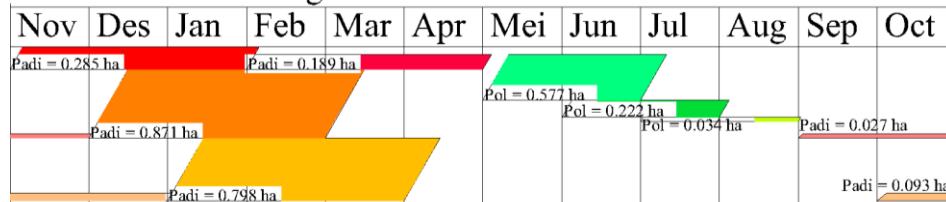
Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 18 Januari 1996 di Surabaya. Pendidikan formal yang pernah ditempuh adalah Program Studi D3 Teknik Sipil Fakultas Vokasi Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS pada tahun 2014-2017. Terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 3114030040 serta mengambil bidang studi konsentrasi Bangunan Air. Lulus dengan IPK 3,58 (*Cum laude*). Penulis melanjutkan pada D4 Teknik Sipil Lanjut Jenjang, Fakultas Vokasi Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS pada tahun 2018-2020. Terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 10111815000014. Penulis pernah mengikuti Program Magang Mahasiswa Bersertifikat (PMMB) di PT. Adhi Karya (persero) selama 6 bulan pada proyek Rehabilitasi Jaringan Irigasi D.I Gumbasa, Kabupaten Sigi, Provinsi Sulawesi Tengah.

Email : ch.anwar1@gmail.com
choirulbudiono@gmail.com

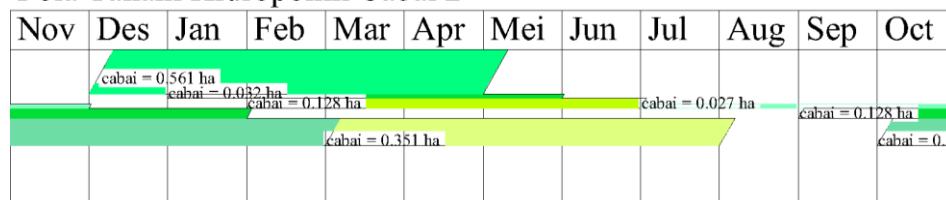
Linked In : *Choirul Anwar*

LAMPIRAN

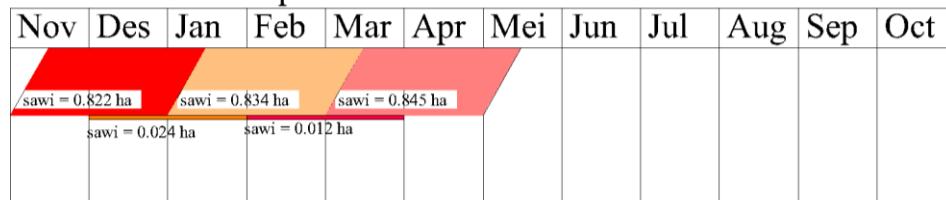
Pola Tanam Eksisting



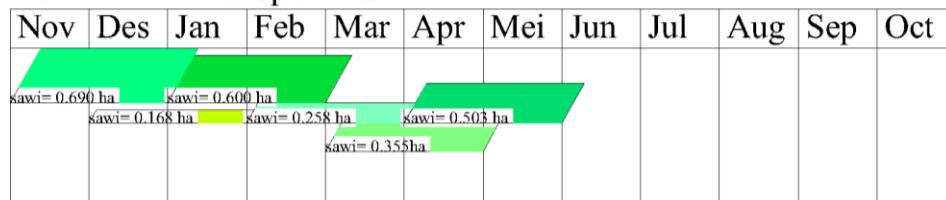
Pola Tanam Hidroponik Cabai 2



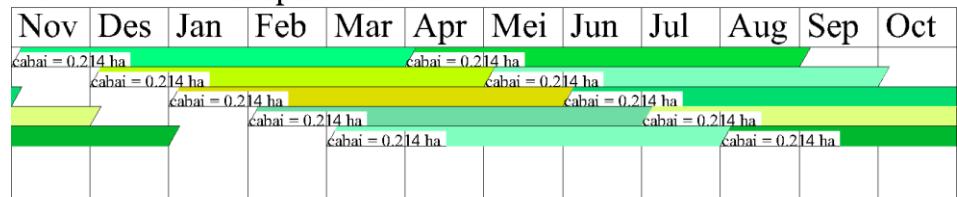
Pola Tanam Hidroponik Sawi 2



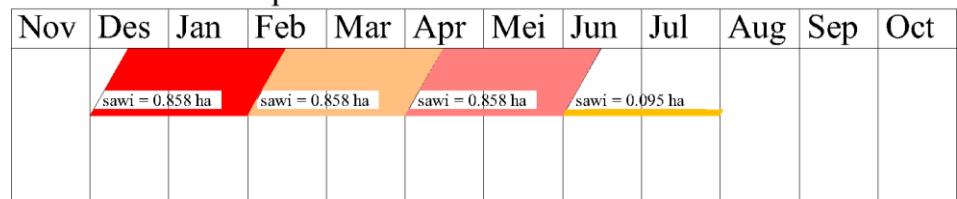
Pola Tanam Hidroponik Sawi 4



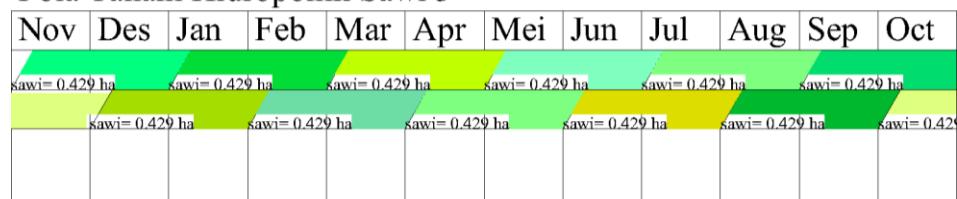
Pola Tanam Hidroponik Cabai 1



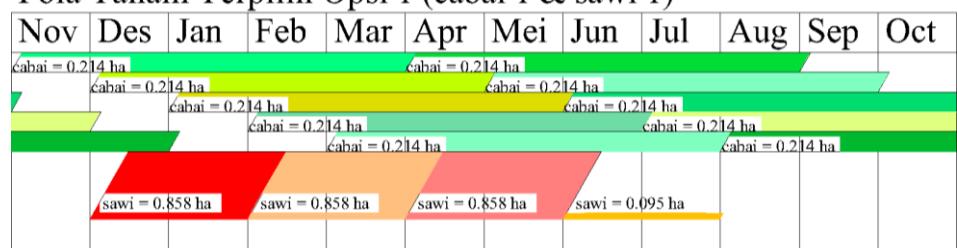
Pola Tanam Hidroponik Sawi 1



Pola Tanam Hidroponik Sawi 3



Pola Tanam Terpilih Opsi 1 (cabai 1 & sawi 1)

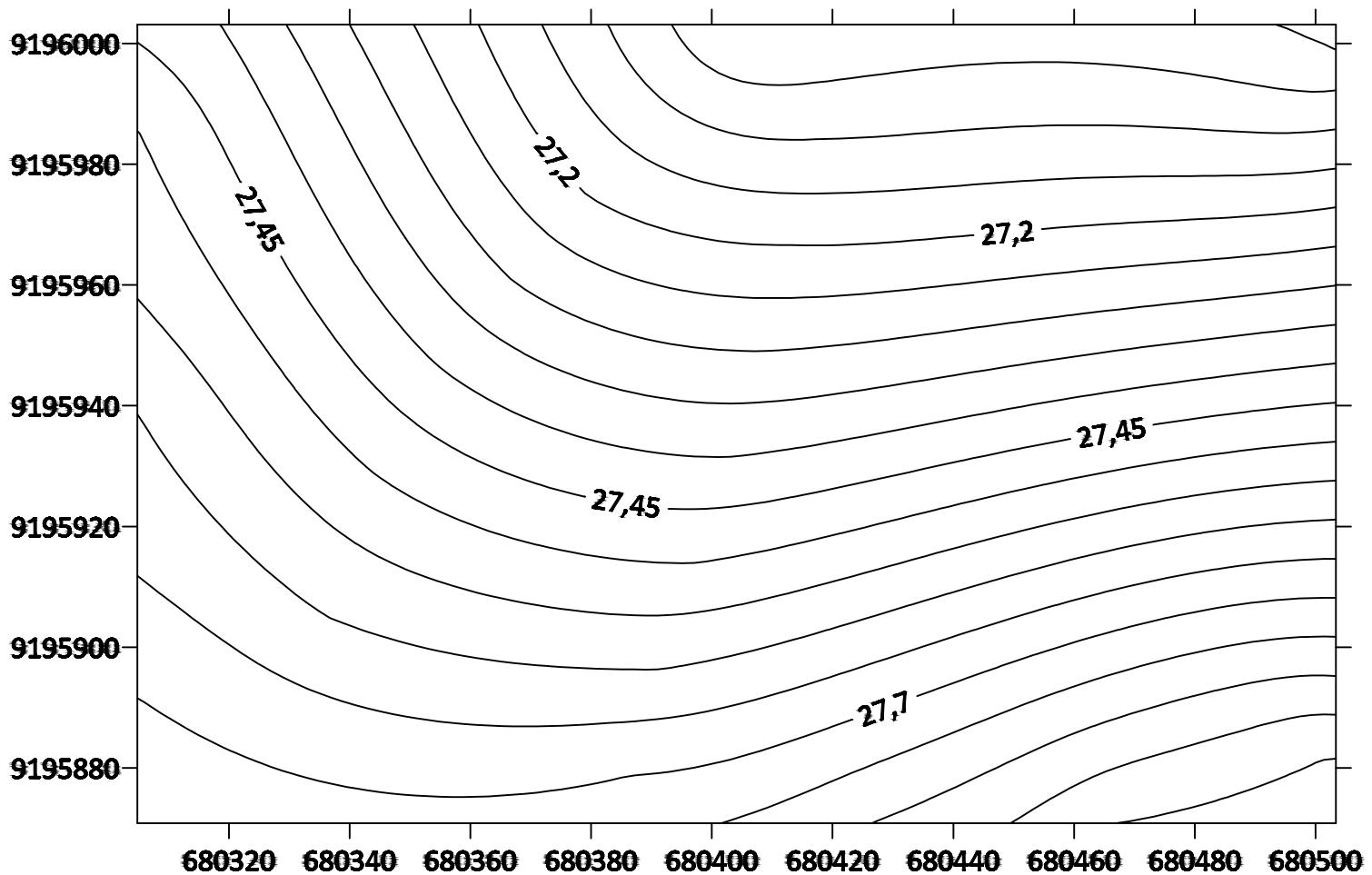


Desain GreenHouse masing-masing Petak Tersier

No	Uraian	Satuan	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	E1	E2
I Petak Tersier																					
1	Panjang (P _{pt})	m	33.19	52.60	42.65	46.62	45.55	35.61	37.84	23.13	28.64	34.42	35.17	37.05	34.01	35.34	37.65	35.73	33.16	21.91	23.33
2	Lebar (L _{pt})	m	14.08	15.58	12.53	15.48	14.32	13.20	17.96	23.99	24.78	14.08	15.58	12.53	15.48	14.32	13.20	17.96	24.78	14.28	15.70
3	Luas (A _{pt})	m ²	467.32	819.51	534.40	721.68	652.28	470.05	679.61	554.89	709.70	484.63	547.95	464.24	526.47	506.07	496.98	641.71	821.70	312.87	366.28
II Jalan Akses didalam Green House																					
Diketahui;																					
1	Luas Jalan Rencana (10% Luas)	m ²	46.73	81.95	53.44	72.17	65.23	47.01	67.96	55.49	70.97	48.46	54.79	46.42	52.65	50.61	49.70	64.17	82.17	31.29	36.63
2	Panjang Jalan Total	m	33.19	52.60	42.65	46.62	45.55	35.61	37.84	23.13	28.64	34.42	35.17	37.05	34.01	35.34	37.65	35.73	33.16	21.91	23.33
3	Lebar Jalan Total	m	1.41	1.56	1.25	1.55	1.43	1.32	1.80	2.40	2.48	1.41	1.56	1.25	1.55	1.43	1.32	1.80	2.48	1.43	1.57
4	Jarak Antara cabai	m	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
5	Jumlah Jalan	Jalur	2.35	2.60	2.09	2.58	2.39	2.20	2.99	4.00	4.13	2.35	2.60	2.09	2.58	2.39	2.20	2.99	4.13	2.38	2.62
Rencana;																					
6	Jumlah Jalan digunakan	Jalur	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	3.00	2.00	2.00
7	Panjang Jalan (P _j)	m	33.19	52.60	42.65	46.62	45.55	35.61	37.84	23.13	28.64	34.42	35.17	37.05	34.01	35.34	37.65	35.73	33.16	21.91	23.33
8	Lebar Jalan (L _j)	m	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
9	Luas Jalan (A _j)	m ²	56.42	89.42	72.51	79.25	77.44	60.54	64.33	58.98	73.03	58.51	59.79	62.99	57.82	60.08	64.01	60.74	84.56	37.25	39.66
10	Prosentase Jalan/Luas		12%	11%	14%	11%	12%	13%	9%	11%	10%	12%	11%	14%	11%	12%	13%	9%	10%	12%	11%
III Kolam Ikan dalam Green House																					
Diketahui;																					
1	Total Luas Kolam Ikan (10% Luas)	m ²	46.73	81.95	53.44	72.17	65.23	47.01	67.96	55.49	70.97	48.46	54.79	46.42	52.65	50.61	49.70	64.17	82.17	31.29	36.63
2	Lebar Kolam	m	12.38	13.88	10.83	13.78	12.62	11.50	16.26	21.44	22.23	12.38	13.88	10.83	13.78	12.62	11.50	16.26	22.23	12.58	14.00
Rencana;																					
3	Jumlah Kolam Ikan	Buah	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00
4	Luas Kolam (A _k)	m ²	15.58	27.32	17.81	24.06	21.74	15.67	22.65	13.87	17.74	16.15	18.26	15.47	17.55	16.87	16.57	21.39	20.54	10.43	12.21
5	Panjang Kolam (P _k)	m	3.77	5.90	4.93	5.24	5.17	4.09	4.18	2.59	3.19	3.91	3.95	4.29	3.82	4.01	4.32	3.95	3.70	2.49	2.62
6	Lebar Kolam (L _k)	m	4.13	4.63	3.61	4.59	4.21	3.83	5.42	5.36	5.56	4.13	4.63	3.61	4.59	4.21	3.83	5.42	5.56	4.19	4.67
7	Tinggi Kolam (h _k)	m	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
8	Tinggi air Kolam (h _{ka})	m	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
9	Volume Kolam (V _k)		51.40	90.15	58.78	79.38	71.75	51.71	74.76	61.04	78.07	53.31	60.27	51.07	57.91	55.67	54.67	70.59	90.39	34.42	40.29

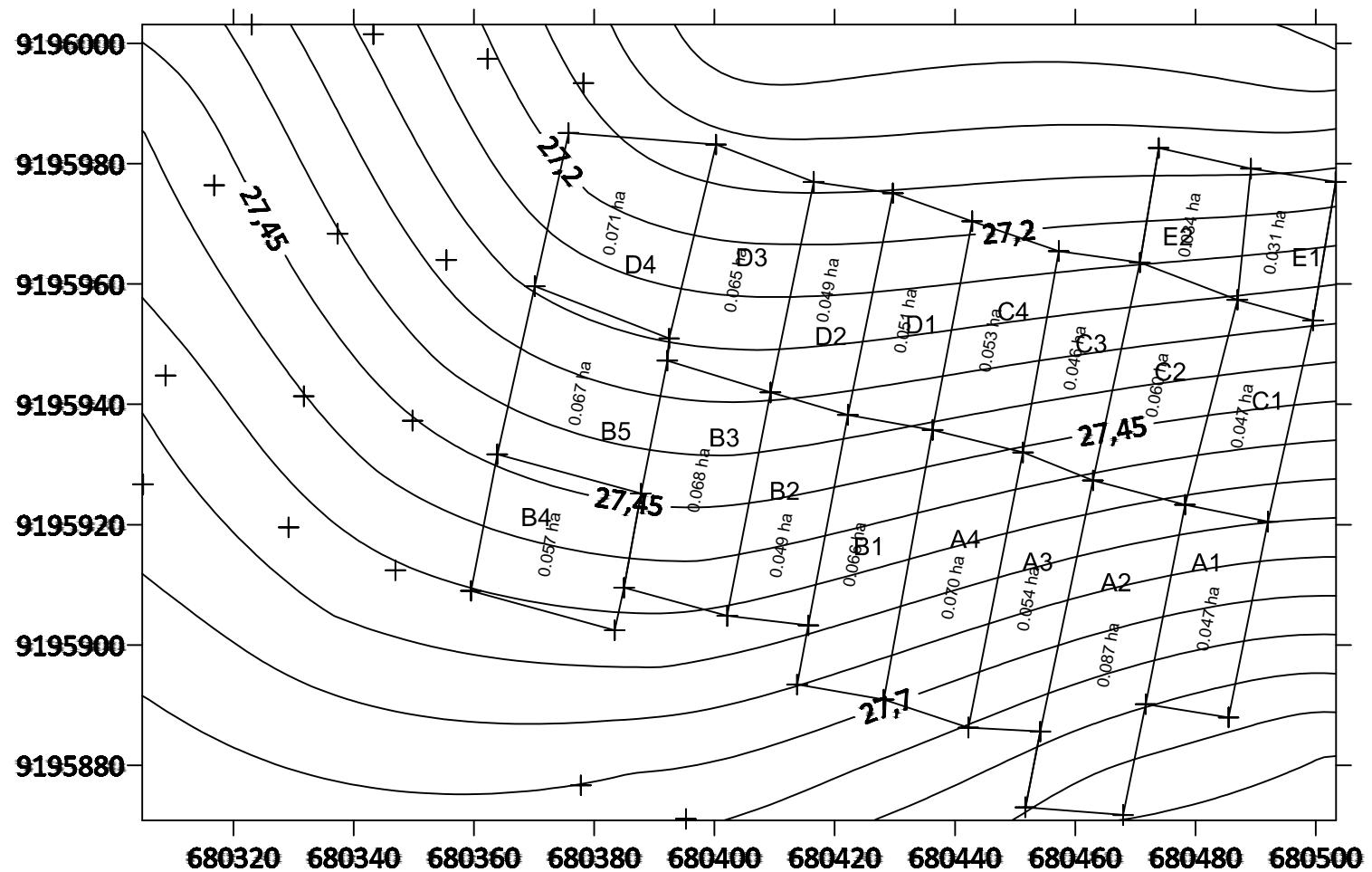
Desain GreenHouse masing-masing Petak Tersier (Lanjutan)

No	Uraian	Satuan	A1	A2	A3	A4	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	D4	E1	E2
IV Kolam Sawi Hidroponik (THST) dalam Green House																					
Diketahui;																					
1 Total Luas Klm Sawi(80%	m ²	373.85	655.61	427.52	577.34	521.82	376.04	543.69	443.91	567.76	387.71	438.36	371.39	421.18	404.86	397.58	513.37	657.36	250.30	293.02	
2 Total Luas Kolam Sawi digunakan (L - L jalan)	m ²	364.16	648.14	408.46	570.26	509.61	362.51	547.32	440.42	565.70	377.66	433.36	354.83	416.01	395.38	383.28	516.80	654.98	244.34	289.99	
3 Lebar Kolam Sawi	m	12.38	13.88	10.83	13.78	12.62	11.50	16.26	21.44	22.23	12.38	13.88	10.83	13.78	12.62	11.50	16.26	22.23	12.58	14.00	
Rencana;																					
4 Jumlah Kolam Sawi	Buah	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	
5 Luas Kolam sawi (A _{ks})	m ²	121.39	216.05	136.15	190.09	169.87	120.84	182.44	110.10	141.42	125.89	144.45	118.28	138.67	131.79	127.76	172.27	163.74	81.45	96.66	
6 Panjang Kolam sawi (P _{ks})	m	29.42	46.70	37.72	41.38	40.38	31.52	33.66	20.54	25.45	30.51	31.22	32.76	30.19	31.33	33.33	31.78	29.46	19.42	20.71	
7 Lebar Kolam sawi (L _{ks})	m	4.13	4.63	3.61	4.59	4.21	3.83	5.42	5.36	5.56	4.13	4.63	3.61	4.59	4.21	3.83	5.42	5.56	4.19	4.67	
8 Tinggi Kolam sawi (h _{ks})	m	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
9 Tinggi air Kolam sawi (h	m	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	
10 Volume Kolam sawi (V _{ks})	m ³	109.25	194.44	122.54	171.08	152.88	108.75	164.20	132.13	169.71	113.30	130.01	106.45	124.80	118.62	114.98	155.04	196.49	73.30	87.00	
V Volume Total Kolam	m³	160.65	284.59	181.32	250.46	224.63	160.46	238.95	193.16	247.78	166.61	190.28	157.51	182.72	174.28	169.65	225.63	286.88	107.72	127.29	
VI Tanaman Cabai (Hidroponik Fertigasi Tetes)																					
Diketahui ;																					
1 Total Luas cabai (100% L)	m ²	467.32	819.51	534.40	721.68	652.28	470.05	679.61	554.89	709.70	484.63	547.95	464.24	526.47	506.07	496.98	641.71	821.70	312.87	366.28	
2 Total Luas Cabai digunakan	m ²	364.16	648.14	408.46	570.26	509.61	362.51	547.32	440.42	565.70	377.66	433.36	354.83	416.01	395.38	383.28	516.80	654.98	244.34	289.99	
3 Polybag (40 cm x 50 cm)	m	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	
	m	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	
4 Jarak antar cabai	m	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	
Rencana;																					
5 Jumlah Kolam	Buah	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	4.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	4.00	3.00	3.00	
6 Panjang irigasi Cabai (P _c)	m	29.42	46.70	37.72	41.38	40.38	31.52	33.66	20.54	25.45	30.51	31.22	32.76	30.19	31.33	33.33	31.78	29.46	19.42	20.71	
7 Lebar irigasi Cabai (L _c)	m	12.38	13.88	10.83	13.78	12.62	11.50	16.26	21.44	22.23	12.38	13.88	10.83	13.78	12.62	11.50	16.26	22.23	12.58	14.00	
8 Lebar irigasi Cabai per klm	m	4.13	4.63	3.61	4.59	4.21	3.83	5.42	5.36	5.56	4.13	4.63	3.61	4.59	4.21	3.83	5.42	5.56	4.19	4.67	
Potongan Memanjang Cabai																					
7 L. Polybag + Jarak Cabai	m	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
8 Jumlah Hidroponik	Lajur	29.00	47.00	38.00	41.00	40.00	32.00	34.00	21.00	25.00	31.00	31.00	33.00	30.00	31.00	33.00	32.00	29.00	19.00	21.00	
Potongan Melintang Cabai																					
9 P. Polybag + Jarak Cabai	m	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	
10 jumlah cabai per lajur	buah	11.00	13.00	10.00	13.00	11.00	10.00	15.00	19.00	20.00	11.00	13.00	10.00	13.00	11.00	10.00	15.00	20.00	11.00	13.00	
11 jumlah cabai per lajur/	buah	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	3.00	4.00	4.00	3.00	5.00	5.00	4.00	4.00	

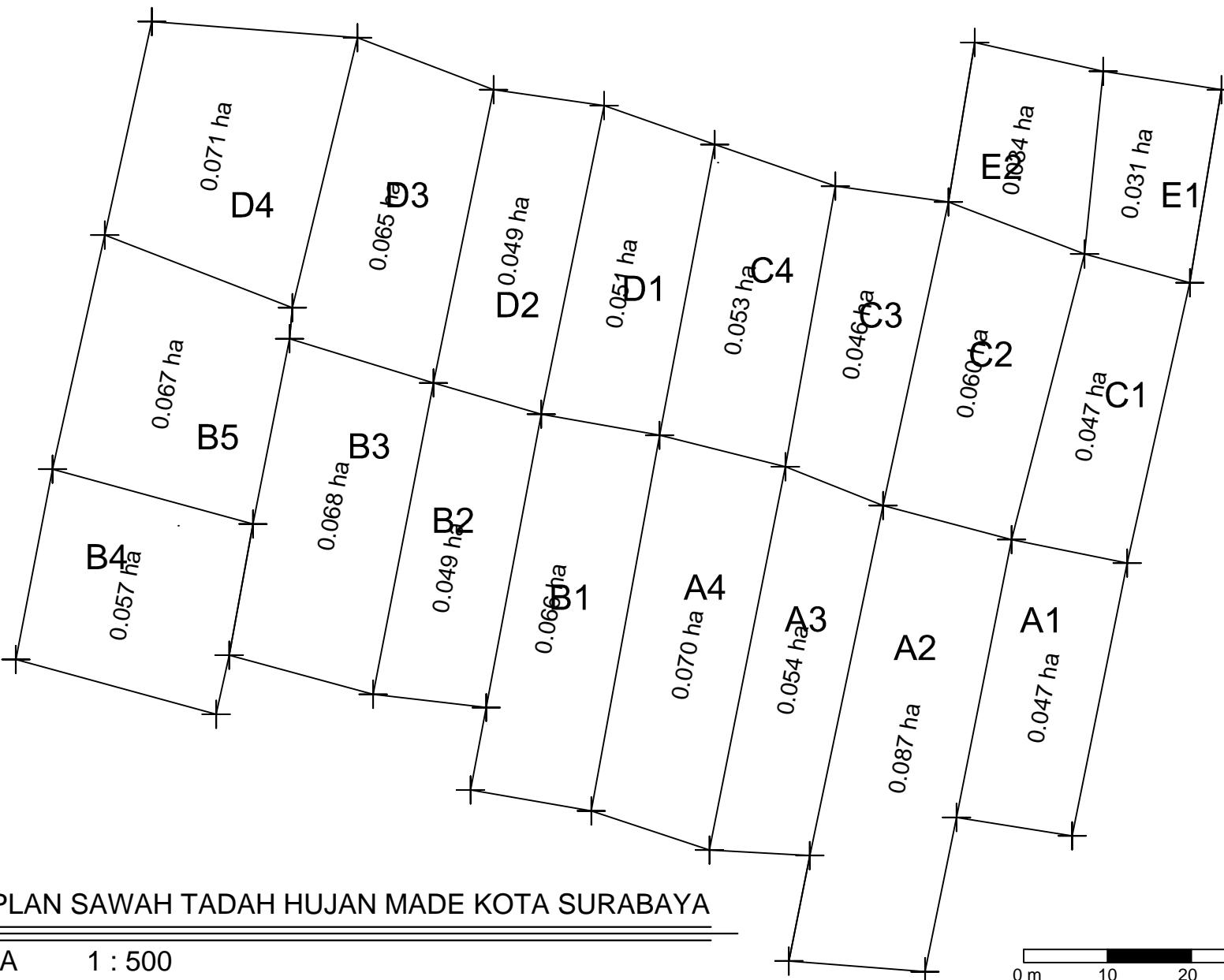


PETA KONTUR SAWAH TADAH HUJAN MADE KOTA SURABAYA
SKALA 1 : 800

0 m 10 20 30 40 50

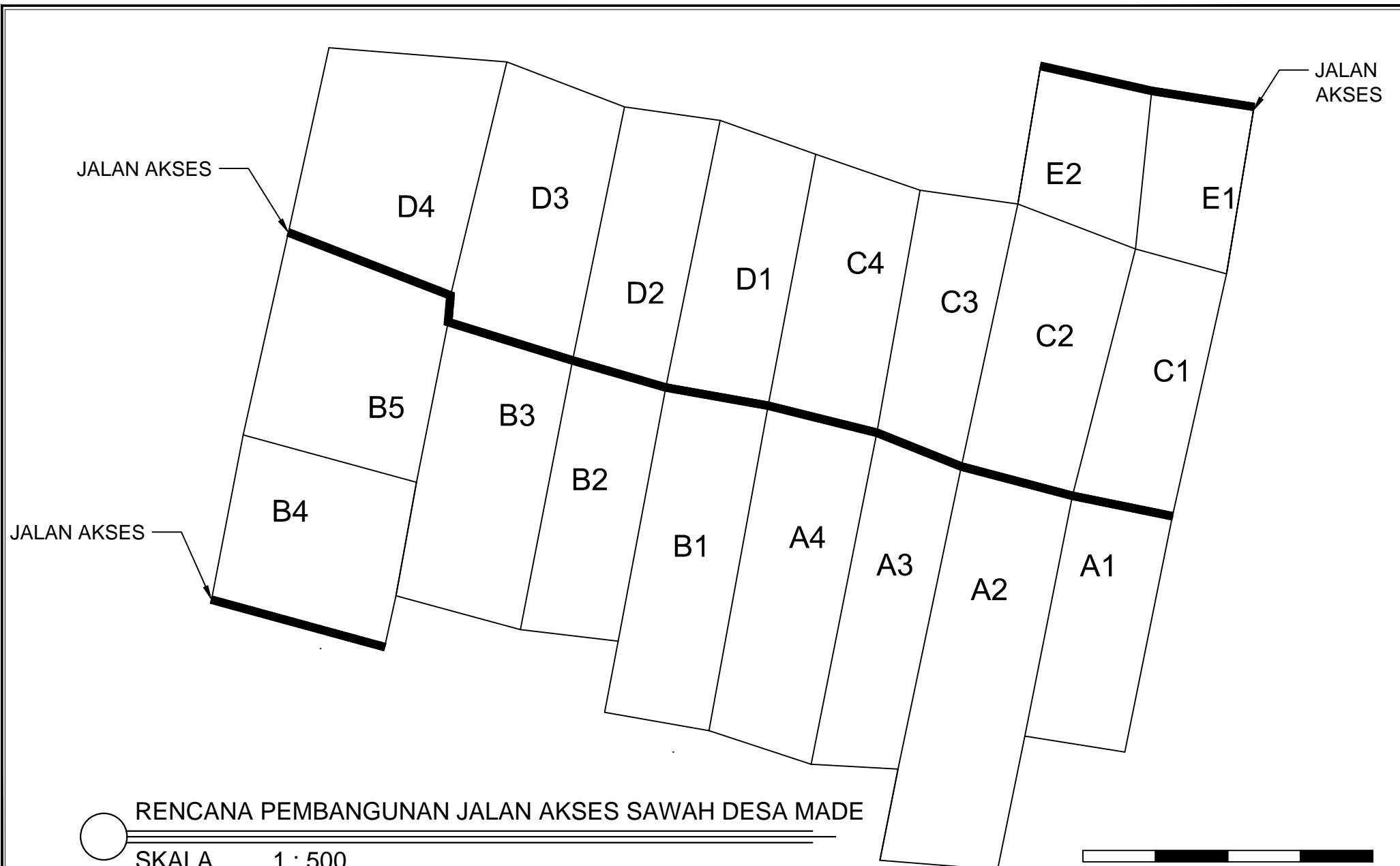


0 m 10 20 30 40 50

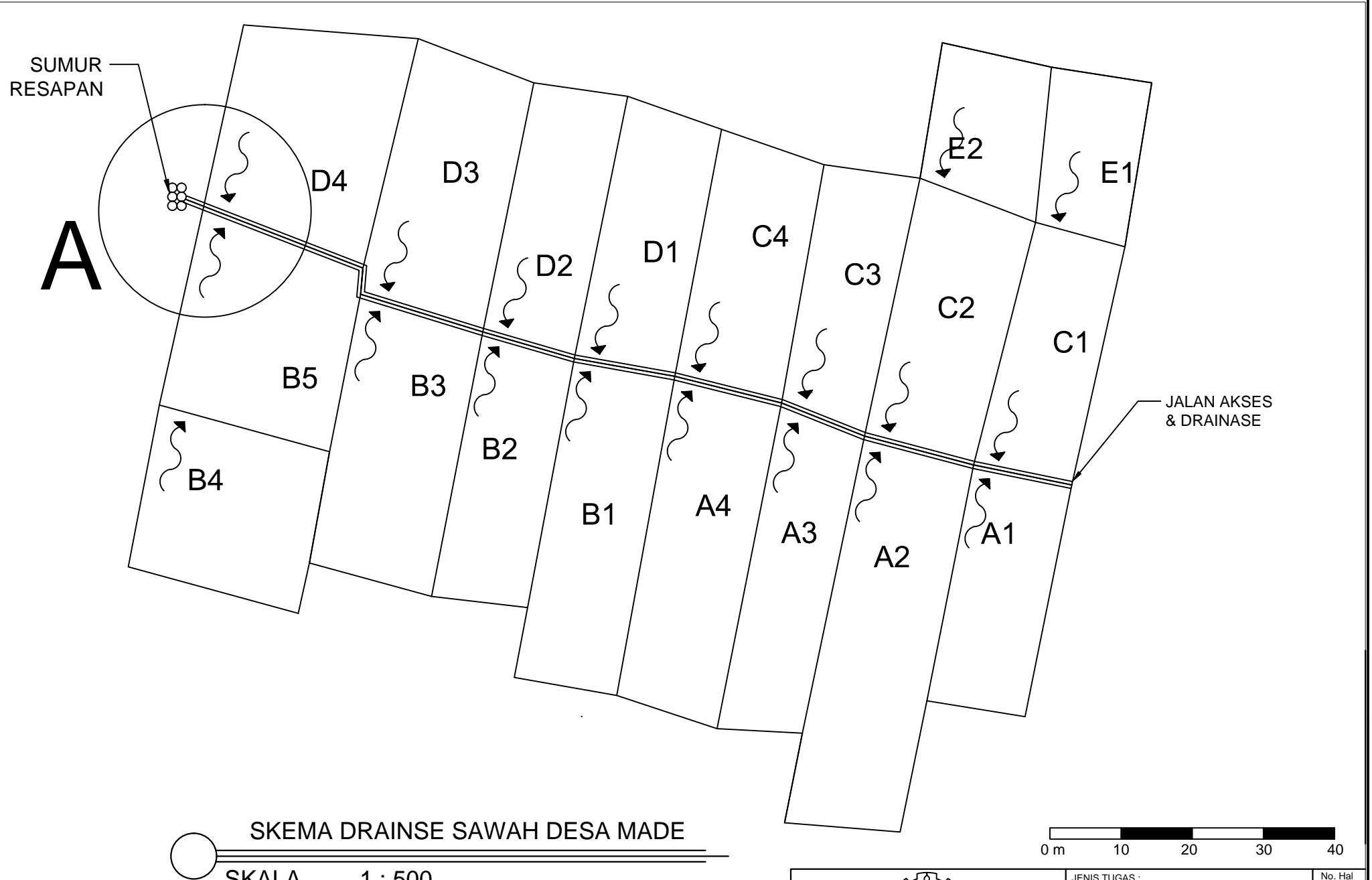


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal 03
JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	Hal. Total 24
NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (10111815000014)	
NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	

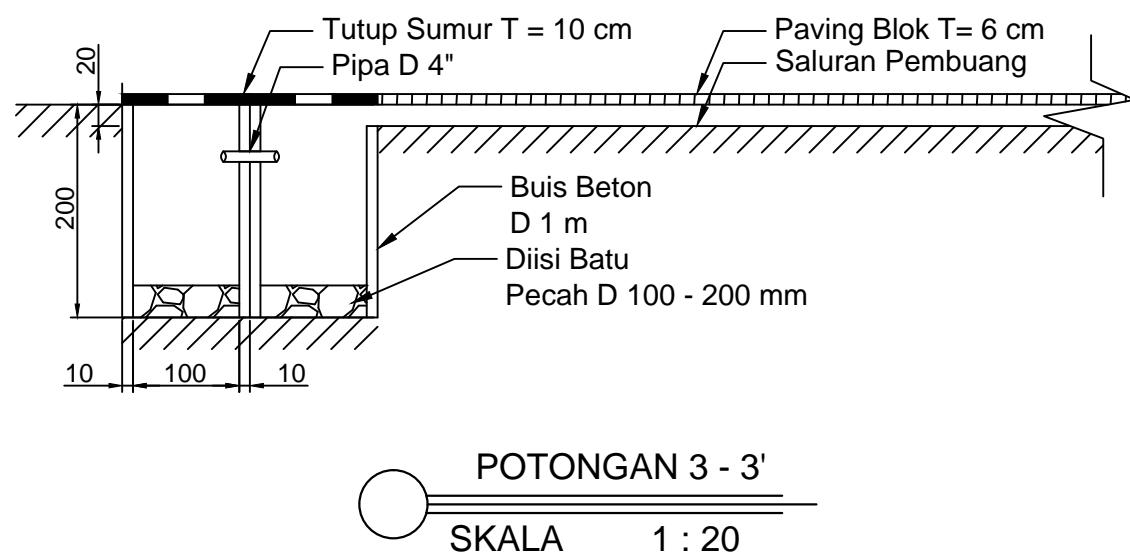
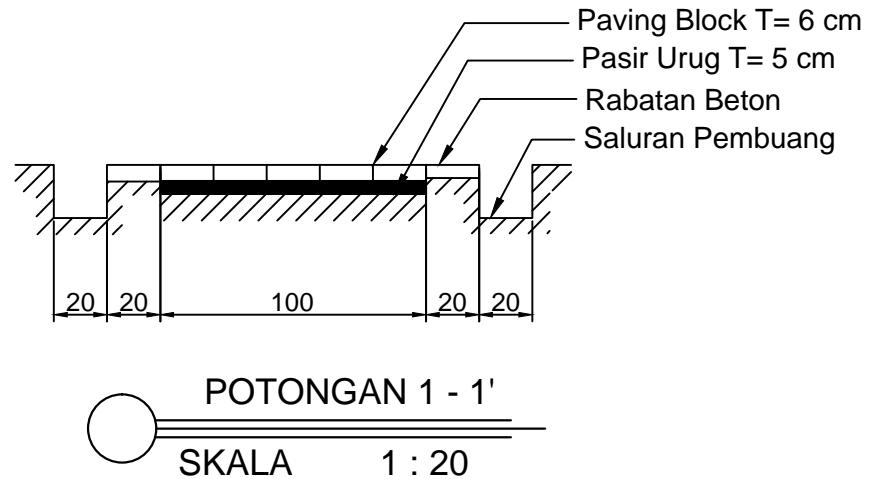
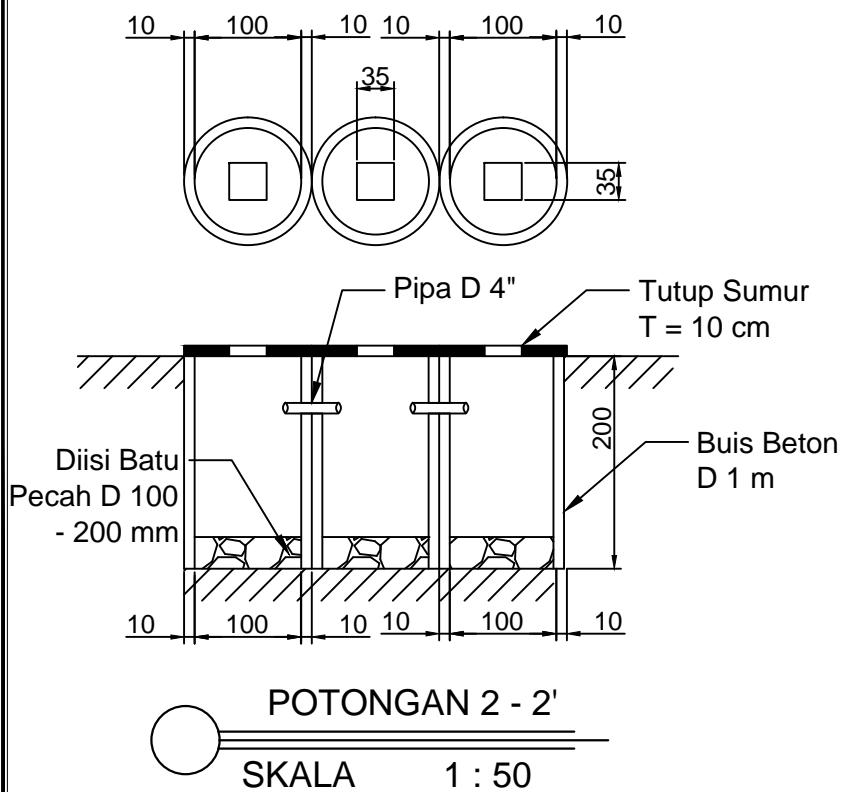
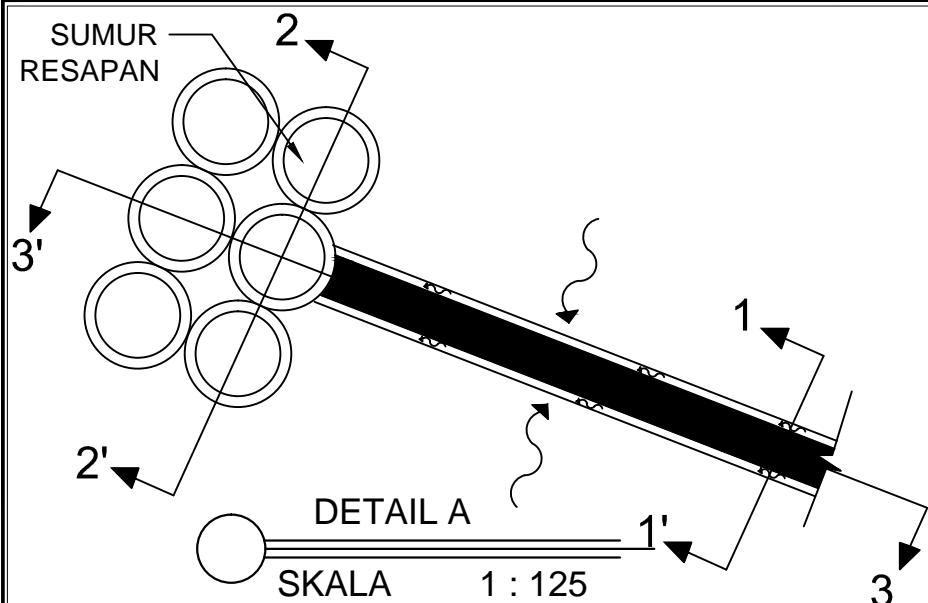


 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020	JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal
	JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	04
NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (10111815000014)	NAMA DOSEN PEMBIMBING	Hal. Total
	1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	24



 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020	JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal
	JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREK, KOTA SURABAYA	
	NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (10111815000014)	Hal. Total
	NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	

05
24

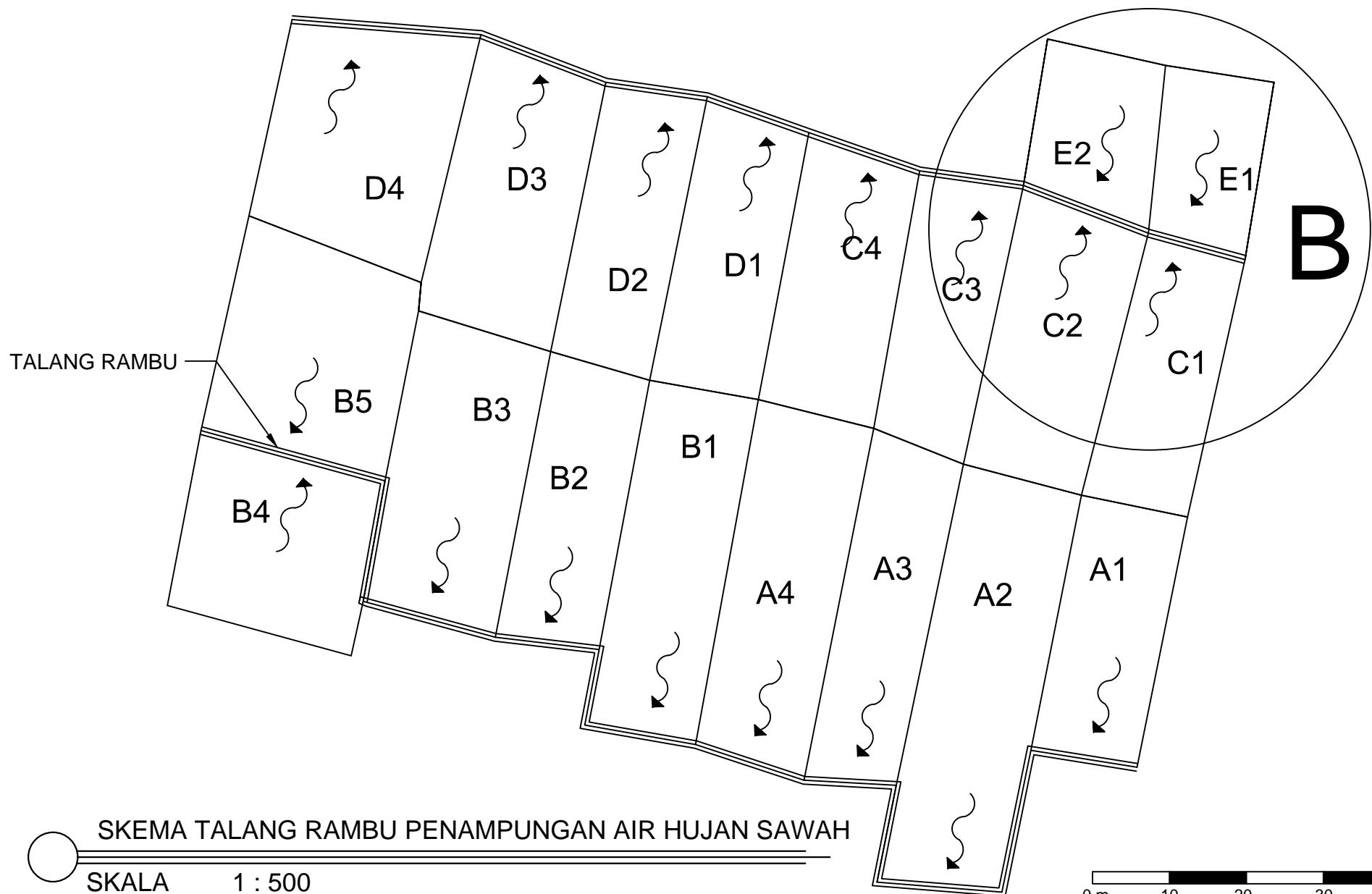


Tabel 1. Panjang Jalan Akses

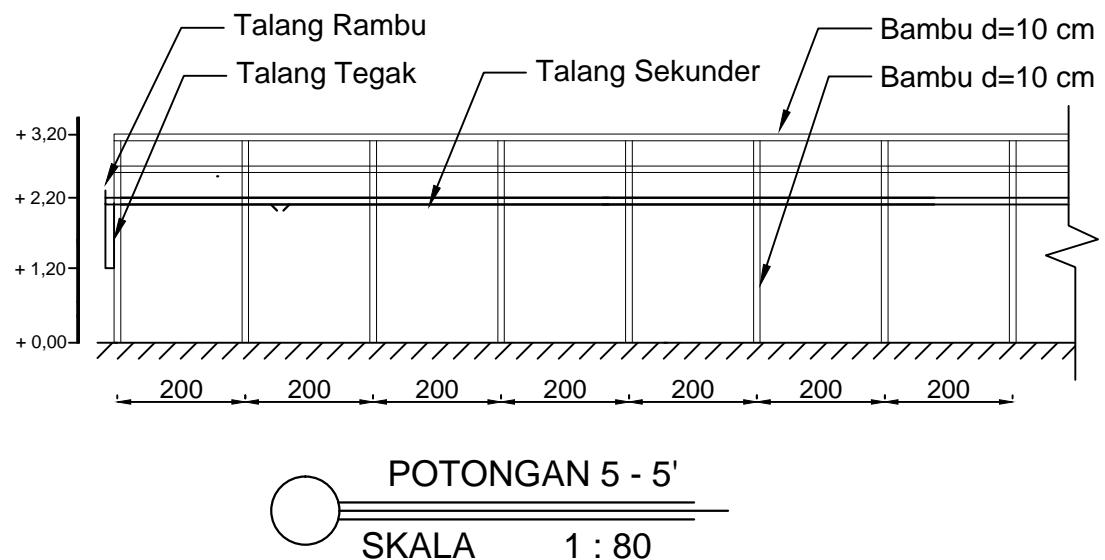
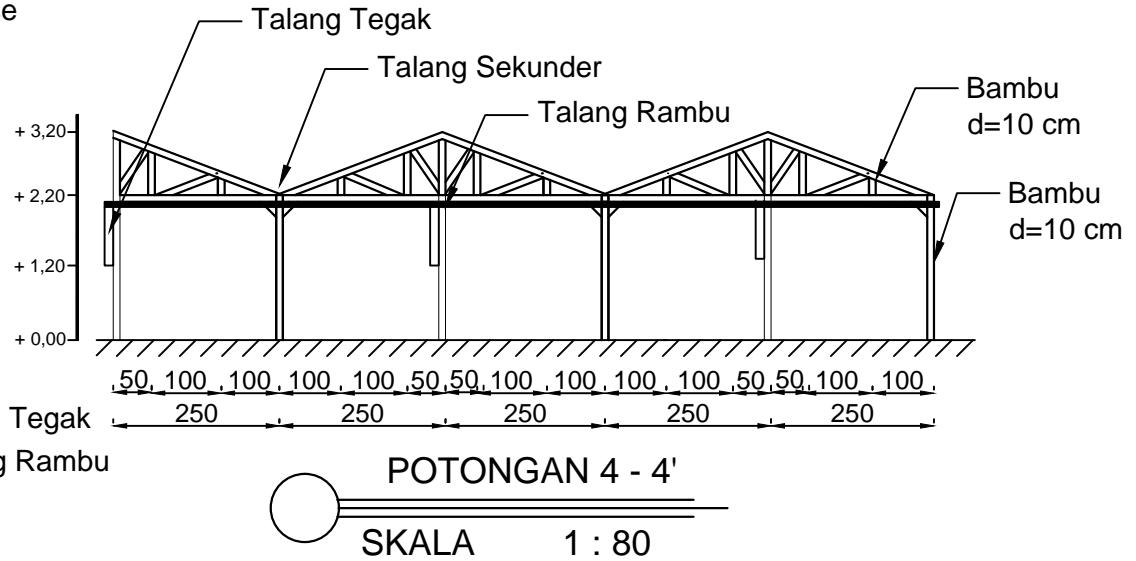
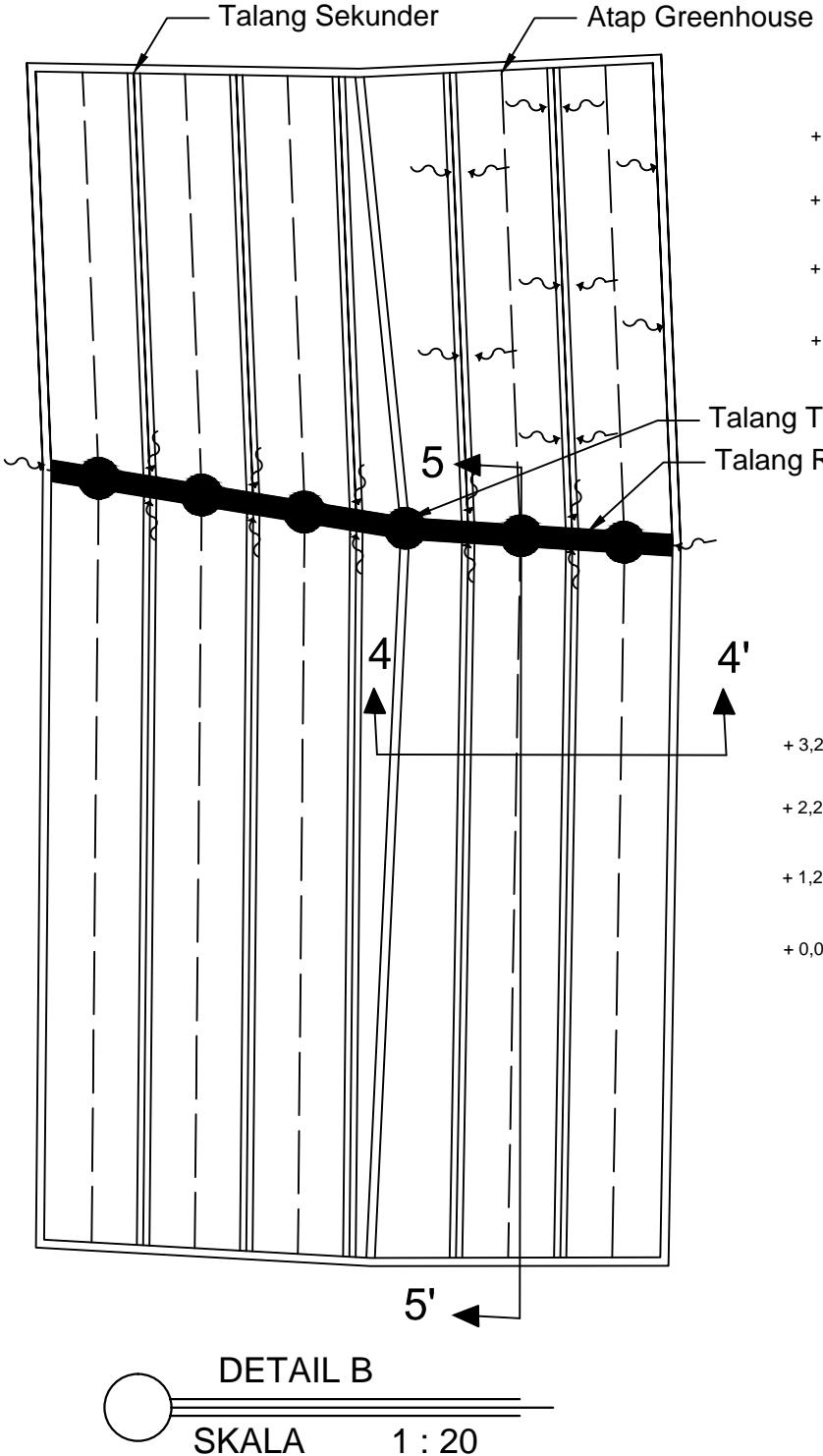
No	Petak Tersier				Panjang
					(m)
1	Antara	A1	&	C1	14.08
2	Antara	A2	&	C2	15.58
3	Antara	A3	&	C3	12.53
4	Antara	A4	&	C4	15.48
5	Antara	B1	&	D1	14.32
6	Antara	B2	&	D2	13.20
7	Antara	B3	&	D3	17.96
8	Antara	B5	&	D4	24.78
9	Antara	B4	&	B5	23.99
10	Atasnya	E1			14.28
11	Atasnya	E2			15.70
Jumlah					181.90

Tabel 2. Panjang dan Dimensi Saluran Pembuang

No	Petak Tersier	Panjang	Dimesi dipakai	
		(S)	b	h
		(m)	cm	cm
1	A1, C1 & E1	14.08	20	20
2	A2, C2 & E2	15.58	20	20
3	A3 & C3	12.53	20	20
4	A4 & C4	15.48	20	20
5	B1 & D1	14.32	20	20
6	B2 & D2	13.20	20	20
7	B3 & D3	17.96	20	20
8	B4, B5 & D4	24.78	20	20
Jumlah		127.93		



 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020	JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal 08
	JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	Hal. Total 24
NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (10111815000014) NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001		



Tabel 3. Panjang dan Dimensi Talang Sekunder (Karpet Talang)

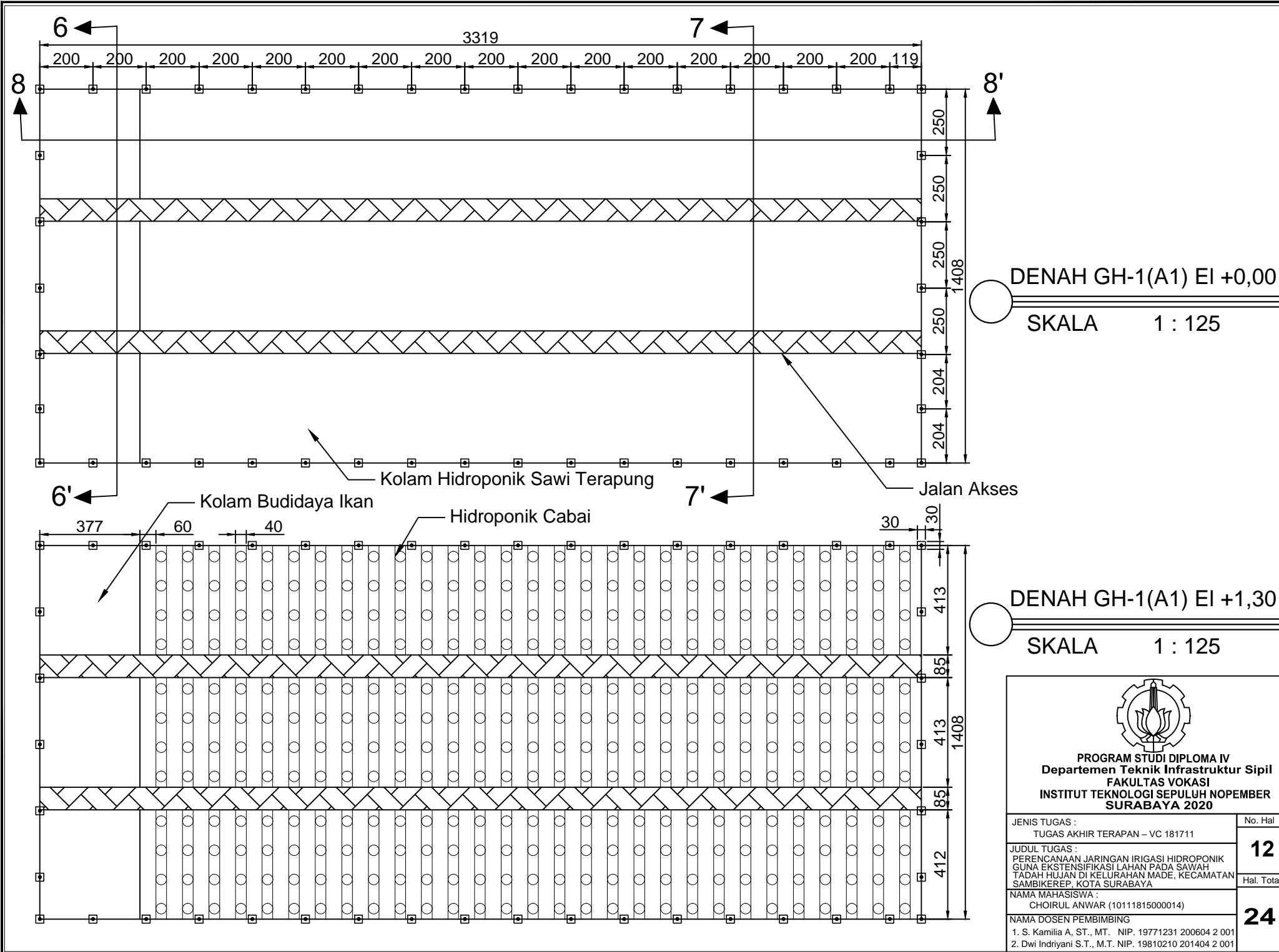
No	Petak Tersier	Panjang	Lebar	Jumlah talang per 5 m	Panjang Total
		m	m		m
1	A1	33.19	14.08	4	132.76
2	A2	52.60	15.58	4	210.40
3	A3	42.65	12.53	3	127.95
4	A4	46.62	15.48	4	186.48
5	B1	45.55	14.32	4	182.20
6	B2	35.61	13.20	3	106.83
7	B3	37.84	17.96	4	151.36
8	B4	23.13	23.99	5	115.65
9	B5	28.64	24.78	6	171.84
10	C1	34.42	13.02	3	103.26
11	C2	35.17	17.20	4	140.68
12	C3	37.05	12.48	3	111.15
13	C4	34.01	14.61	4	136.04
14	D1	35.34	14.06	4	141.36
15	D2	37.65	13.45	4	150.60
16	D3	35.73	17.87	4	142.92
17	D4	33.16	24.61	6	198.96
18	E1	21.91	13.02	3	65.73
19	E2	23.33	17.20	4	93.32

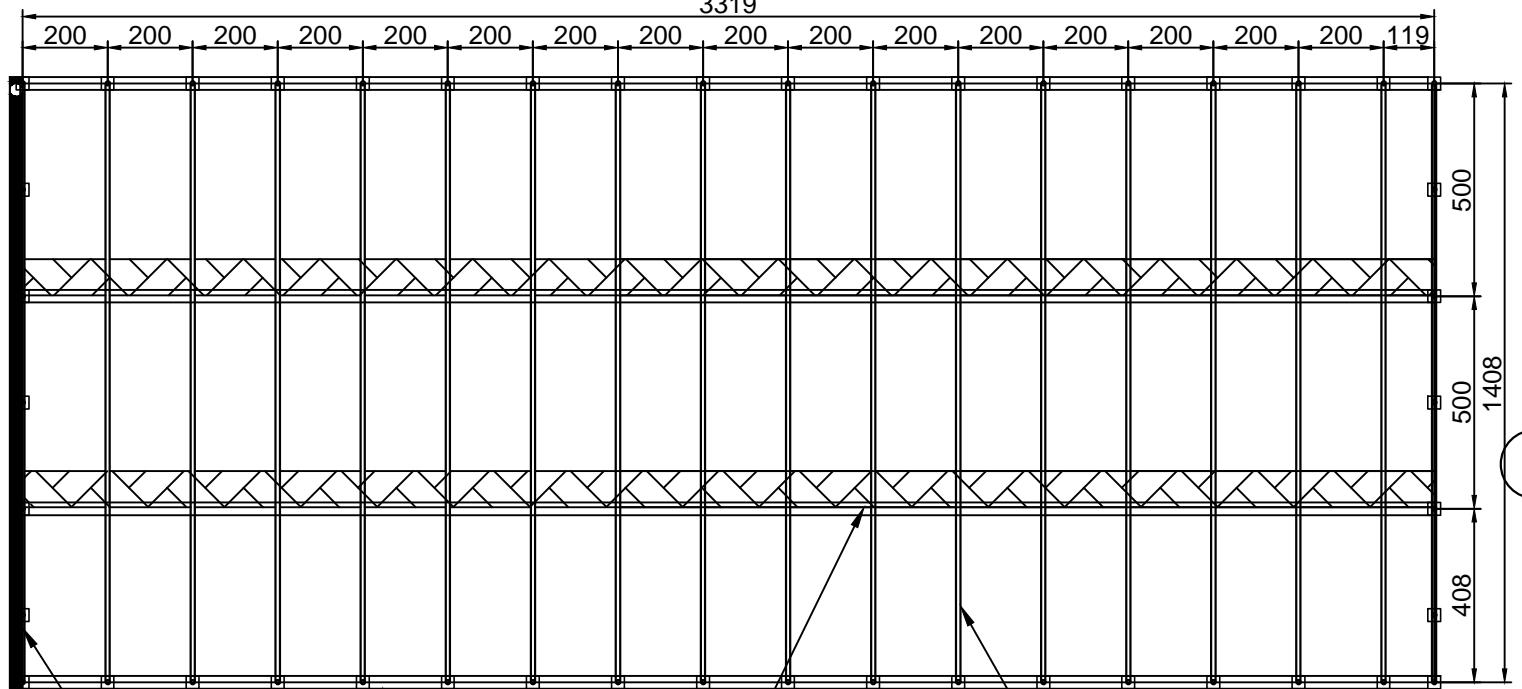
Tabel 4. Panjang dan Dimensi Talang Rambu

No	Petak Tersier	Diamter dipakai	Panjang Talang
		inchi	(m)
1	A1	14	12.78
2	A2	18	47.87
3	A3	14	11.98
4	A4	16	14.84
5	B1	16	24.63
6	B2	14	12.58
7	B3	16	34.42
8	B4 & B5	20	32.01
10	C1 & E1	26	14.08
11	C2 & E2	28	15.58
12	C3	14	12.53
13	C4	14	15.48
14	D1	14	14.32
15	D2	14	13.20
16	D3	16	17.96
17	D4	16	24.78
Jumlah			319.04

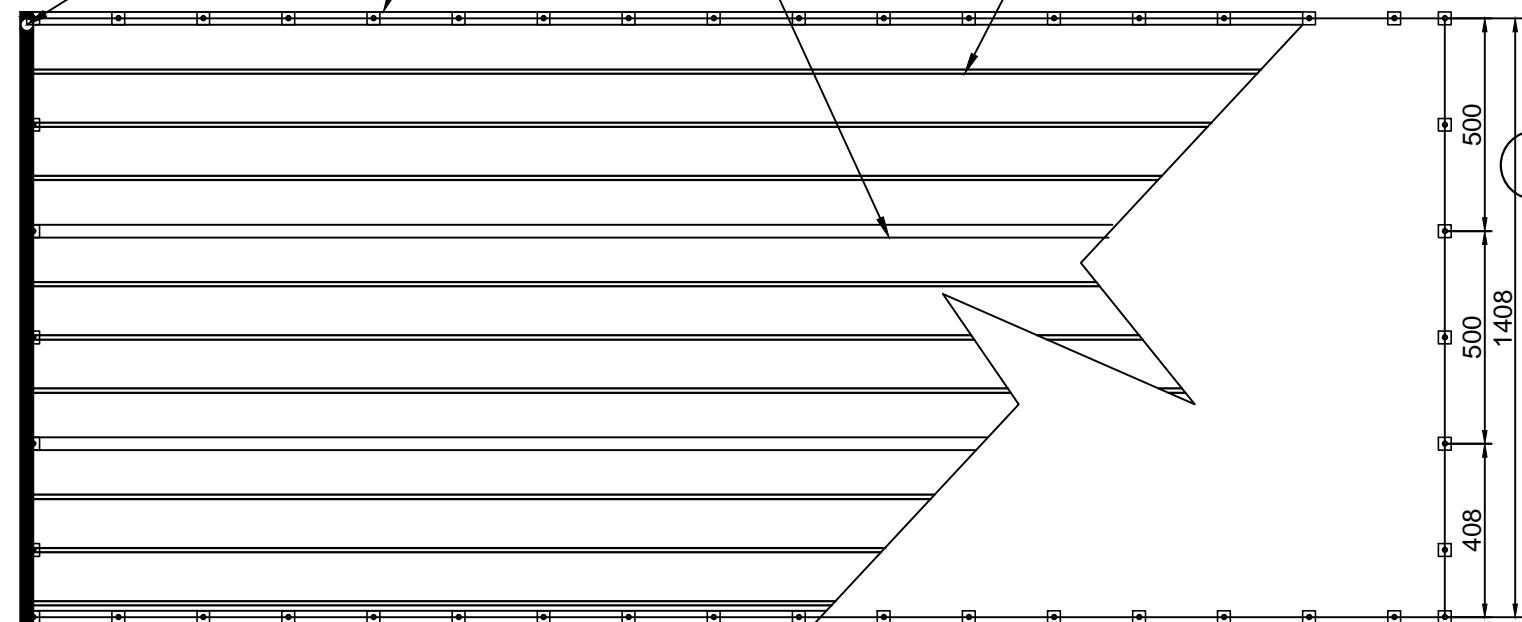
Tabel 5. Panjang dan Dimensi Talang Tegak

No	Petak Tersier	Jumla	D per	Diamter
		h	pcs	dipakai
1	A1	3.00	3.04	3
2	A2	3.00	4.14	5
3	A3	3.00	3.26	4
4	A4	3.00	3.70	4
5	B1	3.00	3.60	4
6	B2	3.00	3.12	4
7	B3	3.00	3.66	4
8	B4 & B5	4.00	3.71	4
9	C1 & E1	3.00	3.91	4
10	C2 & E2	3.00	4.28	5
11	C3	3.00	3.01	3
12	C4	3.00	3.22	4
13	D1	3.00	3.18	4
14	D2	3.00	3.10	4
15	D3	3.00	3.56	4
16	D4	4.00	2.81	3





SKALA 1 : 125

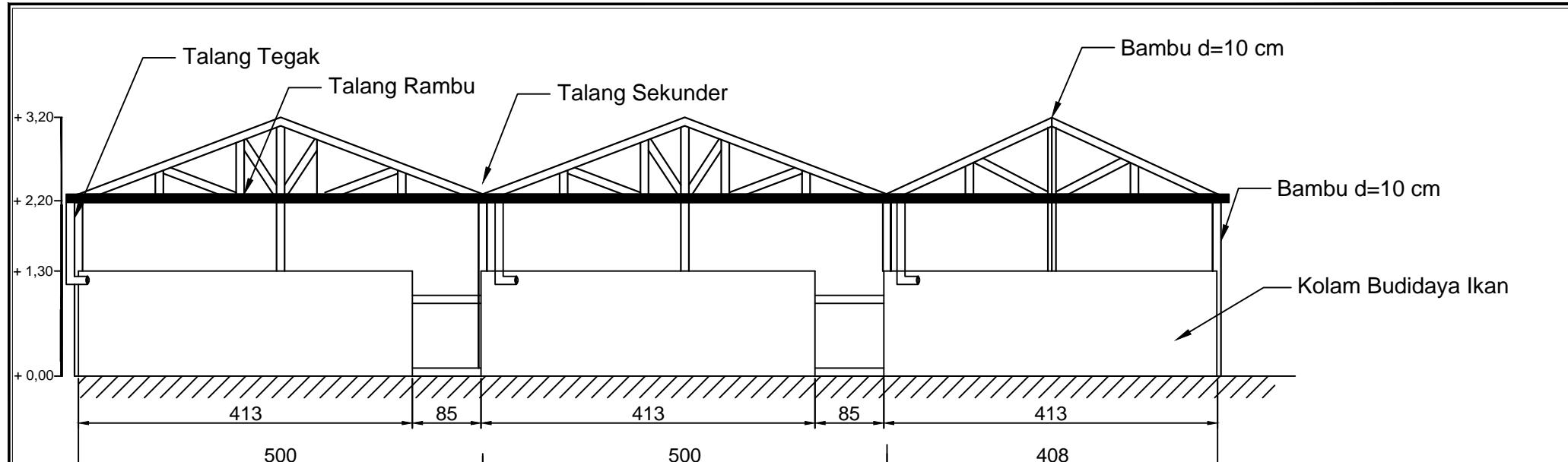


SKALA 1 : 125

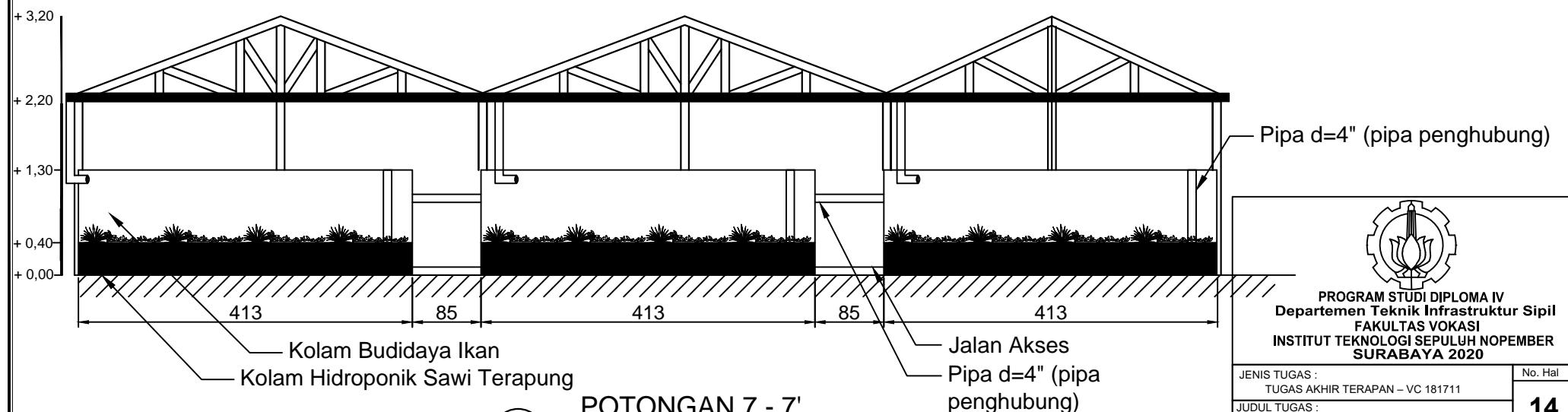


PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

JENIS TUGAS :	TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal
JUDUL TUGAS :	PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA SURABAYA	13
NAMA MAHASISWA :	CHOIRUL ANWAR (1011181500014)	Hal. Total
NAMA DOSEN PEMBIMBING	1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	24

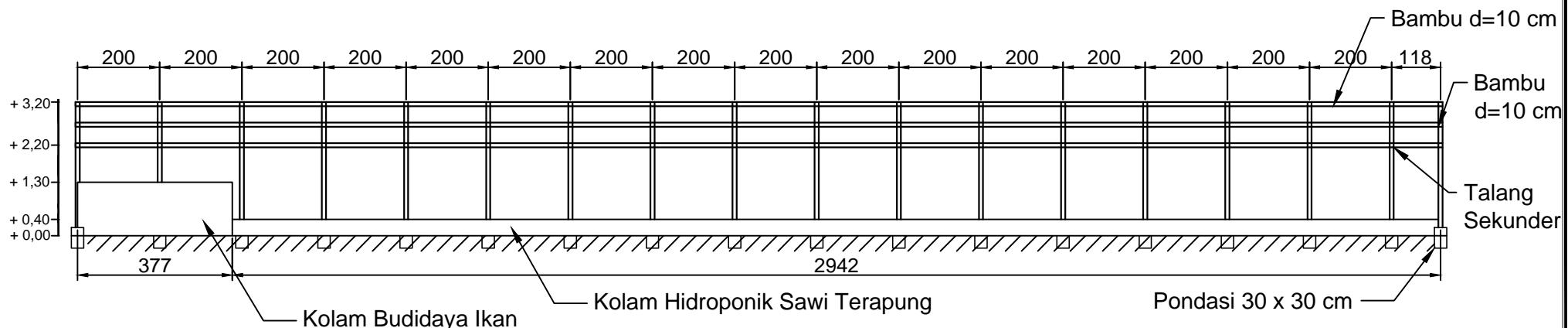


POTONGAN 6 - 6'
SKALA 1 : 50

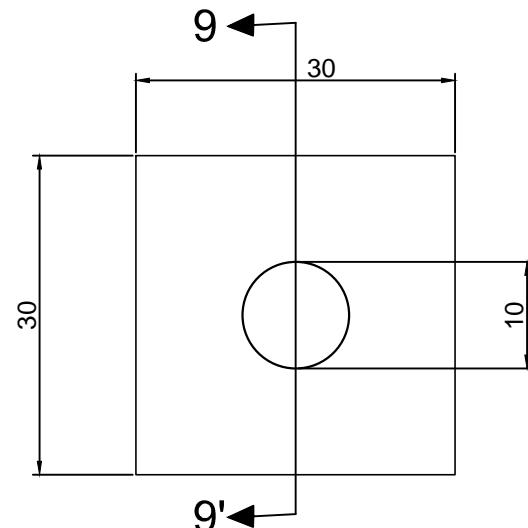


POTONGAN 7 - 7'
SKALA 1 : 50

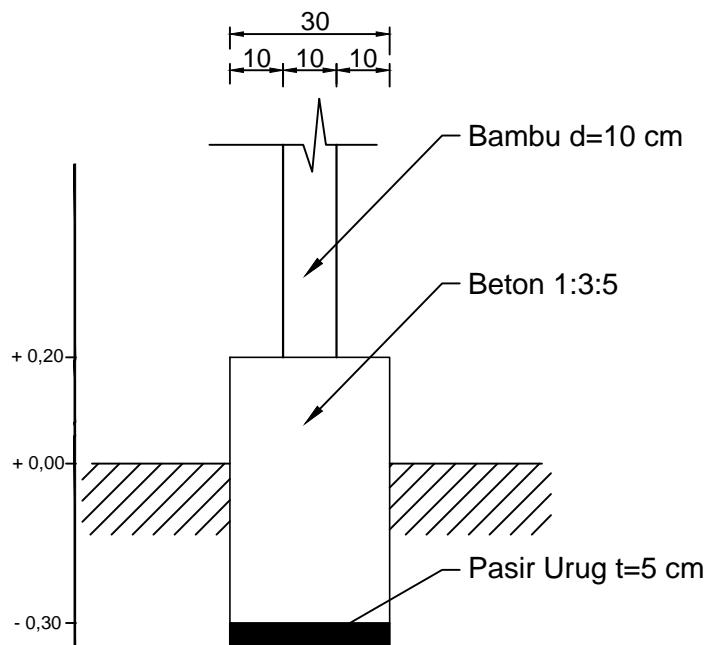
<p>PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020</p>	No. Hal
	14
<p>JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711</p> <p>JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREK, KOTA SURABAYA</p> <p>NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (1011181500014)</p> <p>NAMA DOSEN PEMBIMBING</p>	Hal. Total
	24
<p>1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001</p> <p>2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001</p>	



POTONGAN 8 - 8'
SKALA 1 : 100

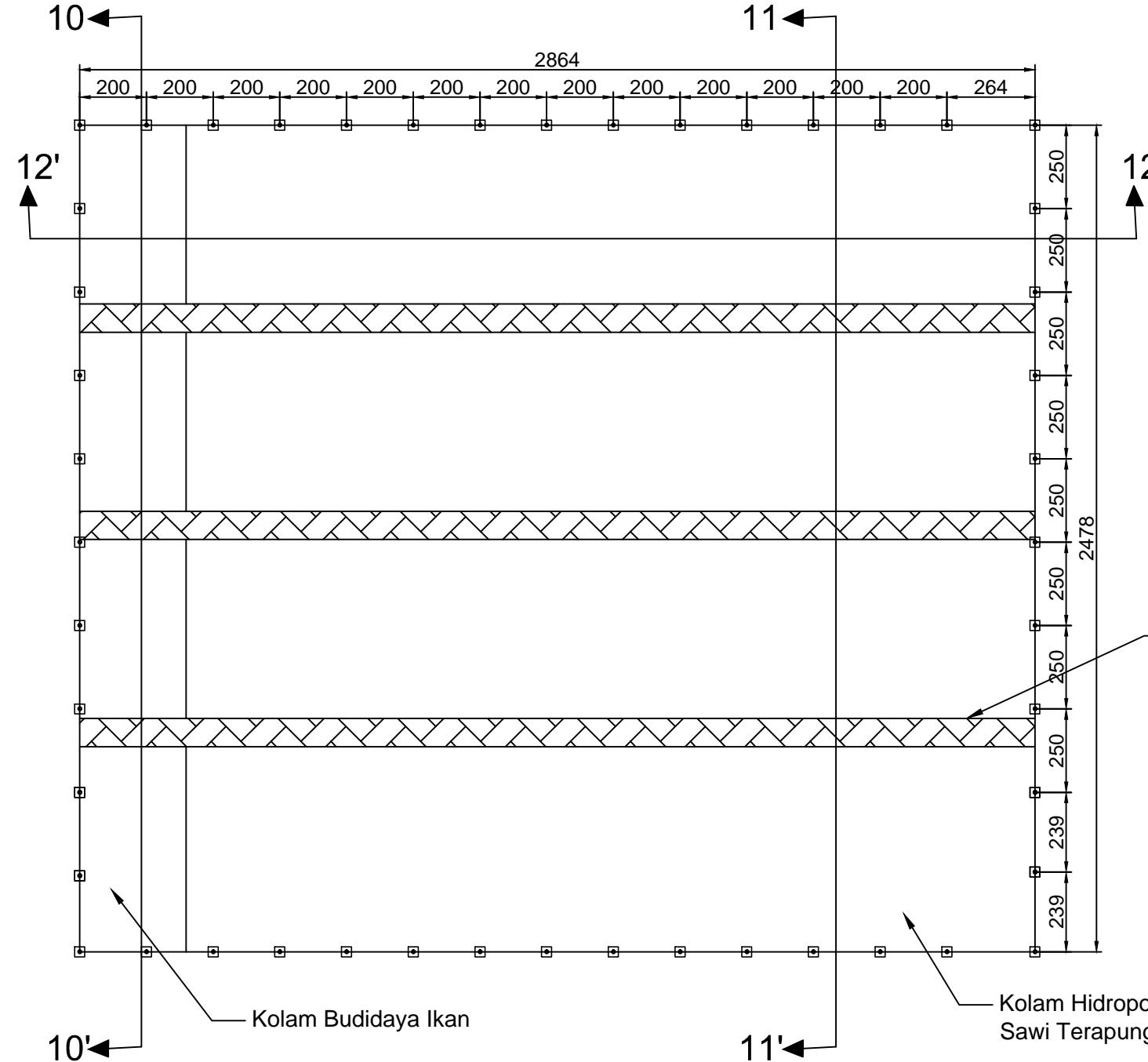


Detail Pondasi
SKALA 1 : 5



POTONGAN 9 - 9'
SKALA 1 : 10

<p>PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020</p>	No. Hal
	15
<p>JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711</p> <p>JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREK, KOTA SURABAYA</p> <p>NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (1011181500014)</p> <p>NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001</p>	Hal. Total
	24

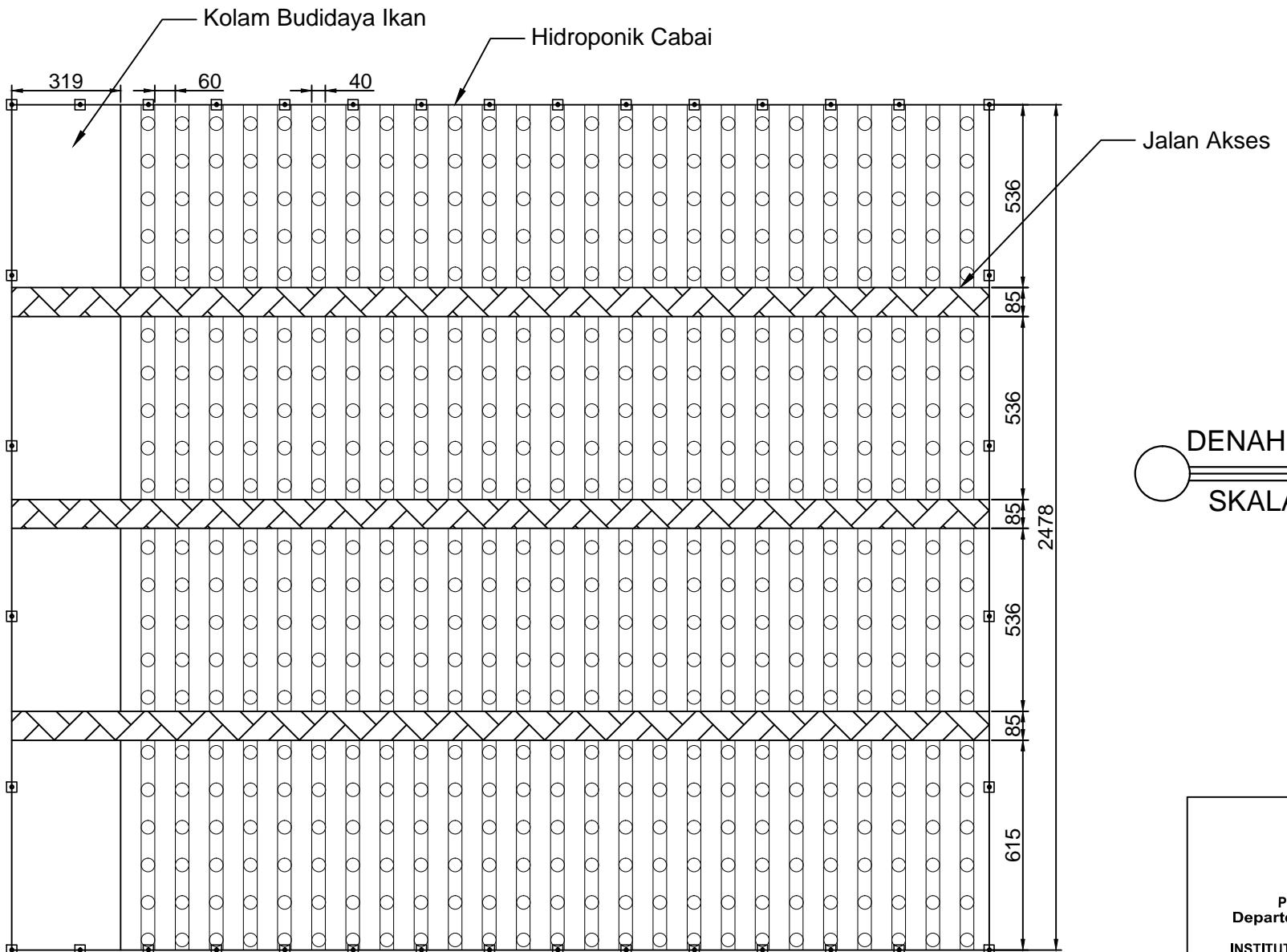


DENAH GH-2(B5) EI +0,00
SKALA 1 : 125



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

JENIS TUGAS :	TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal
JUDUL TUGAS :	PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA SURABAYA	16
NAMA MAHASISWA :	CHOIRUL ANWAR (1011181500014)	Hal. Total
NAMA DOSEN PEMBIMBING	1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	24



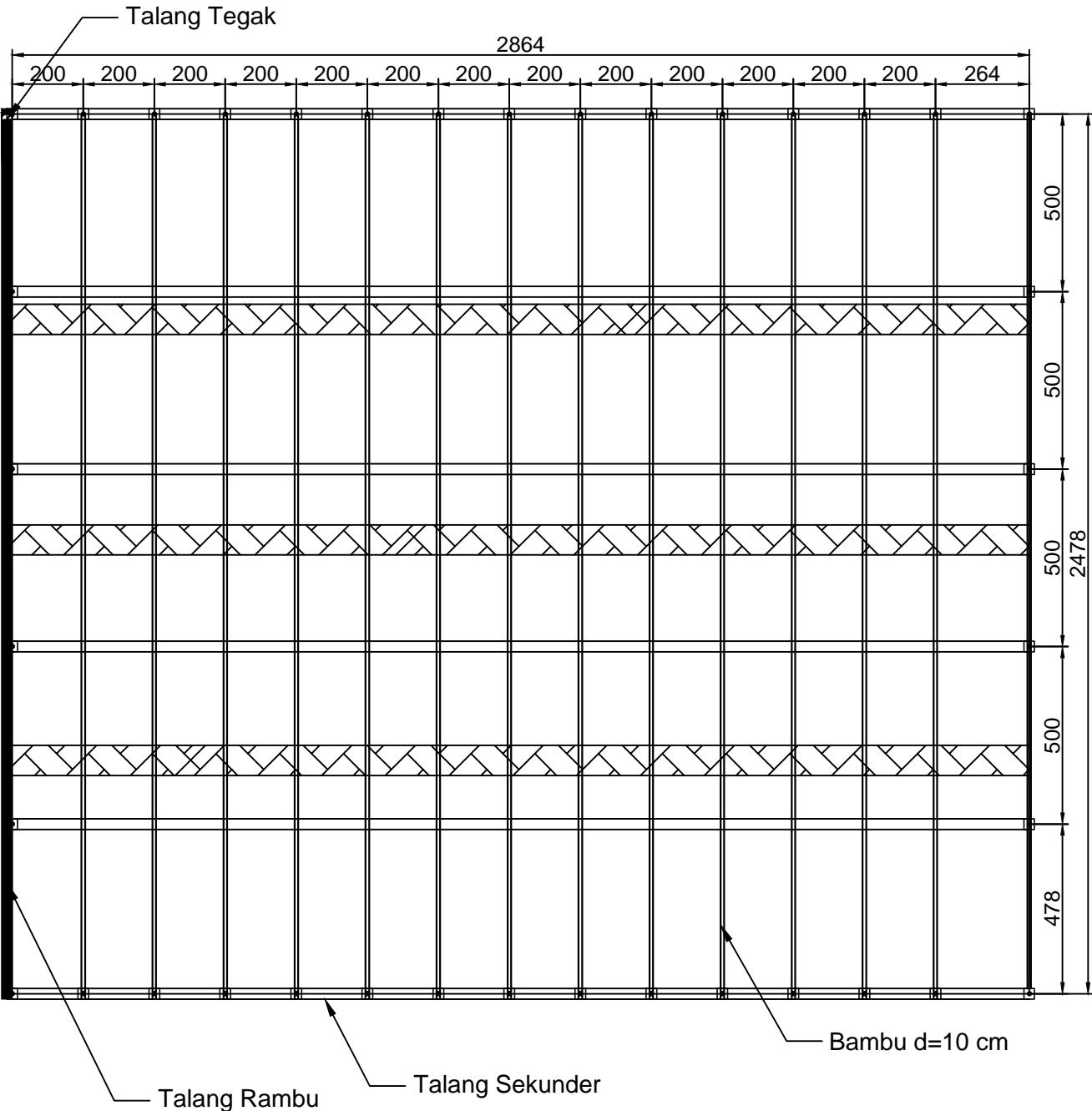
DENAH GH-2(B5) EI +1,30

SKALA 1 : 125



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

JENIS TUGAS :	No. Hal
TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	17
JUDUL TUGAS :	Hal. Total
PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA SURABAYA	24
NAMA MAHASISWA :	
CHOIRUL ANWAR (1011181500014)	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001	
2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	



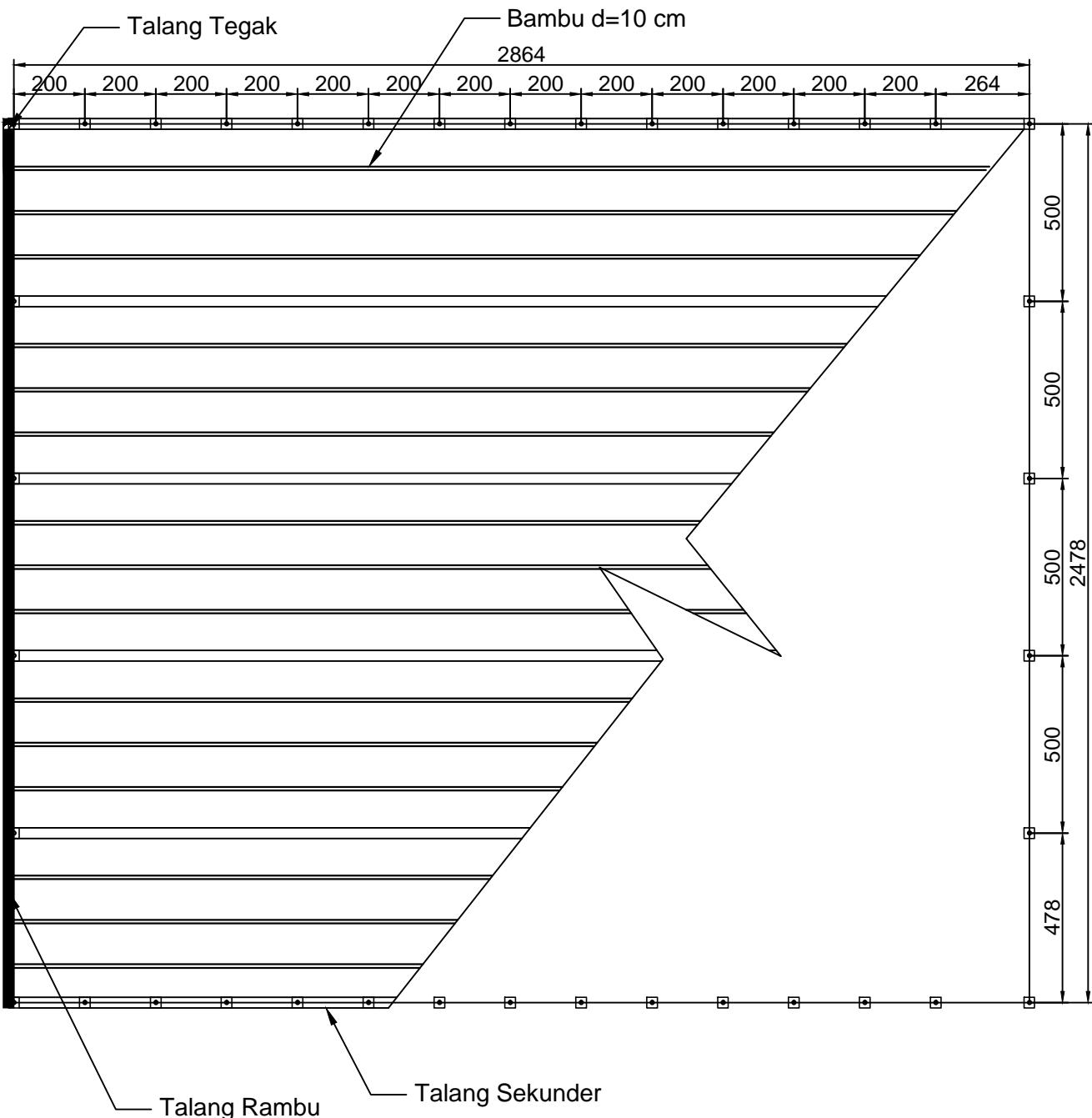
DENAH GH-2(B5) EI +2,20

SKALA 1 : 125



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

JENIS TUGAS :	No. Hal
TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	18
JUDUL TUGAS :	Hal. Total
PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREPO, KOTA SURABAYA	24
NAMA MAHASISWA :	
CHOIRUL ANWAR (1011181500014)	
NAMA DOSEN PEMBIMBING	
1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001	
2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	



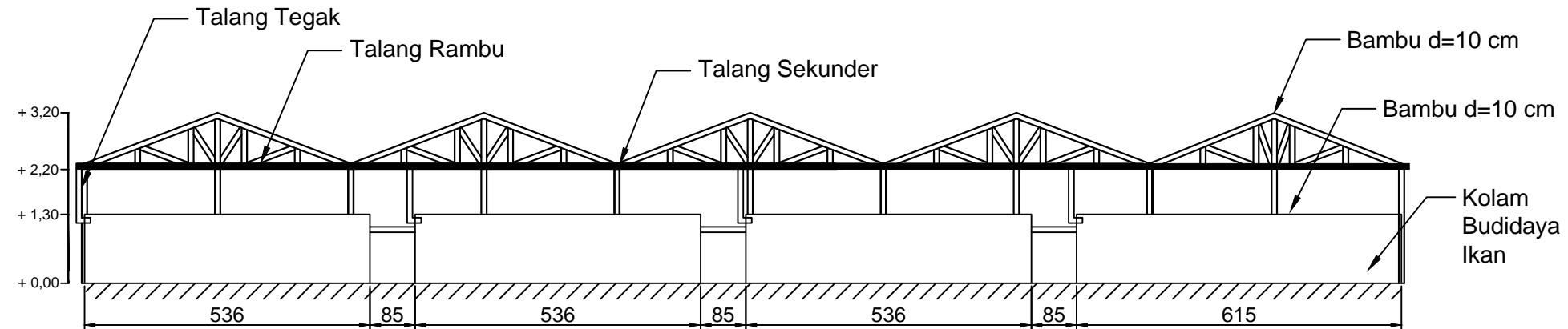
DENAH GH-2(B5) EI +3,20

SKALA 1 : 125

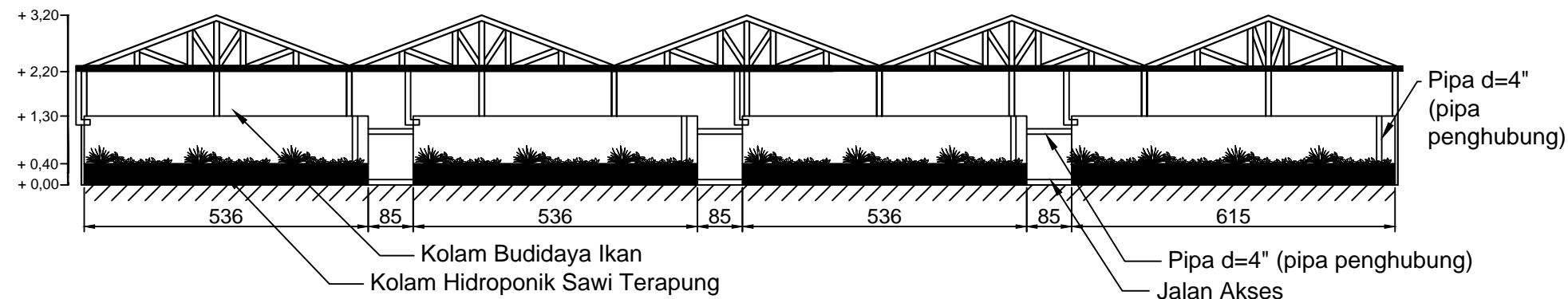


**PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal 19
JUDUL TUGAS : PERENCAANAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	Hal. Total 24
NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (1011181500014)	
NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A, ST., MT., NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	

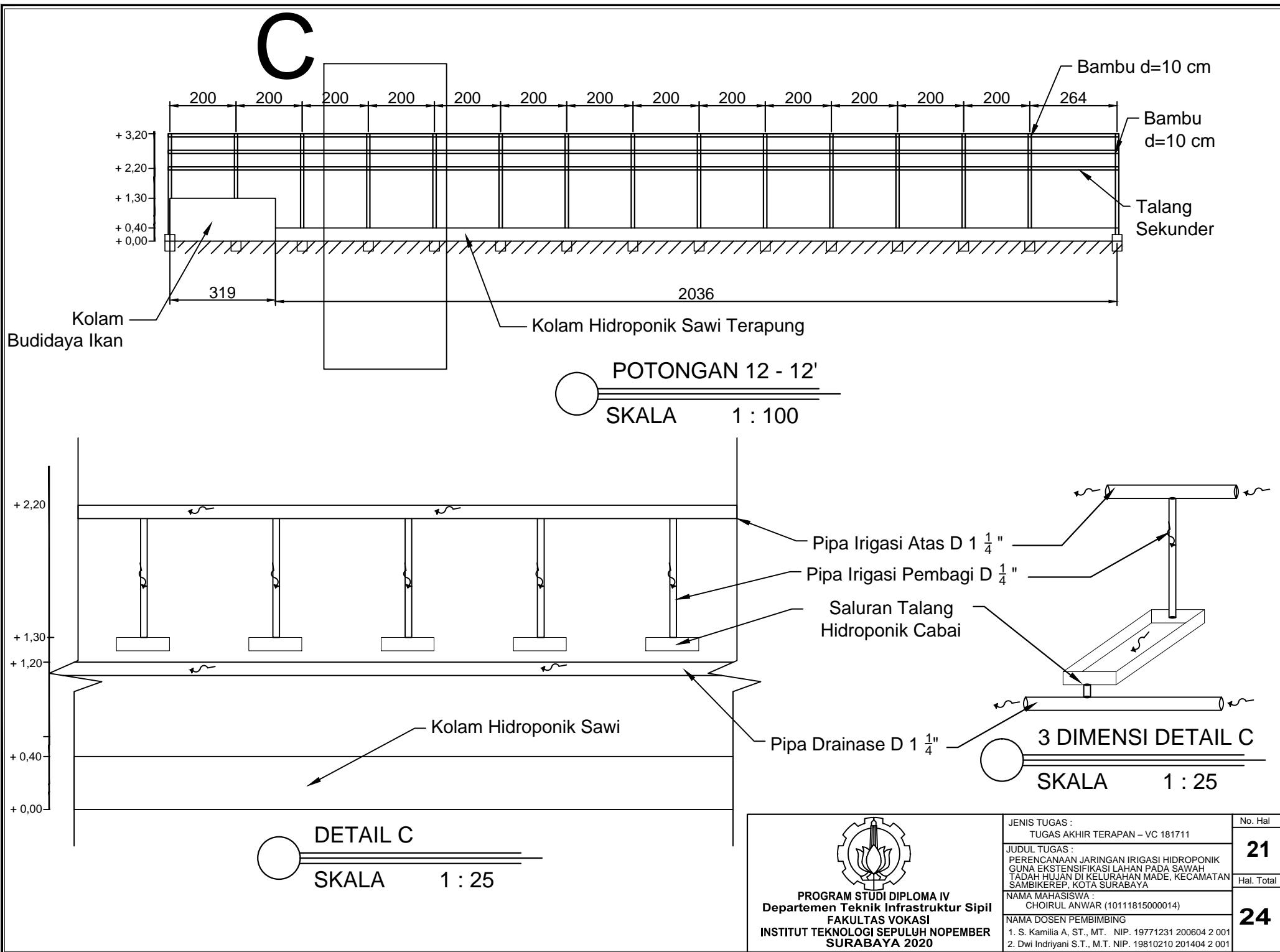


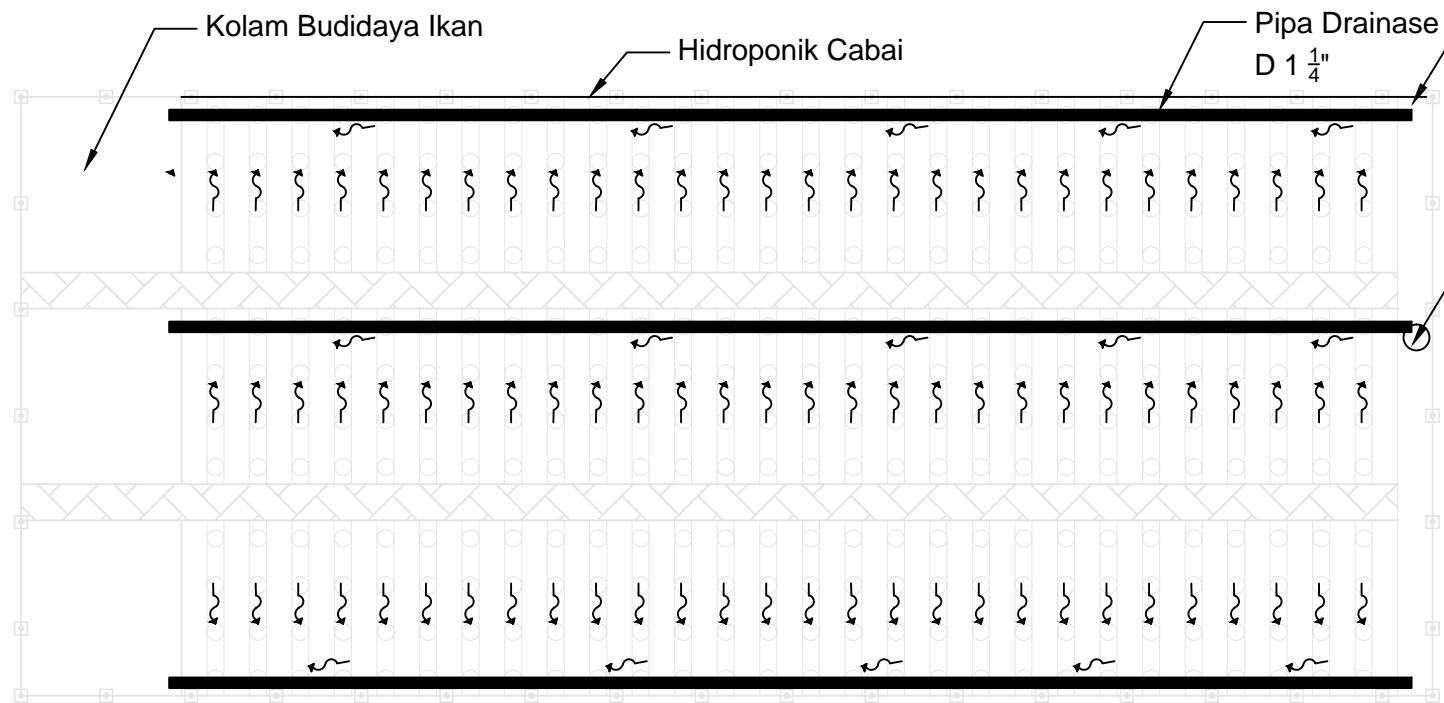
POTONGAN 10 - 10'
SKALA 1 : 80



POTONGAN 11 - 11'
SKALA 1 : 80

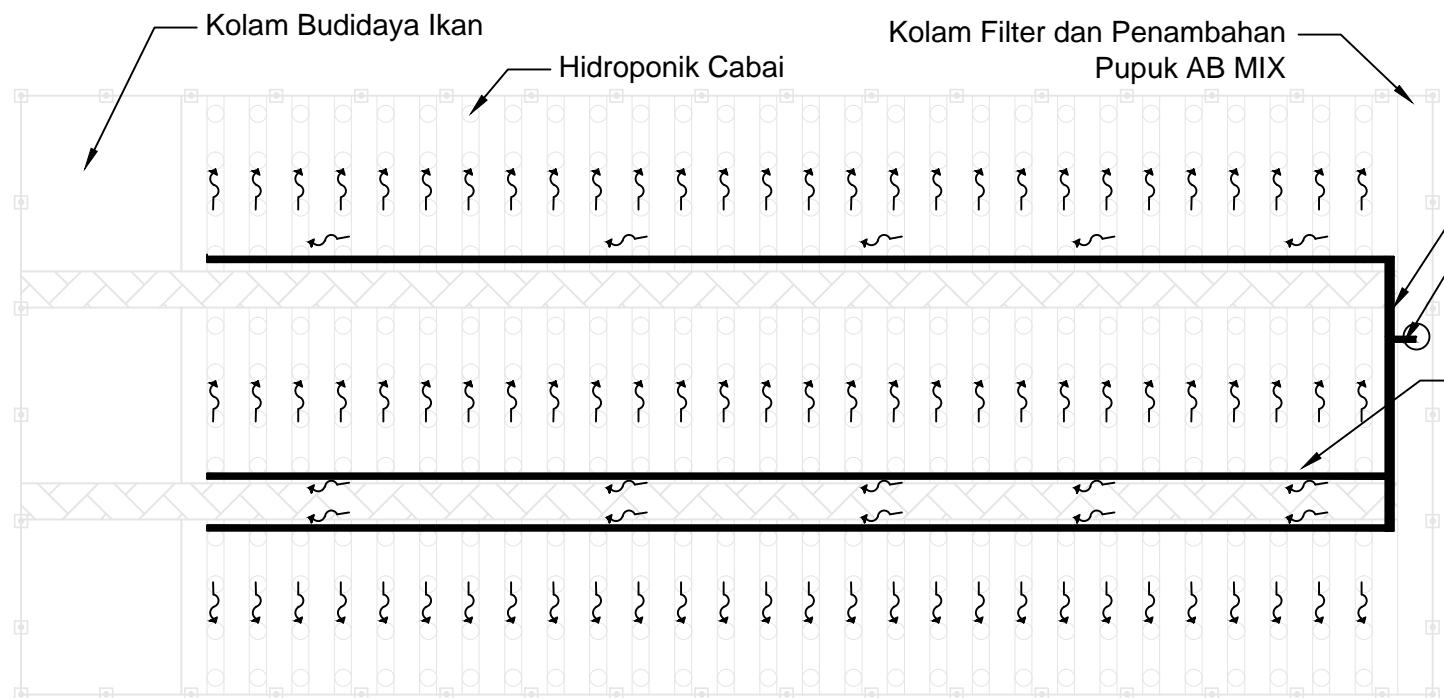
<p>PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020</p>	JENIS TUGAS : TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal 20
	JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	
<p>NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (10111815000014)</p> <p>NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A. ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001</p>	Hal. Total	24





**SKEMA PIPA DRAINASE
PADA PETAK A1**

SKALA 1 : 125

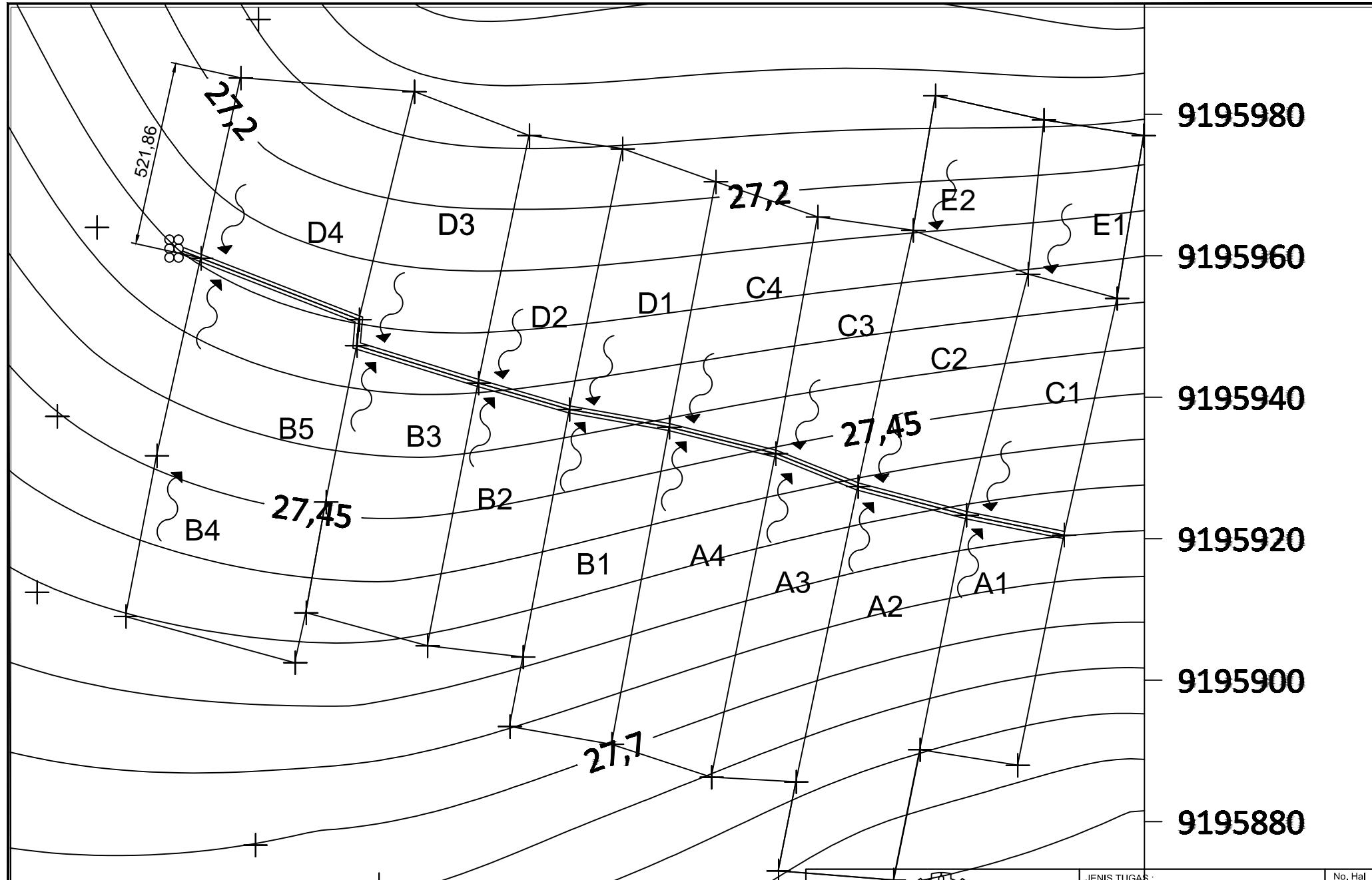


**SKEMA PIPA IRIGASI
PADA PETAK A1**

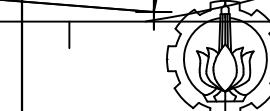
SKALA 1 : 125



JENIS TUGAS :	TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal
JUDUL TUGAS :	PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIFIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	22
NAMA MAHASISWA :	CHOIRUL ANWAR (1011181500014)	Hal. Total
NAMA DOSEN PEMBIMBING	1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	24

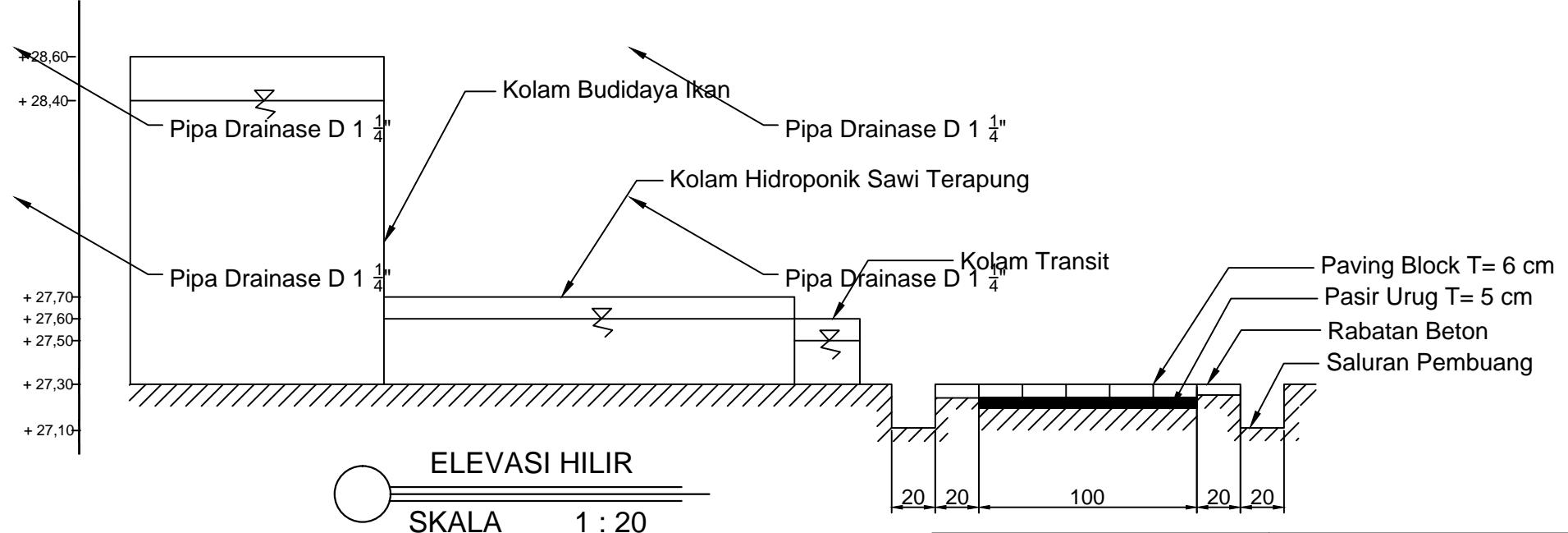
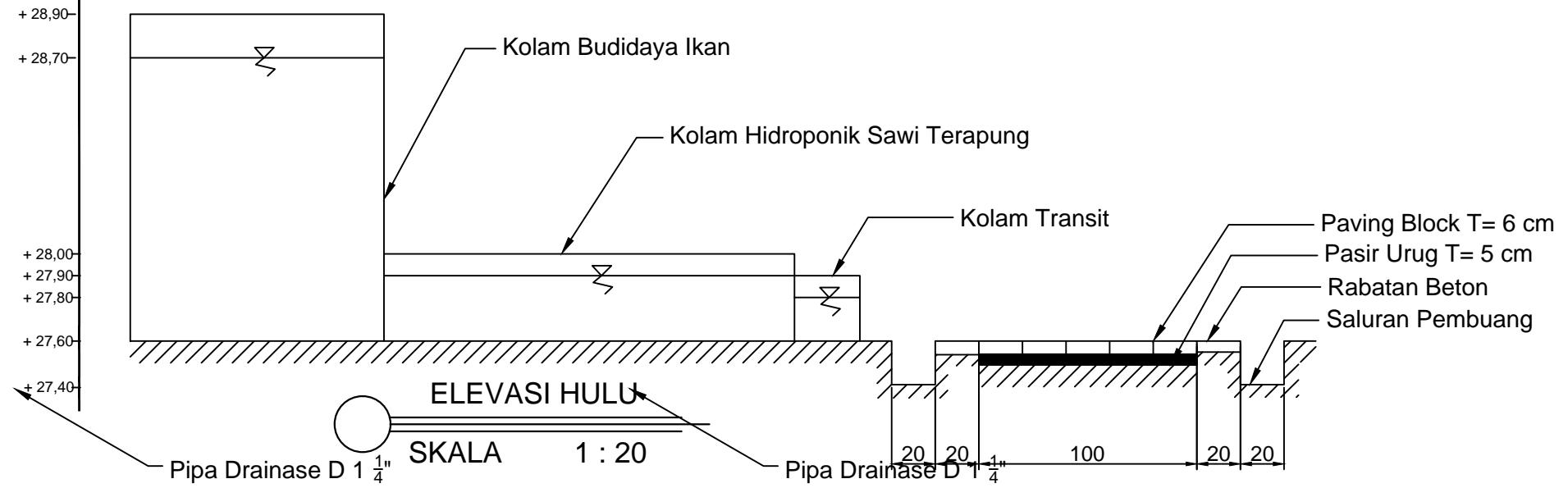


40 680360 680380 680400 680420 680440
 ELEVASI PETAK TERSIER
 SKALA 1 : 80



PROGRAM STUDI DIPLOMA IV
 Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 SURABAYA 2020

JENIS TUGAS :	TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711	No. Hal
JUDUL TUGAS :	PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREK, KOTA SURABAYA	
NAMA MAHASISWA :	CHOIRUL ANWAR (10111815000014)	Hal. Total
NAMA DOSEN PEMBIMBING	1. S. Kamilia A. ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	
23		24



 PROGRAM STUDI DIPLOMA IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FAKULTAS VOKASI INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA 2020	JENIS TUGAS :
	TUGAS AKHIR TERAPAN – VC 181711
JUDUL TUGAS : PERENCANAAN JARINGAN IRIGASI HIDROPONIK GUNA EKSTENSIKASI LAHAN PADA SAWAH TADAH HUJAN DI KELURAHAN MADE, KECAMATAN SAMBIKEREP, KOTA SURABAYA	No. Hal
	24
NAMA MAHASISWA : CHOIRUL ANWAR (10111815000014)	Hal. Total
	24
NAMA DOSEN PEMBIMBING 1. S. Kamilia A, ST., MT. NIP. 19771231 200604 2 001 2. Dwi Indriyani S.T., M.T. NIP. 19810210 201404 2 001	