

**STUDI ALTERNATIF PEMANFAATAN SUMBER MATA AIR
UMBULAN UNTUK SISTEM IRIGASI PADA KECAMATAN
WINONGAN**

NASKAH PUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ADHITYA PRIAMBUDI

NIM. 115060100111023

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

STUDI ALTERNATIF PEMANFAATAN SUMBER MATA AIR UMBULAN UNTUK SISTEM IRIGASI PADA KECAMATAN WINONGAN

Adhitya Priambudi, Alwafi Pujiharjo, Indradi Wijatmiko

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167 Malang, 65145, Jawa Timur – Indonesia

ABSTRAK

Pertanian merupakan faktor penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan nasional. Namun masih banyak sawah di Indonesia yang belum dimaksimalkan dikarenakan berbagai hal, salah satunya ketidakmampuan masyarakat memenuhi kebutuhan air irigasi. Ketidakmampuan ini disebabkan sawah yang pemenuhan kebutuhan air dari turunnya hujan (sawah tadah hujan) dan keterbatasan teknologi (pompa). Kekeringan yang terjadi di Indonesia salah satunya terjadi pada Desa Umbulan dan Desa Kedungrejo Kecamatan Winongan Kabupaten Pasuruan. Lokasi sawah tadah hujan berada pada elevasi +120 m di atas permukaan laut, sedangkan elevasi sumber air umbulan berada pada +30 m di atas permukaan laut. Luas sawah tadah hujan 95,48 Ha berada 1,4 km dari sumber air umbulan. Sumber air umbulan memiliki debit sekitar 3068,72 liter/detik hanya 10 % yang digunakan untuk keperluan tertentu selebihnya terbuang percuma ke laut. Dari kenyataan ini sangat ironi apabila ada daerah yang berada didekatnya mengalami kekeringan. Kebutuhan air irigasi sawah tadah hujan pada kedua desa tersebut hanya sebesar 171,38 liter/detik dengan dirancang sistem pendistribusian air menggunakan pompa yang diatur penyalan pompa serta tandon sebesar 400 m³

Kata kunci: sawah tadah hujan, pompa, irigasi, Umbulan, Winongan, Pasuruan, kekeringan.

ABSTRACT

Agriculture is an important factor for national foods demand. But there are still many fields in Indonesia have not been optimized for a variety of things, one of which is the inability of the people to meet the needs of irrigation water. Winongan people not capable to supply irrigation water because the field get the water irrigation from rain and limitnees of technology (pump). One of the areas get the drought in Indonesia is Winongan district. The rainfed field in winongan district has elevate in +120 m while umbulan spring has elevate in +30 m. The large of rainfed field is 95,48 Ha have the distance of spring umbulan 1,4 km. The Umbulan Spring debit is 3068,72 liter/second just 10% used from total debit and the rest wasted to sea. This reality is a ironi if the field in there get drought. The demand of water irrigation is 171,38 liter/second and the distribution water using pump and have reservoir 400 m³

Keywords: rainfed field, pumps, irrigation, Umbulan, Winongan, Pasuruan, drought.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang masyarakatnya berprofesi sebagai petani dan memiliki banyak lahan pertanian. Namun lahan tersebut akan tidak ada artinya apabila tidak disediakan pula sistem penyediaan air. Salah satu kendala sulitnya masyarakat dalam penyediaan air adalah keterbatasan teknologi.

Kekeringan sering terjadi pada lahan pertanian yang hanya mengandalkan air hujan atau bisa disebut dengan sawah tadah hujan. Ini menyebabkan tidak bisa maksimal dalam produksi beras pada daerah tersebut. Di wilayah Jawa Timur, pemenuhan kebutuhan air irigasi masih belum 100%. Ini dibuktikan dengan banyaknya daerah yang mengalami kekeringan tidak bisa ditanami.

Salah satu di daerah yang mengalami kekeringan ialah beberapa desa di Kecamatan Winongan Kabupaten Pasuruan. Di daerah ini penduduknya mayoritas berprofesi sebagai petani yang hanya mengandalkan air hujan untuk pengairan sawahnya. Sehingga pada musim kemarau sawah mengalami kekeringan. Hal ini berakibat masyarakat disana tidak bisa memaksimalkan lahan yang ada untuk bertani. Lokasi Kecamatan Winongan dilihat pada **Gambar 1**.

Dengan keadaan sawah yang mengalami kekeringan, namun Kecamatan Winongan mempunyai sumber air/ mata air dengan debit yang besar yaitu Sumber air umbulan. Mata air ini berada di lahan seluas 4,8 hektar dan berjarak kisaran 72 km dari Kota Surabaya. Sumber umbulan ini memiliki debit kira kira 4000 liter/detik diharapkan dapat memenuhi kebutuhan akan air untuk kehidupan sehari hari mulai dari kebutuhan irigasi maupun kebutuhan air konsumsi.



Gambar 1 Peta Lokasi Kecamatan Winongan Kabupaten Pasuruan

TINJAUAN PUSTAKA

Siklus Hidrologi

Hidrologi adalah suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam. Meliputi berbagai bentuk air, yang menyangkut perubahan perubahannya antara keadaan cair, padat dan gas dalam atmosfer, di atas dan di bawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang mengaktifkan kehidupan di planet bumi. (Soemarto, 1986)

Curah Hujan Harian

Metode yang dipakai dalam mencari curah hujan harian adalah Metode Rata-rata aljabar. Curah hujan didapatkan dengan mengambil rata-rata hitung dari penakar hujan areal tersebut dibagi jumlah stasiun pengamatan (sosrodarsono dan takeda,1976)

$$P = (P_1 + P_2 + \dots + P_n) / n$$

Dimana :

P : Tinggi curah hujan rata rata (mm)

P₁, P₂, P_n : Tinggi curah hujan pada stasiun penakar 1, 2, ..., n (mm)

n : Jumlah stasiun penakar

Curah Hujan Andalan

Curah hujan yang diharapkan selalu ada atau dapat diandalkan pada periode tertentu disuatu lahan, dimana resiko kegagalan telah diperhitungkan sebaik-baiknya. Dengan menggunakan "Basic Year Method", dapat dihitung R80 dengan rasio kegagalan yang diperhitungkan 20%.

Curah Hujan Efektif

Jumlah curah hujan yang jatuh pada periode tertentu selama masa pertumbuhan tanaman yang secara efektif untuk memenuhi kebutuhan tanaman

Daerah Imbuhan

Resapan air (infiltrasi air) ke dalam lapisan tanah atau batuan adalah bagian dari proses siklus air. Dimana air hujan yang turun ke permukaan bumi, sebagian mengalir di permukaan sebagai aliran permukaan (run off) dan sebagian lagi masuk ke dalam tanah, mengisi lapisan akuifer (lapisan pembawa air) untuk kemudian disebut sebagai air tanah.

Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari dalam tanah hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitasnya sama dengan air tanah dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya air dari tanah) mata air, dapat dibedakan menjadi: mata air rembesan, yaitu mata air yang keluar dari lereng-lereng dan mata air umbul, yaitu mata air keluar dari suatu daratan.

Irigasi

Sistem irigasi dapat diartikan sebagai satu kesatuan yang tersusun dari berbagai komponen, menyangkut upaya penyediaan,

pembagian, pengelolaan dan pengaturan air dalam rangka meningkatkan produksi pertanian. Beberapa komponen dalam sistem irigasi diantaranya adalah :

1. Siklus hidrologi
2. Kondisi fisik dan kimiawi
3. Kondisi biologis tanaman,
4. Aktivitas manusia

Tujuan Irigasi

Secara garis besar di golongkan menjadi 2 (dua) golongan yaitu :

1. **Tujuan Langsung** : irigasi mempunyai tujuan untuk membasahi tanah berkaitan dengan kapasitas kandungan air dan udara dalam tanah sehingga dapat mencapai suatu kondisi tertentu sesuai untuk kebutuhan pertumbuhan tanaman yang ada ditanah tersebut.
2. **Tujuan tidak langsung** : untuk mengatur suhu tanah, mencuci tanah yang mengandung racun, mengangkut bahan pupuk melalui air yang ada, mengatur elevasi yang ada dengan cara mengalirkan air dan mengendapkan lumpur yang ada dll.

Evapotranspirasi

Metode PENMAN (modifikasi)

$$E_{To} = C (W \times R_n + (1 - W) \times f(U) \times (e_a - e_d))$$

E_{To} = Evapotranspirasi potensial harian (mm/hari)

C = Faktor koreksi,

W = Faktor yang berhubungan dengan temperatur dan suhu,

R_n = Radiasi gelombang netto (mm/hari),

$f(U)$ = Faktor yang bergantung pada kecepatan angin (km/hari),

e_a = Nilai tekanan uap jenuh (m bar),

e_d = Nilai tekanan uap air nyata (m bar).

$$ET = kc \times E_{to}$$

ET = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

E_{to} = evapotranspirasi potensial harian (mm/hari)

kc = Koefisien tanaman

Tabel 1 Harga Koefisien Tanaman Padi

Bulan Ke	Nedeco/prosida		FAO	
	Biasa	Unggul	Biasa	Unggul
0,5	1,2	1,2	1,1	1,1
1	1,2	1,27	1,1	1,1
1,5	1,32	1,33	1,1	1,05
2	1,4	1,3	1,1	1,05
2,5	1,35	1,3	1,1	0,95
3	1,25	0	1,05	0
3,5	1,12	0	0,95	
4	0	0	0	

Hidrolika

Saluran terbuka

Saluran terbuka adalah saluran di mana air mengalir dengan muka air bebas. Kajian tentang perilaku aliran dikenal dengan mekanika fluida (*fluid mechanics*). Hal ini menyangkut sifat-sifat fluida dan pengaruhnya terhadap pola aliran dan gaya yang akan timbul di antara fluida dan pembatas (dinding).

Type aliran pada Saluran Terbuka adalah

- a. Aliran Mantap (Steady Flow)
 1. Perubahan volume terhadap waktu tetap $\partial Q / \partial t = 0$

2. Perubahan kedalaman terhadap waktu tetap $\partial h / \partial t = 0$

3. Perubahan kecepatan terhadap waktu tetap $\partial v / \partial t = 0$

b. Aliran Tidak Mantap (Unsteady Flow)

1. Perubahan volume terhadap waktu tidak tetap $\partial Q / \partial t \neq 0$

2. Perubahan kedalaman terhadap waktu tidak tetap $\partial h / \partial t \neq 0$

3. Perubahan kecepatan terhadap waktu tetap $\partial v / \partial z \neq 0$

c. Aliran Seragam (Uniform Flow)

1. Besar dan arah kecepatan tetap terhadap jarak. $\partial Q / \partial x = 0$

2. Aliran pada pipa dengan penampang sama. $\partial v / \partial x = 0$

d. Aliran Tidak Seragam (Non Uniform Flow)

1. Pengaruh pembendungan dan variable fluida lain juga tidak tetap. $\partial h / \partial x \neq 0$

2. Hydraulic jump. $\partial v / \partial x \neq 0$

Keadaan aliran

Aliran pada saluran terbuka dapat diklasifikasikan berdasarkan pengaruh kekentalan fluida (ν = viskositas) dan gaya gravitasi.

Perbandingan gaya-gaya yang disebabkan oleh gaya Inersia, gravitasi dan kekentalan dikenal sebagai bilangan reynold, Re dapat ditulis dengan persamaan (SI):

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot L}{\mu} = \frac{u \cdot D}{\nu}$$

Dimana :

ρ = Rapat massa (kg/m³)

D = Diameter pipa (meter)

u = Kecepatan Aliran (m/detik)

μ = Kekentalan Dinamis (kg/m.detik)

ν = Kekentalan kinematik (μ/ρ) (m²/detik)

Jika nilai Re kecil aliran akan meluncur lapisan di atas lapisan lain yang dikenal sebagai aliran Laminar, sedangkan jika aliran-aliran tadi tidak terdapat garis edar tertentu yang dapat dilihat, aliran ini disebut Aliran Turbulen.

Pada Saluran Terbuka :

- Aliran Laminar terjadi jika $Re < 500$
- Aliran Turbulen terjadi jika $Re > 1000$
- Untuk kondisi $500 < Re < 1000$ disebut Aliran Transisi.

Aliran Sub-Kritis, Kritis dan Super-Kritis

Perbandingan Gaya-gaya Inersia dan Gravitasi dikenal sebagai Bilangan Fronde :

$$F = V / (\sqrt{g \cdot D})$$

Aliran dikatakan kritis jika :

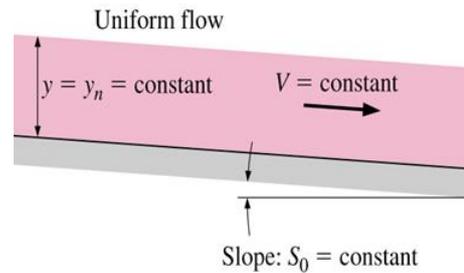
$F = 1,0$ disebut Aliran Kritis

$F < 1,0$ disebut Sub-Kritis

$F > 1,0$ disebut Super-Kritis

Aliran Seragam (Uniform Flow)

Aliran seragam merupakan aliran dengan kecepatan rata-rata sepanjang alur aliran adalah sama sepanjang waktu. Aliran dikatakan seragam, jika kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Di dalam aliran seragam, dianggap bahwa aliran adalah mantap dan satu dimensi yang berarti kecepatan aliran di setiap titik pada tampang lintang tidak berubah, misalnya aliran melalui saluran irigasi yang sangat panjang dan tidak ada perubahan penampang. Pada umumnya aliran seragam pada saluran terbuka dengan tampang lintang prismatic adalah aliran dengan kecepatan konstan dan kedalaman air konstan. Di samping itu permukaan aliran sejajar dengan permukaan dasar saluran, sehingga kecepatan dan kedalaman aliran disebut dalam kondisi seimbang (kondisi *equilibrium*).



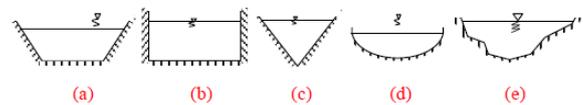
Gambar 2 Aliran seragam

Aliran tak seragam (Non-Uniform Flow)

Aliran tak seragam adalah kedalaman dan kecepatan aliran sepanjang saluran tidak konstan, garis tenaga tidak sejajar dengan garis muka air dan dasar saluran. Analisis aliran tak seragam biasanya bertujuan untuk mengetahui profil aliran di sepanjang saluran atau sungai. Analisis ini banyak dilakukan dalam perencanaan perbaikan sungai atau penanggulangan banjir, elevasi jembatan dan sebagainya. Dalam hal ini analisis aliran menjadi jauh lebih mudah dan hasil hitungan akan lebih aman, karena debit yang diperhitungkan adalah debit puncak yang sebenarnya terjadi sesaat, tetapi dalam analisis ini dianggap terjadi dalam waktu yang lama.

Bentuk Saluran Terbuka

Berbagai macam bentuk penampang saluran terbuka yang tersedia, antara lain

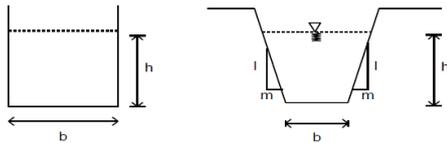


Gambar 3 Profil Saluran

- Trapezium
- Persegi
- Segitiga
- Setengah lingkaran
- Tak beraturan

Geometri saluran

Geometri (penampang) saluran, (*channel section*) adalah potongan tegak lurus terhadap arah aliran sedangkan penampang vertikal saluran (*vertical channel section*) adalah suatu penampang melalui titik terbawah atau terendah dari penampang saluran.



Gambar 4 Geometri penampang persegi dan trapesium

$$\text{Luas (A)} = b \times h$$

$$\text{Keliling basah } P = b + 2h$$

$$\text{Jari-jari hidraulik } R = (bh)/(b+2h)$$

dengan b = lebar dasar saluran dan h = tinggi kedalaman air

Perhitungan Saluran Ekonomis Trapesium

- Luas penampang A (m) = $h^2 \times \sqrt{3}$
- Keliling basah P (m) = $2h \times \sqrt{3}$
- Jari jari hidrolis R (m) = $A/P = h/2$
- Kecepatan V (m/s) = $1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
- $Q = A \times V$ (m³/s) = $h^2 \times \sqrt{3} \times 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
- Dasar penampang B (m) = $2/3 \times h \times \sqrt{3}$

Tinggi Jagaan

Meningginya muka air sampai diatas tinggi yang telah direncanakan bisa disebabkan oleh penutupan pintu air secara tiba-tiba disebelah hilir, atau terhambatnya air dibagian hilir dikarenakan suatu hal. Tinggi jagaan telah diatur oleh standar perencanaan irigasi tahun 1986.

Tabel 2 Tinggi Jagaan Minimum Untuk Saluran Tanah

Q (m ³ /s)	Tinggi Jagaan (m)
<0,5	0,4
0,5-1,5	0,5
1,5-5	0,6
5-10,0	0,75
10,0-15,0	0,85
>15	1

Head kerugian gesek di dalam pipa (*H_{gesekan}*)

Aliran fluida cair yang mengalir di dalam pipa adalah fluida viskos sehingga faktor gesekan fluida dengan dinding pipa tidak dapat diabaikan, maka menggunakan persamaan chezy,

$$v = C \sqrt{(R \cdot S_0)}$$

dengan :

- v = Kecepatan Rata-Rata Aliran Di Dalam Pipa (m/s)
- C , = Koefesien Chezy
- R = Jari-Jari Hidrolis
- S = Kemiringan Garis Energi

Sehingga nilai C dapat dihubungkan dengan koefisien f dari Darcy-Weisbach :

$$H_f = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2g}$$

$$v = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{f}} R^{1/2} S^{1/2}$$

Persamaan diatas dibandingkan dengan persamaan chezy, maka didapat hubungan,

$$C = \sqrt{\frac{8 \cdot g}{f}}$$

(2-18)

Rumus Strickler mempunyai bentuk :

$$v = k_s \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

Dimana k_s adalah koefisien kekasaran strickler yang mempunyai hubungan dengan kekasaran manning $k_s = \frac{1}{n}$

Koefisien Manning (n)

Setiap aliran dipengaruhi material mempunyai kekasaran yang berbeda, tentunya akan mempengaruhi pergerakan fluida yang berkontak langsung dengan permukaan saluran. Koefisien manning n merupakan fungsi dari :

- Material saluran
- Ketidak-teraturan permukaan
- Variasi bentuk
- Tumbuh-tumbuhan
- Kondisi aliran
- Halangan saluran
- Derajat kelokan saluran

Tabel 3 Harga Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Pipa	Koef. Manning (n)
Kaca, Kuningan/Tembaga	0,009-0,013
Permukaan Semen Halus	0,01-0,013
Kayu	0,01-0,013
Besi Tuang	0,011-0,015
Beton Precast	0,011-0,015
Permukaan Mortar Semen	0,011-0,015
Pipa Tanah Dibakar	0,011-0,017
Besi Tuang	0,012-0,017
Batu Dengan Mortar Semen	0,012-0,017
Baja Keling	0,017-0,02

Tabel 4 Harga Koefisien Kekasaran Manning untuk sungai

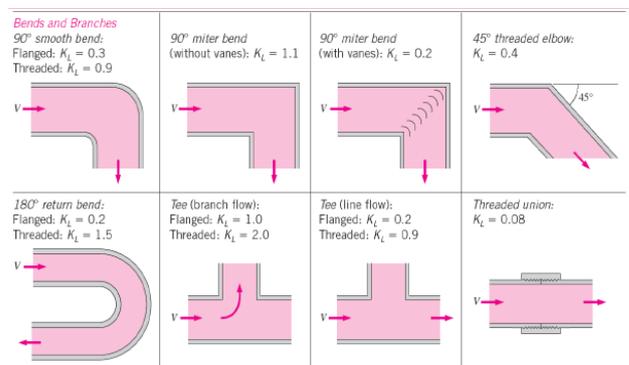
Type of Channel and Description	Minimum	Normal	Maximum
Streams on plain			
o Clean, straight, full stage, no rifts or deep pools	0.025	0.03	0.033
o Clean, winding, some pools, shoals, weeds & stones	0.033	0.045	0.05
o Same as above, lower stages and more stones	0.045	0.05	0.06
o Sluggish reaches, weedy, deep pools	0.05	0.07	0.07
o Very weedy reaches, deep pools, or floodways with heavy stand of timber and	0.075	0.1	0.15
Mountain streams, no vegetation in channel, banks steep, trees & brush along banks submerged at high stages			
o Bottom: gravels, cobbles, and few boulders	0.03	0.04	0.05
o Bottom: cobbles with large boulders	0.04	0.05	0.07

Kehilangan Energi Sekunder dalam Pipa

Disamping ada kehilangan energi akibat gesekan pipa atau disebut dengan kehilangan energi primer (mayor losses), terjadi pula kehilangan energi yang disebabkan karena perubahan penampang pipa, sambungan, belokan dan katup yang biasa disebut kehilangan energi sekunder (minor losses). Kehilangan energi minor biasanya jauh lebih kecil dari major losses, sehingga biasanya diabaikan dalam perhitungan. Secara umum kehilangan energi dalam ditulis dengan

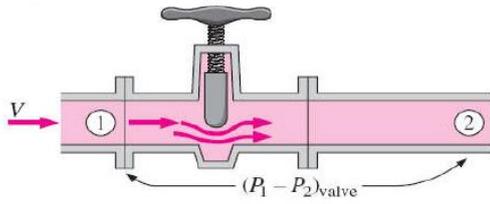
$$h_L = K_L \cdot v^2 / 2g$$

dengan K_L = koefisien gesekan



Gambar 5 Belokan pipa

Pipe section with valve:



Valves

Globe valve, fully open: $K_L = 10$	Gate valve, fully open: $K_L = 0.2$
Angle valve, fully open: $K_L = 5$	closed: $K_L = 0.3$
Ball valve, fully open: $K_L = 0.05$	closed: $K_L = 2.1$
Swing check valve: $K_L = 2$	closed: $K_L = 17$

Gambar 6 Katup pipa

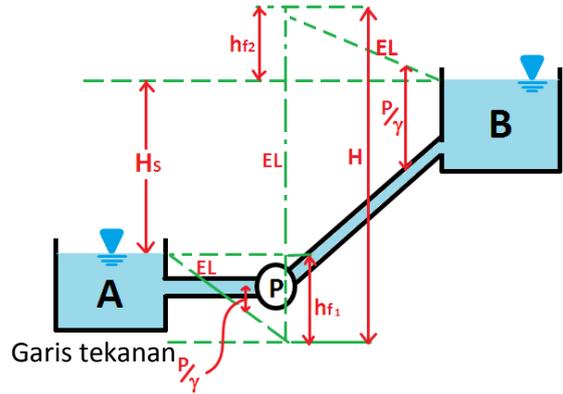
Gambar 2.7 menjelaskan beberapa bentuk belokan saluran pipa yang mempengaruhi nilai koefisien gesekan aliran. Selain belokan pada saluran, akibat kehilangan energi sekunder bisa diakibatkan juga karena adanya katup yang ditunjukkan pada **Gambar 2.8**

Sistem Perpompaan

Pompa digunakan untuk menaikkan air menuju tandon yang berada di atas dan selisih elevasi muka air H , seperti ditunjukkan pada **Gambar 2.6**, maka daya yang digunakan oleh pompa adalah sama dengan tinggi H ditambah kehilangan energi selama pengaliran. Kehilangan energi adalah ekuivalen dengan penambahan tinggi elevasi, sehingga efeknya sama dengan bila pompa menaikkan air setinggi $H_p = H + \sum h_r$. Kehilangan energi dapat karena gesekan (major losses) dan minor losses, namun apabila minor losses diabaikan maka kehilangan energi karena gesekan baik pipa sebelum maupun sesudah pompa. Pipa sebelum pompa merupakan pompa hisap, sedangkan pipa setelah pompa adalah pipa tekan.

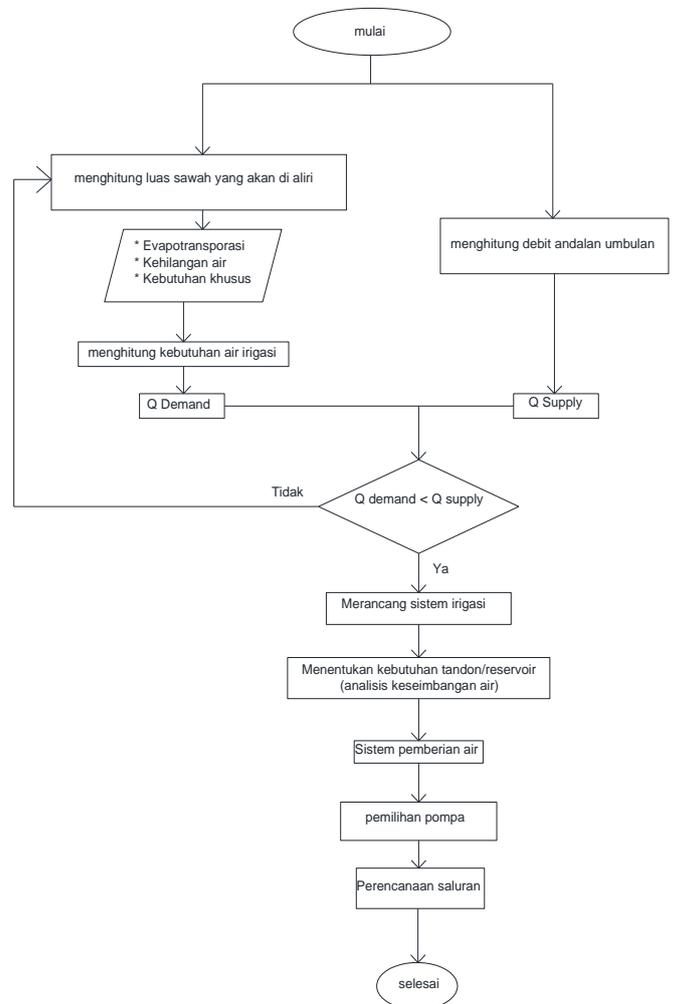
$$D = \frac{Q.H.^y}{75.\eta} \quad (hp)$$

Dimana, η = efisiensi pompa



Gambar 7 Pipa dengan pompa

METODOLOGI



Gambar 8 Flowchart Penelitian

Langkah-Langkah Pengerjaan

Tujuan perumusan langkah-langkah dalam perencanaan sistem irigasi ini untuk mempermudah dalam menganalisis permasalahan yang akan dibahas dalam penulisan skripsi ini. Secara garis besar, langkah-langkah tersebut ialah

- a. Pengumpulan Data
- b. Pengolahan Data
- c. Analisis dan Perhitungan

Ketiga langkah langkah tersebut dilakukan dengan 2 cara, yaitu dengan SIG atau komputerisasi dan manual. Urutan pengerjaannya yaitu :

Perhitungan Debit Andalan Sumber Air Umbulan (supply)

1. Pengumpulan data berupa :
 - a. Data tinggi air dari pintu ukur saluran pembuangan sumber air umbulan.
 - b. Data lebar pintu air
 - c. Peta topografi wilayah Kecamatan Winongan
 - d. Luas sawah yang akan dialiri
2. Pengolahan data
 - a. Pengukuran muka air pada pintu ukur pembuangan air yang ada pada sumber air Umbulan guna mendapatkan debit air
 - b. Data kontur didapat dari peta topografi
3. Analisis dan perhitungan, dengan cara :
 - a. Menghitung menggunakan ilmu hidrolika mengenai pintu ukur ambang tinggi.
 - b. Menghitung menggunakan ilmu hidrolika mengenai pintu ukur ambang lebar.

- c. Menghitung kekuatan dan spesifikasi pompa untuk menaikkan air

Perhitungan Luas Sawah yang akan dialiri (demand).

1. Pengumpulan Data
 - a. Peta lahan kekeringan di desa Kedung rejo, dan desa Umbulan
 - b. Peta topografi.
 - c. Evapotranspirasi.
 - d. Kehilangan air.
 - e. Kebutuhan khusus.
2. Pengolahan data
 - a. Data Luas sawah diperoleh dari BPS Pasuruan.
 - b. Menghitung kebutuhan air irigasi dengan memperhitungkan evapotranspirasi, kehilangan air dan kebutuhan khusus.
 - c. Membuat saluran irigasi untuk sawah dengan profil sesuai debit pengaliran.
 - d. Topografi diperoleh dari BAKOSURTANAL
 - e. Mendesain penampungan air irigasi.
3. Analisis dan perhitungan.
 - a. Evaporaspirasi di dapat dengan metode Penman
 - b. Kebutuhan air di dapat dengan cara penjumlahan evapotranspirasi, kehilangan air dan kebutuhan khusus.
 - c. Penentuan letak penampungan didapat berdasarkan kebutuhan air irigasi agar bisa teraliri air sesuai rencana.

Perbandingan antara Q supply dengan Q demand dan penentuan sistem penyediaan air bersih

1. Pengumpulan Data
 - a. Hasil perhitungan Q supply
 - b. Hasil perhitungan Q demand
 - c. Peta saluran eksisting di Desa Kedungrejo, dan Umbulan.
 - d. Data topografi
2. Pengolahan data
 - a. Membandingkan hasil perhitungan Q supply dengan Q demand
 - b. Topografi diperoleh dari BAKOSURTANAL untuk penentuan beda tinggi
 - c. Mendesain sistem irigasi sawah yang mengalami kekeringan.
3. Analisis dan Perhitungan
 - a. Apabila hasil perhitungan menunjukkan $Q \text{ supply} < Q \text{ demand}$ maka debit mata air Umbulan tidak mencukupi untuk kebutuhan masyarakat dan perlu adanya pengurangan cakupan wilayah pemberian air
 - b. Apabila hasil perhitungan menunjukkan $Q \text{ supply} > Q \text{ demand}$ maka dilakukan perhitungan debit rancangan
 - c. Menentukan jumlah kebutuhan pompa berdasarkan kebutuhan air irigasi
 - d. Membuat penjadwalan penyalaan pompa.
 - e. Mendesain penampungan air dengan memperhitungkan kebutuhan air irigasi serta

kondisi letak tempat penampungan air.

PEMBAHASAN

Data Sawah

Sawah yang mengalami kekeringan merupakan sawah tadah hujan yang berada di Desa Umbulan dan Desa Kedungrejo. Dengan total 95,48 Ha sawah hanya bisa digunakan saat musim hujan serta berfungsi satu kali panen.

Tabel 5 Luas Sawah Tadah Hujan

NO	Nama Desa	Luas sawah (ha)		
		2012	2013	2014
1	Umbulan	26,5	26,5	26,5
2	Kedungrejo	68,98	68,98	68,98

Perhitungan Evapotranspirasi

Dengan menggunakan Metode Penman Modifikasi karena adanya data-data yang mendukung.

$$ET_o = c \cdot (W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d))$$

ET_o = Evapotranspirasi acuan (mm/hari)

c = Faktor penyesuaian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = Faktor yang mempengaruhi penyinaran matahari (mengacu Tabel Penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian)

R_n = Radiasi penyinaran matahari (mm/hari)

R_n = $R_{ns} - R_{n1}$

R_{ns} = Harga netto gelombang pendek

R_{n1} = Harga netto gelombang panjang

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

R_s = Radiasi gelombang pendek

α = Koefisien pemantulan = 0,25

- Rs = (0,25 + 0,5 (n/N)) Ra
n/N = Lama penyinaran matahari
Ra = Radiasi extra terresial (berdasarkan lokasi stasiun pengamatan)
Rn1 = 2,01 x 10⁹ . T⁴ (0,34 – 0,044 ed^{0,5})
(0,1 + 0,9 n/N) = f(T) x f(ed) x f(n/N) (1-W)
W = Faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban
f(u) = Faktor yang tergantung dari kecepatan angin / fungsi relatif angin = 0,27 x (1 + U²/100) dimana U² merupakan kecepatan angin selama 24 jam dalam km/hari

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Evapotranspirasi Metode Penman

		satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sept	Okt	Nov	Des
1	Tempertur (T)	°C	26,4	26,4	26,1	26,3	26,3	25,9	25,4	25,9	26,4	26,8	28,0	27,2
2	Kelembatan relatif (Rh)	%	72,0	73,0	61,0	68,0	71,0	70,0	63,0	64,0	61,0	61,0	71,0	71,0
3	Penyinaran matahari (n/N)	%	37,0	50,0	70,0	85,0	75,0	92,0	100,0	98,0	98,0	97,0	84,0	61,0
4	Kecepatan angin (u)	km/jam	3,2	3,9	2,8	2,5	2,6	2,7	3,7	4,1	5,3	4,6	4,2	4,1
		m/dtk	0,9	1,1	0,8	0,7	0,7	0,8	1,0	1,1	1,5	1,3	1,2	1,1
		km/jam	76,8	93,6	67,2	60,0	62,4	64,8	88,8	98,4	127,2	110,4	100,8	98,4
5	w		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
6	Ra (tabel)		16,1	16,1	15,5	14,4	13,1	12,4	12,7	13,7	14,9	15,8	16,0	16,0
7	F(t) (tabel)		16,0	16,1	16,3	16,4	16,3	16,0	16,1	16,0	16,4	16,4	16,2	16,5
8	f(u)	m/dtk	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
9	ea	mbar	33,8	35,9	37,4	38,7	36,5	33,8	35,7	35,1	40,0	39,8	34,1	40,1
10	ed	mbar	24,4	26,2	22,8	26,3	25,9	23,7	22,5	22,4	24,4	24,3	24,2	28,4
11	Rs	mbar	7,2	8,4	9,7	10,2	8,6	9,3	10,0	10,7	11,6	12,2	11,3	9,3
12	f(n/N)		0,4	0,6	0,7	0,9	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,6
13	f(ed)		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
14	Rn1	mm/hari	2,2	2,8	3,8	4,5	4,0	4,7	5,1	5,0	5,1	5,1	4,4	3,4
15	ea-ed		9,5	9,7	14,6	12,4	10,6	10,1	13,2	12,6	15,6	15,5	9,9	11,6
16	1-w		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
17	Et0	mm/hari	3,5	3,8	4,3	3,7	3,0	2,8	3,5	3,9	5,0	5,2	4,3	4,1

Perhitungan Hujan Efektif

Curah hujan efektif untuk irigasi diambil 70% dari curah hujan bulanan yang terlampaui 80% dari dalam periode tersebut. Untuk perhitungannya digunakan curah hujan bulanan rata-rata bulanan dari stasiun stasiun yang dekat dengan areal ini

Tabel 7 merupakan data curah hujan harian rata rata pada Stasiun Winongan, Umbulan, Lumbang, Wonorejo yang dipergunakan untuk menghitung curah hujan efektif yang akan dipakai dalam perhitungan kebutuhan air irigasi. Tahapan selanjutnya adalah pengelompokan data curah hujan berdasarkan besar curah hujannya. Pengelompokan data curah hujan dapat dilihat pada **Tabel 8**

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Evapotranspirasi Metode Penman

TANGGAL	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	11	14	5	3	3	1	1	0	1	0	1	2
2	10	18	9	2	1	0	0	0	0	0	1	6
3	7	15	10	2	2	1	0	0	0	0	2	2
4	10	19	12	7	0	1	0	0	1	0	5	6
5	14	14	11	8	2	1	1	0	0	0	2	2
6	13	14	14	5	2	1	0	3	5	0	10	8
7	10	9	7	7	7	1	0	0	0	1	3	8
8	8	12	5	5	4	3	1	0	0	5	7	4
9	11	12	9	5	3	2	1	2	2	1	7	3
10	7	13	12	1	3	2	2	0	0	2	3	2
11	4	13	5	3	5	2	1	2	0	0	0	5
12	7	8	3	7	11	1	0	0	1	0	0	5
13	5	7	7	1	2	1	0	0	3	0	1	9
14	4	14	12	2	4	1	0	0	0	0	1	6
15	1	6	15	4	2	2	0	0	1	2	3	9
16	10	10	9	3	3	2	0	0	1	1	3	6
17	7	8	6	3	3	4	1	0	1	1	3	7
18	4	12	7	5	2	2	0	0	0	1	7	9
19	10	11	11	2	4	1	0	0	1	1	3	12
20	5	12	16	5	1	1	0	0	2	1	7	7
21	12	11	3	5	2	1	0	0	2	1	9	14
22	7	6	7	2	2	1	0	0	1	2	5	6
23	5	5	3	5	2	1	0	0	0	0	5	6
24	7	7	4	2	1	0	0	0	1	0	4	9
25	14	12	4	4	5	0	1	1	0	1	5	8
26	13	14	2	4	3	0	2	1	0	3	3	13
27	16	9	6	2	1	5	4	0	0	2	3	11
28	8	6	4	3	1	1	3	0	0	2	4	11
29	8		4	4	2	1	0	0	0	0	2	14
30	20		2	1	6	1	0	0	0	0	4	7
31	21		3		2		1	0		1		7
TOTAL	289	311	227	112	91	41	19	9	23	28	113	224

Tabel 8 Pengelompokan Data Curah Hujan

CURAH HUJAN	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
0 - 2	1	0	2	10	16	23	10	4	12	15	7	4
2 - 4	3	0	8	9	9	2	2	1	1	1	11	2
4 - 6	3	4	5	7	3	1	0	0	1	1	4	8
6 - 8	9	4	4	4	1	0	0	0	0	0	4	7
8 - 10	5	3	4	0	0	0	0	0	0	0	2	4
10 - 12	3	7	5	0	1	0	0	0	0	0	0	3
12 - 14	4	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
14 - 16	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16 - 18	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18 - 20	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
> 20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 9 Prosentase Terjadinya Curah Hujan (R80)

CURAH HUJAN	BULAN											
	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
0 - 2	3,2258065	0	6,4516129	33,333333	53,333333	88,461538	83,333333	80	85,714286	88,235294	25	12,90323
2 - 4	12,903226	0	32,258065	63,333333	83,333333	96,153846	100	100	92,857143	94,117647	64,285714	19,35484
4 - 6	22,580645	14,285714	48,387097	86,666667	93,333333	100			100	100	78,571429	45,16129
6 - 8	51,612903	28,571429	61,290323	100	96,666667						92,857143	67,74194
8 - 10	67,741935	39,285714	74,193548		96,666667						100	80,64516
10 - 12	77,419355	64,285714	90,322581		100							90,32258
12 - 14	90,322581	89,285714	93,548387									100
14 - 16	93,548387	92,857143	100									
16 - 18	93,548387	96,428571										
18 - 20	96,774194	100										
> 20	100											
curah hujan efektif (mm/hari)	4,93	5,60	2,10	0,8	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,4	2,10

Besarnya curah hujan ditentukan dengan 70% dari curah hujan rata-rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 20% (curah hujan R80). Contoh perhitungan bulan Januari

Data peluang 20 % pada bulan Januari terletak pada data curah hujan 2-4 dan 4-6 mm dapat dilihat pada **Tabel 9** . Maka dengan menggunakan interpolasi data.

$$(22,58-12,9)/4 = (20-12,9)/x$$

$$x = 2,93 \text{ mm/hari}$$

Maka data hujan yang didapat pada bulan Januari = 2 + (x) = 4,93 mm/hari

Tabel 10 Rekapitulasi Curah Hujan Efektif

Bulan	R80	Re
Januari	4,93	3,45
Februari	5,60	3,92
Maret	2,10	1,47
April	0,762	0,53
Mei	0	0
Juni	0	0
Juli	0	0
Agustus	0	0
September	0	0
Oktober	0	0
November	0,368	0,26
Desember	2,10	1,47

Contoh perhitungan curah hujan efektif harian bulan Januari

$$\begin{aligned}
 \text{a. } Re &= 70\% \times R80 \\
 &= 4,93 \times 0,7 \\
 &= 3,45 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Penyiapan Lahan

Untuk perhitungan kebutuhan air selama penyiapan lahan digunakan metode yang dikembangkan oleh Van de Goor Zijlsha (1968). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam liter/detik/ha selama periode penyiapan lahan dan menghasilkan rumus

$$IR = Me^k / (e^k - 1)$$

Dimana :

IR = kebutuhan air irigasi ditingkat persawahan (mm/hari)

M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi disawah yang sudah dijenuhkan.

$$M = E_0 + P$$

Dimana :

E_0 = Evaporasi air terbuka yang diambil 1,1 E_{t_0} selama penyiapan lahan (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

K = M T/S

Dimana :

T = jangka waktu penyiapan lahan (hari)

S = kebutuhan air untuk penenuhan ditambah dengan lapisan air 50 mm

Angka 250 mm diambil karena tanah didaerah winongan bertekstur berat dan sudah lebih

dari 2,5 bulan tidak ditanami.(KP-01 2010)

Tabel 11 Perkolasi Jenis Tanah

No	Macam Tanah	Perkolasi (mm/hari)
1	Sandy loam	3-6
2	Loam	2-3
3	Clay	1-2

Contoh perhitungan, kebutuhan air Bulan Januari

a. Mencari harga evaporasi terbuka yang diambil 1,1 E_{T_0} selama persiapan lahan

$$\begin{aligned}
 \text{b. } E_0 &= E_{T_0} \times 1,1 \\
 &= 3,53 \times 1,1 \\
 &= 3,88 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

c. Perkolasi = 2 mm/hari (diasumsikan jenis tanah *Loam*)

d. Mencari harga kebutuhan air untuk menggantikan air akibat evaporasi dan perkolasi disawah yang sudah jenuh (M)

$$\begin{aligned}
 M &= E_0 + P \\
 &= 3,88 + 2 \\
 &= 5,88 \text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

e. Jangka waktu pengiapan lahan (T) = 45 hari

f. Air yang dibutuhkan untuk penjenuhan ditambah 50 mm

$$S = 250 + 50 = 300 \text{ mm}$$

g. Konstanta

$$\begin{aligned}
 K &= M \times T / S \\
 &= 5,88 \times 45 / 300 = 0,88
 \end{aligned}$$

h. Kebutuhan air irigasi untuk penyiapan lahan

$$\begin{aligned}
 IR &= Me^k / (e^k - 1) \\
 &= 5,88 \times e^{0,88} / (e^{0,88} - 1) = 10,04 \\
 &\text{ mm/hari}
 \end{aligned}$$

Tabel 12 Perhitungan kebutuhan air persiapan lahan

parameter	satuan	Bulan											
		jan	feb	mar	apr	mei	jun	jul	ags	sep	okt	nov	des
Et0	mm/hari	3,54	3,85	4,26	3,69	2,97	2,77	3,48	3,92	5,03	5,22	4,33	4,14
Eo	mm/hari	3,89	4,23	4,69	4,06	3,26	3,05	3,82	4,32	5,53	5,75	4,77	4,55
Perkolasi	mm/hari	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
M	mm/hari	5,89	6,23	6,69	6,06	5,26	5,05	5,82	6,32	7,53	7,75	6,77	6,55
T	hari	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
S	mm	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
K		0,88	0,93	1,00	0,91	0,79	0,76	0,87	0,95	1,13	1,16	1,01	0,98
IR	mm/hari	10,04	10,26	10,56	10,15	9,64	9,51	10,00	10,32	11,12	11,27	10,61	10,47

Tabel 12 Merupakan Rekapitulasi perhitungan kebutuhan air pada saat persiapan lahan. Dapat diketahui bahwa kebutuhan air terbesar disaat persiapan lahan terjadi pada bulan Oktober, yaitu sebesar 11,27 mm/hari.

Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi diambil dari sumber air Umbulan yang berada dielevasi yang lebih rendah dari elevasi sawah tadah hujan yang ada di Kecamatan Winongan. Luas sawah tadah hujan sebesar 95,48 Ha. Elevasi sumber air umbulan 30 m dpl sedangkan elevasi sawah tadah hujan tertinggi berada di 120 m dpl. Dalam satu tahun direncanakan 3 kali tanam dalam setahun dengan pola padi-padi-palawija. Palawija yang ditanam adalah kedelai

Contoh perhitungan kebutuhan air irigasi pada bulan November periode II dengan padi varietas biasa

1. Et0 = 129,98 mm
2. ETc = Et0 x kc
= 129,98 x 1,1 mm
= 142,98
3. Perkolasi (P) = 30 mm
4. R80 = 2,84 mm
5. Re = 0,26 mm
6. Penggenangan (S) = 300 mm

$$7. \quad IR = S + Et + P - Re$$

$$= 472,73 \text{ mm}$$

$$8. \quad \text{Kebutuhan Air Sawah} = 472,73 \times 10000 / (31 \times 24 \times 3600) / 1 \text{ ha} = 1,76 \text{ liter/detik/ha}$$

Rekapitulasi perhitungan kebutuhan air irigasi tersaji pada **tabel 13**

Tabel 13 Perhitungan kebutuhan air irigasi

musim tanam	bulan	periode	hari	P	R80	Re	Et0	koefisien tanam	Etc	Pengenangan (S)	IR	keb. Air sawah	
				mm	mm	mm	mm		mm			mm	lt/det/ha
I	Nov	1	15	30	0,37	0,26	129,99	PL	129,99	300	459,73	1,72	0,164
		2	15	30	0,37	0,26	129,99	1,1	142,98	300	472,73	1,76	0,169
	Des	1	16	32	2,10	1,47	128,19	1,1	141,01	300	471,54	1,76	0,168
		2	15	30	2,10	1,47	128,19	1,1	141,01	300	469,54	1,75	0,167
	Jan	1	16	32	4,93	3,45	109,68	1,1	120,65	300	449,20	1,68	0,160
		2	15	30	4,93	3,45	109,68	1,1	120,65	300	447,20	1,67	0,159
	Feb	1	15	30	5,60	3,92	107,75	1,05	113,13	300	439,21	1,64	0,157
		2	13	26	5,60	3,92	107,75	0,95	102,36	300	424,44	1,58	0,151
	Mar	1	16	32	2,10	1,47	132,16	0	0	300	330,53	1,23	0,118
		2	15	30	2,10	1,47	132,16	PL	132,16	300	460,69	1,72	0,164
	Apr	1	15	30	0,76	0,53	110,75	1,1	121,83	300	451,30	1,68	0,161
		2	15	30	0,76	0,53	110,75	1,1	121,83	300	451,30	1,68	0,161
Mei	1	16	32	0,00	0,00	92,01	1,1	101,21	300	433,21	1,62	0,154	
	2	15	30	0,00	0,00	92,01	1,1	101,21	300	431,21	1,61	0,154	
Jun	1	15	30	0,00	0,00	83,15	1,1	91,46	300	421,46	1,57	0,150	
	2	15	30	0,00	0,00	83,15	1,05	87,31	300	417,31	1,56	0,149	
Jul	1	16	32	0,00	0	107,75	0,95	102,36	300	434,36	1,62	0,155	
	2	15	30	0,00	0	107,75	0	0	300	330,00	1,23	0,118	
III	Agst	1	16	32	0,00	0	121,62	0,5	60,81	300	392,81	1,47	0,140
		2	15	30	0,00	0	121,62	0,75	91,21	300	421,21	1,57	0,150
	Sep	1	15	30	0,00	0	150,77	1	150,77	300	480,77	1,79	0,171
		2	15	30	0,00	0	150,77	1	150,77	300	480,77	1,79	0,171
	Okt	1	16	32	0,00	0	161,94	0,82	132,79	300	464,79	1,74	0,166
		2	15	30	0,00	0	161,94	0,45	72,87	300	402,87	1,50	0,144

Perhitungan Debit Sumber Air

Kebutuhan air irigasi harus bisa diimbangi dengan ketersediaan air. Ketersediaan air ini berasal dari sumber air Umbulan yang terbangung percuma dan akhirnya akan terbangung ke laut. Sumber air umbulan memiliki 3 pintu pembuangan, 2 pembuangan pintu A dan B, dan 1 pintu C, pintu C digunakan untuk memutar turbin dan akhirnya terbangung ke saluran pembuangan, ketiga salurannya berakhir ke laut.

Dimana :

b : lebar pintu air

h : tinggi air pada pintu air

Saluran Pembuangan Pada Pintu A

Tabel 14 Pengukuran Hasil Survei Pintu A

08-Nov-15		
Pengukuran ke-	b (m)	h (m)
1	7,07	0,05
2	7,07	0,052
3	7,07	0,048
rata rata		0,05
16 mei 2016		
Pengukuran ke-	b (m)	h (m)
1	7,07	0,045
2	7,07	0,052
3	7,07	0,05
rata rata		0,049
18 juni 2016		
Pengukuran ke-	b (m)	h (m)
1	7,07	0,051
2	7,07	0,05
3	7,07	0,052
4	7,07	0,049
5	7,07	0,081
6	7,07	0,054
rata rata		0,0562



Gambar 9 Pintu Air A

Saluran Pembuangan Pada Pintu B

Tabel 15 Pengukuran Hasil Survei Pintu B

Pengamatan Ke-	b (m)	h (m)	Tanggal Pengamatan
I	4	0,2	8 November 2015
II	4	0,18	16 Mei 2016
III	4	0,182	18 juni 2016



Gambar 10 Pintu Air B

Saluran pembuangan pada pintu C

Tabel 16 Pengukuran Hasil Survei Pintu C

Pengambilan Ke-	Jarak (m)	Waktu (Detik)	Tanggal Pengambilan
1	5	4,3	8 November 2015
2	5	4,45	
3	5	4,24	
Rata Rata	5	4,33	
1	3	2,35	16 Mei 2016
2	3	2,41	
3	3	2,37	
Rata Rata	3	2,37	
1	20	17,74	18 Juni 2016
2	20	17,28	
3	20	15,93	
Rata Rata	20	16,98	



Gambar 11 Pintu Air C

Perhitungan Debit Air

Pintu A

Dengan menggunakan rumus Romjin :

$$Q=1,71.b.h^{3/2}$$

Q = debit air (m³/detik)

b = lebar pintu (m)

h = tinggi muka air (m)

Tabel 17 Rekapitulasi Perhitungan Debit Air Pintu A

	b (m)	h (m)	Q (m3/detik)	Q (Liter/detik)
I	7,07	0,05	0,135166955	135,1669551
II	7,07	0,049	0,13113229	131,1322896
III	7,07	0,056166667	0,160928699	160,9286989
		rata rata	0,142409315	142,4093145

Pintu B

Dengan menggunakan Rumus

$$Q = C_d * \frac{2}{3} * \sqrt{(2 * g) * bc * h_1^{1,5}}$$

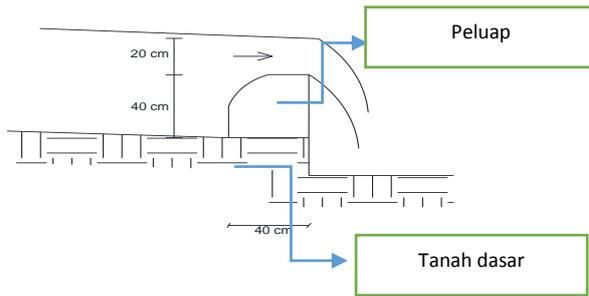
Q = debit air (m³/detik)

Cd = Koefisien Debit 0,93 + 0,10 H₁/L
untuk 0,1 < H

g = percepatan gravitasi (= 9,8 m/detik²)

bc = lebar mercu (m)

h₁ = kedalaman air hulu terhadap ambang bangunan ukur (m).



Gambar 12 Potongan Melintang Pintu Air B

Tabel 18 Rekapitulasi Perhitungan Debit Air Pintu B

	b (m)	h1 (m)	bc (m)	Q (m ³ /detik)	L/detik
I	6,2	0,2	0,4	1,031657346	1031,657346
II	6,2	0,18	0,4	0,880844484	880,844484
III	6,2	0,18	0,4	0,880844484	880,844484
			debit rata rata	0,931115438	931,115438

Pintu C

Dengan rumus debit $Q = V \times A$

Q = Debit air (m³/detik)

V = Kecepatan Air (m/detik)

A = Luas Penampang Basah (m²)

Tabel 19 Rekapitulasi Perhitungan Debit Air Pintu C

Pengukuran	Jarak (m)	Waktu (detik)	V (m/dtk)
I	5	4,3	1,16279
II	3	2,35	1,27659
III	20	16,98	1,17762
a (m)	b (m)	A (m ²)	Q (m ³ /detik)
1,5	1,02	1,53	1,7790
1,63	1,02	1,6626	2,1224
1,735	1,02	1,7697	2,0840
Q rata rata (m ³ /detik)			1,9951

Rekapitulasi Debit total pintu A+pintu B + pintu C

Total debit yang didapat dari pintu pembuangan sumber air umbulan didapat dengan menjumlahkan debit rata-rata 3 pintu pembuangan yang ada. Maka didapat total debit sumber air umbulan

Tabel 20 Rekapitulasi Perhitungan Total Debit Sumber Air Umbulan

Pada **Tabel 20** didapat debit sumber air umbulan didapatkan sebesar 3068,7 liter/detik

Pintu	Debit (m ³ /Detik)	Debit (Liter/Detik)
A	0,142409315	142,4093145
B	0,931115438	931,115438
C	1,995193677	1995,193677
Jumlah	3,06871843	3068,71843

atau sebesar 3,0687 m³/detik maka dapat disimpulkan bahwa kebutuhan sawah bisa penuh yaitu kebutuhan air terbesar 0,1575 m³/detik

Perhitungan Daya Pompa

Pompa yang dibutuhkan untuk menaikkan air menuju penampungan yang berada di atas yaitu di elevasi 150 m dihitung dengan persamaan kehilangan energi menurut darcy-weisbach

$$H_f = f \cdot L \cdot v^2 / (D \cdot 2 \cdot g)$$

f = koefisien gesekan,

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

v = kecepatan aliran (m/detik)

Desain saluran untuk irigasi berdasarkan debit kebutuhan yang terbesar dikalikan 1,2. Karena saluran tersier irigasi

Data perhitungan yang berada di lapangan.

Elevasi air dikolam (bawah) = 30 m

Elevasi air di reservoir (atas) = 120 m

Debit yang dibutuhkan (Q) = 0.156 m³/detik

Panjang pipa (L) = 1610 m

Diameter pipa (D) = 0.3 m

Koef. Gesekan (f) = 0.015

Jadi, dengan menggunakan persamaan kehilangan energy Darcy-Weisbach maka didapat $H_f = 24,12 \text{ m}$

Menghitung Ketinggian Pompa (Hp)

$$H_p = H + h_f$$

$$H_p = (120-30) + 34,73 = 114,12 \text{ m}$$

Perhitungan Daya Pompa

$$D = Q * H_p * \gamma / (75 * \eta)$$

' η ' = efisiensi pompa

Dengan efisiensi pompa sebesar 0.8 maka daya yang didapat sebesar $D = 325,97 \text{ hp}$

Atau sebesar $148,97 \text{ Kw}$

Perhitungan Saluran Menuju Sawah

Diketahui :

Kebutuhan air : $1,79 \text{ liter/detik/ha}$

Luas : $95,48 \text{ ha}$

Q : $(1,79/1000)/95,48 = 0,171 \text{ m}^3/\text{detik}$

Q x faktor aman : $0,171 \times 1,2 = 0,206 \text{ m}^3/\text{detik}$

S : 0.005

Bentuk : Trapezium

Tabel 21 Perhitungan Desain Saluran Tersier

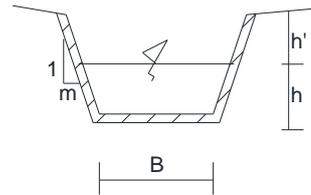
P	A	R	S	h
m	m ²	m		m
1,153849801	0,192166615	0,166543873	0,005	0,333087747
Q	V	B	n	
m ³ /det	m/det	m		
0,206	1,07022259	0,3846166	0,02	

Maka didapatkan Dimensi Saluran :

$$h = 0,33 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$B = 0,38 \text{ m} = 0,4 \text{ m}$$

$$h' = 0,4 \text{ m (standar perencanaan irigasi)}$$



Gambar 13 Saluran irigasi

Perhitungan

$$\text{Luas penampang (A)} = h^2 \times \sqrt{3}$$

$$\text{Keliling basah (P)} = 2h \times \sqrt{3}$$

$$\text{Jari jari hidrolis (R)} = A/P = h/2 = 0,167 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan (V)} = 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$Q = A \times V = h^2 \times \sqrt{3} \times 1/n \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$\text{Maka didapat nilai } h = 0,33 \text{ m}$$

$$B = 2/3 \times h \times \sqrt{3} = 0,38 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang saluran (A)} = (0,33^2 \times \sqrt{3})$$

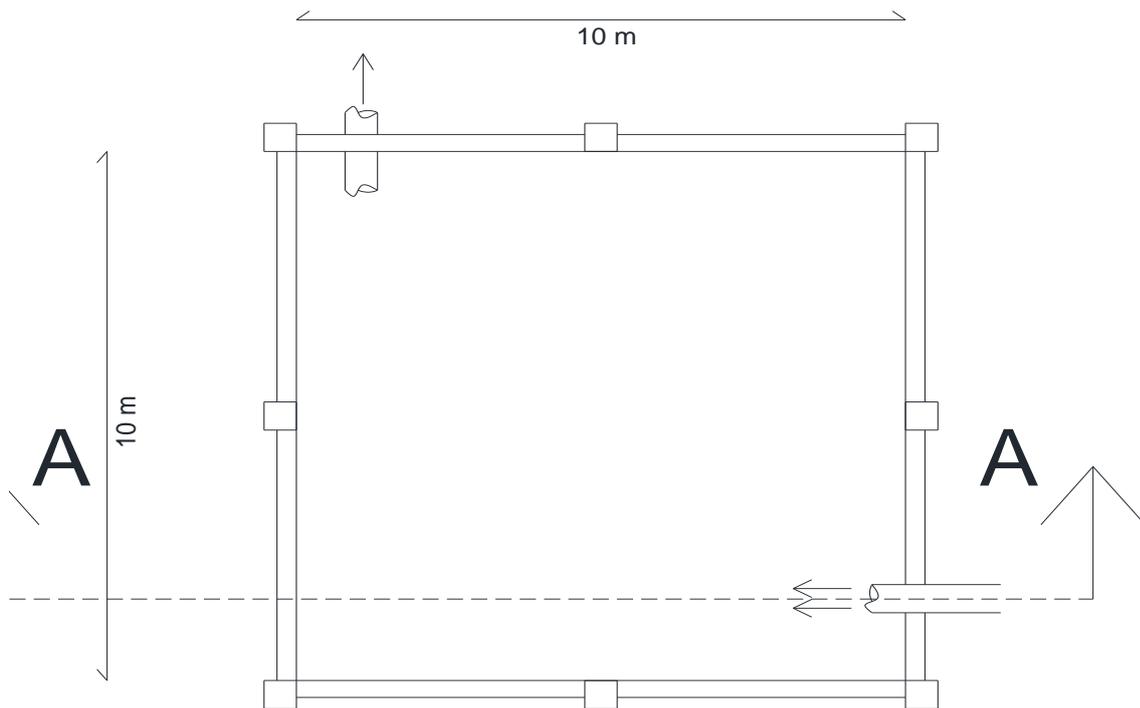
$$= 0,19 \text{ m}^2$$

$$V = Q/A = 0,206 / 0,19 = 1,07 \text{ m/detik}$$

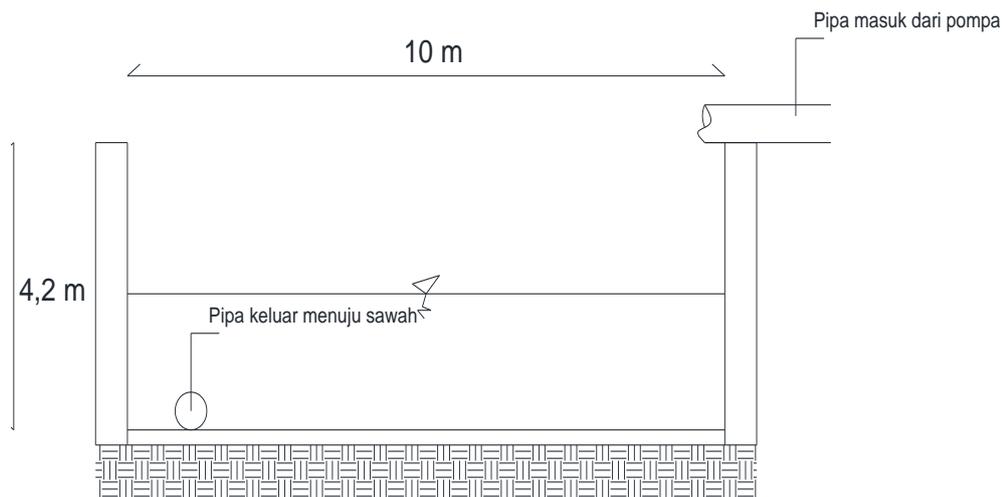
Penjadwalan Pompa

Dari perhitungan debit kebutuhan air irigasi sebesar $0,171 \text{ m}^3/\text{detik}$ akan terpenuhi oleh sumber air umbulan sebesar $\pm 3,068 \text{ m}^3/\text{detik}$. Letak sawah tadah hujan berada di elevasi 30m-120m pastinya membutuhkan pompa air untuk mendistribusikan air dari sumber umbulan. Selain pompa harus didesain juga penampungan air sebelum menuju sawah agar dapat diatur debit pengeluaran kebutuhan air irigasi.

Pada penulisan ini, diatur penjadwalan pemasukkan air ke reservoir 24 jam dan dibagi 2 pembagian pompa yaitu pompa A dan pompa B. Penjadwalan penyediaan air ke reservoir dibagi 2 waktu, yaitu waktu pertama jam 6 pagi sampai jam 9 malam dipenuhi oleh pompa A. Sedangkan yang ke dua, jam 9 malam sampai jam 6 pagi di penuh oleh pompa B.



Gambar 14 Tampak atas reservoir



Gambar 15 Potongan A-A

Desain Reservoir

Desain Reservoir didapatkan dengan pengaturan debit pompa dalam penyediaan air irigasi. Selisih terbesar debit kebutuhan air irigasi dengan debit pompa penyediaan air yang masuk ke tandon menjadi volume tandon tersebut. Dari pengaturan pompa volume tandon didapatkan sebesar 400 m^3 .

Simulasi Penjadwalan Debit Pompa

Kebutuhan air diatur pengambilan dari sumber air umbulan dengan di bagi 2 waktu, pertama pompa A menyala jam 6 pagi sampai jam 9 malam, kemudian dimatikan dan berganti menyala pompa B jam 9 malam sampai jam 6 pagi. Pompa A dan pompa B terdiri dari beberapa pompa yang dinyalakan bersama, guna mencukupi kebutuhan debit untuk keperluan irigasi. Dari perencanaan debit pompa, maka

didapatkan volume tandon sebesar 400m³, simulasi pompa dapat dilihat pada **Tabel 22**

3. Dalam perhitungan debit pintu pembuangan sumber air umbulan didapat debit rata-rata sebesar 3,069 m³/detik.

Tabel 22 Perencanaan Penyalan Pompa

Jam	bulan	Tanggal	P	R80	Re	Et0	koef tanam	Etc		S	IR	keb. Air sawah		volume out	debit pompa	volume in	Volume tandon	total kebutuhan pompa	Pompa	pompa	
			mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm	lt/det/ha	m ³ /det	m ³	m ³ /dt	m ³	m ³		A		B	
12:00 AM	Nov	1	30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	395,02	9,29	10	nyala		
1:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	390,03	9,29	10	nyala		
2:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	385,05	9,29	10	nyala		
3:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	380,06	9,29	10	nyala		
4:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	375,08	9,29	10	nyala		
5:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	370,09	9,29	10	nyala		
6:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	365,11	9,29	10	nyala		
7:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	360,13	9,29	10	nyala		
8:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	355,14	9,29	10	nyala		
9:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	350,16	9,29	10	nyala		
10:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	345,17	9,29	10	nyala		
11:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	340,19	9,29	10	nyala		
12:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	335,20	9,29	10	nyala		
1:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	330,22	9,29	10	nyala		
2:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	325,24	9,29	10	nyala		
3:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	320,25	9,29	10	nyala		
4:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	315,27	9,29	10	nyala		
5:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	310,28	9,29	10	nyala		
6:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	305,30	9,29	10	nyala		
7:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	300,31	9,29	10	nyala		
8:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	295,33	9,29	10	nyala		
9:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	290,35	9,29	10		nyala	
10:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	285,36	9,29	10		nyala	
11:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	280,38	9,29	10		nyala	
12:00 AM	Nov	2	30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	275,39	9,29	10		nyala	
1:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	270,41	9,29	10		nyala	
2:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	265,42	9,29	10		nyala	
3:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	260,44	9,29	10		nyala	
4:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	255,46	9,29	10		nyala	
5:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1625	585	250,47	9,29	10		nyala	
6:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	254,49	9,43	10		nyala	
7:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	258,50	9,43	10		nyala	
8:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	262,52	9,43	10		nyala	
9:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	266,53	9,43	10		nyala	
10:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	270,55	9,43	10		nyala	
11:00 AM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	274,57	9,43	10		nyala	
12:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	278,58	9,43	10		nyala	
1:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	282,60	9,43	10		nyala	
2:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	286,61	9,43	10		nyala	
3:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	290,63	9,43	10		nyala	
4:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	294,64	9,43	10		nyala	
5:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	298,66	9,43	10		nyala	
6:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	302,68	9,43	10		nyala	
7:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	306,69	9,43	10		nyala	
8:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	310,71	9,43	10		nyala	
9:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	314,72	9,43	10		nyala	
10:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	318,74	9,43	10		nyala	
11:00 PM			30	0,368421	0,257895	129,99	PL	129,99	300,00	459,73	1,72	0,16	589,98	0,1650	594	322,75	9,43	10		nyala	

Kesimpulan

Dari analisa yang dilakukan, didapatkan beberapa hal, antara lain:

1. Data yang diperoleh dari BPS Kota Pasuruan luas sawah tadah hujan yang dapat dialiri sebesar 95,48 Ha yang berada pada elevasi +120 m sampai elevasi +50 di atas permukaan laut.
2. Kebutuhan air irigasi didapatkan berdasarkan jumlah luas sawah tadah hujan di Desa Kedungrejo dan Umbulan yaitu paling besar 1,79 liter/detik/ha atau 0,171 m³/detik pada Bulan September yang menjadi acuan dalam mendesain sistem irigasi.

Maka dapat disimpulkan bahwa debit pintu pembuangan sumber air umbulan mencukupi untuk memenuhi kebutuhan irigasi sebesar 0,171 m³/detik.

4. Sistem pendistribusian air irigasi menggunakan pompa. Pompa yang dibutuhkan berjumlah 15 buah yang diatur dengan 2 periode nyala. Jam 6 pagi sampai jam 9 malam untuk kelompok pompa A serta jam 9 malam sampai jam 6 pagi kelompok pompa B dengan debit pompa sesuai kebutuhan tiap bulan.
5. Pada perencanaan sistem irigasi dibutuhkan sebuah reservoir sebesar 400 m³ yang berguna untuk menampung air

dari pompa menuju saluran irigasi. Desain reservoirnya terbuat dari dinding beton penahan diperkuat kolom kolom beton.

Saran

1. Menyediakan pompa yang mempunyai daya angkat yang tinggi karena beda elevasi sumber air dengan sawah tadah hujan sebesar ± 100 m.
2. Pengaturan pompa jam jaman perlu perhatian khusus dikarenakan mengenai tampungan reservoir yang relatif kecil agar tidak meluber serta tidak kosong.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Jaringan Irigasi KP-01*. Bandung: C.V. Galang Persada.
- Arthana, I.W. 2007. Studi Kualitas Air Beberapa Mata Air di Sekitar Bedugul, Bali (*The Study of Water Quality of Springs Surrounding Bedugul, Bali*), Jurnal Lingkungan Hidup, Bumi Lestari, Vol 7 : 4.
- Direktorat Jendral Pengairan, Departemen Pekerjaan umum, 1986. Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama, KP-02
- Kodoatie, Robert J. 2001. *HIDROLIKA TERAPAN Aliran pada Saluran Terbuka dan Pipa*. C.V ANDI OFFSET. YOGYAKARTA
- Patty, O.F., 1995. *Tenaga air*. Jakarta. Erlangga
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia no.43 Tentang Air tanah
- Priyonugroho, Anton Jurnal *Analisis Kebutuhan Air Irigasi (Studi Kasus Pada Daerah Irigasi Sungai Air Keban Daerah Kabupaten Empat Lawang)*.
- Pujiraharjo, Alwafi.. Materi kuliah Hidrolika saluran terbuka, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya.
- Sanropie, D, Sumini, Margono, Sugiarto, S, Purwanto, B. Ristanto. 1984, *Pedoman Studi Penyediaan Air Bersih* Akademi Penilik Kesehatan Teknologi Sanitasi, Departemen Kesehatan Republik Indonesia
- SNI 19-6728.1-2002. Penyusunan neraca sumber daya, Bagian 1 : Sumber daya air spasial.
- Sudjarwadi, 1990. *Teori dan Praktek Irigasi*, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, UGM. Yogyakarta.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*. Malang: Institut Teknologi Nasional.
- Soemarto. C.D. 1986. *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional : Surabaya
- Suripin (2004). *Pengembangan Sistem Drainase yang Berkelanjutan*. Andi Offset, Yogyakarta.
- Suroso. 2008. *Buku Ajar Hidrolika Dasar*. Malang
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Hidrologi Terapan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Yogie. 2015. *Menyingkap Sejarah Mata Air Umbulan*. <http://www.wartabromo.com>. Diakses pada tanggal 8 Maret 2016.