

POLA PENYEDIAAN AIR D.I. TIBUNANGKA DENGAN SUMUR RENTENG PADA SISTEM SUPLESI RENGUNG

Azwar Annas Kunaifi^a, Lily Montarcih Limantara^b, Dwi Priyantoro^b

^aProgram Magister Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

^bJurusan Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

e-mails : lilymont2001@yahoo.com, dwi_prie@ub.ac.id

ABSTRAK

D.I. Tibunangka mempunyai luas layanan 2.284 ha yang terletak di Kabupaten Lombok tengah Propinsi NTB. Pengaturan eksisting pemberian air yang ada di D.I. Tibunangka adalah pemberian air selama 5 hari pada setiap 20 hari. Akan tetapi karena pengaturan pemberian air yang ada tidak dilaksanakan dengan baik dan infrastruktur jaringan irigasi banyak mengalami kerusakan, intensitas tanam rerata yang terealisasi hanya 175% dari rencana 208%.

Perencanaan pola pemberian air yang dilakukan dengan pergiliran pemberian air dengan sistem golongan. D.I. Tibunangka dibagi kedalam 3 golongan yaitu hulu, tengah, dan hilir. Lalu dibagi lagi menjadi sub golongan yaitu hulu menjadi 3 golongan, tengah menjadi 2 golongan, dan hilir menjadi 3 golongan. Dari pengaturan pemberian air sistem golongan mampu meningkatkan intensitas tanam menjadi 219% atau mengalami peningkatan sebesar 44%. Sedangkan perencanaan sumur renteng dibuat dalam 2 skenario yaitu skenario pertama, sumur langsung mengambil air dari saluran sekunder. Skenario kedua, selain sumur mengambil langsung dari saluran sekunder tetapi ada juga sumur yang dihubungkan dengan pipa secara seri untuk pengisiannya. Skenario pertama didapatkan waktu pengisian sebesar 4,7 hari dan skenario kedua sebesar 4,5 hari. Selanjutnya dipilih skenario yang kedua untuk penentuan penambahan intensitas tanam. Skenario kedua yang dioperasikan untuk mengairi tembakau pada musim kering, didapatkan luas layanan yang mampu disuplai sumur renteng sebesar 100,81ha atau kenaikan intensitas tanamnya menjadi 223,41%.. Selain berguna untuk pengairan pada musim kemarau, diharapkan adanya sumur renteng mampu memberikan nilai lebih untuk konservasi air dan tanah di lokasi studi.

Kata kunci: Sistem Golongan, Sumur Renteng, dan Intensitas Tanam.

ABSTRACT

D.I. Tibunangka at Lombok tengah residence-NTB province consists of 2.284 ha of irrigated service area. Existing regulation of irrigation water supply at D.I. Tibunangka was conducted in 5 days per 20 days. Because of irrigation water supply regulation did not applied well and many irrigation network infrastructure had damaged cause realization of crop intensity just 175% from 208% that be planned.

Design of irrigation water supply pattern in the present study was performed using method of rotation irrigation water supply. D.I. Tibunangka will be divided in 3 group are upper, middle, and lower part, respectively. Each group also will be divided as follows: upper part (3 groups), middle(2 groups), and lower (2 groups). The result of application of rotation irrigation water supply shows increasing of crop intensity become 219% or increase 44% from the existing crop intensity. In this study, the connected well was designed in 2 scenarios. The first scenario, the connected well take entire water from

the secondary channel and the second scenario, beside taking entire water from the secondary channel, there was a connection tunnel between the connected wells to fill each other. The length of filling period which was required in the first scenario was 4,7 days, while 4,5 days for the second scenario. The second scenario was chosen because it needs smaller time to fill the wells than the first scenario. Irrigation operation using the connected well system was applied to irrigate tobacco and the result showed that there was 100,81 ha of irrigated service area or increase 223.41% of crop intensity. The result of the present study exhibit that the application of connected well system can be useful for irrigation water supply in dry period and also in increasing water conservation in research area.

Key word: *Rotation water supply, connected well, crop intensity.*

PENDAHULUAN

Saat ini yang menjadi salah satu agenda global negara di dunia termasuk Indonesia adalah ketahanan pangan dan kemiskinan, karena ketahanan pangan menjadi sesuatu yang sangat penting bagi proses pembangunan. Kegagalan dalam pencapaian ketahanan pangan akan diidentikkan dengan kemiskinan dan kondisi rawan pangan. Karena itu, masalah ketersediaan pangan memerlukan penanganan yang serius, terencana, dan hati-hati. Untuk menjamin ketersediaan bahan pangan bagi penduduk lebih dari 200 jiwa seperti negara Indonesia, tentulah bukan persoalan mudah dan sederhana. Oleh karena itu, komitmen pemerintah atas ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat menjadi tema sentral dalam rangka kegiatan pembangunan (Sudirja, 2008).

Pembangunan saluran irigasi untuk menunjang penyediaan bahan pangan nasional sangat diperlukan, sehingga ketersediaan air di lahan akan terpenuhi walaupun lahan tersebut berada jauh dari sumber air permukaan (sungai). Hal tersebut tidak terlepas dari usaha teknik irigasi yaitu memberikan air dengan kondisi tepat mutu, tepat ruang, dan tepat waktu dengan cara yang efektif dan ekonomis (Sudjarwadi, 1990). Kontribusi prasarana dan sarana irigasi terhadap ketahanan pangan selama ini cukup besar yaitu sebanyak 84 persen produksi beras nasional bersumber dari daerah irigasi (Hasan, 2005 dalam Suroso dkk., 2007)..

Dalam laporan BPS (2007: 309), menyatakan bahwa telah terjadi penurunan luasan panen di Kabupaten Lombok tengah, sebagai indikator yang bisa mewakili kondisi sektor pertanian dengan subsektor tanaman pangan sebagai fokusnya. Penurunan luasan lahan panen padi yang terjadi pada tahun 2007 tercatat seluas 65.489 ha, turun 6.951 ha dari tahun sebelumnya (turun hampir 10%). Penurunan ini diikuti juga dengan penurunan produksi pada tahun 2006 sebesar 348.607 ton menjadi 327.353 ton pada tahun 2007.

Melihat keterkaitan antara potensi lahan yang belum dimanfaatkan secara maksimal untuk menunjang ketahanan pangan yang rapuh di NTB, maka perlu adanya sebuah penelitian dan kajian untuk memanfaatkan seluruh potensi tersebut, termasuk di dalamnya peningkatan produksi pangan yang tidak lepas dari sistem pemberian air atau irigasi yang handal. Daerah Irigasi Tibunangka sebagai salah satu daerah irigasi yang ada di Kabupaten Lombok Tengah, sangat berpotensi untuk menunjang ketahanan pangan di Propinsi Nusa Tenggara Barat

Berdasarkan uraian latar belakang dan identifikasi permasalahan diatas, maka tujuan penelitian adalah mengetahui kondisi neraca air yang ada di D.I. Tibunangka secara menyeluruh, menentukan pola pemberian air yang tepat untuk digunakan di D.I. Tibunangka, dan membuat perencanaan sumur renteng sebagai

alternatif penyediaan air di D.I. Tibunangka.

Diharapkan penelitian ini mampu memberikan masukan dan pedoman untuk merencanakan pemberian air yang tepat di daerah irigasi Tibunangka dan referensi bagi daerah irigasi yang lain.

TINJAUAN PUSTAKA

Irigasi adalah usaha penyediaan, pengaturan, dan pembuangan air irigasi untuk menunjang pertanian yang jenisnya meliputi irigasi permukaan, irigasi rawa, irigasi air bawah tanah, irigasi pompa dan irigasi tambak (PP. No. 20 Th. 2006 dalam Kamus Istilah Bidang Pekerjaan Umum: 27). Sedangkan menurut Basak (1999: 1) Irigasi adalah suatu proses dari penerapan rekayasa air untuk tanah guna pertumbuhan tanaman pertanian. Secara praktis irigasi bermakna ilmu yang mempelajari tentang perencanaan dan desain dari sistem penyediaan air untuk tanah pertanian guna melindungi tanaman dari dampak buruk musim kering (kemarau) atau rendahnya curah hujan.

Kebutuhan Air Irigasi

Air adalah faktor penting dalam bercocok tanam. Suatu sistem pengairan yang baik akan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal, sedangkan pengairan merupakan segala usaha yang berhubungan dengan pemanfaatan air dan sumbernya. Hubungan erat antara air dan tanaman disebabkan karena fungsi air yang penting dalam penyelenggaraan dan kelangsungan hidup tanaman tersebut. Kebutuhan air irigasi merupakan kebutuhan air untuk tanaman yang ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

- a. Kebutuhan Air Tanaman
- b. Kebutuhan Air untuk Penyiapan lahan
- c. Penggunaan konsumtif
- d. Perkolasi dan rembesan
- e. Penggantian genangan air
- f. Efisiensi irigasi
- g. Curah hujan efektif.

Kebutuhan air irigasi dapat ditentukan salah satunya dengan metode

FPR (faktor palawija relatif)-LPR (luas palawija relatif).

Persamaan untuk metode FPR yaitu :

$$FPR = \frac{Q}{LPR}$$

dengan :

FPR = Faktor Palawija Relatif (lt/dt/ha.pol)

Q = Debit air yang mengalir di sungai (lt/dt)

LPR = Luas Palawija Relatif (ha.pol)

Sedangkan kategori nilai FPR untuk keperluan operasional pembagian air pada petak tersier dapat dikategorikan sebagai berikut :

- Cukup, FPR = 0,25 – 0,35 lt/dt/ha.pol (bulan Oktober sampai Februari)
- Sedang, FPR = 0,35 – 0,45 lt/dt/ha.pol (bulan Maret sampai Juni)
- Kurang, FPR = 0,45 – 0,55 lt/dt/ha.pol (bulan Juli sampai Oktober)

Misalnya pada bulan Oktober – Februari, FPR = 0,20 berarti nilai tersebut kurang dari 50% FPR yang telah ditentukan sehingga perlu diadakan pergiliran air. Kriteria FPR Berdasarkan jenis tanah dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Nilai Faktor Palawija Relatif (FPR)

Jenis Tanah	FPR (lt/dt/ha.pol)		
	Air Kurang	Air Cukup	Air Memadai
Alluvial	0,18	0,18 - 0,36	0,36
Latosol	0,12	0,12 - 0,23	0,23
Grumosol	0,06	0,06 - 0,12	0,12
Giliran	perlu	Mungkin	Tidak

Sumber : DPU Tingkat I Jawa Timur, 1997

Untuk nilai LPR adalah perbandingan kebutuhan air antara jenis tanaman satu dengan jenis tanaman lainnya. Tanaman pembanding yang digunakan adalah palawija yang mempunyai nilai 1 (satu). Semua kebutuhan tanaman yang akan dicari terlebih dahulu dikonversikan dengan kebutuhan air palawija yang

akhirnya didapatkan satu angka sebagai faktor konversi untuk setiap jenis tanaman.

Tabel 2. Kriteria LPR Tanaman

Jenis Tanaman		Kebutuhan (x Palawija)
Palawija		1
Padi Rendeng		
a	Untuk pembibitan, penggarapan lahan dan tanaman	20
b	Untuk padi, penggarapan lahannya	6
c	Untuk padi dewasa/tua	4
Padi Gadu Ijin		Sama dengan padi rendeng
Padi Gadu Tak Ijin		1
Tebu		
a	Bibit	1.5
b	Muda	1.5
c	Tua	0
Tembakau atau Rosella		1

Sumber : DPU Tingkat I Jawa Timur, 1997:1

Kebutuhan air tanaman dapat juga dihitung berdasarkan kebutuhan air di lapangan dan debit yang diperlukan pada pintu pemasukan yaitu:

$$Q_1 = \frac{H \times A}{T} \times 10.000$$

$$Q_2 = \frac{Q_1}{86.400} \times \frac{1}{(1-L)}$$

dimana:

Q_1 = kebutuhan harian air di lapangan (m^3 /hari)

Q_2 = kebutuhan harian air pada pintu pemasukan (m^3 /detik)

H = tinggi penggenangan (m)

A = luas areal sawah (ha)

T = interval pemberian air (hari)

L = kehilangan air di lapangan dan saluran (%)

Pemberian Air dengan Faktor K

Dari jenis pemberian air irigasi, dapat dikelompokkan menjadi dua cara, yaitu (1) Terus menerus dan proporsional pada kondisi debit puncak dan debit berubah] (2) Secara Giliran berselang untuk kondisi debit tetap.

Cara pemberian terus-menerus bisa diberikan pada $K \geq 1$ Sedang untuk berselang hanya pada $K < 1$.

$$\text{Faktor K} = \frac{\text{Debit yang tersedia di Bangunan Uama}}{\text{Debit yang dibutuhkan}}$$

Data yang diperlukan untuk perhitungan Faktor K adalah:

1. Data Rencana tanam setiap petak tersier $\frac{1}{2}$ bulanan.
 2. Data debit sungai $\frac{1}{2}$ bulanan
- Ketersediaan Air Cukup ($K \geq 1$)

Ketersediaan air cukup apabila luas lahan yang tersedia untuk diairi lebih kecil dibandingkan dengan debit yang tersedia, juga selama masa pengembangan setelah konstruksi selesai, apabila areal yang akan dikembangkan masih tetap lebih kecil dibandingkan areal yang dapat dikembangkan.

- Ketersediaan Air Kurang ($K < 1$)

Ketersediaan air kurang disebabkan:

- a. Saat pengoperasian jaringan irigasi lebih banyak mempertimbangkan faktor sosial yang tidak dipertimbangkan saat perencanaan.
- b. Ketersediaan air di sungai < dari perkiraan debit sungai yang digunakan untuk jadwal rencana irigasi tahunan.
- c. Perubahan intensitas tanam tidak sesuai dengan jadwal tanam, misalnya semestinya ditanami palawija ternyata ditanami padi.

Tabel 3. Kriteria Pemberian Air dengan Faktor K

1	Faktor K = 0.75 - 1.00	terus menerus
2	Faktor K = 0.50 - 0.75	giliran di saluran tersier.
3	Faktor K = 0.25 - 0.50	giliran di saluran sekunder
4	Faktor K < 0.25	giliran di saluran Primer

Tabel 4. Konversi Faktor K dan FPR untuk Pembagian Air

No	Faktor K	FPR (lt/dt/ha. pol)	Pembagian Air	
			Faktor K	FPR
1	> 0,75	> 0,12	terus menerus	Memadai
2	0,25 - 0,75	0,06 - 0,12	Gilir di saluran tersier	Cukup
3	< 0,25	< 0,06	Gilir di saluran sekunder	Kurang

Sistem Pemberian Air dengan Golongan

Pemberian air dengan sistem golongan adalah suatu cara pemberian air irigasi secara teratur dan terarah pada daerah yang beririgasi teknis menurut lahan demi lahan, dimana pemberian airnya disesuaikan dengan keadaan jumlah air yang tersedia serta faktor kebutuhan air irigasi (Prosida, 1975: 37 dalam Wahjono, 1986: 18).

Sementara itu untuk menilai apakah sistem rotasi teknis/golongan diperlukan, ada beberapa hal penting yang harus dijawab, yaitu:

1. Dilihat dari pertimbangan-pertimbangan social, apakah sistem tersebut dapat diterima dan apakah pelaksanaan dan eksploitasi secara teknis layak.
2. Jenis sumber air.
3. Sekali atau dua kali tanam.
4. Luasnya areal irigasi (Dirjen Pengairan Dep. PU. KP-01, 1986: 171-177)

Debit Andalan

Debit andalan (*dependable flow*) adalah debit minimum sungai untuk kemungkinan terpenuhi yang sudah ditentukan yang dapat dipakai untuk keperluan irigasi. Kemungkinan terpenuhinya ditentukan sebesar 80% (kemungkinan bahwa debit sungai lebih rendah dari debit andalan adalah 20%) (Dirjen Pengairan Dep. PU. KP-10, 1986: 79).

Untuk menentukan debit andalan ada 3 metode analisis yang dapat dipakai:

1. Analisis frekuensi data debit
2. Neraca air
3. Pengamatan lapangan

Metode Weibull

Metode ini adalah salah satu metode dalam analisis frekuensi untuk penentuan peluang dalam distribusi peluang kontinyu untuk distribusi normal. Penggunaan rumus ini pada awalnya dikembangkan oleh Weibull (1930), kemudian digunakan oleh Gumbel (1945), lalu Chow (1953), Velz (1952), US Geological Survey dan yang lain.

Dalam Metode Weibull, peluang dihitung dengan rumus (Soewarno, 1995: 114):

$$P(X_m) = \frac{m}{N+1}, \text{ atau}$$

$$T(X_m) = \frac{N+1}{m}$$

dimana:

$P(X_m)$ = peluang terjadinya kumpulan nilai yang diharapkan selama periode pengamatan

$T(X_m)$ = periode ulang dari kejadian X_m sesuai dengan sifat kumpulan nilai yang diharapkan (X_m)

m = nomor urut kejadian, atau peringkat kejadian

$N+1$ = jumlah pengamatan dari variat X ditambah 1

Sumur Renteng

Sumur renteng merupakan teknologi irigasi yang cocok dikembangkan pada daerah dengan tanah yang memiliki tekstur berpasir. Tanah-tanah seperti ini memiliki kemampuan meloloskan air yang sangat tinggi sehingga tidak mampu menyimpan air dalam waktu lama. Prinsip sumur renteng adalah menampung air untuk irigasi dalam sebuah bak penampungan berbentuk silinder yang terhubung dengan bak penampungan lainnya melalui pipa

kapiler. Keunggulan sistem irigasi sumur renteng adalah (Las, 2007):

- Efisien. Karena irigasi cukup diberikan pada bak penampungan utama.
- Risiko kehilangan air selama pendistribusian dapat diminimalisasi karena irigasi dari bak penampungan dapat menjangkau zona perakaran tanaman secara langsung.

Salah satu metode dalam sumur renteng untuk mengalirkan air dari saluran irigasi ke dalam sumur maupun menghubungkan dari sumur satu ke sumur yang lain adalah menggunakan media pipa. Dimana analisa perencanaan hidraulik pipa didasarkan dengan persamaan sebagai berikut:

1. Persamaan kehilangan tekanan air (kehilangan tinggi tekan akibat gesekan) dalam pipa:

$$hf = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dimana:

hf = kehilangan tekanan air dalam pipa (m)

f = koefisien gesekan dari persamaan Darcy yang tergantung dari:

- Kekasaran pipa : makin kasar pipa, maka f makin besar
 - Temperature air : makin tinggi temperature air, maka f makin kecil
- Nilai f dicari dari grafik Mody, yaitu hubungan antara f, Re, dan $\frac{\epsilon}{D}$

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

V = kecepatan air dalam pipa (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik²)

2. Volume sumur, dirumuskan:

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot h$$

dimana:

V = volume sumur (m³)

π = $\frac{22}{7}$ atau 3,14

D = Diameter/garis tengah sumur (m)

h = tinggi sumur (m)

3. Debit yang melewati pipa, dirumuskan:

$$Q = A \cdot V$$

dimana:

Q = debit yang melalui pipa (m³/detik)

A = luas pipa (m²)

V = kecepatan air dalam pipa (m/detik)

4. Waktu pengisian sumur, dirumuskan:

$$Q = \frac{V}{T}$$

dimana:

Q = debit yang melalui pipa (m³/detik)

V = volume sumur (m³)

T = waktu pengisian (detik)

Sedangkan yang dimaksud dengan pola operasi sumur renteng adalah waktu pengisian sumur renteng pada saat pertama kali menerima air dari saluran sekunder dan waktu perpindahan air dari sumur renteng satu ke sumur renteng yang lain, jika sumur yang bersangkutan dihubungkan dengan pipa secara seri.

Waktu pengisian dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \sqrt{2 \times g \times h}$$

dimana:

Q = debit yang melewati pipa (m³/detik)

π = 3,14

D = diameter pipa (m)

g = percepatan gravitasi = 9,81

h = head / beda tinggi (m)

Waktu perpindahan air dari satu sumur ke sumur yang lain, jika sumur dihubungkan dengan pipa seri adalah (Khurmi, R.S, 1985: 375):

$$T = \frac{2 \cdot A_1 \cdot A_2 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot f \cdot l}{d}}}{a(A_1 + A_2) \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \cdot (\sqrt{H_1} - \sqrt{H_2})$$

dimana:

T = waktu yang diperlukan untuk memindahkan air dari sumur 1 ke sumur 2 (detik)

A₁ = Luas sumur 1 (m²)

A₂ = Luas sumur 2 (m²)

f = koefisien gesekan pipa

l = panjang pipa (m)

d = diameter pipa (m)

a = luasan pipa (m²)

g = percepatan gravitasi = 9,81

H₁ = beda tinggi muka air awal antara sumur 1 dan sumur 2 (m)

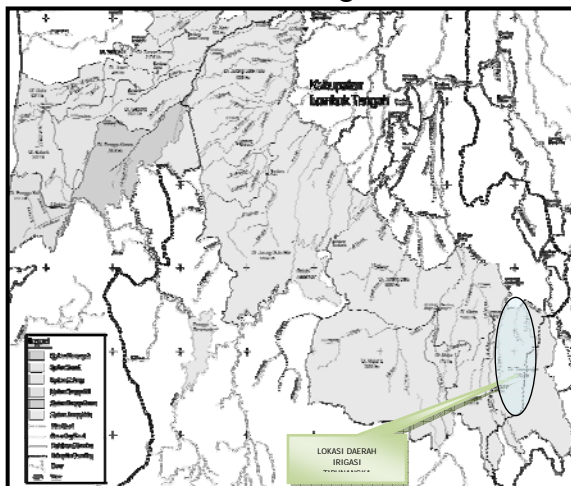
H_2 = beda tinggi muka air akhir antara sumur 1 dan sumur 2 (m)

METODE STUDI

Penelitian ini dilakukan di Daerah Irigasi (D.I) Tibunangka yang secara administratif berada di 3 wilayah desa yaitu desa Beleka, Ganti, dan Semoyang di Kecamatan Praya Timur Kabupaten Lombok Tengah, Propinsi Nusa Tenggara Barat (gambar 1). Berdasarkan data hasil inventarisasi lapangan, luas baku Tibunangka adalah 2.284 ha. DI. Tibunangka termasuk dalam pengelolaan irigasi wilayah kerja UPT DAS Renggung II, Cabang Dinas PU Lombok Tengah, Dinas Pekerjaan Umum Propinsi Nusa Tenggara Barat. Dengan Bendung Tibunangka sebagai outlet, maka dapat dibuat Peta DAS D.I. Tibunangka seperti gambar 1.

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada studi ini dilakukan dari instansi terkait atau secara tidak langsung (data sekunder). Jenis data yang dikumpulkan menggambarkan karakteristik D.I. Tibunangka.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Jenis data sekunder yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- 1) Data curah hujan harian tahun 1990 – 2008
- 2) Data tanaman tahun 2003 - 2008
- 3) Data debit tahun 1995 - 2008
- 4) Data klimatologi tahun 1993 - 2005
- 5) Peta topografi skala 1 : 25.000

Metode Analisis

1. Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air irigasi didasarkan pada kebutuhan air irigasi eksisting yang sudah ada pada Daerah Irigasi Tibunangka.

2. Analisis Debit Andalan

Perhitungan debit andalan dilakukan dengan analisis frekuensi, modus, dan median dari debit yang masuk ke dalam intake Daerah Irigasi Tibunangka.

3. Analisis Pemberian Air

Analisis pemberian air dilakukan dengan metode golongan atau irigasi teknis dengan dasar:

1. Jumlah luas masing-masing tanaman di baku tersier dikalikan angka perbandingan dari masing-masing tanaman menjadi nilai luas relatif tanaman (LPR) di pintu tersier.
2. Karena nilai dasar pembanding tanaman palawija (FPR) diperoleh dengan memperhitungkan efisiensi jaringan irigasi, maka jumlah luas tanaman dari seluruh baku tersier dalam satu petak sekunder hingga tingkat Daerah Irigasi mempunyai nilai yang sama

Sedangkan hal yang harus diperhatikan dalam pemberian air dengan metode golongan adalah:

1. Kegiatan penanaman sistim golongan dan pembagian blok golongan untuk kepentingan pengaturan pembagian air maksimum berjumlah 3 (tiga).
2. Jumlah luas masing-masing blok golongan diupayakan sama atau minimal mempunyai perbedaan luasan yang tidak terlalu besar.
3. Pembagian blok golongan ditetapkan dengan mempertimbangkan kesatuan sistem bangunan, wilayah pengairan (juru pengairan, juru pintu air dan P3A), dan wilayah administratif (desa).

Analisis Perencanaan Sumur Renteng

Tahapan analisis yang dapat dilakukan adalah

1. Penentuan debit rerata berdasarkan metode analisis frekuensi, tendensi sentral, dan neraca air yang telah dilakukan untuk perhitungan debit andalan
2. Penentuan rerata kebutuhan air tanaman yang ada disawah
3. Penentuan jumlah surplus ataupun defisit air yang terjadi
4. Penentuan volume sumur yang dapat digunakan untuk menampung debit surplus pada saat bulan basah agar dapat digunakan pada bulan kering
5. Penentuan bahan konstruksi sumur agar awet dan sesuai dengan kaidah konservasi
6. Penentuan letak sumur di samping kanan atau kiri saluran berdasarkan topografi sehingga air dari masing-masing sumur bisa mengalir dan terhubung satu sama lain dengan lancar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Kondisi Eksisting

Evaluasi pertama yang dilakukan adalah pencapaian luas tanam dari rencana tata tanam 6 tahun terakhir. Berikut adalah rekapitulasi intensitas tanam selama kurun waktu 6 tahun terakhir:

Tabel 5. Evaluasi Pencapaian Luas Tanam DI. Tibunangka Periode 2003 - 2008

Jenis Tanaman	Prosentase Pencapaian Luas Tanam (%)						Jumlah (%)	
	Musim Tanam 1		Musim Tanam 2		Musim Tanam 3			
	Rencana	Realisasi	Rencana	Realisasi	Rencana	Realisasi	Rencana	Realisasi
Padi	100	92	0	4	0	0	100	96
Palawija	0	0	100	36	8	5	108	41
Lain-lain	0	0	0	39	0	0	0	39
Intensitas Tanam	100	92	100	78	8	5	208	175

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan hanya rencana pencapaian luas tanam sebesar 208%, yang terealisasi hanya 175%. Kurangnya penataan pemberian air yang diikuti dengan kepatuhan untuk melaksanakan jadwal gilir serta inefisiensi saluran karena kerusakan merupakan indikasi rendahnya pencapaian luas tanam ini.

Untuk evaluasi kebutuhan air irigasi eksisting mulai musim tanam 2003-2004 sampai dengan 2007-2008 dapat dilihat dalam tabel 6. Sedangkan neraca air eksisting yang ada di D.I. Tibunangka dapat dilihat dalam tabel 7.

Tabel 6. Rekapitulasi Kebutuhan Air Irigasi Eksisting

DATA :	
keb PL	1,68
tan padi	0,5
palawija	0,16
HITUNG LPR EKSISTING :	
LPR PL	10,5
LPR padi	3,1
LPR palawija	1
Rata-rata Luas Padi	2284,00
rata-rata Luas Palawija MT 2	2243,25
Rata-rata Luas Palawija MT 3	435,00
Q rata-rata MT 1	1285
Q rata-rata MT 2	321
Q rata-rata MT 3	10
HITUNG FPR EKSISTING :	
FPR Padi MT 1	0,18
FPR Palawija MT 2	0,14
FPR Palawija MT 3	0,02

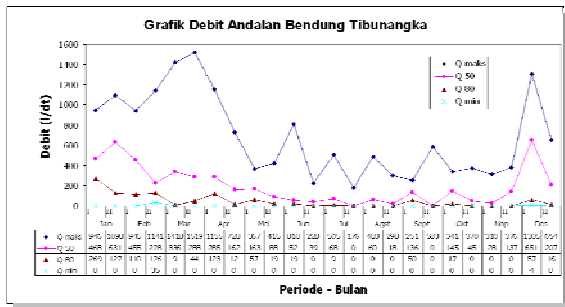
Perhitungan Debit Andalan

Untuk menghitung debit andalan intake Bendung Tibunangka ini digunakan data pencatatan debit yang masuk ke intake (dicatat pada bangunan ukur) Bendung Tibunangka. Data debit yang digunakan dari tahun 1999 sampai dengan tahun 2008 (10 tahun). Berikut adalah hasil perhitungan debit andalan di Intake Bendung tibunangka dengan Metode frekuensi debit Aliran Historik (Flow Karakteristik) pada gambar 2.

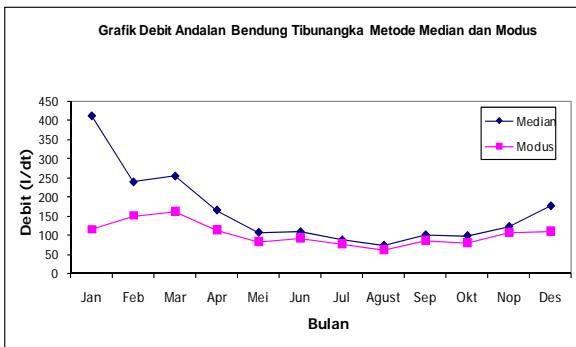
Selain menggunakan Flow Karakteristik, perhitungan debit andalan dari debit intake Tibunangka menggunakan metode modus dan median. Hal ini karena debit Tibunangka dipengaruhi oleh suatu perlakuan (ada unsur debit suplesi dari pembagian air pada BK.4) atau merupakan debit hipotetik. Modus adalah data yang mempunyai frekuensi paling banyak (paling sering muncul). Sedangkan median adalah nilai tengah dari distribusi (peluang = 50%). Berikut adalah hasil perhitungannya (gambar 3):

Tabel 7. Neraca Air Irigasi DI. Tibunangka Kondisi Eksisting

	Sat.	Nop		Des		Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agust		Sep		Okt	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
POLA TANAM PADI - LAIN-LAIN - LAIN-LAIN		PL		PL		PADI		PADI		PALAWAJA/LAIN-LAIN		PALAWAJA/LAIN-LAIN		PALAWAJA/LAIN-LAIN		LAIN-LAIN		LAIN-LAIN		LAIN-LAIN		LAIN-LAIN		LAIN-LAIN	
KETERSEDIAAN AIR (INFLOW) Q Andalan 80%	m ³ /det	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,15	0,15	0,16	0,16	0,11	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,09	0,09	0,08	0,08
KEBUTUHAN AIR IRIGASI (OUTFLOW) Daerah Irigasi Tibunangka	m ³ /det	2,16	4,03	5,81	4,71	3,34	2,32	2,30	2,28	1,97	2,65	0,93	0,58	0,45	1,21	1,40	1,55	1,73	0,79	0,38	0,04	0,15	0,18	0,20	0,19
SISA AIR = INFLOW - OUTFLOW	m ³ /det	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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prosentase Ketersediaan Keterangan	%	5% gilir	3% gilir	2% gilir	2% gilir	3% gilir	5% gilir	7% gilir	7% gilir	8% gilir	6% gilir	12% gilir	19% gilir	18% gilir	7% gilir	6% gilir	4% gilir	10% gilir	16% gilir	100% cukup	59% gilir	47% gilir	41% gilir	43% gilir	
q max (m ³ /det)		MT 1 (PADI)									MT 2 (PALAWAJA/LAIN-LAIN)						MT 3 (LAIN-LAIN)								
LPR (ha pol)		0,81									0,18						0,18								
FPR (lt/dt/ha.pol)		4,65									1,00						1,00								
		0,01									0,04						0,47								



Gambar 2. Grafik Debit Andalan Metode Flow Karakteristik DI. Tibunangka



Gambar 3. Grafik Debit Andalan Metode Median dan Modus DI. Tibunangka

Rencana Tata Guna Air Irigasi

Tata guna air irigasi direncanakan dengan sistim golongan menggunakan dasar perhitungan satuan palawija relatif berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh sesuai dengan kondisi daerah studi sebagaimana penjelasan sebelumnya, dengan dasar perhitungannya:

1. Jumlah luas masing-masing tanaman di baku tersier dikalikan angka perbandingan dari masing-masing tanaman menjadi nilai luas relatif tanaman (LPR) di pintu tersier.

2. Karena nilai dasar perbandingan tanaman palawija (FPR) diperoleh dengan memperhitungkan efisiensi jaringan irigasi, maka jumlah luas tanaman dari seluruh baku tersier dalam satu petak sekunder hingga tingkat Daerah Irigasi mempunyai nilai yang sama.
3. Fase kegiatan tanam padi direncanakan :
 - a) Persemaian selama 20 hari dengan perbandingan luas tanaman 0,10
 - b) Pengolahan tanah selama 25 – 30 hari dengan perbandingan luas tanaman 0,90
 - c) Pemeliharaan tanaman selama 90 hari dengan perbandingan luas tanaman 1
4. Untuk tanaman palawija usia tanaman direncanakan selama 90 hari
5. Nilai LPR ditentukan menurut Tabel 7, sedangkan nilai FPR direncanakan sebagai berikut :
 - a) Musim Tanam 1 = 0,08
 - b) Musim Tanam 2 = 0,06
 - c) Musim Tanam 3 = 0,03

Tabel 9. Evaluasi Pembagian Air dengan Blok Utama

Nama D.I. (Blok)	Wilayah (Kecamatan)	Kondisi ketersediaan	Q Kebutuhan Debit (lt/dt)	Baku Sawah (ha)	Gilir eksisting (hari)	Tinggi genangan (m)	Evaluasi Gilir				
							Blok				
							P. I	P. II	Jatah hari		
A	Praya Timur dan Jero Waru	110.00	267.92	675	5	0.02	A	A	12.2	12.2	24.4
B	Praya Timur		171.55	549	5	0.01	B	B	7.8	7.8	15.6
C	Praya Timur dan Jero Waru		349.40	1060	5	0.01	C	C	15.9	15.9	31.8
A	Praya Timur dan Jero Waru	130.00	267.92	675	5	0.02	A	A	10.3	10.3	20.6
B	Praya Timur		171.55	549	5	0.01	B	B	6.6	6.6	13.2
C	Praya Timur dan Jero Waru		349.40	1060	5	0.01	C	C	13.4	13.4	26.9
A	Praya Timur dan Jero Waru	160.00	267.92	675	5	0.02	A	A	8.4	8.4	16.7
B	Praya Timur		171.55	549	5	0.01	B	B	5.4	5.4	10.7
C	Praya Timur dan Jero Waru		349.40	1060	5	0.01	C	C	10.9	10.9	21.8
A	Praya Timur dan Jero Waru	500.00	267.92	675	5	0.02	A	A	2.7	2.7	5.4
B	Praya Timur		171.55	549	5	0.01	B	B	1.7	1.7	3.4
C	Praya Timur dan Jero Waru		349.40	1060	5	0.01	C	C	3.5	3.5	7.0

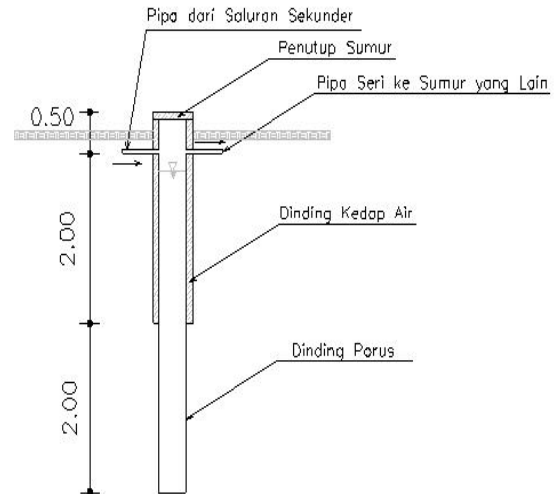
Sumber: hasil analisa dan perhitungan

Sumur Renteng

Sumur renteng adalah sumur yang direncanakan ditempatkan di kanan atau kiri saluran sekunder dengan maksud mampu menampung air dari saluran pada saat bulan basah sehingga bisa dimanfaatkan pada musim kering. Untuk kondisi topografi yang tidak terlalu memungkinkan menyadap air langsung dari saluran ke dalam sumur, dapat dibuat hubungan pipa antar sumur sehingga sumur yang ada di bawah mengambil air dari sumur yang ada di atasnya.

Untuk mengurangi penguapan pada permukaan air di sumur renteng dan tinjauan keamanan, maka sumur didesain menggunakan penutup. Sedangkan jenis tanah di lokasi penelitian adalah tanah gromosol. Jenis tanah ini disebut juga tanah vertisol yang tersusun dari lempung smektit dan memiliki permeabilitas rendah. Kandungan smektit ini sama dengan mineral penyusun tanah bentonit yang mempunyai permeabilitas sangat rendah yaitu 10^{-10} sampai dengan 10^{-14} m/detik. Karena mempunyai permeabilitas rendah maka tidak diperlukan pembetonan dasar sumur untuk mencegah kehilangan air, cukup dengan lapisan tanah setempat. Berikut adalah rencana konstruksi sumur renteng (gambar 4)

Pola operasional sumur renteng yang dimaksud adalah proses pengisian sumur renteng baik yang langsung menyadap dari saluran sekunder maupun proses pengisian dari satu sumur ke sumur yang lain yang dihubungkan dengan pipa.



Gambar 4. Rencana Konstruksi Sumur Renteng, (a) sistem tunggal dan (b) sistem seri

Untuk skenario pertama dimana seluruh sumur renteng menyadap air dari saluran tersier dapat dibuat sebuah pola operasi sebagai berikut:

Dimensi sumur :

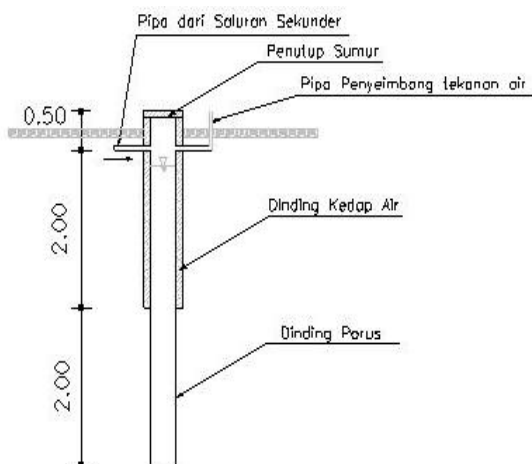
$$\begin{aligned} \phi &= 0,8 \text{ m} \\ h &= 4 \text{ m} \\ V &= \frac{1}{4} \pi D^2 h \\ &= 2,01 \text{ m}^3 \\ &= 2010 \text{ lt} \end{aligned}$$

Dimensi pipa:

$$\begin{aligned} Q &= A \times V \\ A &= \frac{1}{4} \pi D^2 \\ hf &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \\ L/D &= 1 \\ V &= \sqrt{2gh} \\ Q &= \frac{1}{4} \pi D^2 \times \sqrt{2gh} \end{aligned}$$

direncanakan Q yang masuk ke pipa = 2,5 - 3 lt/dt

$$\begin{aligned} 0.003 &= 1.1 \times D^2 \\ D &= 0.052 \text{ m} \\ &= 5.2 \text{ cm} \\ &= 2 \text{ ''} \end{aligned}$$



Waktu pengisian sumur:

$$Q_{isi} = 3 \text{ lt/dt}$$

$$T_{isi} = V/Q$$

$$= 669,9 \text{ dt}$$

$$= 0,186 \text{ jam/sumur}$$

$$T_{isi} = 150 \text{ sumur}$$

$$= 27,91 \text{ jam}$$

$$Q_{isi} = 6 \text{ jam/hari (asumsi konstan)}$$

$$T_{isi} = 4,7 \text{ hari} < \text{ dari jadwal gilir (5 hr/bulan)}$$

Dimensi pipa untuk pengambilan dari saluran sekunder direncanakan sebesar 2” untuk debit 2.5 – 3 lt/dt. Sedangkan waktu pengisian untuk 150 sumur renteng dengan asumsi debit yang lewat konstan 6 jam/hari adalah 4,7 hari (tidak lebih dari jadwal gilir yaitu 5 hari/bulan).

Penggunaan 150 sumur adalah batas aman sehingga jadwal gilir mampu mensuplai kebutuhan air untuk pengisian sumur. Tetapi yang akan direncanakan hanya 130 sumur sehingga mempunyai tingkat keamanan yang lebih baik dalam hal pemenuhan suplai air untuk pengisian sumur. Sedangkan untuk skenario kedua, merupakan kombinasi dimana ada beberapa sumur renteng yang dihubungkan dengan pipa secara seri dan beberapa sumur renteng yang langsung menyadap air dari saluran tersier. Sehingga waktu yang dibutuhkan untuk skenario ke-dua yang menggabungkan 2 pola operasi adalah (tabel 11):

Tabel 10. Waktu yang Dibutuhkan Untuk Skenario ke-dua (kombinasi)

No.	Saluran Sekunder	Jumlah Pola Operasi	Waktu (detik)	Waktu (jam)
I	Saluran Sekunder Ganti			
	Pola Operasi I	15	10048.00	2.79
	Pola Operasi II	9	18523.06	5.15
II	Saluran Sekunder Tibunangka			
	Pola Operasi I	8	5358.93	1.49
	Pola Operasi II	2	4202.74	1.17
III	Saluran Sekunder Lengko Lauq			
	Pola Operasi I	20	13397.33	3.72
	Pola Operasi II	11	18518.88	5.14
IV	Saluran Sekunder Montong Lisung			
	Pola Operasi I	3	2009.60	0.56
	Pola Operasi II	1	1792.35	0.50
V	Saluran Sekunder Batu Belah			
	Pola Operasi I	1	669.87	0.19
	Pola Operasi II	1	1706.40	0.47
VI	Saluran Sekunder Legu			
	Pola Operasi I	10	6698.67	1.86
	Pola Operasi II	5	11799.74	3.28
VII	Saluran Sekunder Range			
	Pola Operasi I	5	3349.33	0.93
	Pola Operasi II	0	0.00	0.00
	Jumlah		98074.91	27.24

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel 11 dapat dilihat bahwa untuk skenario kedua yang menggabungkan pengisian sumur dari pengambilan saluran dan pengambilan dari sumur yang lain (yang dihubungkan seri) didapatkan total waktu yang dibutuhkan adalah 27,24 jam. Dengan asumsi pengambilan air secara konstan setiap hari adalah 6 jam, maka waktu 27,24 jam setara dengan 4,54 hari atau masih di bawah jatah gilir 5 hari yang dipersyaratkan di D.I. Tibunangka sehingga aman digunakan.

Penyiraman Tembakau

Di lokasi penelitian, ketika datang MT.II dan MT.III banyak petani yang menanam tembakau sebagai alternatif tanaman selain padi ataupun palawija (walaupun sebenarnya dalam penetapan PTT, tembakau masuk ke dalam golongan palawija).

Satuan pemberian air untuk tembakau sesuai dengan percobaan yang dilaksanakan oleh Abdul Rahman dkk di Balai Penelitian Tembakau dan Serat (BALITTAS) di Malang pada tahun 1993 memberikan hasil peningkatan pemberian air dari 0,5 lt/tanaman/pemberian menjadi 2 lt/tanaman/pemberian meningkatkan hasil 50,6%.

Berikut adalah perhitungan penyiraman tembakau yang dapat diberikan oleh sumur renteng:

Kapasitas sumur :

$$V_{sumur} = 2010 \text{ lt}$$

$$\text{Jumlah sumur} = 130 \text{ buah}$$

$$V_{total} = 261300 \text{ liter}$$

$$\text{Lama pengisian} = 4.5 \text{ hari}$$

$$\text{Jatah gilir} = 5 \text{ hari/20 hari}$$

Sumur renteng akan digunakan pada MT.III dengan awal mulai pada bulan Juli

Penanaman tembakau: (satu guludan satu baris tanaman)

Jarak antar guludan = 90 cm *
= 0.9 m
Jarak antar tanaman = 90 cm *
= 0.9 m
lebar guludan = 1 m (asumsi)
Kebutuhan air tembakau = 2 lt/tanaman/pemberian **
Jangka waktu pemberian = 3 x pemberian/minggu
(data dari lapangan)

1 x pemberian = 3 jam
Ket. *: (agrindonesia.wordpress.com, 2009)
**: (ichi san, 2009)

Dalam 1 ha jumlah
tanaman tembakau = 53 x 110
= 5830 buah

Jumlah air yang dibutuhkan
dalam 1 ha = 0,05 lt/detik/ha
Masa tumbuh = 3 bulan
Perkiraan pemberian
menerus = 12 kali
Perkiraan konsumtif
pemberian air = 5 kali pemberian sebesar
0,05 lt/detik/hektar

kebutuhan air menerus
selama 12x pemberian = 0,02 lt/detik/ha

Pemberian air tembakau = 0.02 x 60x60x36
= 2592 lt/ha

Luas tembakau yang bisa disuplai dari
sumur renteng = 261300 : 2592
= 100.81 ha

Sehingga penambahan luas tanam menjadi 100,81 ha. Penambahan luas tanam ini sangat signifikan dari pencapaian kondisi eksisting pada musim tanam III yang tidak ada realisasi sama sekali.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Kondisi neraca air eksisting yang ada di D.I. Tibunangka mengalami defisit dengan rerata pemenuhan ketersediaan debit terhadap kebutuhan air adalah 36,42%.

2. Pembagian golongan pada pola pemberian air dalam wilayah D.I. Tibunangka yaitu:

- a. Tibunangka hulu (blok A), mempunyai karakteristik:
 - Mempunyai luas 675 ha
 - Terdiri dari 4 P3A
- b. Tibunangka tengah (blok B), mempunyai karakteristik:
 - Mempunyai luas 549 ha
 - Terdiri dari 3 P3A
- c. Tibunangka hilir (blok C), mempunyai karakteristik:
 - Mempunyai luas 1.060 ha
 - Terdiri dari 2 P3A

Dari pembagian golongan utama diatas, dibagi lagi menjadi sub blok golongan yaitu:

- a. Tibunangka hulu (blok A), dibagi kedalam 3 sub blok golongan.
- b. Tibunangka tengah (blok B), dibagi kedalam 2 sub blok golongan
- c. Tibunangka hilir (blok C), dibagi kedalam 2 sub blok golongan

Dengan adanya pengaturan pemberian air giliran sistem golongan mampu meningkatkan intensitas tanam dari 175% (kondisi eksisting) menjadi 219% (mengalami peningkatan sebesar 44%).

3. Perencanaan sumur renteng yang dapat dibuat di D.I. Tibunangka berdasarkan debit kebutuhan irigasi sebesar 1.486,59 lt/detik yang merupakan debit maksimum dari debit kebutuhan irigasi dalam perencanaan golongan sub blok utama

Perencanaan sumur renteng dibagi kedalam 2 skenario yaitu:

- a. Skenario pertama, seluruh sumur renteng langsung mengambil air dari saluran sekunder. Dalam skenario ini waktu yang dibutuhkan untuk pengisian 130 sumur yang direncanakan adalah 4,7 hari atau masih kurang dari waktu pergiliran pemberian air yang diberikan yaitu sebesar 5 hari/20 hari.
- b. Skenario kedua, selain mengambil air langsung dari saluran sekunder, ada juga sumur renteng yang satu

dengan yang lain dihubungkan dengan pipa secara seri. Dari skenario kedua ini didapatkan waktu yang dibutuhkan untuk mengisi sumur adalah 4,5 hari.

Dengan adanya sumur renteng yang digunakan pada musim kemarau untuk tanaman tembakau, dapat meningkatkan intensitas tanam menjadi 223,41%.

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem gilir yang telah dibuat bisa dilaksanakan dengan konsisten oleh para petani dan juru air.
2. Kepada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I sebagai pengelola D.I. Tibunangka, diharapkan penerapan sumur renteng dapat dilaksanakan dalam skala luasan yang lebih kecil terlebih dahulu sebelum dilaksanakan sepenuhnya, untuk melihat kinerja efektifitas sumur renteng terhadap pemenuhan kebutuhan air irigasi.
3. Kepada Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I, Dinas Pekerjaan Umum Provinsi NTB, dan Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Lombok Barat, Tengah, maupun Timur diharapkan dapat melakukan kegiatan rehabilitasi saluran secara sinergis untuk meningkatkan efisiensi air irigasi sehingga program gilir yang direncanakan tepat sasaran dan tepat guna.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Badan Pengendali Bimas Departemen Pertanian. 1977. *Pedoman Bercocok Tanam Padi Palawija Sayur-Sayuran*. Badan Pengendali Bimas Departemen Pertanian. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2007. *Lombok Tengah dalam Angka*. Badan Pusat Statistik. Praya.
- Basuno, E., Souri, M. S., dan Muslim, C. 2006. Strategi Pemanfaatan Sawah Bukaian Baru (Kasus di Kabupaten Sumbawa, Nusa Tenggara Barat). *Jurnal Analisa Kebijakan Pertanian*. Volume 4 No. 3: 199-211.
- Basak, N. N. 1999. *Irrigation Engineering*. Tata McGraw-Hill. New Delhi.
- Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Buku Petunjuk Perencanaan Irigasi KP-01*. Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi*. Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Dirjen Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian. 2009. *Pedoman Teknis Pengembangan Irigasi Air Permukaan*. Dirjen Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian. Jakarta.
- Das, G. 2004. *Hydrology and Soil Conservation Engineering*. Prentice Hall of India. New Delhi.
- Doorenbos, C. dan Kassam, A. H. 1979. *Yield Response to Water*. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Roma.
- Haliem, W. 2003. *Kajian Luas Palawija Relatif Daerah Irigasi Induk Saluran Molek*. Skripsi tidak dipublikasikan. Universitas Brawijaya: Malang.
- Israelsen, O. W., dan Hansen, V. E. 1962. *Irrigation Principles And Practice (Third Editon)*. John Wiley and Sons, Inc. USA.
- Khurmi, R.S. 1985. *Hydraulics, Fluid Mechanics And Hydraulics Machines*. S. Chand and Company LTD. New Delhi.
- Las, I. 2007. *Antisipasi Perubahan Iklim. Sinar Tani*. Edisi 5-11 Desember 2007. Bagian 5.

- Linsley, R. K., Kohler, M. A., dan Paulhus, J. L. H. 1996. *Hidrologi Untuk Insinyur. (Edisi Ketiga)*. Erlangga. Jakarta.
- Pusat Komunikasi Publik Departemen Pekerjaan Umum. 2008. *Kamus Istilah Bidang Pekerjaan Umum*. Pusat Komunikasi Publik Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi (Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1)*. Nova. Bandung.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, K. 1977. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Sudirja, R. 2008. Mewujudkan Kedaulatan Pangan Melalui Kebijakan Pengelolaan Lahan Pertanian Pangan. Makalah dalam *Seminar Regional Musyawarah Kerja Badan Eksekutif Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah Indonesia Wilayah II*, Gedung Student Centre Faperta Unpad-Jatinangor, 29 Januari 2008. Bandung.
- Suhardjono. 1994. *Kebutuhan Air Tanaman*. ITN Malang Press. Malang.
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Andi. Yogyakarta.
- Suroso, Nugroho, P.S., dan Pamuji, P. 2007. Evaluasi Kinerja Jaringan Irigasi Banjarn Untuk Meningkatkan Efektifitas Dan Efisiensi Pengelolaan Air Irigasi. *Jurnal Dinamika Teknik Sipil*. Volume 7 No. 1: 55-62.
- United Nations. 1987. *Water Resources Development in Asia and the Pacific Some Issues and Concerns (Water Resources Series No. 62)*. United Nations. New York.
- Vazirani, V. N. dan Chandola, S. P. 1979. *Irrigation Engineering*. Khanna Publishers. New Delhi.
- Wahjono, E. 1986. *Studi Perencanaan Sistem Golongan di Daerah Irigasi Pekalen Sampean Cabang Seksi Jenggawah Kabupaten Jember*. Skripsi tidak dipublikasikan. Universitas Brawijaya: Malang.