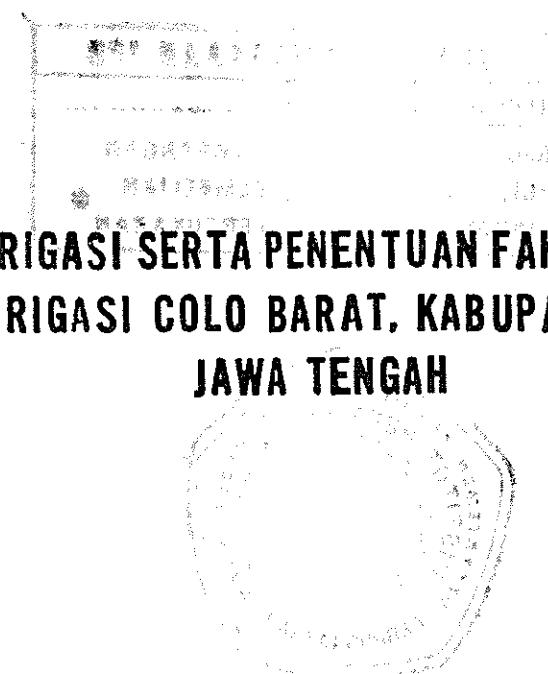




Teriring ucapan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada ibunda dan ayahanda tercinta, dik bowo, dik ani dan dik atun atas segala dukungannya

- * Demi masa
- * Sesungguhnya manusia itu dalam kerugian
- * kecuali mereka yang beramal shaleh Yaitu mereka yang nasehat-menasehati dalam kebenaran dan mereka yang nasehat-menasehati dalam kesabaran (QS. Al-Ashr 1-3)

PTP
996
0099



KEHILANGAN AIR IRIGASI SERTA PENENTUAN FAKTOR JARINGAN UTAMA DI DAERAH IRIGASI COLO BARAT, KABUPATEN SUKOHARJO JAWA TENGAH

Oleh
PRIMATAMA WAHYUDI
F27. 1309



1996
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR



Primatama Wahyudi.^{1,2} F27.1309. Kehilangan Air Irigasi Serta Penentuan Faktor Jaringan Utama Di Daerah Irigasi Colo Barat, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah. Dibawah bimbingan Prof. Dr. Ir. Soedodo Hardjoamidjojo MSc.

RINGKASAN

Terlantarnya areal pertanian seringkali diakibatkan oleh kurangnya kebutuhan air tanaman. Timbulnya masalah tersebut tidak selalu diakibatkan oleh terbatasnya persediaan air, namun sebagai akibat dari penggunaan air yang terlalu boros, pengabaian masalah rembesan dan manajemen air yang buruk.

Salah satu faktor yang dapat memberikan gambaran berhasil atau tidaknya pengelolaan air di suatu daerah dapat dilihat dari tingkat efisiensi jaringan utamanya. Pengamatan masalah khusus ini bertujuan untuk mencari nilai faktor jaringan dan efisiensi jaringan utama (studi kasus), yang diharapkan dapat memberikan masukan untuk meningkatkan sistem manajemen air yang lebih baik lagi. Dan untuk lebih memantapkan hasil dari perhitungan efisiensi jaringan utama tersebut dilakukan uji coba dengan uji perbandingan berpasangan (Paired Comparison).

Pengamatan dilakukan di DI. Colo Barat, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah, pada saluran primer dan saluran sekunder, yang dimulai pada bulan September hingga bulan Nopember 1994.



Letak geografis daerah pengamatan berada pada posisi antara $110^{\circ}45'$ – $111^{\circ}10'$ BT dan antara $7^{\circ}20'$ – $7^{\circ}45'25''$ LS. Daerah tersebut beriklim agak basah, dengan tipe hujan C (Schmidt dan Fergusson).

Jenis tanah daerah penelitian dikelompokan dalam 3 (tiga) kelompok, yaitu black clay, brown clay dan weathered tuff. Adapun kondisi mekanika tanah pada saluran tidak begitu berpengaruh, karena saluran pengujian adalah saluran dilapis (lined canal).

Pengukuran kehilangan air dilakukan dengan menggunakan metoda inflow-outflow, yang dilakukan pada beberapa ruas saluran primer dan sekunder DI. Colo Barat. Pengukuran dilakukan dalam 2 tahap pengukuran, yaitu pengukuran pagi dan pengukuran siang. Alat pengukur kecepatan air yang digunakan adalah current-meter tipe Aott Kempten No. 17641.

Berdasarkan hasil pengukuran, saluran primer dibagi dalam 4 (empat) ruas pengukuran, yaitu RS I, RS II, RS III, dan RS IV. Sedangkan saluran sekunder terdiri dari 3 (tiga) ruas pengukuran yaitu LS 1A, LS 2A, dan LS 2B. Debit inflow didapat dari pengukuran pagi dan siang. Untuk saluran primer pada pengukuran pagi diperoleh besar debit rata-rata adalah 2629.82 l/det dengan kehilangan air total 299.61 l/det, sedangkan untuk pengukuran siang didapat besar debit rata-rata 2397.29 l/det dengan kehilangan air total 470.15. Untuk saluran sekunder pada pengukuran pagi diperoleh besar debit rata-rata 401.71 l/det dengan



kehilangan air total 15.41 l/det, sedangkan untuk pengukuran siang didapat besar debit rata-rata 404.64 l/det dengan kehilangan air total 20.05 l/det.

Faktor saluran primer rata-rata (F_p) DI. Colo Barat untuk pengukuran pagi adalah 1.3649, sedangkan faktor saluran sekunder rata-rata (F_s) adalah 1.4919. Dengan nilai tersebut diatas diperoleh nilai faktor jaringan utama (F_u) sebesar 2.0363. Adapun untuk pengukuran siang diperoleh faktor saluran primer rata-rata (F_p) sebesar 1.4045 dan Faktor saluran sekunder rata-rata (F_s) sebesar 1.5079, sehingga diperoleh nilai faktor jaringan utama (F_u) sebesar 2.1178.

Berdasarkan nilai faktor jaringan utama (F_u) tersebut diatas diperoleh besarnya efisiensi saluran (E_u) pagi sebesar 49.10% dan efisiensi (E_u) siang sebesar 47.21%.

Dari analisa dengan menggunakan uji statistik perbandingan berpasangan (paired comparison) diperoleh hasil bahwa nilai t perhitungan $>$ t tabel (t perhitungan = 2.24, t tabel = 1.94). hal tersebut diatas menunjukkan hasil bahwa pengukuran pagi lebih tinggi tingkat efisiensinya dibanding pengukuran pada siang hari.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kehilangan air, antara lain : tingginya kerapatan populasi tanaman air pada saluran, tingginya kandungan lumpur, kondisi cuaca setempat, serta kondisi tanah dan posisi saluran terhadap petak sawah.



KEHILANGAN AIR IRIGASI SERTA PENENTUAN FAKTOR JARINGAN UTAMA
DI DAERAH IRIGASI COLO BARAT, KABUPATEN SUKOHARJO
JAWA TENGAH

@Hack cipta milik IPB University

Hak Cipta dimiliki Universitas Pendidikan

3. Dilarang menyebarkan bagian atau seluruhnya ke pihak ketiga tanpa izin.

4. Penggunaan hanya untuk keperluan penelitian, pengajaran, penulisan karya ilmiah, persidangan, raport, dan laporan.

b. Penggunaan tidak diizinkan untuk keperluan yang tidak jelas.

5. Dilarang menggunakan alat mesin pencetak sejenis dan sejenisnya kecuali bantuan teknologi informasi dan komunikasi.

Oleh :

PRIMATAMA WAHYUDI

F 271309

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Pertanian Bogor

1996

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

IPB University



INSTITUT PERTANIAN BOGOR

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

KEHILANGAN AIR IRIGASI SERTA PENENTUAN FAKTOR JARINGAN UTAMA
DI DAERAH IRIGASI COLO BARAT, KABUPATEN SUKOHARJO
JAWA TENGAH

Oleh :

PRIMATAMA WAHYUDI

F27.1309

Dilahirkan pada tanggal 13 Oktober 1971,

di Jakarta

Tanggal lulus : 20 Maret 1996

96

Prof. Dr. Ir. Soedodo Hardjoamidjojo, MSc.
Dosen Pembimbing





Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan petunjuk-Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang teramat dalam kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Soedodo Hardjoamidjojo MSc., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan bimbingannya dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Meiyanto, Dipl. HE., selaku Pimpinan Proyek Induk Bengawan Solo, yang telah memberikan ijin untuk melakukan kegiatan penelitian.
3. Bapak Ir. Wukir Rahardjo, Dipl. HE., selaku Pimpinan Pengembangan Saluran Induk Citarum Barat, yang banyak memberikan pengarahan pada penulis.
4. Bapak Sukardi, selaku pembimbing lapang yang banyak membantu penulis langsung dalam pengambilan data di lokasi penelitian.
5. Dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Bogor, Januari 1996

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Masalah Khusus	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Konsep Irigasi	5
B. Konsep Efisiensi Irigasi	8
C. Jaringan Irigasi	13
1. Klasifikasi jaringan irigasi	13
2. Klasifikasi saluran irigasi	15
a. Saluran terbuka berdasarkan kegunaannya	16
b. Saluran terbuka berdasarkan pembuatannya	16
c. Saluran terbuka berdasarkan konstruksinya	17
d. Saluran berdasarkan bentuk penampang ...	20
D. Kehilangan Air Irigasi	21
1. Kehilangan air yang tidak dapat dihindari .	22
2. Kehilangan air yang dapat dihindari	23
a. Kehilangan air selama pengangkutan	23
b. Kehilangan air selama penyaluran	25
c. Kehilangan air di lahan pertanian	25



E. Perhitungan Kehilangan Air di Saluran Irigasi	26
1. Metode empang (ponding method)	27
2. Metode inflow - outflow	28
a. Pengukuran debit secara langsung	29
b. Pengukuran debit secara tidak langsung	30
III. WAKTU, TEMPAT dan METODOLOGI	
A. Tempat Pengamatan	40
1. Lokasi	40
2. Iklim	40
3. Tanah	41
4. Daerah Irigasi Colo Barat	42
B. Waktu Pengamatan	45
C. Metodologi	45
1. Bahan dan Alat	45
2. Metode Pengamatan	47
D. Analisa Data	50
1. Kehilangan air pada saluran primer	50
2. Kehilangan air pada saluran sekunder	50
3. Faktor jaringan utama (Fu)	51
4. Efisiensi jaringan utama (Eu)	51
V. HASIL dan PEMBAHASAN	
A. Hasil	52
1. Keadaan umum daerah	52
2. Perhitungan kehilangan air dan faktor jaringan utama	54
B. Pembahasan	58
1. Faktor jaringan utama (Fu) dan efisiensi jaringan utama (Eu)	58



2. Uji Kelayakan Saluran Irigasi dengan Metoda Paired Comparison	61
VI. KESIMPULAN dan SARAN	
A. Kesimpulan	65
B. Saran	66

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyalin bagian akhir surat dari halaman ini tanpa izin pada halaman berikut:

4. Pengambilan untuk keperluan penelitian, penulisannya, penulisan karya ilmiah, persidangan, raport, penulisan hasil studi atau riset dan tesis.

b. mengambil hasil penelitian dan laporan yang valid dan benar.

2. Dilarang menggunakan ahli nomenklatur sinyal sebagai dasar sebagai bahan bukti dalam dugaan pelaku di IPB University.





DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Talud dinding saluran pada beberapa jenis bahan saluran (Chow, 1953)	18
Tabel 2. Kecepatan aliran yang dapat dialirkan untuk berbagai jenis bahan saluran (Boohar, 1974) ..	19
Tabel 3. Koefisien permeabilitas tanah, K (m/det) (Hansen et. al., 1979)	39
Tabel 4. Hasil pengukuran dan perhitungan debit inflow dan outflow pada pengukuran pagi	55
Tabel 5. Hasil pengukuran dan perhitungan debit inflow dan outflow pada pengukuran siang	57
Tabel 6. Perhitungan nilai standar error beda mean yang berhubungan dari faktor jaringan utama (Fu) di Daerah Irigasi Colo Barat	61



DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Hubungan antara kelembaban tanah dengan pertumbuhan tanaman (Hansen et al., 1979) ...	7
Gambar 2. Bentuk-bentuk penampang saluran	21
Gambar 3. Ikhtisar rumus-rumus untuk lubang dan bendung (Hansen et al., 1979)	30
Gambar 4. Penampang aliran dan perhitungan kecepatan rata-rata dengan metode satu, dua, dan tiga titik (Sosrodarsono dan Takeda, 1976)	33
Gambar 5. Current-meter, (a) tipe mangkok dan (b) tipe baling-baling (Schwab et al., 1981)	35
Gambar 6. Current-meter merk Aott Kempten No. 17641 ...	46
Gambar 7. Pembagian lebar saluran dan letak pengukuran kedalaman air dengan propeller current-meter	48



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Lokasi pengambilan data	70
Lampiran 2. Sebaran curah hujan rata-rata bulanan (mm) di kawasan Solo dan daerah sekitarnya	71
Lampiran 3. Tipe hujan dan penetapan klasifikasi hujan menurut Schmidt dan Fergusson (1951)	72
Lampiran 4. Kondisi umum mekanika tanah yang mewakili Daerah Irigasi Colo Barat	73
Lampiran 5. Skema irigasi DI. Colo Barat	74
Lampiran 6. Peta situasi Daerah Irigasi Colo Barat	76
Lampiran 7. Gambar rencana induk pengembangan wilayah sungai Bengawan Solo	77
Lampiran 8. Jadwal pola tanam padi-padi-palawija	78
Lampiran 9. Tabel dimensi Saluran Induk Colo Barat	79
Lampiran 10. Tabel dimensi Saluran Sekunder Colo Barat .	80
Lampiran 11. Hasil pengamatan dan perhitungan debit pada ruas saluran primer dan sekunder Colo Barat (lokasi pengamatan)	81
Lampiran 12. Nomenklatur bangunan DI. Colo Barat	82
Lampiran 13. Gambar saluran irigasi dan bangunan air di DI. Colo Barat, Kab. Sukoharjo, Jateng .	88



A. Latar Belakang

Kekeringan yang terjadi pada musim kemarau mengakibatkan ribuan hektar sawah yang produktif menjadi bera. Pada masa-masa seperti ini, peranan suplai air irigasi sangatlah penting, sehingga tidaklah salah apabila pada saat musim kemarau tiba, faktor pengelolaan air irigasi yang kurang baik menjadi penyebab terlantarnya lahan sawah disamping adanya perubahan iklim.

Ketidaktersediaan air irigasi pada musim kemarau bukan semata-mata fenomena alam saja, akan tetapi lebih disebabkan oleh kurang baiknya pengelolaan air irigasi (water management). Hal ini disebabkan antara lain oleh pemakaian air irigasi yang terlalu boros yang tidak disesuaikan dengan besarnya faktor jaringan pada saluran yang telah ditetapkan oleh Dinas Pengairan. Disamping itu, adanya praktik pencurian air irigasi mengakibatkan persediaan air yang semestinya dipersiapkan untuk musim kemarau menjadi berkurang. Hal-hal tersebut memberikan dampak yang cukup fatal bagi produksi pangan pada periode berikutnya, seperti yang sering terjadi di beberapa daerah irigasi di Indonesia akhir-akhir ini. Untuk mengatasi permasalahan ini dibutuhkan penanganan secara terpadu dan menyeluruh,



karena irigasi merupakan suatu sistem yang mempunyai keterkaitan dengan sistem lain. Sebagai unit produksi misalnya, irigasi merupakan salah satu subsistem dari suatu sistem pertanian, sedangkan dalam sistem hidrologis, irigasi merupakan subsistem dari Daerah Aliran Sungai (Pasandaran dan Taylor, 1984).

Pengelolaan air irigasi merupakan suatu proses integrasi dari proses penyadapan air, penyaluran, regulasi, pengukuran, distribusi sampai jaringan tersier-kuarter (farm level), serta drainase dari petakan dengan jumlah dan waktu yang tepat. Kesemuanya ini dalam rangka peningkatan produksi serta efisiensi penggunaan air dalam hubungannya dengan memperbaiki teknik-teknik bertani yang lebih maju.

Menurut Valera dan Wickham (1978), pengaruh dari penggunaan secara efisien adalah :

1. Penambahan luas daerah irigasi yang mendapat air dengan jumlah irigasi yang sama, dengan demikian akan menambah produktivitas dari daerah yang mendapat irigasi.
2. Rancangan jaringan irigasi yang lebih hemat sebagai akibat pengurangan kebutuhan air.
3. Persediaan air lebih banyak sehingga dapat digunakan untuk menyusun jadwal panen optimal.
4. Pengelolaan yang lebih efisien pada daerah irigasi dengan cara alokasi yang lebih baik.



Pengelolaan yang lebih efisien juga dapat dilakukan dengan mengurangi kebocoran-kebocoran, rembesan, pengaturan alokasi dan distribusi air dalam unit-unit irigasi. Disamping itu kehilangan air oleh perkolasi dan evapotranspirasi oleh tanaman (aquatic weed) dapat mengurangi jumlah air yang disalurkan dan merupakan faktor penentu dalam proses kehilangan air.

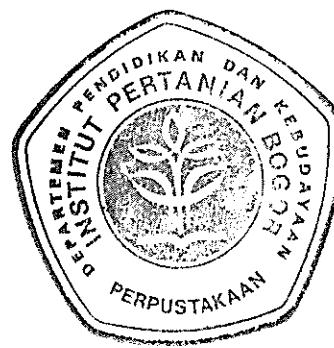
Saluran-saluran pada jaringan utama (saluran primer dan sekunder) berfungsi menyalurkan air irigasi dari sumber air (bendung, waduk) sampai ke pintu sadap. Dalam proses penyalurannya, dari pengambilan utama sampai ke pintu sadap tersier terdapat kehilangan air (conveyance loss). Besarnya kehilangan air pada saluran irigasi dipengaruhi oleh kondisi saluran, jenis tanah, panjang saluran, perimeter basah, tingkat pemedatan tanah dan kedalaman air tanah.

Dalam eksplorasi irigasi di beberapa daerah irigasi, kehilangan air pada saluran primer dan sekunder ditetapkan berdasarkan taksiran. Nilai ini kurang memberikan gambaran keadaan yang sebenarnya. Oleh karena itulah dalam upaya peningkatan pengelolaan air irigasi yang lebih baik, maka perlu diadakan penentuan besarnya kehilangan air pada saluran-saluran utama, sehingga akan diperoleh besarnya faktor jaringan utama yang mantap untuk mencegah terjadinya pemborosan.



B. Tujuan Masalah Khusus

Tujuan dari Masalah Khusus ini adalah mencari besarnya kehilangan air irigasi pada saluran primer dan sekunder (jaringan utama) serta menentukan kelayakan faktor jaringan utama (F_u). Analisis dilakukan dengan menggunakan metoda *Paired Comparison*. Pengamatan ini dilaksanakan di Daerah Irigasi Colo Barat, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah.





@Hack_cipta milik IPB University





A. Konsep Irigasi

Irigasi merupakan penambahan kekurangan kadar air secara artifisial dengan memberikan air secara sistematis pada tanah yang diolah. Disamping itu irigasi merupakan penyaluran air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kedalam tanah yang diolah dan mendistribusikannya secara sistematis. Hal ini berkaitan erat dengan perencanaan irigasi yang disusun terutama atas kondisi iklim di daerah yang bersangkutan dan kandungan air yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman (Sosrodarsono dan Takeda, 1976).

Menurut Hansen (1979), irigasi merupakan tindakan pemberian air kedalam tanah dengan tujuan memberikan kelembaban tanah bagi pertumbuhan tanaman. Houk (1951) mengartikan irigasi dengan pemberian air yang teratur pada tanah pertanian guna mencukupi kekurangan air.

Usaha irigasi meliputi pekerjaan pengambilan air dari sumbernya, penyaluran air ke tanah pertanian, pemberian air secara efisien dan merata pada areal pertanian serta pengaturan pembuangan kelebihan air (Partowijoto, 1977).

Irigasi sangat penting untuk daerah yang memiliki curah hujan per-tahunnya kurang dari 380 mm, dan daerah-daerah yang mempunyai curah hujan tahunan bervariasi



antara 380 mm sampai 760 mm (Houk, 1951).

Menurut Hansen et al. (1979), tujuan pemberian air irigasi adalah :

1. Memberikan kelembaban tanah untuk pertumbuhan tanaman.
2. Membantu tanaman dalam mengatasi kekeringan.
3. Menurunkan suhu udara dan tanah sehingga tercipta lingkungan yang cocok bagi pertumbuhan tanaman.
4. Mencuci dan melarutkan (leaching) garam-garam dalam tanah.
5. Mencegah terjadinya keretakan tanah.
6. Melunakkan lapisan olah (top soil).

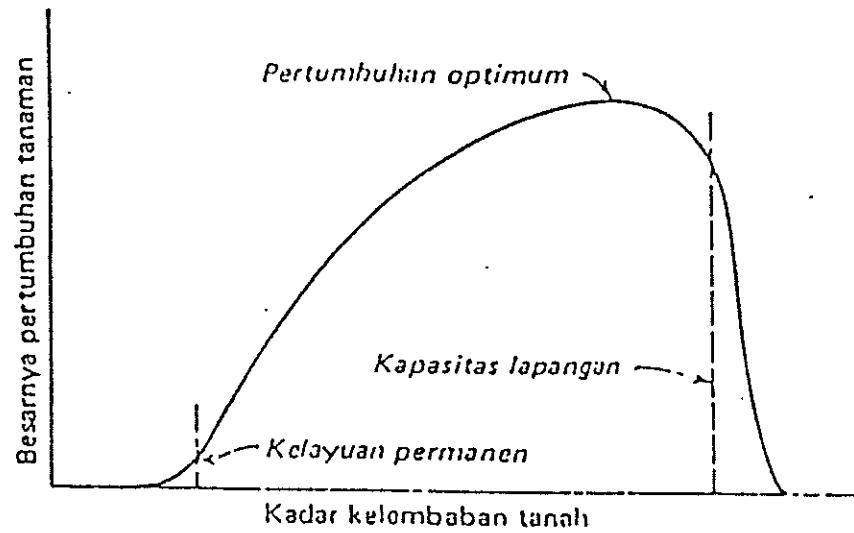
Disamping itu Gandakoesoemah (1975) mengemukakan bahwa fungsi irigasi adalah menjamin terus tersedianya air pada musim kemarau, memperkaya zat hara, mengatur suhu dan aerasi tanah, memberantas hama dan penyakit tanaman, dan menaikkan muka air tanah.

Pertumbuhan tanaman pada daerah-daerah yang dilirik dapat diduga dengan adanya kelembaban tanah yang cukup. Pertumbuhan tanaman dapat terhambat apabila terjadi kelembaban tanah yang berlebihan (kecuali tanaman padi) atau kelembaban tanah yang tidak mencukupi kebutuhan air tanaman (Hansen et al., 1979).

Gambaran yang menunjukkan hubungan antara besarnya kelembaban tanah dengan pertumbuhan tanaman dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar tersebut diketahui



bahwa tingkat pertumbuhan tanaman yang optimum adalah pada kondisi kelembaban tanah yang mendekati kapasitas lapang.



Gambar 1. Hubungan antara kelembaban tanah dengan pertumbuhan tanaman (Hansen et al., 1979)

Menurut Hansen et al. (1979), pemberian air irigasi dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu :

1. Sistem gravitasi dan non gravitasi
2. Sistem pemberian permukaan (flooding irrigation) dan bawah permukaan (sub irrigation)
3. Sistem pemberian air secara kontinyu, terputus-putus (non kontinyu), dan aliran balik

Pemberian air pada suatu areal tertentu dipengaruhi oleh jenis tanah, sifat fisik tanah, cara bercocok tanam, iklim yang meliputi curah hujan, suhu, kecepatan



angin dan tekanan udara, luas daerah yang akan dialiri dan periode pertumbuhan tanaman (Blaney dan Criddle, 1950).

Faktor-faktor diatas menyebabkan cara pemberian air berbeda-beda pada tiap-tiap lokasi. Perbedaan ini berkaitan erat dengan efisiensi irigasi yang dipakai.

B. Konsep Efisiensi Irigasi

Efisiensi adalah perbandingan antara output terhadap input dari suatu kerja atau sebuah kegiatan. Ditinjau dari segi pertanian, efisiensi irigasi merupakan prosentase air irigasi yang dapat dipergunakan oleh tanaman untuk memenuhi kebutuhan (Arsyad, 1971).

Menurut Pasandaran dan Taylor (1984), efisiensi penggunaan air (water use efficiency) dapat dipertimbangkan dari dua aspek yaitu aspek efisiensi hasil produksi dan aspek efisiensi teknik. Efisiensi produksi yang indeksnya menunjukkan perbandingan kuantitas produksi terhadap jumlah air yang digunakan atau kemungkinan memiliki kegunaan yang paling besar. Hal ini memberikan mekanisme untuk dapat membanding-bandinkan varietas berbagai sistem penanaman dan berbagai praktik irigasi dalam kerangka tujuan primer yaitu penambahan produksi akibat adanya irigasi.

Konsep efisiensi irigasi menurut Hansen *et al.* (1979), terdiri dari efisiensi penyaluran air, efisiensi pemberian air, efisiensi distribusi air, efisiensi penampungan air, efisiensi penggunaan air, dan efisiensi penggunaan air konsumtif.

Efisiensi penyaluran air, merupakan efisiensi tingkat pertama yang harus tetap dijaga sebelum efisiensi lainnya diperoleh. Kehilangan air yang terjadi pada saat air disalurkan seringkali berlebihan, oleh karena itu efisiensi penyaluran air merupakan efisiensi yang sangat penting bagi meratanya pendistribusian air irigasi. Efisiensi penyaluran air ini diformulasikan dengan maksud untuk mengevaluasi besarnya kehilangan air selama penyaluran, yang dinyatakan sebagai berikut :

dimana : E_c = Efisiensi penyaluran air (%)

$W_f = \text{Jumlah air yang disalurkan ke areal pertanian (LST)}$

$W_r = \text{Jumlah air yang diambil dari sungai atau bendungan (L}^3\text{T}^{-1}\text{)}$

Efisiensi penyaluran merupakan fungsi dari dimensi saluran pembawa, jenis saluran, sifat fisik tanah dan tingkat kepadatan tanah. Selama penyaluran air, kehilangan air dapat terjadi melalui evaporasi, perkolasi, rembesan (seepage), bocoran (leakage) dan evapotranspirasi melalui tanaman air (aquatic weed) yang terdapat di sepanjang saluran pembawa.

Efisiensi pemberian air, merupakan nisbah antara volume air yang tersimpan di daerah perakaran dan volume air yang diberikan selama irigasi. Efisiensi ini dinyatakan dengan rumus :

dimana : E_a = Efisiensi pemberian air (%)

W_s = Volume air yang tersimpan di daerah perakaran ($L^3 T^{-1}$)

Efisiensi pemberian air sangat dipengaruhi oleh metode pemberian air. Misalnya untuk irigasi permukaan, besarnya efisiensi pemberian airnya dapat mencapai 60%, sedangkan pada irigasi curah yang dirancang sempurna dapat mencapai 75%.

Kehilangan air pada areal pertanian dapat berupa aliran permukaan (surface run off), perkolasi dan evaporasi. Dengan mengabaikan kehilangan melalui evaporasi, maka jumlah air yang disalurkan dapat dinyatakan sebagai berikut :

Dengan melakukan substitusi pada persamaan (2), maka diperoleh persamaan :

$$E_a = (W_f - R_f - P_f) / W_f * 100\% \dots \dots \dots (4)$$

dimana : R_f = Jumlah aliran permukaan ($L^3 T^{-1}$)
 P_f = Jumlah perkolasi ($L^3 T^{-1}$)

Besarnya aliran permukaan terutama dipengaruhi oleh kemiringan tanah, sedangkan perkolasi dipengaruhi permeabilitas tanah dan kedalaman muka air tanah.

Efisiensi penampungan air, merupakan nisbah volume air yang tersimpan di daerah perakaran dan volume air yang diperlukan di daerah perakaran menjelang pemberian air. Besarnya efisiensi penampungan air dinyatakan dalam persamaan berikut :

dimana : E_s = Efisiensi penampungan air (%)

W_n = Volume air yang diperlukan pada daerah pegakaran sebelum pemberian air irigasi ($L^3 T^{-1}$) .

Efisiensi penampungan air menunjukkan apakah air irigasi yang diberikan sudah memenuhi kebutuhan ditinjau dari defisit kebutuhan air dalam tanah dan kemampuan tanah dalam menahan air.

Efisiensi distribusi air, menunjukkan kesamaan penyebaran air di daerah perakaran selama irigasi. Efisiensi ini dinyatakan dalam persamaan :

dimana : E_d = Efisiensi distribusi air (%)

y = Deviasi rata-rata kedalaman air dari
kedalaman air rata-rata yang tersimpan
selama pemberian air irigasi (L)

d = Rata-rata kedalaman air yang tersimpan di daerah perakaran selama pemberian air di daerah perakaran selama pemberian air irigasi (L)

Efisiensi distribusi air biasanya digunakan sebagai alat pembanding dari berbagai sistem irigasi. Sistem irigasi curah memiliki efisiensi distribusi yang lebih tinggi dari sistem irigasi permukaan.

Efisiensi penggunaan air, adalah nisbah antara besarnya air yang benar-benar sampai pada petak tersier dan jumlah air yang diberikan. Efisiensi ini dinyatakan dalam persamaan berikut :

dimana : E_u = Efisiensi penggunaan air (%)

$W_u = \text{Jumlah air yang digunakan secara menguntungkan} \quad (\text{L}^3\text{T}^{-1})$

Wd = Jumlah air yang disalurkan (L^3T^{-1})

Efisiensi penggunaan air konsumtif, merupakan nisbah antara evapotranspirasi dan perkolasasi. Kehilangan air yang disebabkan oleh evapotranspirasi yang berlebihan setelah pemberian air irigasi dan yang disebabkan adanya penetrasi yang dalam, dapat dilihat dengan persamaan berikut :

dimana : Ecu = Efisiensi penggunaan air konsumtif (%)

$W_{\text{CU}} = \text{Volume air yang ditranspirasikan oleh tanaman (L}^3)$

Wd = Volume air yang hilang di daerah perakaran (L^3)

Efisiensi penggunaan air konsumtif dipengaruhi oleh tekstur tanah, jumlah dan distribusi tanaman, profil permukaan tanah, distribusi akar di dalam tanah dan variasi kelembaban tanah pada daerah perakaran.

Efisiensi penggunaan air konsumtif bermanfaat dalam menjelaskan perbedaan-perbedaan reaksi tanaman dari berbagai metode pemberian air irigasi. Konsep ini mungkin tidak akan penting untuk tanaman yang memiliki



akar yang terdistribusi secara baik. Sebaliknya akan sangat penting untuk tanaman yang akarnya hanya mengumpul pada satu lokasi di dalam tanah, dimana air tersebut dapat digunakan secara efisien oleh tanaman.

Jaringan Irigasi

1. Klasifikasi jaringan irigasi

Jaringan irigasi merupakan prasarana irigasi yang pada pokoknya terdiri dari bangunan dan saluran pemberi air irigasi beserta bangunan pelengkapnya. Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran aliran air dan kelengkapan fasilitas, jaringan irigasi dapat dibedakan menjadi tiga tingkatan yaitu jaringan irigasi sederhana, jaringan irigasi semi-teknis dan jaringan irigasi teknis (Kartasapoetra et al., 1991)

Jaringan irigasi sederhana merupakan jaringan irigasi dimana pembagian air tidak dapat diukur dan diatur. Eksplorasi dan pemeliharaan jaringan merupakan tanggung jawab petani pemakai air. Secara umum efisiensinya rendah (<40%), disamping itu daerah layanan irigasi ini tidak lebih dari 500 ha.

Jaringan irigasi semi-teknis merupakan jaringan irigasi yang lebih baik daripada jaringan irigasi sederhana, baik ditinjau dari segi sifat bangunan utamanya (semi-permanen atau permanen)



maupun kemampuan bangunannya dalam membagi air. Bangunan irigasi semi teknis hanya berfungsi baik untuk mengatur air, tetapi tidak untuk pengukurannya. Daerah layanan irigasi ini mencapai 2000 ha dengan efisiensi berkisar 40-50%. Eksplorasi dan pemeliharaan jaringan menjadi tanggung jawab bersama antara pemerintah (Dinas Pekerjaan Umum Seksi Pengairan) dan petani pemakai air.

Jaringan irigasi teknis merupakan jaringan irigasi yang paling maju dimana bangunan utamanya permanen serta memiliki fasilitas untuk mengukur dan mengatur air yang lebih baik. Daerah layanan tidak ada batasnya dengan efisiensi secara seluruhnya berkisar 50-60%. Eksplorasi dan pemeliharaan jaringan sepenuhnya menjadi tanggung jawab pemerintah yang dalam hal ini oleh Dinas Pekerjaan Umum Seksi Pengairan. Sedangkan untuk pengelolaan saluran tersier dan kuarter merupakan tanggung jawab petani sepenuhnya.

Kartasapoetra et al. (1991) menyatakan bahwa, berdasarkan pengelolaannya, jaringan irigasi teknis dikelompokkan menjadi :

1. Jaringan irigasi utama, yang meliputi bendung, saluran primer dan sekunder termasuk bangunan pelengkap lainnya, misalnya bangunan ukur, bangunan bagi, bangunan penguras dan lain-lain.



2. Jaringan irigasi tersier, yang merupakan jaringan irigasi pada petak tersier mulai dari bangunan bagi dan bangunan ukur pada pintu masuk pemasukan tersier sampai pada masuknya air kepetak-petak sawah. Pendistribusian air pada petak sawah disalurkan melalui saluran-saluran kuarter dan saluran-saluran subkuarter.

2. Klasifikasi saluran irigasi

Saluran irigasi merupakan wadah dimana air disalurkan ke suatu areal pertanian dalam sistem irigasi permukaan. Hansen et al. (1979), membedakan saluran ini menjadi saluran terbuka dan saluran tertutup. Secara prinsip hidrolik, cara penyiaran pada saluran tertutup dipengaruhi oleh tinggi tekanan dan tinggi elevasi. Sedangkan pada saluran terbuka dipengaruhi oleh kemiringan saluran (slope). Kemiringan saluran pada saluran terbuka ditentukan oleh energi head yang diperlukan untuk mengalirkan air dan kondisi topografi setempat (Chow, 1953).

Saluran terbuka dapat dibedakan menurut kegunaannya, dari segi pembuatannya, konstruksinya, dan bentuk penampangnya.



a. Saluran terbuka berdasarkan kegunaannya

Berdasarkan kegunaannya saluran terbuka dibedakan menjadi saluran pembawa (supply) dan saluran pembuangan (drainase). Saluran pembawa terdiri dari saluran primer yang berfungsi mengangkut air yang diambil dari sumber air (waduk, sungai, mata air dan lain-lain); saluran sekunder yang berfungsi sebagai saluran pembagi (pendistribusian); serta saluran tersier dan kuarter yang langsung membagikan air ke petak sawah.

Saluran pembuangan merupakan saluran yang menampung kelebihan air dari petak sawah yang tidak membutuhkan air atau tempat mengalirkan kelebihan air. Pada daerah perkotaan saluran pembuangan berfungsi mencegah timbulnya banjir, penggelontoran dan sanitasi lingkungan.

b. Saluran terbuka berdasarkan pembuatannya

Berdasarkan pembuatannya saluran terbuka dibedakan menjadi saluran galian (cut) dan saluran timbunan (fill). Saluran galian bersifat stabil, memiliki kepadatan tanah yang lebih rapat sehingga resistan terhadap rembesan. Sedangkan saluran timbunan bersifat labil, memiliki kepadatan yang relatif rendah sehingga memungkinkan terjadinya rembesan.



c. Saluran terbuka berdasarkan konstruksinya

Berdasarkan konstruksinya saluran terbuka dapat dibedakan menjadi saluran tidak dilapis atau saluran tanah (earth canal) dan saluran dilapis (lined canal). Saluran tanah merupakan saluran yang banyak dijumpai dalam praktik irigasi. Meskipun demikian jenis saluran ini banyak memiliki kekurangan walaupun dari segi investasi relatif lebih ekonomis. Menurut Hansen et al. (1979), kekurangan dari saluran tanah antara lain :

- Timbul rembesan yang besar.
- Rawan terhadap bahaya gerusan air (erosi) dan injakan hewan.
- Kecepatan aliran menjadi rendah sehingga memerlukan luas penampang yang lebih luas.
- Memberikan kondisi yang baik bagi proses sedimentasi tanah dan tanaman air yang berakibat tertahannya laju kecepatan air.
- Biaya pemeliharaan yang relatif besar.

Penampang saluran yang lazim digunakan adalah model trapesium. Kemiringan dinding saluran mempengaruhi besarnya gerusan air. Nilai kemiringan dinding saluran dipengaruhi oleh jenis bahan saluran. Besarnya kemiringan dinding saluran untuk beberapa jenis bahan saluran

terdapat pada Tabel 1.

Tabel 1. Talud dinding saluran pada beberapa jenis bahan saluran

Jenis bahan saluran	Talud dinding saluran
Batu	hampir tegak
Tanah hitam (muck) dan tanah gambut	1/4 : 1
Liat berat atau tanah dengan lapisan keras	1/2 : 1 - 1 : 1
Tanah dengan lapisan berbatu atau tanah untuk saluran lebar	3/2 : 1
Tanah sedikit berpasir	2 : 1
Lempung berpasir atau liat berpori	3 : 1

Sumber : Open Channel Hydraulics (Chow, 1953).

Hubungan antara lebar dasar saluran dan kedalaman saluran berdasarkan kondisi topografi setempat. Potongan melintang hidrolik yang disesuaikan dengan keadaan bangunan diformulasikan oleh Hansen et al. (1979), sebagai berikut :

dimana : b = lebar dasar saluran (m)

d = kedalaman seluruh (m)

$\tan 1/2 = \text{kemiringan dinding saluran}$

Kecepatan aliran air pada saluran tanah umumnya kurang dari 1 m/det. Besarnya kecepatan aliran dipengaruhi oleh jenis bahan saluran. Pada Tabel 2, dapat dilihat hubungan antara



jenis bahan saluran, kecepatan aliran dan koefisien kekasaran.

Tabel 2. Kecepatan aliran yang diperbolehkan untuk berbagai jenis bahan saluran

Jenis bahan saluran	Kecepatan (m/dt)	Koefisien kekasaran (n)
Pasir	0.3 - 0.7	1.0 - 2.5
Lempung berpasir	0.5 - 0.7	1.7 - 2.5
Lempung berliat	0.6 - 0.9	2.0 - 3.0
Lempung	0.9 - 1.5	3.0 - 5.0
Kerikil	0.9 - 1.5	3.0 - 5.0
Batu	1.2 - 1.8	4.0 - 6.0

Sumber : Surface Irrigation (Booher, 1974).

Saluran dilapis merupakan saluran yang stabil terhadap erosi sehingga memungkinkan penyaluran air yang lebih cepat (Chow, 1953). Dengan melapis saluran, dampak kehilangan air akan berkurang terutama yang diakibatkan oleh evapotranspirasi melalui rumput-rumputan dan tanaman air (Schwab *et al.*, 1981).

Lebih lanjut dikemukakan oleh Schwab *et al.* (1981), bahwa tujuan dari pelapisan saluran irigasi antara lain :

- Dapat mereduksi terjadinya rembesan sekaligus meningkatkan efisiensi penyaluran dan menurunkan masalah-masalah drainase.
- Menjamin kelangsungan operasi/praktek irigasi.
- Memberikan efisiensi yang lebih tinggi pada penampang saluran.
- Meringankan pemeliharaan.



Hansen et al. (1979) mengemukakan keuntungan-keuntungan pada saluran dilapis, yaitu :

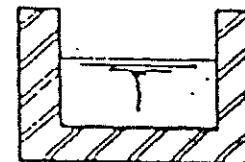
- Mereduksi kehilangan air melalui rembesan.
- Menjaga keamanan dari timbulnya keretakan.
- Menjaga dari tumbuhnya rumput dan tanaman air.
- Mengurangi terjadinya erosi.
- Menekan biaya pemeliharaan.
- Menaikkan kapasitas pengangkutan.

Bahan-bahan yang dapat digunakan sebagai pelapis saluran antara lain beton, pasangan batu, campuran tanah bentonite, lempung alam yang memiliki permeabilitas rendah, jenis karet serta susunan aspal (Hansen et al., 1979).

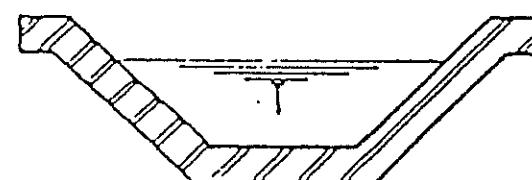
d. Saluran berdasarkan bentuk penampang

Berdasarkan bentuk penampang (cross section) saluran dibedakan menjadi saluran segi empat (rectangular), trapesium (trapezoidal) dan setengah lingkaran (parabolik).

Adapun bentuk-bentuk penampang saluran dapat dilihat pada Gambar 2.



segi empat



trapesium



parabolik

Gambar 2. Bentuk-bentuk penampang saluran

D. Kehilangan Air Irigasi

Kehilangan air irigasi didefinisikan sebagai berkurangnya suplai air yang tersedia untuk suatu wilayah irigasi yang mengakibatkan efisiensi irigasi menjadi lebih rendah dari efisiensi yang telah ditetapkan (Roe, 1950).



Menurut Houk (1951), kehilangan air irigasi dapat terjadi antara lain :

- a. Pada saat air berada dalam sistem penyaluran dan distribusi air.
- b. Pada saat air berada dalam saluran di areal pertanian, ketika petani menggunakan air.
- c. Pada saat air berada dalam petak genangan sewaktu petani mengatur air ke dalam petak-petaknya.

Kehilangan air diklasifikasikan menjadi dua kelompok besar yaitu kehilangan air yang tidak dapat dihindari dan kehilangan air yang dapat dihindari (Roe, 1950).

1. Kehilangan air yang tidak dapat dihindari

Kehilangan air yang tidak dapat dihindari disebabkan oleh evapotranspirasi dan perkolasi. Perkolasi terjadi akibat masuknya air ke dalam pori-pori tanah serta menyebar ke dalam tanah yang umumnya terjadi pada kedalaman di bawah perakaran tanaman, serta masuknya air kedalam lapisan-lapisan berbatu dan retakan-retakan. Besar kehilangan air tersebut tidak dapat diduga dan dihitung secara tepat, sehingga pemecahan masalah kehilangan air lebih banyak ditekankan pada kehilangan yang dapat dihindari (Roe, 1950).



2. Kehilangan air yang dapat dihindari

Kehilangan air yang dapat dihindari terdiri atas kehilangan air selama pengangkutan, penyaluran dan kehilangan air di lahan pertanian.

a. Kehilangan air selama pengangkutan

Menurut Etchevery (1915), kehilangan air selama pengangkutan dapat terjadi akibat adanya perembesan pada dinding dan dasar saluran serta evaporation melalui permukaan air. Sedangkan menurut Roe (1950) dan Houk (1951), adanya faktor bocoran pada saluran dan evapotranspirasi melalui tanaman air (aquatic weed) yang terdapat disepanjang saluran merupakan penyebab timbulnya kehilangan air. De Datta (1981) mengemukakan bahwa kehilangan air irigasi selama pengangkutan dapat terjadi pada kondisi saluran seperti :

1. Tekstur tanah berpasir.
2. Elevasi saluran yang lebih tinggi dari lahan sekitarnya.
3. Saluran yang relatif panjang.
4. Saluran yang tidak terawat dengan baik.

Faktor evaporation melalui permukaan air dipengaruhi oleh suhu udara, radiasi matahari, tekanan uap air, susunan air, luas penguapan, kelembaban nisbi, kecepatan angin dan panas latent (Aggarwal, 1971; dan Chamber, 1972). Sedangkan



evapotranspirasi dipengaruhi oleh jenis tanaman air dan periode tumbuhnya (Sorodarsono dan Takeda, 1976).

Menurut Kraatz (1977), adanya tanaman air dalam saluran lebih mempengaruhi laju kecepatan air. Akan tetapi dengan tereduksinya aliran air, maka akan memberikan kemungkinan terjadinya rembesan.

Walaupun demikian adanya tanaman air pada saluran air tetap akan memberikan dampak terhadap kehilangan air selama pengangkutan.

Rembesan (perkolasi dan absorpsi) merupakan penyebab utama timbulnya kehilangan air. Etchevery (1915) dan Kraatz (1977) mengemukakan bahwa rembesan yang terjadi dipengaruhi oleh :

1. Karakteristik (struktur dan tekstur) tanah yang dilalui saluran.
2. Posisi muka air tanah dan kondisi sistem drainase.
3. Kedalaman air pada saluran, penampang basah dan jarak terhadap muka air tanah.
4. Kecepatan aliran air.
5. Umur saluran.

Masalah rembesan pada saluran juga berdampak kepada drainase tanah yang kerap kali membebani daerah-daerah yang lebih rendah. Untuk



mengantisipasi masalah tersebut maka saluran yang bersifat timbunan hendaknya dilapisi dengan bahan-bahan yang kedap air (Hansen et al., 1979).

b. Kehilangan air selama penyaluran

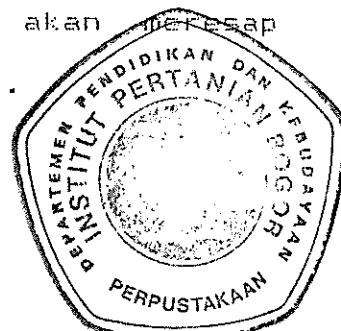
Besarnya kehilangan air selama penyaluran air dipengaruhi oleh kondisi saluran dan manajemen perawatan irigasi. Apabila penanganan dalam mengontrol jumlah aliran pada saluran utama sesuai dengan permintaan dilakukan seteliti mungkin dan diberikan sesuai jatah baik jumlah maupun waktu yang telah disepakati, maka kehilangan air maupun luapan kelebihan air dapat dihindari.

Tidak adanya perawatan dalam sistem penyaluran dan pemberian air yang berlebih dapat mengakibatkan kehilangan air yang cukup berarti (Roe, 1950).

c. Kehilangan air di lahan pertanian

Ada tiga hal yang perlu diperhatikan yang dapat menyebabkan kehilangan air di lahan pertanian antara lain :

1. Distribusi yang tidak merata. Hal ini disebabkan oleh kekurang-sempurnaan penyia-pan lahan sehingga memungkinkan terjadinya aliran permukaan. Dengan melakukan penyia-pan lahan yang baik maka air irigasi akan ^{berkesap} ke dalam tanah seefektif mungkin.





2. Penanganan yang buruk. Hal ini disebabkan kurangnya perhatian terhadap pendistribusian air.
3. Pemberian air irigasi yang berlebih. Penyebab kasus tersebut biasanya disebabkan oleh bebasnya penyaluran air, kurangnya perhatian terhadap distribusi air dan pengabaian terhadap faktor memungkinkan terjadinya penurunan hasil dan kualitas panen, aliran permukaan (run off) yang besar dan perkolasi yang jauh dibawah daerah perakaran tanaman serta pada umumnya dapat membahayakan lahan tersebut. Untuk mengatasi masalah itu maka dibutuhkan pengetahuan tentang kelembagaan irigasi yang baik dan penerangan masalah kebutuhan air tanaman, persiapan lahan yang baik dan distribusi air yang layak (Roe, 1950).
4. Evapotranspirasi. Faktor ini tidak dapat dicegah sepenuhnya, namun dapat direduksi dengan cara mencegah pemberian air irigasi yang berlebih (over irrigation).

E. Perhitungan Kehilangan Air di Saluran Irigasi

Kraatz (1977) menyatakan bahwa kehilangan air irigasi dapat dinyatakan dalam satuan-satuan sebagai berikut :



1. Volume per-unit luas penampang basah saluran selama 24 jam (L/T).
2. Volume per-unit panjang saluran selama 24 jam (L^2/T).
3. Persentase dari total inflow per kilometer panjang saluran (%).

Menurut Linsley dan Franzini (1972), ada tiga metode pengukuran kehilangan air irigasi yaitu metode empang (ponding method), metode aliran masuk – aliran keluar (Inflow-outflow method) dan metode alat pengukur rembesan (seepage meter method). Sedangkan Kraatz (1977) dan Hansen et al. (1979) mengemukakan adanya metode sumur, tes laboratorium permeabilitas tanah, dan metode khusus yang dapat digunakan dalam menghitung kehilangan air.

1. Metode empang (ponding method)

Metode ini merupakan metode pengukuran air dengan cara membendung ujung-ujung saluran pada satu ruas pengukuran dengan jarak tertentu. Kehilangan diukur berdasarkan penurunan tinggi genangan dalam empangan tersebut setelah terbendung selama 24 jam.

Metode ini merupakan metode yang paling teliti, apabila bocoran melalui pembendung dijaga dan diukur secara baik. Dan diperhitungkannya juga faktor hujan dan evaporasi (Hansen et al., 1979)



2. Metode inflow – outflow

Merupakan pengukuran aliran masuk dan aliran yang keluar dari suatu ruas saluran, dimana pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat pengukur debit yang dipasang pada kedua ujung saluran. Kehilangan air yang terjadi merupakan selisih antara debit pemasukan (inflow) dengan debit keluar (outflow) pada ruas pengukuran tersebut. Metode ini merupakan metode yang paling praktis dan sering digunakan (Linsley dan Franzini, 1972). Pengukuran debit dapat dilakukan secara langsung dan tidak langsung.

a. Pengukuran debit secara langsung

Pengukuran debit secara langsung adalah pengukuran debit dengan menggunakan bangunan ukur, seperti sekat ukur dan Parshall flume (Linsley dan Franzini, 1972). Dikemukakan juga bahwa terdapat tiga jenis sekat ukur, yaitu :

- Sekat ukur Thompson, yaitu sekat ukur dengan penampang berbentuk segitiga siku-siku.
- Sekat ukur Cipoletti, yaitu sekat ukur dengan penampang berbentuk trapesium dan kemiringan sisinya 4 : 1.
- Sekat ukur Rectangular, yaitu sekat ukur dengan penampang berbentuk segiempat.



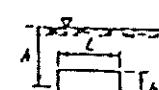
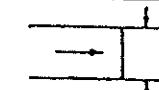
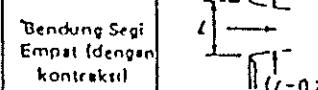
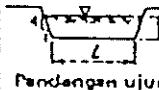
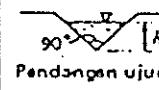
Hansen *et al.* (1979) mengemukakan bahwa keuntungan menggunakan sekat ukur adalah pengukurannya tepat dan konstruksinya sederhana, tidak terganggu oleh benda-benda terapung serta lebih tahan lama. Sedangkan kelemahannya adalah tidak praktis jika digunakan pada daerah yang datar, dan timbulnya endapan lumpur dapat berakibat efek bendung yang mengganggu pembacaan.

Pengukuran debit dengan menggunakan Parshall flume didasarkan pada pengukuran kehilangan head yang disebabkan pemaksaan air yang dilakukan melalui bagian yang menyempit (throat section) dengan dasar yang lebih rendah (Chow, 1953).

Keuntungan dengan menggunakan Parshall flume adalah kehilangan head yang terjadi lebih rendah yaitu sekitar 25% dari kehilangan yang terjadi pada sekat ukur. Selain itu efek bendung yang terjadi pada sekat ukur tidak akan dijumpai pada Parshall flume. Walaupun demikian bangunan terjun tersebut lebih sulit dalam pengoperasian dan relatif lebih mahal daripada sekat ukur (Michael, 1978). Menurut (Hansen *et al.*, 1979) bentuk-bentuk penampang dari sekat ukur dan persamaan aliran dapat dibedakan menjadi lima jenis, seperti yang tertera pada



Gambar 3.

Alat Pengukur (semus am. bang tajam)	Pandangan	Rumus	
Lubang	 Pendangan depan	 Pendangan samping	$Q = 0.61 A \sqrt{2gH}$
Bendung Segi Empat (tanpa kontraktif)	 Pendangan atas		$Q = 3.33 LH^2$
Bendung Segi Empat (dengan kontraktif)	 Pendangan atas	 Pendangan samping	$Q = 3.33(L - 0.2H)H^2$
Bendung Trapezium	 Pendangan ujung		$Q = 3.37 LH^2$
Bendung Segi Tiga 90°	 Pendangan ujung		$Q = 2.49 H^3$

Gambar 3. Ikhtisar rumus-rumus untuk lubang dan bendung (Hansen et al., 1979)

b. Pengukuran debit secara tidak langsung

Pengukuran debit aliran air secara tidak langsung merupakan pengukuran cara mengukur kecepatan aliran dan luas penampang aliran. Untuk mengukur kehilangan air umumnya digunakan metode inflow-outflow, yang ditunjukkan dari selisih antara debit inflow dan debit outflow (Linsley dan Franzini, 1972).

Besarnya debit air, baik yang masuk maupun yang keluar dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

Untuk saluran-saluran yang memiliki dimensi lebar atas yang besar, maka untuk ketelitian perhitungan penampang aliran dibagi menjadi beberapa bagian yang mempunyai lebar atas (ruas) yang sama. Pengukuran dilakukan pada tiap-tiap bagian, sehingga persamaan (10) menjadi :

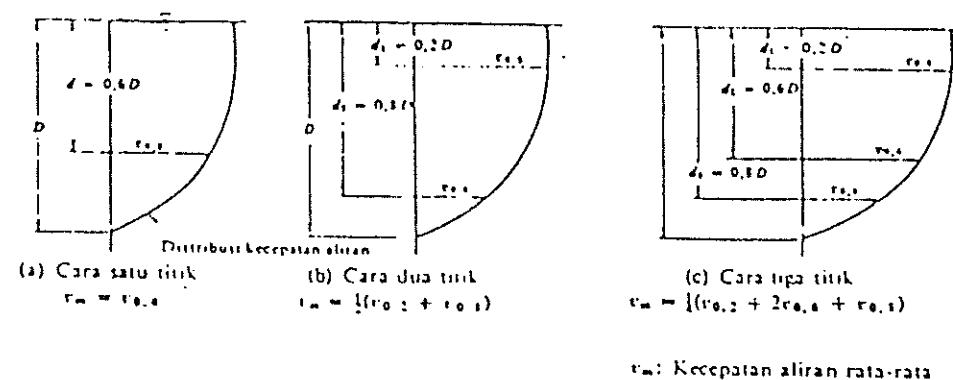
Pengukuran luas di tiap bagian dilakukan dengan metode trapesoidal, sedangkan pengukuran kecepatan rata-rata tergantung dari cara pengukuran yang dilakukan sesuai dengan keda lahan yang diukur.

Sosrodarsono dan Takeda (1976) mengemukakan bahwa untuk kedalaman kurang dari 60 cm, pengukuran kecepatan dilakukan dengan metode pengukuran satu titik. Sedangkan untuk kedalaman lebih dari 60 cm, dapat dilakukan dengan metode satu, dua atau tiga titik.

Pada metode pengukuran satu titik, dimana kecepatan aliran = D dan kedalaman pengukuran = d , maka kecepatan aliran diukur pada $d/D = 0.6$ dan dianggap sebagai kecepatan rata-rata bagian tersebut. Sedangkan pada metode pengukuran dua titik, kecepatan aliran diukur pada $d/D = 0.2$ dan 0.8 . Nilai rata-rata dari kedua kecepatan tersebut dianggap mewakili kecepatan rata-rata bagian yang diukur. Untuk jelasnya, perhitungan kecepatan aliran air rata-rata dengan metode satu titik, dua titik dan tiga titik dapat dilihat pada Gambar 4.

1. Metode apunca

Metode apung adalah metode yang paling sederhana, dimana hasil pengukuran merupakan kecepatan air secara kasar. Pengukuran dilakukan dengan melepaskan pelampung atau benda-benda yang dapat mengapung pada jarak tertentu. Umumnya digunakan jarak antara 50 - 100 m.



Gambar 4. Penampang aliran dan perhitungan kecepatan rata-rata dengan metode satu, dua dan tiga titik. (Sosrodarsono dan Takeda, 1976)

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan stopwatch. Kecepatan air diukur berdasarkan waktu mengalirnya pelampung dari 2 titik, pada jarak tertentu (Sosrodarsono dan Takeda, 1976).

Untuk mendapatkan hasil yang mendekati hasil sebenarnya, hasil perhitungan tersebut dikalikan dengan faktor koreksi yang umumnya digunakan nilai 0.7 – 0.9. Sedangkan debit yang terukur merupakan hasil kali antara kecepatan air tersebut dengan luas penampang saluran.

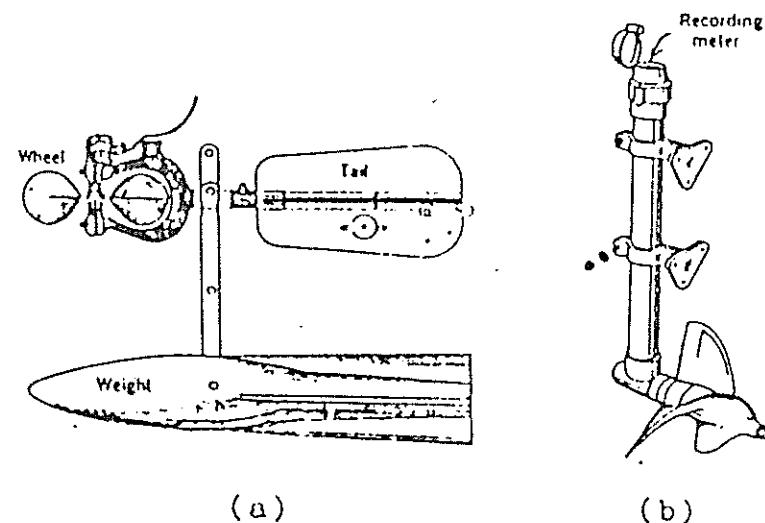
2. Penggunaan current-meter

Current-meter merupakan suatu alat bantu yang dipakai secara luas oleh para teknisi untuk mengukur aliran air. Tiga macam tipe current-meter yang biasa digunakan yaitu tipe



mangkuk (cup type), tipe baling-baling (propeller type) dan alat kedalaman elektromagnit.

Current-meter tipe mangkok memiliki keuntungan yaitu dapat memberikan tahanan yang lebih baik terhadap aliran air, tidak dipegang secara mantap dan lebih sederhana dalam mengoperasikannya sehingga mudah untuk mendapatkan tenaga operatornya. Hanya saja tipe ini peka terhadap gangguan misalnya adanya sampah atau tanaman air yang hanyut dan lain-lainnya. Sedangkan tipe baling-baling memiliki keuntungan yaitu kurang terpengaruh terhadap gangguan yang terjadi misalnya rumput yang mengapung dan longsoran, dan dapat dipakai pada aliran yang memiliki tingkat kecepatan yang lebih tinggi. Disamping itu tipe baling-baling memiliki kepraktisan yang lebih baik dibanding tipe mangkok, karena alat ini lebih kecil sehingga kerapkali menguntungkan apabila pengukuran dilakukan dekat dinding pipa atau ujung saluran dimana sering terjadi pergantian kecepatan aliran (Hansen et al., 1979). Kedua tipe dari Current-meter dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Current-meter, (a) tipe mangkok dan (b) tipe baling-baling (Schwab et al., 1981)

Metode penduga kedalaman elektromagnit dilakukan dengan menggunakan alat penduga kedalaman elektromagnetik. Kecepatan aliran air diketahui setelah adanya tegangan yang timbul di sekitar alat penduga kedalaman. Tegangan tersebut dihasilkan oleh aliran air melalui medan elektromagnetik. Timbulnya tegangan tersebut dirasakan oleh elektroda-elektroda yang terdapat pada alat penduga tersebut, yang kemudian ditransmisikan melalui kawat meteran pencatat. Angka yang tertera menunjukkan besarnya kecepatan aliran air pada saat itu. Tegangan yang timbul



merupakan proses elektrik yang dilakukan oleh meter panel. Ketelitian alat tersebut mencapai 2% yang diperoleh pada tingkat kecepatan 1.5 m/det sampai 3 m/det (Hansen et al., 1979).

3. Metode seepage meter

Penggunaan alat pengukur rembesan dipakai untuk memperoleh ukuran rembesan dari daerah permukaan saluran yang relatif kecil. Pengukuran dapat dilaksanakan tanpa mengganggu aliran dalam saluran, kecuali apabila kecepatannya besar. Namun beberapa memberi pengaruh terhadap kesalahan dalam seepage meter, sehingga alat pengukur ini hanya menunjukkan tingkatan besarnya rembesan daripada rembesan yang terjadi secara absolut. Untuk memperoleh hasil rembesan yang sebenarnya maka pembacaan harus dilakukan pada sisi dan dasar saluran (Hansen et al., 1979).

Menurut Linsley dan Franzini (1972), metode seepage-meter merupakan metode pengukuran kehilangan air dengan menggunakan alat pengukur rembesan (seepage meter) yang dipasang pada saluran. Sedangkan Kraatz (1977) mengemukakan bahwa terdapat banyak

tipe seepage meter yang telah dikembangkan, namun tipe yang umum dipakai adalah tipe Constant Head dan Falling Head.

4. Metode khusus

Besarnya kehilangan air dapat diprediksi pada saat perencanaan. Kraatz (1977) mengemukakan bahwa ada tiga cara yang dapat dipakai untuk menduga kehilangan air dalam saluran, yaitu : secara empiris, analitik dan analogi listrik.

Secara empiris, kehilangan air dapat diduga dengan menggunakan persamaan-persamaan perembesan. Etcheverry (1915) mengemukakan bahwa kehilangan air pada saluran tanah dapat didekati dengan menggunakan persamaan berikut

dimana : S = rembesan ($\text{ft}^3/\text{sec}/\text{mile}$)

i = rata-rata intensitas rembesan

V = kecepatan air (ft/sec)

Q = kapasitas aliran (ft^3/sec)

Untuk kondisi tanah yang seragam adalah dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

(1962) $k_{aw} = k/2$, maka :

dimana : v = rembesan per luas (m^2/dt)
 H = kedalaman air pada saluran (m)
 h = tinggi muka air tanah terhadap dasar saluran (m)
 k_{aw} = koefisien permeabilitas tanah yang terdiri atas separuh bagian terisi udara dan sebagian lagi terisi air (m/dt)
 k = koefisien permeabilitas tanah (m/dt)

Sedangkan untuk tanah yang memiliki tekstur tanah berlapis (compound layers), rembesan akan terjadi secara horisontal dan vertikal.

Untuk rembesan secara horizontal digunakan persamaan :

dimana

Taka

Sedangkan untuk rembesan secara vertikal
digunakan persamaan :

dimana

maka



dimana : q = debit rembesan ($m/dt/luas\ area$)
 i = gradien hidrolik, diasumsikan sama untuk seluruh tingkatan tekstur tanah.
 k_h = rata-rata koefisien permeabilitas lapisan tanah untuk rembesan secara horizontal (m/dt)
 k_v = rata-rata koefisien permeabilitas lapisan tanah untuk rembesan secara vertikal (m/dt).
 $k_{1,2,\dots,n}$ = koefisien permeabilitas tanah pada lapisan ke-1,2,...,n (m/dt).
 $L_{1,2,\dots,n}$ = ketebalan lapisan tekstur tanah ke-1,2,...,n (m).
 L = total ketebalan lapisan tanah (m).

Tabel 3. Koefisien permeabilitas tanah, k (m/dt)

Tipe tanah	k (m/dt)
batu koral	$5 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-2}$
koral ukuran sedang	3.5×10^{-2}
koral halus (kerikil)	3×10^{-2}
pasir sungai yang kasar	$2 \times 10^{-3} - 8.8 \times 10^{-3}$
pasir, 4 - 8 mm	3.5×10^{-2}
pasir, 2 - 4 mm	$2.5 \times 10^{-2} - 3 \times 10^{-2}$
pasir dengan campuran liat	$5 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$
pasir ukuran halus	2×10^{-4}
pasir yang sangat halus	1×10^{-4}
pasir halus dan lempung	$1 \times 10^{-3} - 1 \times 10^{-4}$
tanah loess, $e = 1.3$	1×10^{-3}
tanah loess, $e = 0.55$	2×10^{-7}
tanah liat	$2 \times 10^{-7} - 1 \times 10^{-10}$

Sumber : Irrigation Principles and Practices
(Hansen et. al., 1979)



III. WAKTU, TEMPAT dan METODOLOGI

A. Tempat Pengamatan

1. Lokasi

Tempat pengamatan terletak di Daerah Irigasi Colo Barat di Kabupaten Sukoharjo, Propinsi Jawa Tengah (Lampiran 1). Pengamatan dilakukan di saluran primer dan sekunder.

Letak geografis tempat pengamatan adalah antara $110^{\circ}45' - 111^{\circ}10'$ BT dan antara $7^{\circ}20' - 7^{\circ}45'25''$ LS, didaerah yang meliputi empat Kelurahan yaitu Kelurahan Nguter, Weru, Bulu dan Tawangsari. Lokasi pengamatan berjarak sekitar 15 km dari pusat kota Kabupaten.

2. Iklim

Dari Lampiran 2 dapat dilihat bahwa curah hujan bulanan maksimum terjadi pada bulan Maret sebesar 391 mm dengan jumlah hari hujan sebanyak 16 hari. Sedangkan curah hujan minimum terjadi pada bulan Juli sebesar 43 mm dengan jumlah hari hujan sebanyak 3 hari. Pencatatan suhu udara rata-rata berkisar 26°C sampai 30°C dengan suhu udara rata-rata berkisar 28°C . Kelembaban udara pada daerah ini berkisar 60% sampai 75% dengan besar rata-rata kelembaban adalah 70%. Adapun persentase lama penyinaran matahari berkisar 38% pada musim hujan



sampai 64% pada musim kemarau (sumber : "Jawa Tengah dalam Angka" Biro Statistik Jawa Tengah, 1988).

Berdasarkan klasifikasi hujan menurut Schmidt dan Fergusson (1951) dalam Partowijoto (1988), daerah pengamatan termasuk dalam klasifikasi hujan tipe C (agak basah), dengan rata-rata jumlah bulan kering (BK) sebesar 4 dan rata-rata bulan basah (BB) sebesar 8. Kriteria penetapan klasifikasi hujan menurut Schmidt dan Fergusson dapat dilihat pada Lampiran 3.

3. Tanah

Hasil penyelidikan dan pengujian data fisik tanah pada areal irigasi Colo Barat menunjukkan bahwa terbentuknya tanah pada lokasi penelitian ini sebagian besar adalah hasil pelapukan batuan gunung Merapi dan sebagian kecil berupa batu kapur dengan jenis batuan *vulcanic ash, lapili, volcanic block* serta batuan *aluvium*. Jenis tanah yang terdapat pada lokasi pengujian dapat dikelompokkan dalam 3 jenis, yaitu : *black clay, brown clay dan weathered tuff*.

DI. Colo Barat yang memiliki areal 3801 Ha merupakan areal pertanian yang terletak pada dataran dengan elevasi tertinggi +104 dpl dan elevasi terendah +90 dpl. Daerah tangkapan (DAS) anak-anak



sungai terletak pada tanah yang bervariabel, sebagian merupakan dataran sedang sebagian terletak pada lereng-lereng pegunungan yang miring dan bergelombang.

Daerah Irigasi Colo Barat merupakan jaringan irigasi teknis, sehingga saluran induk (primer dan sekunder) yang ada merupakan saluran lined dengan lapisan yang terbuat dari beton, sehingga faktor rembesan yang terjadi kecil kemungkinan berpengaruh terhadap kehilangan air saluran.

Adapun tekstur tanah yang terdapat di lokasi penelitian itu bervariasi mulai dari klas tekstur lempung liat hingga lempung berpasir. Selain itu juga banyak terdapat batu-batuannya cadas dan kapur. Secara umum kondisi mekanika tanah yang mewakili DI. Colo Barat terdapat pada Lampiran 4.

4. Daerah Irigasi Colo Barat

Terbentuknya Daerah Irigasi (DI) Colo Barat merupakan pengembangan dari proyek pembangunan Bendung Colo dengan memanfaatkan kelebihan air yang berasal dari Sungai Bengawan Solo dan Waduk Wonogiri. Hal tersebut terwujud juga karena adanya dukungan dari kondisi lahan pertanian di DAS Bengawan Solo yang juga sangat subur. Dengan adanya DI. Colo Barat diharapkan dapat tercipta lumbung



pedi yang menyokong kebutuhan pangan Propinsi Jawa Tengah khususnya dan Nasional pada umumnya.

Pada bulan Maret 1982, DI. Colo secara resmi mulai dioperasikan dengan sebuah bendung (Bendung Colo) yang mendistribusikan air secara teknis. Daerah irigasi Colo terbagi menjadi 2 bagian yaitu : pertama adalah DI. Colo Timur, yang sudah dan terus dioperasikan dengan luas baku mencapai ± 19600 Ha yang mencakup beberapa Kabupaten seperti Klaten, Sragen dan Sukoharjo. Kedua, adalah DI. Colo Barat yang sampai akhir tahun 1994 ini masih dalam tahap pengembangan dan pengujian dengan luas areal ± 3800 Ha yang masih akan terus dikembangkan kapasitas pengalirannya mencapai luas ± 7527 Ha. Adapun daerah yang termasuk dalam lingkup DI. Colo Barat adalah Kabupaten Sukoharjo dan sebagian kecil di Klaten (Cawas dan Karang Dowo).

Dalam pengoperasiannya, jaringan irigasi Wonogiri memanfaatkan potensi air sungai Bengawan Solo melalui bangunan pengatur Bendung Colo yang terletak 13 km dari hilir Waduk Serbaguna Wonogiri, tepatnya terletak di desa Pengkol Kecamatan Nguter Kabupaten Sukoharjo. Selain memanfaatkan potensi air sungai Bengawan Solo, dalam usaha memenuhi kebutuhan air, DI. Colo barat juga memanfaatkan potensi air dari sungai-sungai kecil disekitarnya.



DI. Colo Barat memiliki 1 buah saluran primer dengan panjang 22713 m dan 12 buah saluran sekunder dengan total panjang 55342. Keseluruhan saluran induk tersebut, baik itu saluran primer dan sekunder merupakan saluran yang dilapisi (lined canal). Skema irigasi di DI. Colo Barat secara rinci dapat dilihat pada Lampiran 8. Secara teknis eksplorasi dan pemeliharaan DI. Colo Barat berada dalam wewenang Dinas Pekerjaan Umum Seksi Pengairan Cabang Dinas PU Kabupaten Dati II Sukoharjo, Propinsi Jawa Tengah. Namun karena proyek ini masih dalam proses pengembangan dan pengujian, maka wewenang ini masih dipegang oleh Proyek Induk Pengembangan Wilayah Sungai Bengawan Solo khususnya pada Proyek Induk Wonogiri. Sedangkan wewenang eksplorasi dan pemeliharaan di lapang menjadi tanggung jawab petugas pengairan dari Proyek Irigasi Wonogiri yang dibantu oleh Juru Pengairan dan Penjaga Pintu Air (PPA) serta partisipasi dari Perhimpunan Petani Pengguna Air (PPA).



B. Waktu Pengamatan

Pelaksanaan studi kasus dilakukan pada saat musim kemarau yaitu pada bulan September sampai Nopember 1994. Penetapan waktu pengamatan diatas (musim kemarau), diharapkan agar kehilangan air yang terukur merupakan nilai maksimum pada kedalaman air tanah terendah.

C. Metodologi

1. Bahan dan Alat

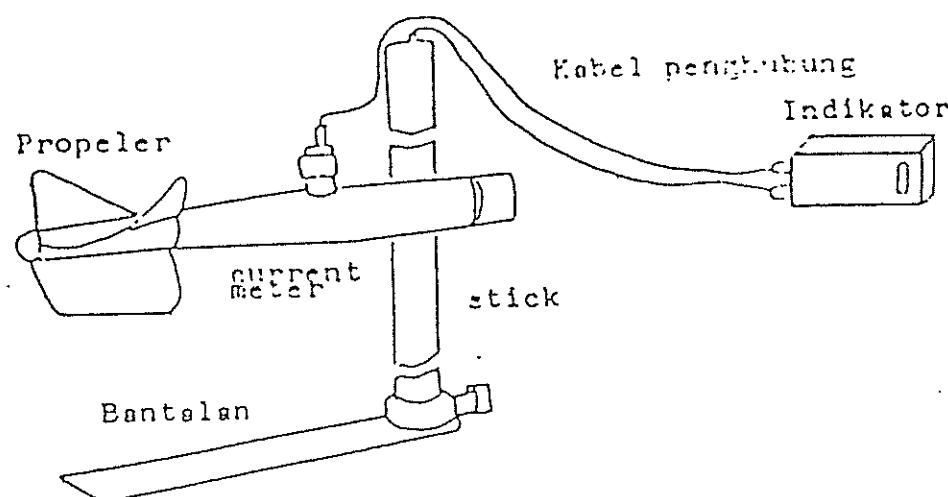
Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam masalah khusus ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data hasil pengamatan dan pengukuran langsung, seperti data kecepatan aliran air, luas penampang saluran, sifat fisik tanah dan curah hujan yang terjadi selama pengamatan berlangsung.

Sedangkan data sekunder merupakan data pelengkap dan pendukung, seperti data curah hujan bulanan dan hari hujan yang terjadi selama minimal 5 tahun terakhir, peta lokasi penelitian, skema jaringan irigasi, data panjang saluran, data luas areal Di. Colo Barat serta data-data lainnya yang mendukung penelitian ini.



Alat-alat yang mendukung kelancaran kegiatan pengamatan ini antara lain :

1. Current-meter tipe baling-baling merek Aott Kempton No. 17641, pengukur kecepatan aliran air (Gambar 6).
 2. Roll meter (30 m), untuk mengukur lebar saluran.
 3. Meteran kayu (2 m), untuk mengukur kedalaman saluran.
 4. Pasak kayu, sebagai tanda dimana lokasi pengukuran kecepatan air berlangsung.
 5. Alat tulis dan catatan.
 6. Scientific Calculator, fx 3800.
 7. Personal computer dan lain-lain.



Gambar 6. Current-meter merek Aott Kempten No.17641



2. Metode Pengamatan

Metode yang digunakan adalah metode *Inflow-Outflow*, dimana pengukuran dilakukan secara menyeluruh (over all), baik pada saluran primer maupun saluran sekunder. Bentang saluran yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah 7 ruas, dengan panjang seluruh ruas 15892,6 m. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan perlakuan perbedaan waktu pagi dan siang.

Kriteria pemilihan lokasi pengukuran debit *Inflow-Outflow* ditentukan berdasarkan jenis aliran yang dihindarkan dari lokasi yang memungkinkan terjadinya efek bendung.

Lebar saluran diukur pada lokasi yang telah ditentukan sebelumnya. Langkah selanjutnya adalah membagi lebar saluran yang telah diketahui menjadi 10 bagian (pias) dengan selang yang sama. Dan untuk akurasi pengukuran ini, maka panjang selang yang dipakai diusahakan tidak melebihi dari 50 cm.

Pengukuran kedalaman air (d) dilakukan dari tepi ke tepi pada saluran tersebut. Pengukuran kedalaman air tepat pada titik-titik pembagian lebar saluran. Pada Gambar 7 ditunjukkan cara-cara pembagian lebar saluran dan lokasi pengukuran kedalaman air serta lokasi pengukuran kecepatan aliran air (letak propeler current-meter).

Gambar 7. Pembagian lebar saluran dan letak pengukuran kedalaman air dengan propeller

Untuk menentukan luasan yang diukur, dapat digunakan persamaan berikut :

$$A_n = (d_{2n-1} + 2d_{2n} + d_{2n+1}) * 0.5 * a_n \dots \dots \dots (23)$$

dimana : A_D = luasan keru (m²)

d = kedalaman air pada tiap titik (m)

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

a_n = selang pias ke-n (m)

Pengukuran kecepatan aliran air dilakukan pada titik bagi ke-2n, letak *propeller* pada tiang penyangga dipasang berdasarkan metode pengukuran 'satu titik' dan 'dua titik'. Pada kedalaman air kurang dari atau sama dengan 60 cm, letak *propeller* dipasang dengan metode 'satu titik' ($0.6d_{2n}$). Sedangkan untuk kedalaman antara 60 cm sampai 300 cm, *propeller* dipasang berdasarkan metode 'dua titik' ($0.2d_{2n}$ dan $0.8d_{2n}$).

Pemilihan jenis propeller disesuaikan dengan kondisi aliran (deras, sedang atau lambat). Pemasangan seluruh instalasi current-meter harus benar-benar baik dan tepat. Arah propeller diletakkan berlawanan dengan arah arus air. Pengukuran dilakukan selama 30 detik dan dilakukan pengulangan 2 kali dalam setiap pengukuran.

Dari setiap pengukuran didapatkan jumlah putaran propeller (per 30 detik). Untuk menentukan kecepatan aliran (V), maka jumlah putaran propeller yang tercatat dibagi dengan 30 detik (N). Kemudian dari nilai yang didapat disesuaikan dengan selang nilai dan jenis propeller yang digunakan untuk selanjutnya dimasukkan dalam persamaan kecepatan aliran. Adapun persamaan kecepatan aliran (sedang) untuk current-meter merek Aott Kempten No. 17641 tersebut adalah sebagai berikut:

- jika $N < 0.83$, $V = 0.2415N + 0.018$ m/det
 - jika $N \geq 0.83$, $V = 0.2595N + 0.003$ m/det

Besar debit setiap luas pias (q_i) dihitung dengan cara mengalikan kecepatan aliran (v_i) dengan luasan pias tersebut (A_i).

Sedangkan total debit pada lokasi pengukuran (Q) merupakan jumlah dari debit luasan yang ada. Perhitungan debit pada lokasi pengukuran dapat dirumuskan sebagai berikut :

dimana : Q = debit pengukuran (m^3/det)

q_i = debit luasan pias ke- i (m^3/det)

$A_i = \text{luasan ke-}i$ (m^2)

v_i = kecepatan aliran (m/det)

$$j = 1, 2, 3, \dots$$

D. Analisa Data

1. Kehilangan air pada saluran primer

Kehilangan air pada saluran primer dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

dimana : K_p = jumlah kehilangan air pada saluran primer (l/det)

IP_n = debit inflow pada ruas pengukuran ke- n ($1/\text{det}$)

O_{Pn} = debit outflow pada ruas pengukuran ke-n (l/det)

Faktor saluran primer (F_p) dihitung berdasarkan persamaan berikut :

atau $F_p = 1 + (\text{kehilangan air (KP)})/O_p \dots\dots(29)$

2. Kehilangan air pada saluran sekunder

Kehilangan air pada saluran sekunder dihitung dengan persamaan berikut :

dimana : K_s = kehilangan air pada saluran sekunder (l/det)

I_{sn} = debit inflow pada ruas pengukuran ke-n (l/det)

D_{kn} = debit outflow pada ruas pengukuran ke-n (1/det)

Faktor saluran sekunder (F_s) dihitung berdasarkan persamaan berikut :

atau $F_s = 1 + (\text{kehilangan air (KS)})/0s \dots\dots\dots(33)$

dimana : D_s = debit outflow saluran sekunder pada pintu pemasukan tersier (l/det)

3. Faktor jaringan utama (Fu)

Faktor jaringan utama (F_u) dihitung berdasarkan persamaan berikut :

dimana : F_p = faktor jaringan primer

F_s = faktor jaringan sekunder

4. Efisiensi jaringan utama (Eu)

Efisiensi jaringan utama (Eu) merupakan nilai perbandingan terbalik dari faktor jaringan utama yang dinyatakan dalam persen (%). Besarnya efisiensi jaringan utama (Eu) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :



A. Hasil

1. Keadaan umum daerah

Menurut Klasifikasi hujan Schmidt dan Fergusson (1951) dalam Partowijoto (1988), daerah penelitian termasuk kedalam tipe hujan C, atau masuk kategori agak basah.

Berdasarkan kondisi curah hujan yang tinggi (seperti terlihat pada lampiran 2) maka tingkat ketersediaan air untuk irigasi selalu terpenuhi. Namun untuk memenuhi kebutuhan air irigasi pada musim kemarau, terutama daerah-daerah yang memiliki tingkat curah hujan yang lebih rendah maka pengaturan irigasi sangat diperlukan.

Ditinjau dari kondisi evapotranspirasi aktual (E_a) ataupun evapotranspirasi potensial (E_p) yang terjadi di lokasi pengamatan terlihat bahwa evapotranspirasi potensial maksimum terjadi pada bulan September yaitu sebesar 156,8 (lampiran 3). Hal ini berpengaruh terhadap proses kehilangan air yang terjadi selama penyaluran, karena makin tinggi evapotranspirasi akan berakibat meningkat pula kehilangan air (water losses) yang terjadi.

Pengamatan dan pengambilan data dilakukan pada bulan September yang bertepatan dengan musim kemarau sehingga faktor suhu berpengaruh sekali terutama



terhadap besar kehilangan air yang terjadi. Selama pengambilan data kondisi cuaca sangat cerah dan tidak terjadi hujan sehingga pengaruh air hujan tidak ada. Dikaitkan dengan tingkat evapotranspirasi yang berkenaan dengan tingginya faktor suhu yang terukur ($29^{\circ}-30^{\circ}\text{C}$) maka kehilangan air yang terjadi juga akan tinggi.

Secara umum kehilangan air yang terjadi banyak dipengaruhi oleh tingkat evaporasi, evapotranspirasi, dan penyadapan liar. Kecil sekali kemungkinan kehilangan air terjadi akibat faktor rembesan (seepage) atau bocoran (leakage) karena saluran tempat pengambilan data itu dilakukan adalah saluran terlapis (lined canal) dan irigasi teknis.

Hasil analisa Laboratorium Tanah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) Bogor, menunjukkan bahwa jenis tanah pada daerah pengamatan sebagian besar berasal dari pelapukan jenis batuan gunung berapi dengan jenis batuan kapur, volcanic ash, lapili, volcanic block, serta batuan aluvium.

Ditinjau dari sifat mekanika tanahnya, maka keadaan rata-rata partikel density tanah dilokasi pengamatan pada lapisan atas dan bawah masing-masing 2.28 dan 2.29 gr/cc (Lampiran 4).



Jenis tanah pada lokasi pengamatan adalah jenis grumosol warna kelabu kehitaman. Tanah endapan membentuk horison yang jelas. Tanah dengan keadaan liat lebih dari 30% ini mempunyai sifat mengembang dan mengkerut. Kalau musim kering, tanah menjadi keras dan pecah-pecah karena mengembang, dan kalau musim hujan (basah) tanah menjadi lengket. Konsistensi teguh diwaktu lembab dan keras diwaktu kering. Kandungan bahan organik rendah dan kandungan unsur hara relatif banyak. Tanah memiliki tingkat kesuburan yang tinggi.

Topografi di sekitar wilayah pengamatan adalah datar sampai bergelombang, sedangkan pengamatan dipilih dilokasi datar. Hal ini untuk mengurangi faktor beda ketinggian yang berpengaruh sekali dalam perhitungan kecepatan air.

Adapun tekstur tanah yang terdapat dilokasi pengamatan itu bervariasi mulai dari klas tekstur lempung liat hingga lempung berpasir, selain itu juga terdapat banyak batu-batuannya cadas dan kapur.

2. Perhitungan kehilangan air dan faktor jaringan utama

Berdasarkan data yang diperoleh (Lampiran 11), diketahui besar debit inflow, kehilangan air, dan faktor kehilangan air pada saluran irigasi Colo Barat. Jumlah ruas pengambilan data adalah sebanyak



7 (tujuh) ruas yaitu : RS I, RS II, RS III, RS IV, LS 1A, LS 2A dan LS 2B. Pengambilan data dilakukan dengan dua perlakuan yaitu pengukuran pagi (08.00 – 10.00 WIB) dan pengukuran siang (12.00 – 14.00 WIB).

Berikut adalah tabel debit inflow, kehilangan air, dan faktor kehilangan air pada saluran primer dan saluran sekunder DI. Colo Barat.

Tabel 4. Hasil pengukuran dan perhitungan debit inflow dan outflow pada pengukuran pagi

Ruas	Hasil pengukuran (l/det)		loss (l/det)	Hasil perhitungan (l/det)		Faktor kehilangan air (Fp)
	Inflow	Outflow		Inflow	Outflow	
RS I	3349.27	3293.02	56.25	3349.27	3293.02	1.0170
RS II	3034.10	2995.71	38.39	3293.02	3254.64	1.0992
RS III	2479.56	2336.01	143.33	3254.64	3111.30	1.3931
RS IV	1656.56	1594.92	61.64	3111.30	3049.66	1.9504
			Tot. 299.61			1.3649
LS 1A	357.81	356.60	1.21	357.81	356.60	1.0033
LS 2A	597.23	592.36	4.87	597.23	592.36	1.0082
LS 2B	249.70	240.37	9.33	592.36	583.03	2.4643
			Tot. 15.41			1.4919

Dari hasil perhitungan tabel tersebut diatas diperoleh nilai faktor jaringan primer (Fp) dan faktor jaringan sekunder (Fs) pada pengukuran pagi. Adapun perhitungannya dilakukan dengan proses linearisasi yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Ruas RS I. : } F_p &= 1 + (\text{input} - \text{output})/\text{output} \\ &= 1 + (56.25/3293.02) = 1.017 \end{aligned}$$

$$F_p \text{ linear} = 1.017 \times (3349.27/3349.27) \\ = 1.0170$$

$$\text{Ruas RS II. } F_p = 1 + (38.39/2995.71) = 1.0128$$

$$F_p \text{ linear} = 1.0128 \times (3293.02/3034.10)$$

$$= 1.0993$$

$$\text{Ruas RS III. } F_p = 1 + (143.33/2336.01) = 1.0613$$

$$F_p \text{ linear} = 1.0613 \times (3254.64/2479.34)$$

$$= 1.3931$$

$$\text{Ruas RS IV. } F_p = 1 + (61.64/1594.92) = 1.0385$$

$$F_p \text{ linear} = 1.0385 \times (3111.30/1656.56)$$

$$= 1.9504$$

Jadi E rata-rata pagi = 1.364%

$$\text{Ruas LS 1A. } F_s = 1 + (1.21/356.60) = 1.0033$$

$$F_s \text{ linear} = 1.0033 \times (357.81/357.81)$$

$$= 1.0033$$

$$\text{Ruas LS 2A. } F_s = 1 + (4.87/592.36) = 1.0082$$

$$F_s \text{ linear} = 1.0082 \times (597.81/597.81)$$

$$= 1.0082$$

Ruas LS 2B. $F_s = 1 + (9.33/240.37) = 1.0382$
 $F_s \text{ linear} = 1.0382 \times (592.36/249.7)$

Jadi Es katalanca pagi = 1.4818



Tabel 5. Hasil pengukuran dan perhitungan debit inflow dan outflow pada pengukuran siang

Ruas	Hasil pengukuran (l/det)		loss (l/det)	Hasil perhitungan (l/det)		Faktor kehilangan air (Fp)
	Inflow	Outflow		Inflow	Outflow	
RS I	3116.82	3033.55	83.27	3116.82	3033.55	1.0274
RS II	2774.63	2731.93	42.70	3033.55	2990.85	1.1103
RS III	2215.56	1961.59	253.97	2990.85	2736.88	1.5246
RS IV	1482.14	1391.93	90.21	2736.88	2646.67	1.9560
			Tot. 470.15			1.4045
LS 1A	361.53	359.00	2.53	361.53	359.00	1.0069
LS 2A	599.23	594.25	4.98	599.23	594.25	1.0472
LS 2B	253.17	240.63	12.54	594.25	581.71	2.4580
			Tot. 20.05			1.5040

Dari hasil perhitungan tabel tersebut diatas diperoleh nilai faktor jaringan primer (Fp) dan faktor jaringan sekunder (Fs) pada pengukuran siang. Adapun perhitungannya dilakukan dengan proses linearisasi yaitu sebagai berikut :

$$\text{Ruas RS I. } Fp = 1 + (83.27/3033.55) = 1.0274$$

$$\begin{aligned} Fp \text{ linear} &= 1.0274 \times (3116.82/3116.82) \\ &= 1.0274 \end{aligned}$$

$$\text{Ruas RS II. } Fp = 1 + (42.7/2731.93) = 1.0156$$

$$\begin{aligned} Fp \text{ linear} &= 1.0156 \times (3033.55/2774.63) \\ &= 1.1103 \end{aligned}$$

$$\text{Ruas RS III } Fp = 1 + (253.97/1961.03) = 1.1294$$

$$\begin{aligned} Fp \text{ linear} &= 1.1294 \times (2990.85/2215.56) \\ &= 1.5246 \end{aligned}$$



Ruas RS IV. $F_p = 1 + (90.21/1391.93) = 1.0593$

$$\begin{aligned} F_p \text{ linear} &= 1.0593 \times (2736.88/1482.14) \\ &= 1.9560 \end{aligned}$$

Jadi F_p rata-rata siang = 1.4045

Ruas LS 1A. $F_s = 1 + (2.53/359.00) = 1.0070$

$$\begin{aligned} F_s \text{ linear} &= 1.0070 \times (361.53/361.53) \\ &= 1.0070 \end{aligned}$$

Ruas LS 2A. $F_s = 1 + (4.98/594.25) = 1.0472$

$$\begin{aligned} F_s \text{ linear} &= 1.0472 \times (599.23/599.23) \\ &= 1.0472 \end{aligned}$$

Ruas LS 2B. $F_s = 1 + (12.54/240.63) = 1.0521$

$$\begin{aligned} F_s \text{ linear} &= 1.0521 \times (594.25/253.17) \\ &= 2.4695 \end{aligned}$$

Jadi F_s rata-rata siang = 1.5079

B. Pembahasan

1. Faktor jaringan utama (F_u) dan efisiensi jaringan utama (E_u)

Faktor jaringan utama (F_u) merupakan hasil penggandaan antara faktor jaringan saluran primer (F_p) dengan faktor jaringan sekunder (F_s).

Rata-rata faktor jaringan primer pada saluran primer Colo barat adalah 1.3649 untuk pengukuran pagi dan 1.4045 untuk pengukuran siang. Sedangkan rata-rata faktor saluran sekunder (F_s) adalah 1.4919 untuk pengukuran pagi dan 1.5079 untuk pengukuran siang hari.



Berdasarkan nilai faktor jaringan primer (F_p) dan faktor F_s tersebut diperoleh nilai faktor jaringan utama (F_u), yaitu :

$$\begin{aligned} F_u (\text{pagi}) &= F_p * F_s \\ &= 1.3649 * 1.4919 \\ &= 2.0363 \end{aligned}$$

Faktor jaringan utama (F_u) diatas adalah untuk pengukuran pagi hari, sedangkan untuk pengukuran siang hari adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_u (\text{siang}) &= F_p * F_s \\ &= 1.4045 * 1.5079 \\ &= 2.1178 \end{aligned}$$

Nilai efisiensi jaringan utama (E_u) digunakan untuk menilai kelayakan dari suatu jaringan irigasi, yang dalam hal ini adalah jaringan utamanya (primer-sekunder), dalam mendukung terselenggaranya budidaya pertanian di suatu daerah irigasi.

Besarnya efisiensi jaringan utama (E_u) berbanding terbalik dengan faktor jaringan utama (F_u). Nilai faktor jaringan utama (F_u) DI. Colo Barat untuk pengukuran pagi adalah 2.0363 maka efisiensi jaringan utama (E_u) DI. Colo Barat ialah :

$$\begin{aligned} E_u (\text{pagi}) &= (1/F_u) * 100\% \\ &= (1/2.0363) * 100\% \\ &= 49.10\% \end{aligned}$$



Sedangkan pada pengukuran siang diperoleh nilai F_u sebesar 2.1178 sehingga diperoleh nilai E_u sebagai berikut :

$$\begin{aligned} E_u (\text{siang}) &= (1/F_u) * 100\% \\ &= (1/2.1178) * 100\% \\ &= 47.21\% \end{aligned}$$

Dari nilai efisiensi jaringan utama di atas menunjukkan bahwa penggunaan jaringan utama DI. Colo Barat relatif efisien, hal ini karena kecilnya kehilangan air sepanjang saluran baik itu oleh rembesan maupun bocoran. Namun karena saluran Colo Barat ini masih dalam tahap pengujian sehingga hasil yang diperoleh pun masih belum optimum (<50%). Akan tetapi sejalan dengan umur saluran tersebut maka tingkat efisiensinya pun akan meningkat. Adapun efisiensi jaringan irigasi teknis yang optimum adalah 50-60%.

Nilai efisiensi yang diperoleh dari pengukuran pagi ternyata lebih tinggi dari pengukuran siang dengan beda yang nyata (significant). Adapun besar efisiensi saluran pada pengukuran pagi adalah 49.10% sedangkan pada pengukuran siang 47.21% dengan beda efisiensi sebesar 1.89%. Berdasarkan hasil yang diperoleh tersebut menunjukkan efisiensi saluran utama Colo Barat pada pagi hari lebih tinggi daripada siang hari.



2. Uji kelayakan saluran irigasi dengan Metoda Paired Comparison (Perbandingan Berpasangan)

Uji Paired Comparison (perbandingan berpasangan) adalah salah satu uji statistika yang dapat digunakan untuk menguji kelayakan suatu pengukuran atau pengambilan data yang dilakukan secara berpasangan.

Data diambil dari pengukuran sebanyak n data. Uji ini dilakukan untuk satu arah dengan tingkat ketelitian 90% atau dengan $\alpha = 10\%$.

Berikut adalah tabel yang diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode perbandingan berpasangan.

Tabel 6. Perhitungan nilai standar error beda mean yang berhubungan dari faktor jaringan utama (F_u) DI. Cirebon Barat

No.	Perlakuan pagi (x)	Perlakuan siang (y)	Beda (Xi) $X_i = y - x$	X_i^2
1.	1.0170	1.0274	0.0104	1.081^{-04}
2.	1.0992	1.1103	0.0111	1.232^{-04}
3.	1.3931	1.5246	0.1315	1.729^{-02}
4.	1.9504	1.9560	0.0056	3.136^{-05}
5.	1.0033	1.0069	0.0036	1.296^{-05}
6.	1.0082	1.0472	0.0390	1.521^{-03}
7.	2.4643	2.4580	0.0063	3.989^{-05}
			$\Sigma X_i = 0.2472$	$\Sigma X_i^2 = 0.0191$

Dari data di atas diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma = \Sigma X_i / n = 0.2472 / 7$$

$$\sigma = 0.0353$$





$$\Sigma x_i = 0.2472$$

$$\Sigma x_i^2 = 0.0191$$

$$\begin{aligned} (\Sigma x_i)^2/n &= (0.2472)^2/7 \\ &= 0.0611078/7 \\ &= 0.008729 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma (x_i - \bar{x})^2 &= \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2/n \\ &= 0.0191 - 0.008729 \\ &= 0.010371 \end{aligned}$$

Standar deviasinya (s_x) diperoleh dengan menggunakan perhitungan berikut :

$$\begin{aligned} s_x^2 &= \Sigma (x_i - \bar{x})^2/(n-1) \\ &= 0.010371/6 \\ &= 0.001728 \\ s_x^2 &= s_x^2/n \\ &= 0.001728/7 \\ &= 0.000247, \text{ jadi} \\ s_x &= \sqrt{s_x^2} \\ &= \sqrt{0.000247} \\ &= 0.0157 \end{aligned}$$

Nilai t perhitungan diperoleh berdasarkan rumus berikut :

$$t = \sigma/s_x, \text{ yaitu } t = 0.0353/0.0157 = 2.24.$$

Sedangkan nilai t yang diperoleh dari Tabel t (uji satu arah) adalah $t_{0.05} = 1.94$, sehingga didapat nilai : t perhitungan > $t_{0.05}$ (t pada tabel) dengan $\alpha = 10\%$.



Untuk menentukan daerah penolakan digunakan persyaratan sebagai berikut :

Tolak H_0 dan terima H_A jika ; $t \geq t_{0.5\alpha}$, $df = n - 1$

Terima H_0 dan tolak H_A jika ; $t < t_{0.5\alpha}$, $df = n - 1$

Berdasarkan pengujian dan bentuk data yang diperoleh dari lapang disimpulkan bahwa :

H_0 adalah pernyataan efisiensi siang lebih tinggi dari efisiensi saluran pada pagi hari

H_A adalah pernyataan efisiensi pagi lebih tinggi dari efisiensi saluran pada siang hari

Dari hasil perhitungan nilai t diatas diperoleh hasil bahwa $t_{perhitungan} > t_{0.05}$ sehingga disimpulkan terima H_A dan tolak H_0 atau efisiensi pagi hari lebih tinggi daripada efisiensi siang hari.

Ternyata dengan menggunakan uji kelayakan "paired comparison" terbukti bahwa hasil perhitungan tersebut sesuai dengan hasil pengukuran di lapang, bahwa nilai efisiensi yang dilakukan pada pagi hari lebih tinggi dibanding pengukuran yang dilakukan pada siang hari. Hal ini tidak terlepas dari evaporasi dan evapotranspirasi yang tinggi pada siang hari.

Hasil pengujian dengan metoda "paired comparison" ini sesuai dengan perhitungan dengan menggunakan nilai efisiensi jaringan utama (Eu)



yaitu efisiensi pagi lebih tinggi dari efisiensi pada siang hari. Efisiensi jaringan utama (E_u) pagi hari sebesar 49.10% dan E_u siang hari sebesar 47.21%.



A. Kesimpulan

1. Hasil pengukuran dan perhitungan kehilangan air pada saluran primer menunjukkan jumlah kehilangan air yang terjadi pada pagi hari sebesar 299.61 l/det, sedangkan pada siang hari sebesar 470.15 l/det. Kehilangan air yang terjadi di saluran sekunder untuk pengukuran pagi adalah sebesar 15.41 l/det, sedangkan untuk pengukuran siang hari sebesar 20.05 l/det.
2. Faktor saluran primer (F_p) rata-rata untuk pengukuran pagi adalah sebesar 1.3649, untuk pengukuran siang sebesar 1.4045. Dan faktor saluran sekunder (F_s) rata-rata pada pengukuran pagi adalah 1.4919, dan F_s untuk pengukuran siang rata-rata adalah 1.5040.
3. Nilai faktor jaringan utama (F_u) pada pengukuran pagi adalah sebesar 2.0363 dengan nilai efisiensi jaringan utama (E_u) sebesar 49.10%, dan untuk pengukuran siang diperoleh nilai F_u sebesar 2.1178 dengan efisiensi jaringan utamanya sebesar 47.21%. Dari perhitungan diatas diperoleh hasil bahwa nilai efisiensi jaringan utama pada pengukuran pagi memiliki tingkat efisiensi lebih tinggi dibanding pengukuran yang dilakukan siang hari dan memiliki perbedaan yang significant (nyata) yaitu sebesar 1.89%.

4. Berdasarkan pengujian dengan metoda "Paired Comparison" juga diperoleh nilai kelayakan efisiensi saluran yang terjadi pada pengukuran pagi dan siang. Dari perhitungan diperoleh nilai $t_{hitung} > t_{0.05}$ ($t_{hitung} = 2.24$, dan $t_{0.05} = 1.94$) dengan $\alpha = 10\%$ sehingga disimpulkan untuk menerima H_A dan menolak H_0 atau menerima pernyataan bahwa efisiensi saluran pada pengukuran pagi lebih tinggi daripada efisiensi pada pengukuran siang.

B. Saran

1. Perbaikan manajemen pendistribusian air irigasi dengan cara pengaturan air sesuai dengan kebutuhan air tanaman dan perbaikan kondisi saluran.
2. Penyuluhan dan penyebaran informasi secara meluas kepada masyarakat petani selaku pengguna air untuk lebih mengefisienkan penggunaan air irigasi.
3. Perlu dilakukan pemadatan tanggul di sepanjang saluran guna menghindari bahaya longsor atau retakan yang kadang terjadi pada musim hujan.
4. Pemberian debit awal aliran irigasi diusahakan sedikit lebih besar daripada debit yang dibutuhkan tanaman guna menghindari kekurangan air akibat pencurian air.
5. Perlunya peningkatan usaha perawatan saluran secara lebih kontinyu, khususnya pembersihan tanaman air dan



DAFTAR PUSTAKA

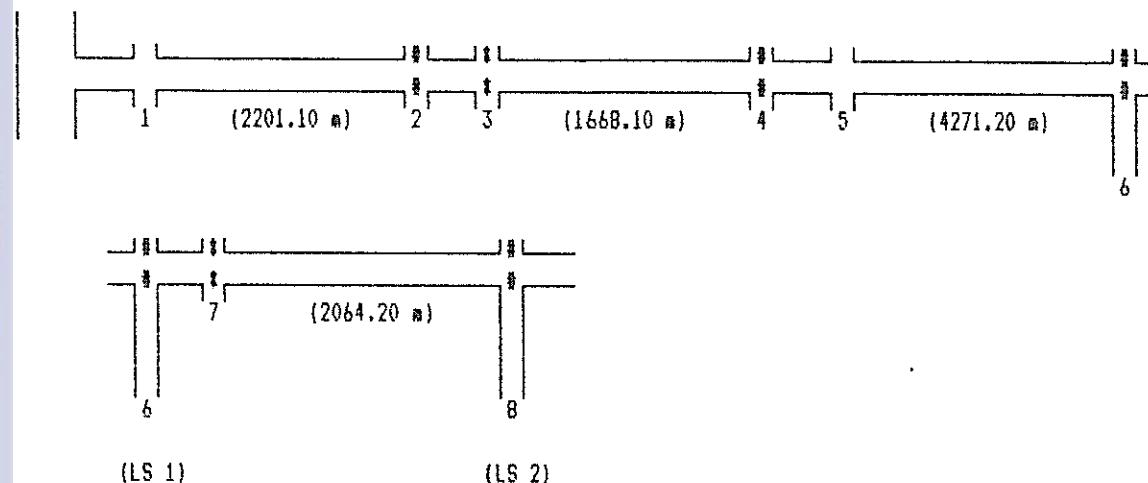
- Andy Darmawan P. 1993. Kehilangan Air Pada Saluran Irigasi Primer-Sekunder Untuk Menentukan Faktor Jaringan Utama Di Daerah Irigasi Mbay Kabupaten Ngada Nusa Tenggara Timur. Skripsi Fateta, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Aggarwal, R.K. 1971. A Text Book of Irrigation. Dhanpat Rai and Sons, Jullundur - Delhi.
- Arsyad, S. 1971. Pengawetan Tanah dan Air. Diktat Kuliah Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian IPB, Bogor.
- Blaney, H.F. and W.O. Criddle. 1950. Determining Water Requirement in Irrigated Area From Climatological and Irrigation Data. U.S. Dept. Agric. SCS-TP-96.
- Booher, L.J. 1974. Surface Irrigation. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome.
- Buckman, L.O. and N.C. Brady. 1961. The Nature and Properties of Soil. The Mac Millan Co. Inc., New York.
- Chamber, R.E. 1972. Klimatologi Pertanian. Diktat Kuliah Jurusan Agrometeorologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, Bogor.
- Chow, V.T. 1953. Open Channel Hydraulics. McGraw-Hill, Book Coy, New York.
- Daldjoeni, N. 1986. Pokok-Pokok Klimatologi. Alumni, Bandung.
- De Datta, S.K. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley and Sons, New York.
- Ditjen Pengairan. 1975. Feasibility Study Main Report of The Wonogiri Multipurpose. Japan International Cooperation Agency.
- Etcheverry, B.A. 1915. Irrigation Practice and Engineering II. McGraw-Hill, New York.
- Gandakusumah, R. 1975. Irigasi. Sumur Bandung, Bandung.
- Hansen, V.E., O.W. Israelsen and G.E. Stringham. 1979. Irrigation Principles and Practices. John Wiley and Sons, New York.



- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. Mediyatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Houk, I.E. 1951. Irrigation Engineering. John Wiley and Sons, New York.
- Jumikis, A.R. 1962. Soil Mechanics. D. Van Nostrands Co. Ltd., New Jersey.
- Kartasapoetra, A.K., Sutedjo dan E. Pollein. 1991. Teknologi Pengairan Pertanian (Irigasi). Bumi Aksara. Jakarta
- Kisdiyani. 19^o.. Perencanaan dan Pengelolaan Jaringan Irigasi Daerah Irigasi Wonogiri. Laporan Praktek Lapang Fateta, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kraatz, D.B. 1977. Irrigation Canal Lining. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome.
- Linsley, R.K. and J.B. Franzini. 1972. Water Resources Engineering. McGraw-Hill Kagahasha Ltd., Tokyo.
- Nasir, M. 1983. Metode Penelitian. Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Partowijoto, A. 1977. Kehilangan Air dan Efisiensi Pada Jaringan Utama dan Petak Tersier di Wilayah Sub Prosesa Pemali Comal Jawa Tengah. Laporan Penelitian Water Management Kerjasama Direktorat Irigasi dan Fateta IPB, Bogor.
- Pasandaran, E. dan D.C. Taylor. 1984. Irigasi : Perencanaan dan Pengelolaan. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Roe, H.B. 1950. Moisture Requirements in Agriculture Farm Irrigation. McGraw-Hill, New York.
- Schwab, G.O., R.K. Frevert, T.W. Edminster and K.K. Barnes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. 3rd ed. John Wiley and Sons, New York.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1976. Hidrologi untuk Pengairan. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Valera, A. and T.H. Wickham. 1978. Irrigation Policy and Management in Southeast Asia. IRRI, Los Banos.



Lampiran 1.



Keterangan :

1. lokasi pengukuran debit ke-1 (jembatan ke-1/BRL 1)
2. lokasi pengukuran debit ke-2 (bangunan bagi ke-1/CKL 1)
3. lokasi pengukuran debit ke-3 (gorong-gorong jalan ke-6/SPL 6)
4. lokasi pengukuran debit ke-4 (bangunan bagi ke-2/CKL 2)
5. lokasi pengukuran debit ke-5 (jembatan ke-7/BRL 7)
6. lokasi pengukuran debit ke-6 (bangunan bagi ke-3/CKL 3)
7. lokasi pengukuran debit ke-7 (gorong-gorong saluran ke-31/COL 31)
8. lokasi pengukuran debit ke-8 (bangunan bagi ke-4/CKL 4)



Lampiran 2.

Data sebaran curah hujan rata-rata bulanan (mm) didaerah Solo dan sekitarnya

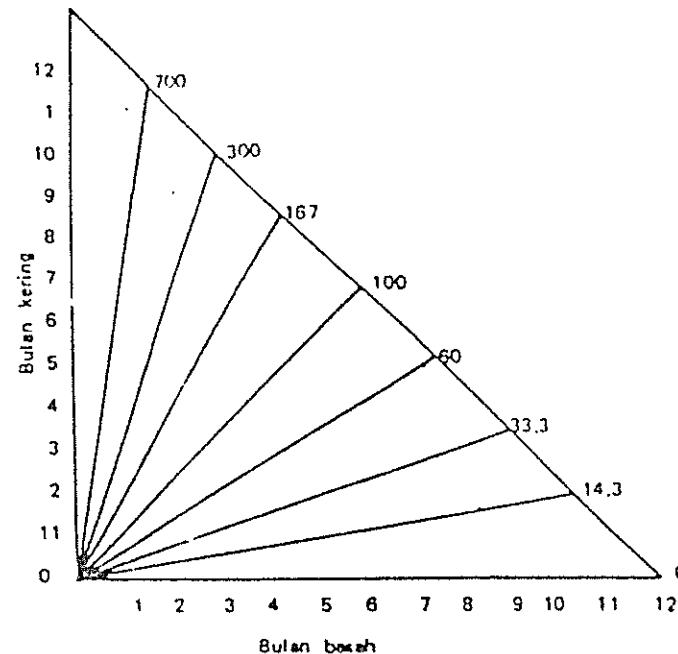
Stasiun	Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jumlah
Sragen †	CH	276	379	373	195	173	47	39	43	81	128	182	233	2149
	HH	14	14	15	10	9	3	2	2	4	9	10	12	104
Masaran †	CH	274	287	391	207	154	26	26	95	125	206	215	219	2225
	HH	15	14	17	13	8	2	2	4	7	10	12	12	116
Munggur †	CH	293	304	362	206	125	110	50	61	53	209	177	234	2184
	HH	17	16	17	13	9	6	3	3	4	12	11	15	126
Kr. Anyar †	CH	367	366	396	270	178	107	58	48	48	133	237	308	2516
	HH	17	16	17	13	10	6	4	2	3	7	14	15	124
Bekonang †	CH	305	295	311	343	125	72	43	33	62	130	173	264	2056
	HH	15	14	16	11	7	4	2	2	4	8	9	13	105
Polokarto †	CH	276	311	349	238	127	84	28	24	40	136	213	307	2133
	HH	14	13	15	10	6	3	2	1	2	7	9	14	96
Mulur †	CH	285	301	332	215	109	49	52	35	90	150	289	400	2320
	HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sukoharjo †	CH	335	341	396	270	178	107	58	48	48	133	237	308	2320
	HH	20	15	12	9	7	7	3	3	4	6	9	13	108
Pabelan ††	CH	247	330	281	208	141	94	49	64	104	165	144	212	2039
	HH	19	17	18	13	10	6	4	3	6	12	11	14	133
Tw. Mangu †	CH	518	508	524	276	225	116	37	51	82	195	317	368	3217
	HH	24	23	24	18	13	7	4	4	5	10	16	19	167
Matesih †	CH	373	401	471	282	206	71	63	37	47	164	289	400	2804
	HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kr. Pandan †	CH	448	431	518	342	224	97	65	41	67	174	308	468	3183
	HH	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plupuh †	CH	333	649	627	247	147	83	50	197	289	219	271	340	3052
	HH	15	17	17	12	7	3	3	7	8	8	12	11	120
Baruretno †	CH	383	345	316	184	102	83	17	19	56	149	150	266	2070
	HH	16	16	15	8	6	4	1	2	3	8	8	13	100
Jatisrono †	CH	352	333	377	149	160	55	29	33	81	163	218	280	2230
	HH	20	18	18	12	10	4	2	2	4	9	13	17	118
Ngadirojo †	CH	337	322	339	243	146	47	29	24	43	100	123	272	2022
	HH	13	16	17	12	7	3	2	2	2	5	8	13	100
Wd. Krisak †	CH	306	239	246	130	94	59	41	11	5	65	126	186	1508
	HH	11	12	11	7	6	3	2	1	1	5	7	10	80
Rata-rata †	CH	333	359	410	226	153	77	48	52	77	154	216	297	2433
	HH	17	16	16	12	8	4	3	3	4	8	11	11	113

Keterangan : * rata-rata 12 tahun
 ** rata-rata 3 tahun
 - tidak tercatat

Sumber : Proyek Bengawan Solo (Hidrologi)



Lampiran 3. Kriteria Penentuan Klasifikasi Tipe Hujan menurut Schmidt dan Fergusson (1951)



Bulan basah : bulan dengan curah hujan lebih dari 100 mm

Bulan kering : bulan dengan curah hujan kurang dari 60 mm

Faktor Q : perbandingan antara rata-rata jumlah bulan kering dengan rata-rata jumlah bulan basah dalam setahun

Pembagian kawasan/daerah :

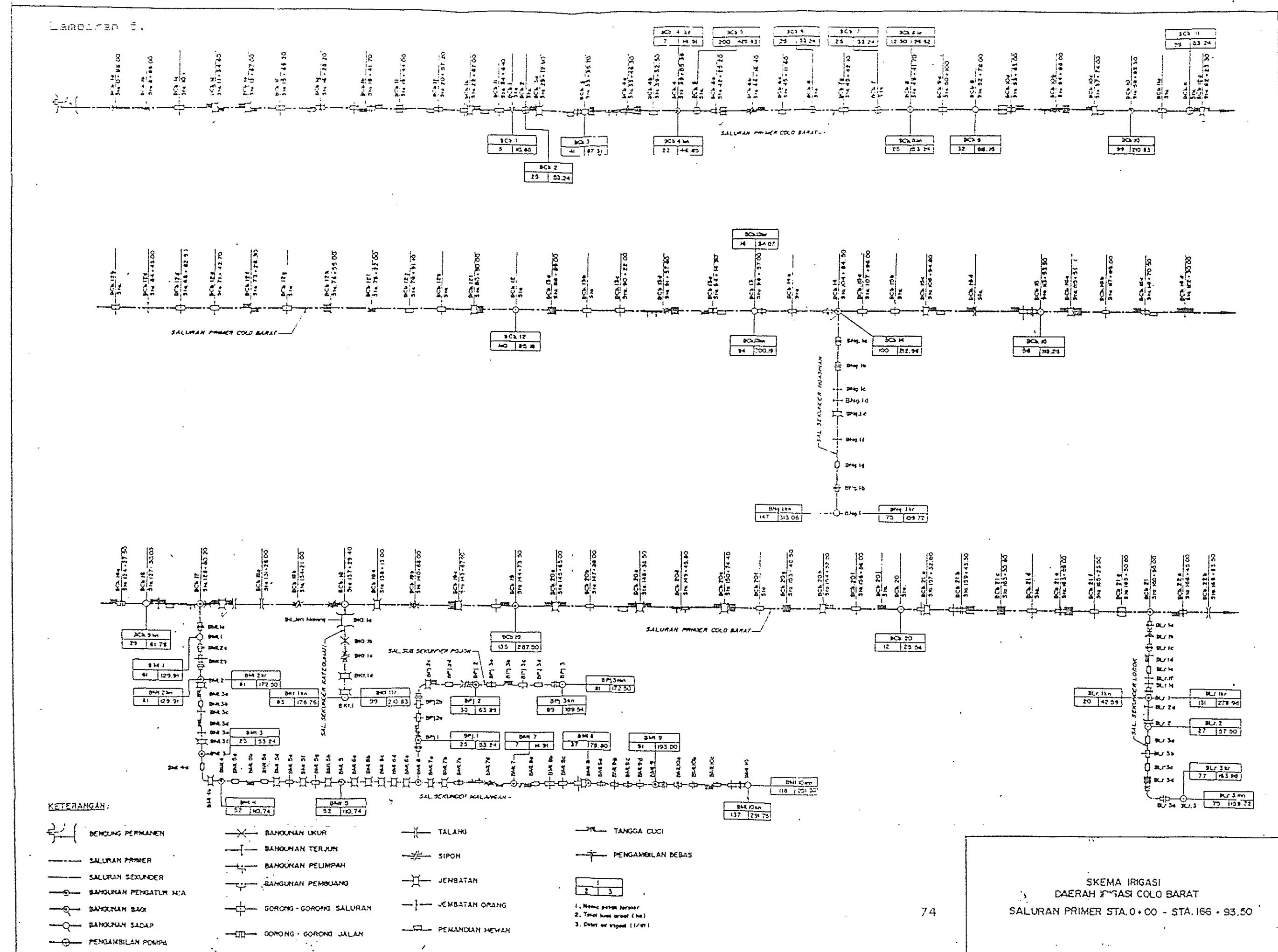
- | | |
|--------------------------|-------------------|
| - A (amat basah) | ; Q = 0.00 - 0.14 |
| - B (basah) | ; Q = 0.14 - 0.33 |
| - C (agak basah) | ; Q = 0.33 - 0.60 |
| - D (sedang) | ; Q = 0.60 - 1.00 |
| - E (agak kering) | ; Q = 1.00 - 1.67 |
| - F (kering) | ; Q = 1.67 - 3.00 |
| - G (amat kering) | ; Q = 3.00 - 7.00 |
| - H (amat sangat kering) | ; Q > 7.00 |



Lampiran 4.

Kondisi umum mekanika tanah pada lokasi pengamatan

Kode sampel	kedalaman (cm)	Bulk density (gr/cc)	Partikel density (gr/cc)	Ruang pori total (% vol)
A I	0 - 20	0.87	2.29	62.00
A II	20 - 40	1.04	2.44	57.40
B I	0 - 20	0.89	2.09	57.40
B II	20 - 40	1.00	2.37	57.80
C I	0 - 20	0.95	2.37	59.90
C II	20 - 40	1.01	2.47	59.10
D I	0 - 20	0.83	2.30	63.90
D II	20 - 40	0.84	2.37	64.60
E I	0 - 20	0.84	2.34	64.10
E II	20 - 40	0.84	2.28	63.20



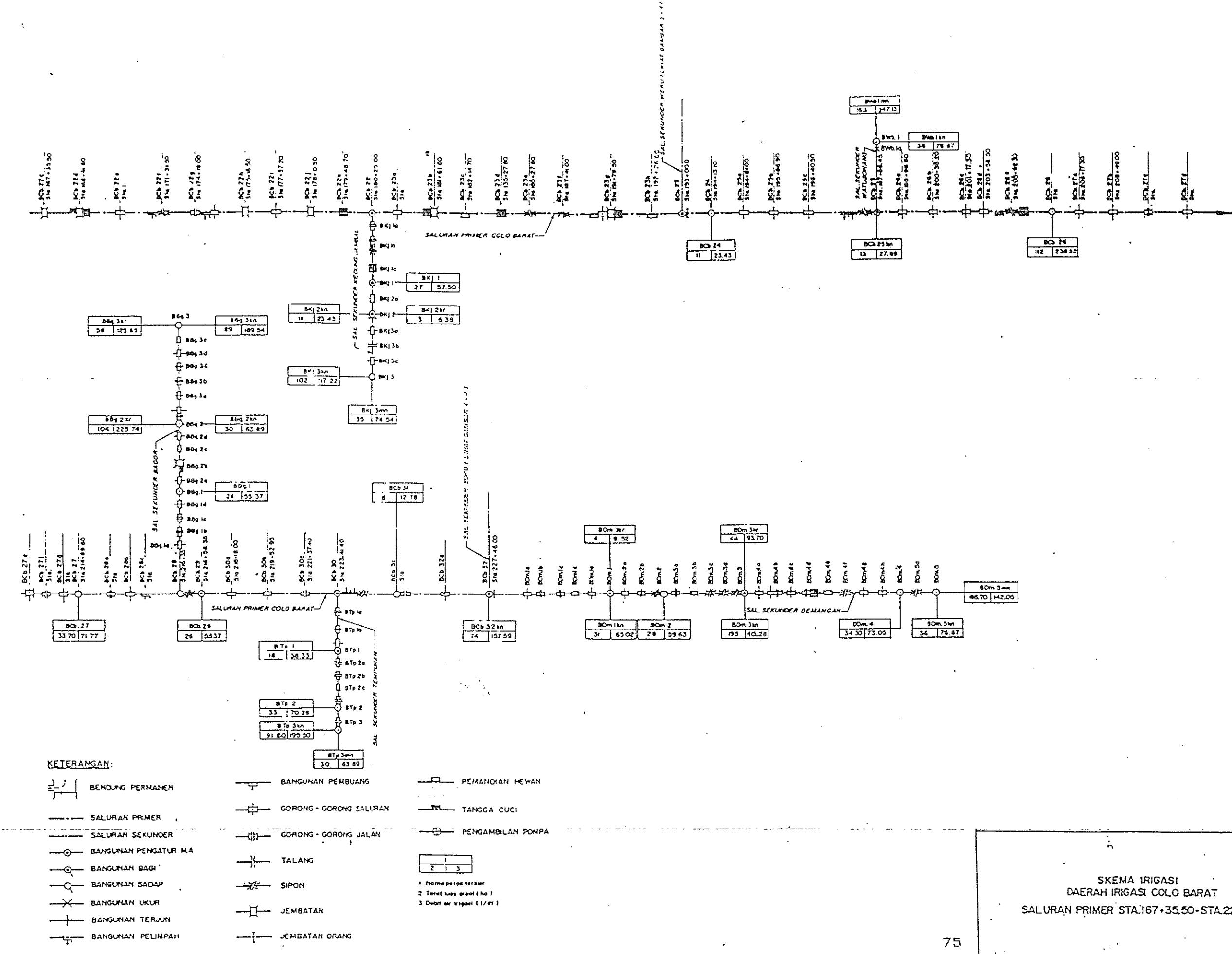
Saluran irigasi Untuk jaringan saluran irigasi yang ada di tanah mengalami perbaikan dan pemeliharaan.

a. Perbaikan pada infrastruktur yang dilakukan dengan menggunakan teknologi informasi untuk memudahkan pelaksanaan kerja.

b. Pengembangan teknologi informasi berdasarkan teknologi informasi yang ada di tanah.

c. Dalam mengelola jaringan saluran irigasi yang ada di tanah dengan teknologi informasi.

© Hekcimia miti IPB University

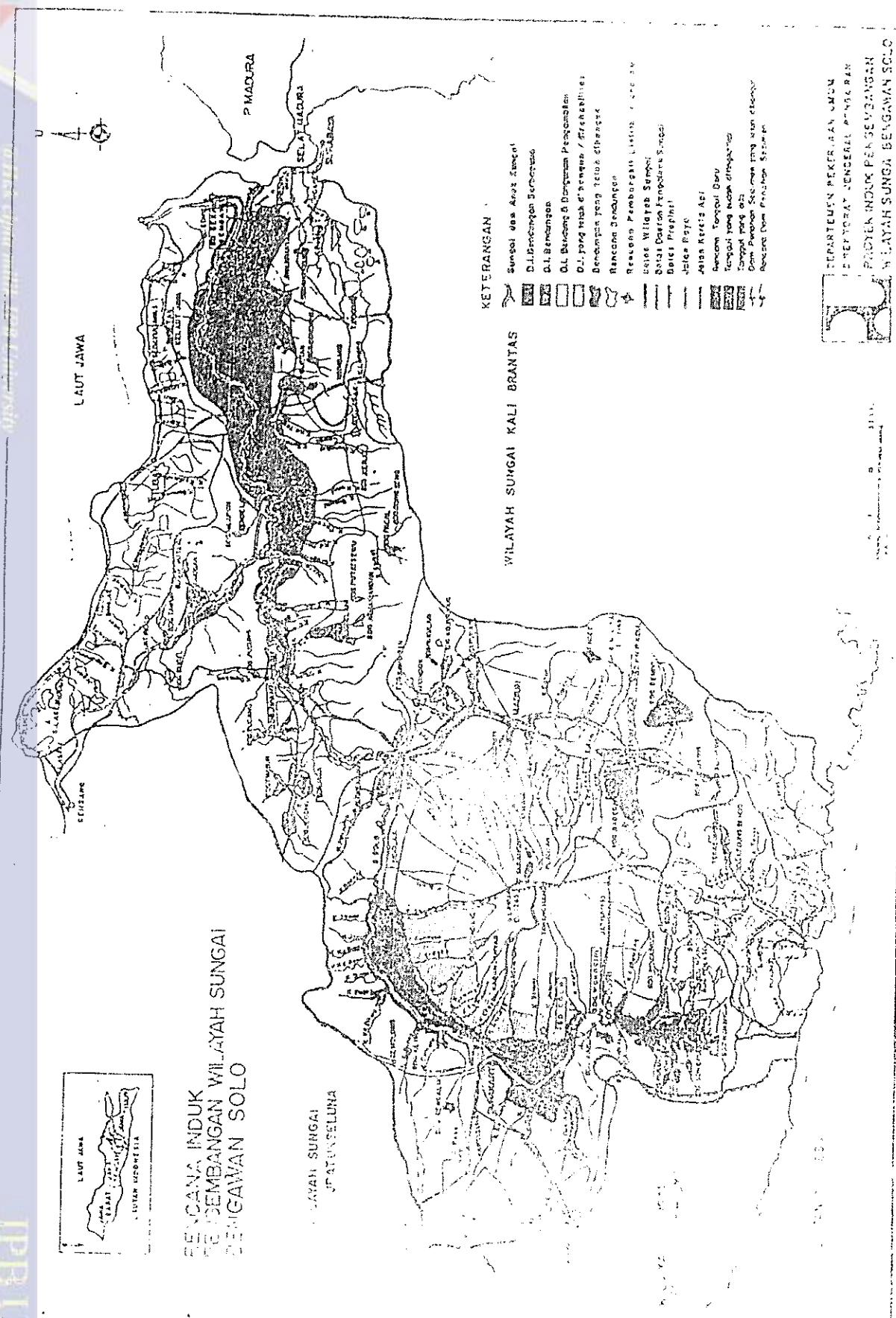


Lampiran



PETA SITUASI DAERAH IRIGASI COLO BARAT

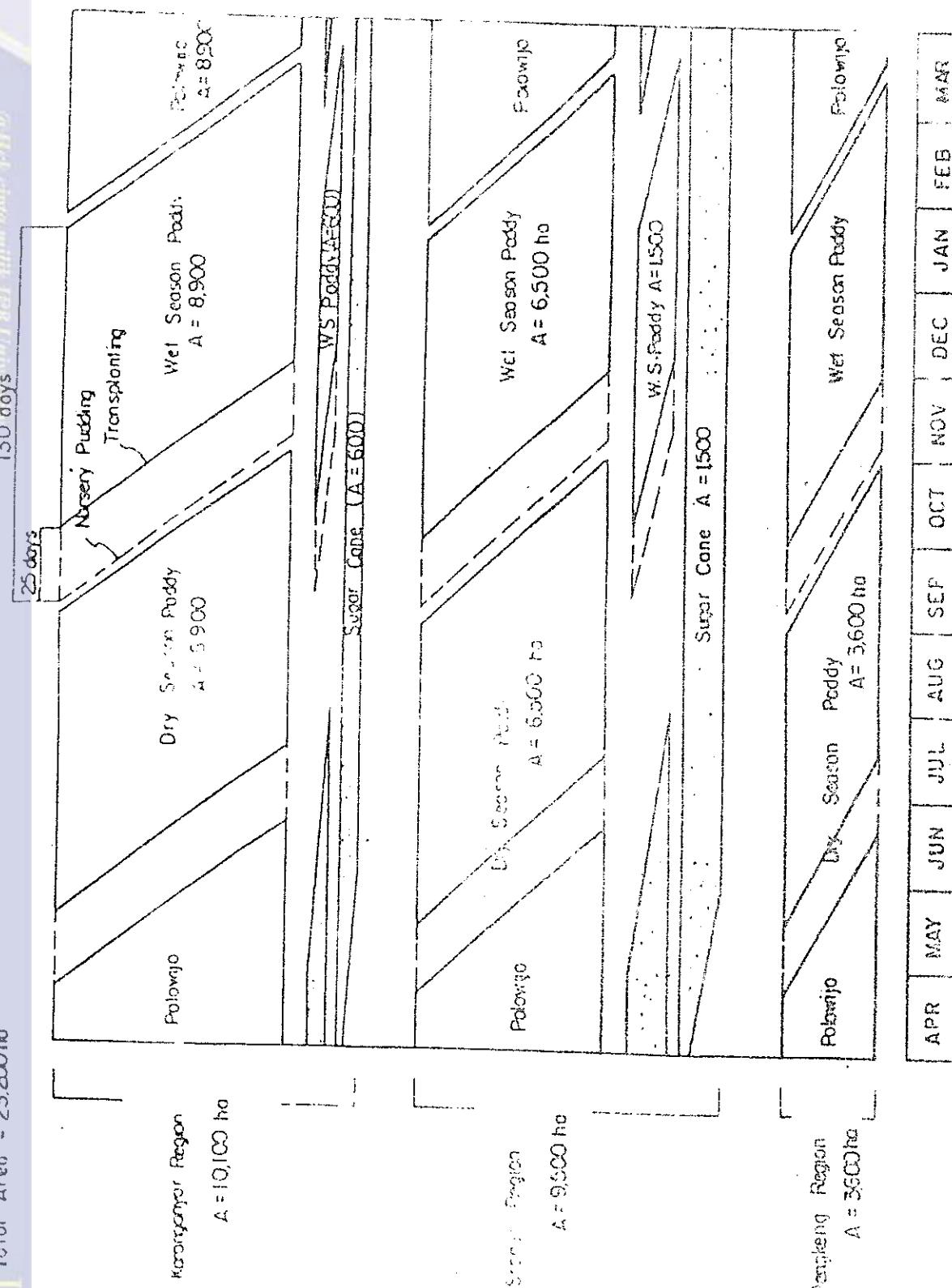
Lampiran 7.





Lampiran 8.

Gambar pola tanam padi-padi-palawija





Lampiran 9.

Tabel dimensi Saluran Induk Colo Barat (SICB)

No	Rusas Saluran		Dimensi Saluran						Kehilangan Airan (m3/det)
	Dari	Ko	Panjang Rusas Saluran (L) (m)	Lebar Dasar Saluran (B) (m)	Kedalaman Saluran (H) (m)	Kemiringan Lorong (m)	Keliling Bebat (P) (m)	Luas Permukaan dinding (m2)	
1	BFO	TOL-1	3375,70	6,00	1,32	0,87	10,43	36182,00	0,14
2	TOL-1	TOL-2	879,69	6,00	1,31	0,87	10,40	6028,53	0,02
3	TOL-2	TOL-3	826,31	6,00	1,31	0,87	10,40	10253,80	0,04
4	TOL-3	TOL-4	336,30	6,00	1,30	0,87	10,37	3486,47	0,01
5	TOL-4	TOL-5	615,30	6,00	1,30	0,87	10,37	6378,80	0,03
6	TOL-5	TOL-5a	3063,70	6,35	1,28	0,87	10,06	38871,59	0,16
7	TOL-5a	TOL-6	827,50	6,35	1,26	0,87	10,00	6275,77	0,03
8	TOL-6	TOL-6a	889,00	6,35	1,26	0,87	10,00	6691,07	0,03
9	TOL-6a	TOL-7	1376,00	6,35	1,23	0,87	10,00	13761,60	0,08
10	TOL-7	TOL-8	130,80	6,35	1,26	0,87	10,00	1308,16	0,01
11	TOL-8	TOL-8a	858,60	6,35	1,12	0,87	9,60	8334,68	0,03
12	TOL-8a	TOL-9	744,10	6,35	1,17	2,00	18,05	13431,01	0,05
13	TOL-9	TOL-10	2121,50	4,60	1,07	2,00	15,30	32458,25	0,13
14	TOL-10	TOL-11	1450,00	4,60	1,08	2,00	15,20	21730,00	0,09
15	TOL-11	TOL-11a	1275,00	4,60	1,05	1,00	8,80	11220,00	0,01
16	TOL-11a	TOL-12	113,10	4,60	1,05	1,00	8,80	985,28	0,00
17	TOL-12	TOL-13	373,35	4,60	1,05	1,00	8,80	3205,48	0,01
18	TOL-13	TOL-13a	1683,15	3,65	1,00	1,00	7,85	12978,10	0,65
19	TOL-13a	TOL-14	182,65	3,40	1,00	1,00	7,40	1351,61	0,01
20	TOL-14	TOL-15	689,15	3,40	0,73	1,00	8,32	4355,43	0,02
21	TOL-15	TOL-15a	85,60	3,40	0,73	1,00	8,32	805,48	0,00
22	TOL-15a	TOL-16	297,00	3,40	0,73	1,00	8,32	1677,04	0,01
Jumlah									0,98

Keterangan : Faktor Kehilangan airan = 0,004 m³/det/m²/100 m'

Sumber Data Dimensi Saluran :

Operation And Maintenance Manual For Main And Secondary Canals, Nippon Koei Co., Ltd, 1987.



Lampiran 10.

Tabel dimensi Saluran Sekunder Colo Barat (SSCB)

No	Nama Saluran Sekunder	Dimensi Saluran						Kehilangan Airan
		Panjang Ruas Saluran (L)	Lebar Dasar Saluran (B)	Kedalaman Saluran (h)	Kemiringan Lereng (m)	Keliling Basah (P)	Luas Permukaan dinding	
		(m)	(m)	(m)		(m)	(m ²)	
1	LS-1	1410.20	0.70	0.47	1.00	2.58	3655.80	0.01
2	LS-2	0130.48	1.00	0.08	1.00	5.72	43506.35	0.19
3	LS-2A	062.32	0.65	0.63	1.00	3.17	3030.55	0.01
4	LS-3	321.20	1.00	0.50	1.00	3.4	863.80	0.00
5	LS-4	1627.40	0.65	0.60	1.00	3.6	4963.57	0.02
6	LS-5	1639.92	0.60	0.40	1.00	2.91	3007.02	0.01
7	LS-5A	1613.0	0.80	0.40	1.00	2.27	35496.00	0.14
8	LS-6	614.30	0.75	0.72	0.50	2.52	1506.00	0.01
9	LS-7	2677.52	1.10	0.72	1.00	3.88	10656.53	0.04
10	LS-8	1498.20	0.60	0.55	1.00	2.60	4160.36	0.02
11	LS-9	3680.08	1.20	0.74	1.00	4.16	15337.84	0.06
12	LS-10	16840.00	1.80	0.98	1.00	5.72	95160.60	0.39
Jumlah								0.90

Sumber Data Dimensi Saluran :

Operation And Maintenance Manual For Main And Secondary Canals, Nippon Koei, Co., Ltd,



Lampiran 11.

Hasil pengamatan dan perhitungan debit pada saluran primer Daerah irigasi Colo Barat.

No.	Nama Ruas	Panjang Ruas (m)	Pengukuran Pagi (l/det)			Pengukuran Siang (l/det)		
			Qin	Qout	loses	Bin	Bout	loses
1.	BRL 1 - CKL 1 (RS1)	2201.10	3349.27	3293.02	56.25	3116.82	3033.55	83.27
2.	SPL 6 - CKL 2 (RS2)	1668.10	3034.10	2995.71	38.39	2774.63	2731.93	42.70
3.	BRL 7 - CKL 3 (RS3)	4271.20	2479.34	2336.01	143.33	2215.56	1961.59	253.97
4.	CDL 31- CKL 4 (RS4)	2064.20	1651.56	1595.10	61.46	1482.14	1391.93	90.21
	Jumlah loses				299.61			470.15

Keterangan : (lihat lampiran 12)

- BRL 1 : jembatan ke-1
- CKL 1 : bangunan bagi pengambilan air (kanan/kiri) ke-1
- SPL 6 : gorong-gorong jalan ke-6
- CKL 2 : bangunan bagi pengambilan air (kanan/kiri) ke-2
- BRL 7 : jembatan ke-7
- CKL 3 : bangunan bagi pengambilan air (kanan/kiri) ke-3
- CDL 31 : gorong-gorong saluran ke-31
- CKL 4 : bangunan bagi pengambilan air (kanan/kiri) ke-4

Hasil pengamatan dan perhitungan debit pada saluran sekunder Daerah Irigasi Colo Barat

No.	Nama Ruas	Panjang Ruas (m)	Pengukuran Pagi (l/det)			Pengukuran Siang (l/det)		
			Qin	Qout	loses	Qin	Qout	loses
1.	LS 1A	1416.20	357.81	356.60	1.21	361.53	359.00	2.53
2.	LS 2A	8130.40	597.63	592.76	4.87	599.23	594.25	4.98
3.	LS 3A	962.30	249.70	240.37	9.33	253.17	240.63	12.54
	Jumlah				15.41			20.05



**NOMENKLATUR BANGUNAN
DI COLO BARAT**
(Saluran Primer)

NOMENKLATUR		AREAL RENCANA (ha)	JENIS BANGUNAN	KETERANGAN
DARU	LAMA			
BCb 1a	MOL 1		Bangunan Ukur	
BCb 1b	SWL 1		Bangunan Pelimpahan	
BCb 1c	CDL 1		Gorong gorong Saluran	
BCb 1d	BAL 1		Jembatan	
	WSL 1		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 1e			Tangga Cuci (kiri)	Digatung
	8RL 2		Jembatan	Digatung
	WSL 2		Tangga Cuci (kanan)	
BCb 1f	COL 3		Gorong gorong Saluran	
BCb 1g	BAL 1		Pemandian Hewan (kanan)	Digatung
	SPL 1 (CVL 1)		Gorong gorong Jalan KA	
BCb 1h	CDL 4a		Gorong gorong Saluran	
			Tangga Cuci (kanan)	Digatung
	SPL 2		Gorong gorong Jalan	
			Tangga Cuci (kiri)	
BCb 1i	WSL 3		Pemandian Hewan (kanan/kiri)	
BCb 1j	BAL 2		Pemandian Hewan (kanan)	Digatung
	SPL 3		Gorong gorong Jalan	
BCb 1k	CDL 5		Gorong gorong Saluran	
	8RL 3		Jembatan	Digatung
	WSL 4		Tangga Cuci (kiri)	
	BAL 3		Pemandian Hewan (kanan)	
BCb 1l	COL 6		Gorong gorong Saluran	
BCb 1	TOL 1A	5	Pengambilan Bebas/Oncoran	
BCb 2		25	Pengambilan Pompa	Baru
BCb 3a			Tangga Cuci (kiri)	Digatung
BCb 3	BRL 4		Jembatan	
	BAL 4	41	Pemandian Hewan (kanan)	
	SPL 4 (CVL 3)		Gorong gorong Jalan	Digatung
	TOL 1		Bangunan Sedap	
	WSL 5		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 4a	SWL 2		Bangunan Pelimpahan	
	WWL 1		Bangunan Pungutias	Digatung
	SPL 5 (SPL 2)		Sipon	
			Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 4b	BAL 5		Pemandian Hewan (kanan)	
BCb 4	TOL 2/CLK 1	22-kn/7-kr	Bangunan Bagi Pengambilan (kanan/kiri)	
BCb 5		200	Pengambilan Pompa	Baru
BCb 6a	SPL 6 (CVL 5)		Gorong gorong Jalan	Digatung
	WSL 6		Tangga Cuci Kanan/kiri	
BCb 6b	SPL 7 (SPL 3)		Sipon	Digatung
	WSL 7		Tangga Cuci	
BCb 6c	BAL 6		Pemandian Hewan (kanan)	
BCb 6		25	Pengambilan Pompa	Baru

DLMR 1



NOMENKLATUR		AREAL RENCANA (ha)	JENIS BANGUNAN	KETERANGAN
BARU	LAMA			
BCb 7a	CDL 8		Gorong gorong Saluran	
BCb 7		25	Pengambilan Pompa	Baru
BCb 8	TOL 3	25-kn/12,5-kr	Bangunan Sedap (kanan/kiri)	
			Bangunan Sedap Kiri	
BCb 9a	CDL 10a		Gorong gorong Saluran	
BCb 9	TOL 4	32	Bangunan Sedap (kanan)	
BCb 10a	BAL 7		Pemandian Hewan (kanan/kiri)	
	SPL 8		Gorong gorong Jalan	Digabung
	WSL 8		Tangga Cuci (kiri)	
BCb 10b	SWL 3		Bangunan Pelimpah	Digabung
	SPL 9 (SPL 4)		Slpon	
			Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 10c			Tangga Cuci (kiri)	
	BRL 6		Jembatan	Digabung
	BAL 8		Pemandian Hewan	
BCb 10	TOL 5/CKL 2	99	Bangunan Bagi Pengambilan kanan	
BCb 11a			Gorong gorong Saluran	
BCb 11		25	Pengambilan Pompa	Baru
BCb 12a			Tangga Cuci (kiri)	
	BRL 7		Jembatan	Digabung
			Tangga Cuci (kanan)	
BCb 12b			Gorong gorong Saluran	
BCb 12c	BRL 8		Jembatan Orang	
BCb 12d	CDL 17		Gorong gorong Saluran	
BCb 12e	CDL 18		Gorong gorong Saluran	
BCb 12f			Tangga Cuci (kiri)	Digabung
	BRL 9		Jembatan Orang	
	WSL 10		Tangga Cuci (kanan)	
BCb 12g			Gorong gorong Saluran	
BCb 12h	WSL 11		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
	BRL 10		Jembatan Orang	
BCb 12i	WSL 12		Tangga Cuci	
BCb 12j	BAL 9		Pemandian Hewan (kanan)	
BCb 12k			Gorong gorong Saluran	
BCb 12l	BRL 11		Jembatan	Digabung
	WSL 13		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 12	TOL 5	40	Bangunan Sedap Kanan	Baru
BCb 13a	WSL 14		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 13b			Gorong gorong Saluran	
BCb 13c	CDL 24		Gorong gorong Saluran	
BCb 13d	SWL 4		Bangunan Pelimpah	Digabung
	VWL 2		Bangunan Penguras	
	SPL 10		Slpon	
			Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 13e	WSL 15		Tangga Cuci (kanan)	
	SPL 11 (CVL 7)		Gorong gorong Jalan	Digabung
	BAL 10		Pemandian Hewan	

NOMENKLATUR		AREAL RENCANA (ha)	JENIS BANGUNAN	KETERANGAN
BARU	LAMA			
BCb 13	TOL 5	94-kn/16-kr	Bangunan Sapap ikaran Bangunan Sadap ikar	C gabung
	SPL 12 (CVL 8)		Gorong gorong Jalan Gorong gorong Saluran	
BCb 14a				
BCb 14	SPL 13 (CVL 9)	100	Gerong gerong Jalan	
	TOL 6/CKL 3		Bang Bagi Pengambilan ikaran 1/kan	
BCb 15a	CDL 31		Gorong gorong Saluran	
BCb 16a	VSL 16		Gorong gerong Saluran	C gabung
	BAL 11		Jembatan	
BCb 15d			Tangga Cuci (kiri)	C gabung
			Pemandian Hewan (kanan)	
BCb 15	WSL 18	56	Tangga Cuci (kiri)	
			Gorong gorong Saluran	C gabung
	SPL 14 (CCVL 10)		Gorong gerong Jalan	
	TOL 6a		Bangunan Sadap ikaran	
BCb 16a	WSL 19		Tangga Cuci (kiri)	
	BRL 11d		Jembatan	C gabung
BCb 16a	CDL 35		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCb 16c	WSL 20		Gorong gerong Saluran	
	SPL 15 (CVL 11)		Tangga Cuci (kiri)	C gabung
	BAL 12		Gorong gerong Jalan	
BCb 16d	WSL 21		Pemandian Hewan (kanan)	
	BRL 11e		Tangga Cuci (kiri)	C gabung
BCb 16e	VSL 22		Jembatan Orang	
	SPL 16		Tangga Cuci (kiri)	C gabung
BCb 16	TOL 7	20	Tangga Cuci (kiri)	
	BRL 11f		Jembatan Orang	C gabung
	WSL 23		Tangga Cuci (kiri)	
	BAL 13		Pemandian Hewan (kanan)	
	SWL 5		Bangunan Pelimpah	
BCb 17	TOL 8		Bangunan Bagi Pengambilan (kanan)	
	CKL 4			
	MDL 2		Bangunan Ukur	C gabung
	BRL 12		Tangga Cuci (kiri)	
	WSL 24		Jembatan	
	CDL 38a		Tangga Cuci (kiri)	
BCb 18a	CDL 39		Talang	
BCb 18b	SPL 17		Sipon	
BCb 18	SPL 18		Sipon	C gabung
	TOL 9a		Bangunan Sadap (kanan)	



NOMENKLATUR		AREAL RENCANA (ha)	JENIS BANGUNAN	KETELAHAN
DARU	LAMA			
BCo	19a	BRR	14	
BCh	19b	SPL	19 (CVL 13b)	
BCb	19c	WSL	26	
		BRL	16	
BCb	19		135	
		WSL	27	
		TOL	9/CKL 5	
BCb	20a			
		BRL	16a	
BCb	20b	CDL	42	
BCb	20c	BAL	14	
		BRL	17	
BCb	20d	WSL	6	
		WWL	3	
BCb	20e			
		BRL	17	
		WSL	28	
BCb	20f			
BCo	20g	WSL	29	
BCb	20h	BRL	18	
BCb	20i	CDL	46	
BCb	20j			
BCu	20			
BCb	21a		12	
		BRL	18a	
BCb	21b	CDL	47a	
		SPL	20	
BCb	21c	WSL	32	
BCb	21d	CDL	48	
BCb	21e	SPL	21	
		WSL	33	
BCb	21f	CDL	49	
BCb	21g	BAL	15	
BCb	21	TOL	10/CKL 6	
BCb	22a	WSL	34	
		CVL	2 (CVL 16)	
BCb	22b	CDL	49a	
BCb	22c			
BCb	22d			
		BRL	19	
		WSL	35	

Dokter A



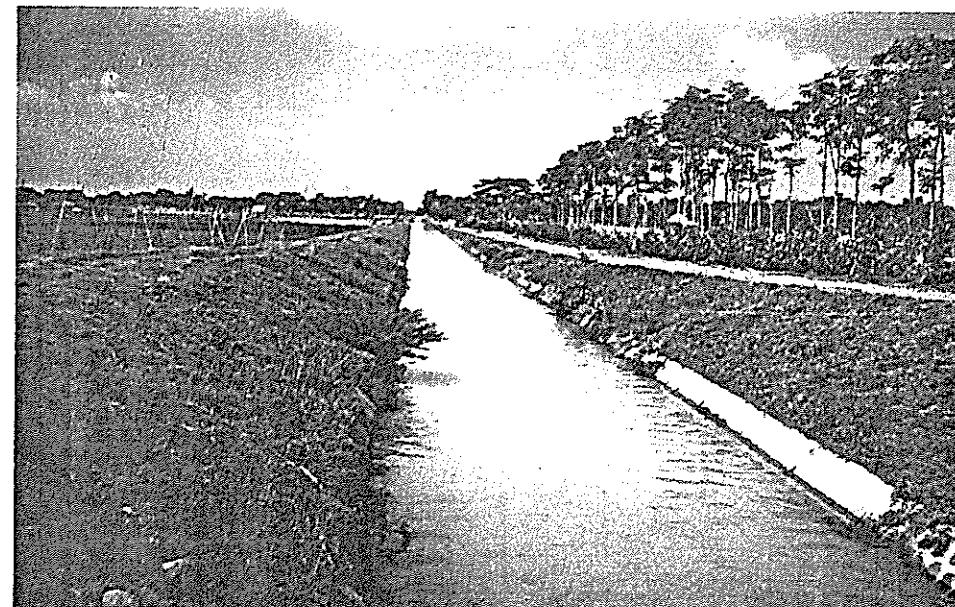
NOMENKLATUR		AREAL RENCANA (ha)	JENIS BANGUNAN	KETERANGAN
DARU	LAMA			
BCD 22a	CDL 49a		Gorong-gorong Saluran	
BCd 22b	SWL 6a		Bangunan Pelimpahan	
	SPL 22 (SPL #6)		Sipon	Digunakan
BCD 22c	BRL 19a		Gorong-gorong Jalan	
	SWL 7		Bangunan Pelimpahan	
	CDL 51		Gorong-gorong Saluran	Digunakan
BCD 22d	BRL 19c		Jembatan	
BCD 22e	CDL 51b		Gorong-gorong Saluran	
BCD 22f	BRL 20		Jembatan	
BCD 22g	WSL 37		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCD 22h	TOL 11; CKL 7		Bangunan Bagi Pengambilan (kanan)	
BCD 23a			Gorong-gorong Saluran	
BCD 23b	WSL 38		Tangga Cuci (kanan/kiri)	Digunakan
	BRL 21		Jembatan	
BCD 23c	BAL 16		Pemandian Hewan (kanan)	
BCD 23d	WSL 39		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCD 23e	SPL 23 (CVL 16a)		Sipon	
BCD 23f	SPL 25		Sipon	
BCD 23g	BAL 17a		Pemandian Hewan (kanan)	
	CDL 150		Gorong-gorong Saluran	
	BRL 22		Jembatan	Digunakan
	WSL 41		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCD 23h	BRL 17b		Pemandian Hewan (kanan/kiri)	
BCD 23i	TOL 11a		Bangunan Bagi Pengambilan (kiri)	
	CKL 8a		Bangunan Bagi Pengambilan (kiri)	
	DRL 1		Terjunan	
BCD 24	TOL 12	11	Bangunan Sadap (kanan)	
BCD 25a	CDL 56a		Gorong-gorong Saluran	
BCD 25b	CDL 57		Gorong-gorong Saluran	
BCD 25c	CDL 57a		Gorong-gorong Saluran	
BCD 25d	SWL 8	13-kn	Bangunan Pelimpahan	
	WWL 4		Bangunan Penguras	
	SPL 26		Sipon	Digunakan
	TOL 13; CKL 8		Bangunan Bagi Pengambilan (kanan/kiri)	
BCD 26a	CDL 58		Gorong-gorong Saluran	
BCD 26b	CDL 59		Gorong-gorong Saluran	
BCD 26c	CDL 60a		Gorong-gorong Saluran	
BCD 26d	CDL 60		Gorong-gorong Saluran	
BCD 26e	WSL 42		Tangga Cuci (kanan)	
	SPL 27		Sipon	Digunakan
	WSL 43		Tangga Cuci (kanan/kiri)	
BCD 26f		112	Bangunan Sadap (kanan)	
BCD 27a	CDL 60a		Gorong-gorong Saluran	
BCD 27b	CDL 61a		Gorong-gorong Saluran	
BCD 27c	SPL 28		Gorong-gorong Jalan	



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyalin bagian akademis dari buku ini tanpa izin penerjemah/wartawan
2. Pengalihan hak cipta untuk kegiatan penelitian, pengajaran, penulisan karya atau tugas akademis
3. Pengalihan hak cipta dengan tujuan komersial, penjualan, perdagangan, dan sebagainya tidak diperbolehkan.

Lampiran 13

Gambar saluran irigasi dan bangunan air di DI. Colo Barat, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah



Gambar 1. Saluran irigasi primer Colo Barat

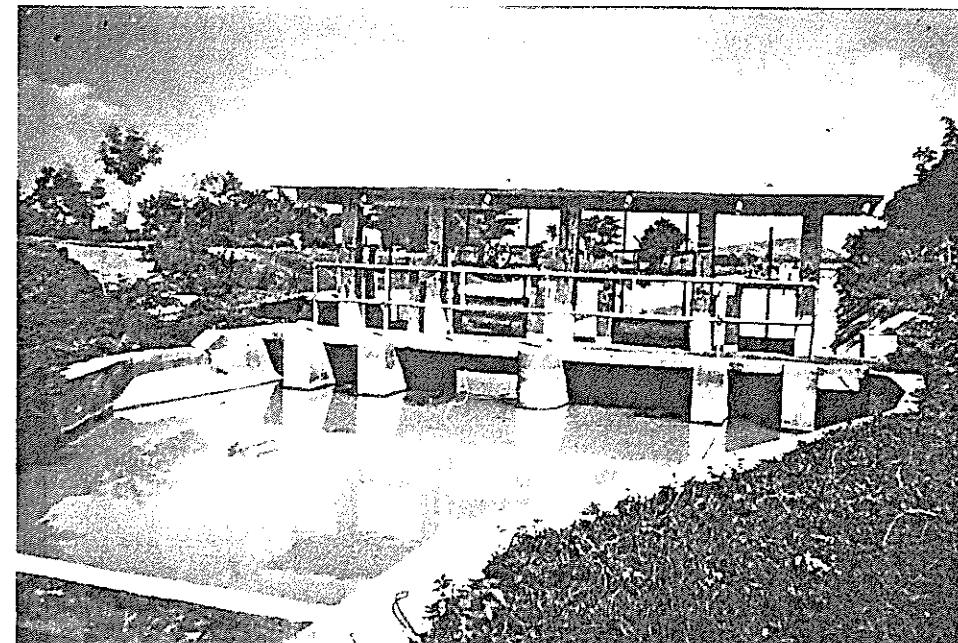


Gambar 2. Saluran irigasi sekunder Colo Barat



Hak Cipta dimiliki Universitas Padjadjaran
1. Dilarang menyalin bagian akademik dari makalah ini.
2. Pengalihan hak cipta untuk kegiatan penelitian, penulisannya, penulisan karya atau dilakukan dalam bentuk

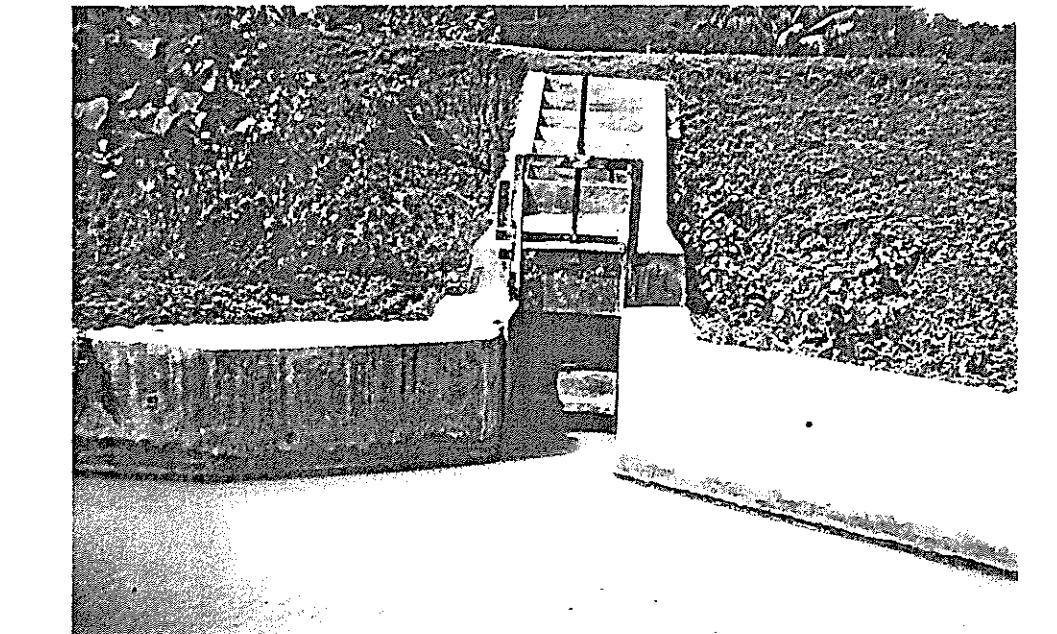
b. Pengalihan hak cipta dengan tujuan kegiatan yang wajar dan dapat diterima
3. Dilarang menggunakan ahli waris setelah selama dua tahun sejak dilakukan pengalihan hak cipta.



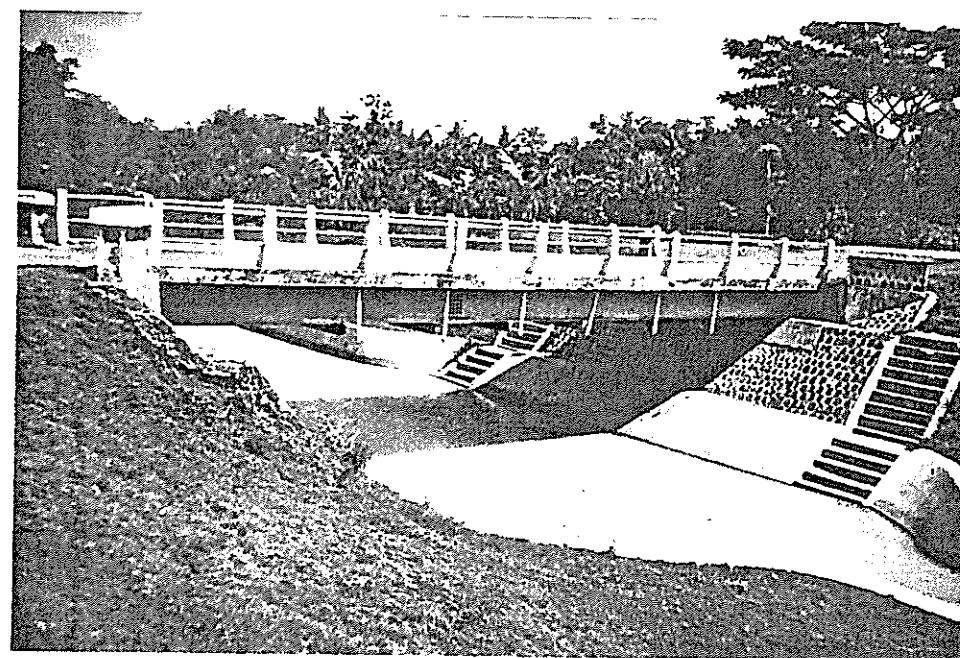
Gambar 3. Bangunan bagi kanan/kiri



Gambar 4. Bangunan pemandian hewan



Gambar 5. Bangunan pengambilan air (pintu ambang lebar)



Gambar 6. Jembatan



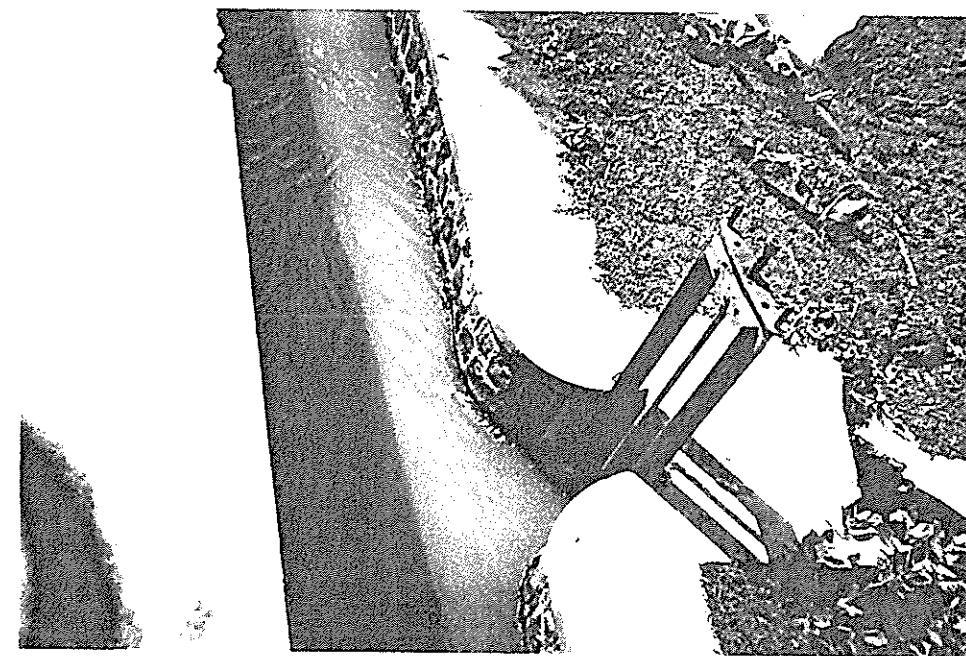
Hasil Cipta dimiliki oleh Unit yang terdiri

1. Dilihat oleh anggota STTPN sebagai akademisi dan peneliti dalam hal ini

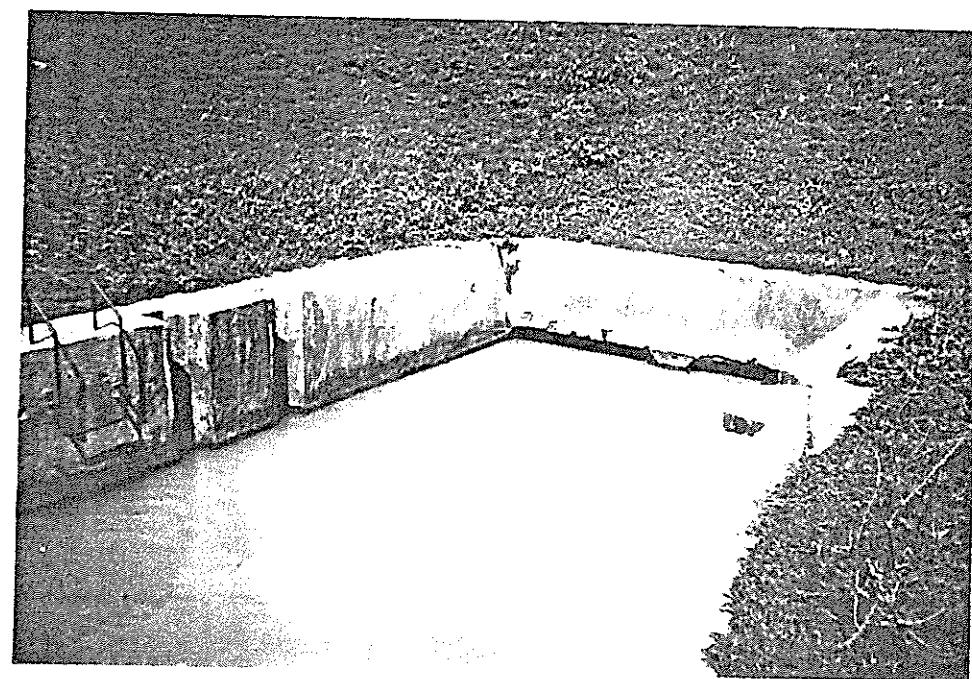
2. Pengaruh bagi untuk kegiatan penelitian, pengabdian, penulisan karya ilmiah dan dilanjutkan dengan

b. Pengaruh bagi untuk kegiatan pengabdian dan penulisan karya ilmiah dan dilanjutkan dengan

3. Dilihat mengenai analisis riset dan penyajian hasil penelitian dan dilanjutkan dengan



Gambar 7. Pintu pengambilan beras (corongan)



Gambar 8. Corong-dorong-saturan