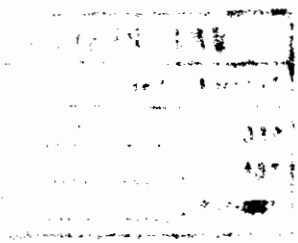




1. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam irigasi, perlu dilakukan penelitian mengenai alternatif pola tanam dan lama pemompaan yang optimal.
2. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai pola tanam dan lama pemompaan terhadap efisiensi penggunaan air dalam irigasi.
3. Penelitian ini dilaksanakan di P2AT Sub Pemali Comal, Jawa Tengah.
4. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 1991.
5. Penelitian ini dilaksanakan oleh Ir. Agus Irwanto, F. 23.0746.



P/My/1991/045

OPTIMASI DEBIT DAN LAMA PEMOMPAAN SERTA PENERAPAN BERBAGAI POLA TANAM ALTERNATIF PADA AREAL IRIGASI POMPA DI P2AT SUB PEMALI COMAL, JAWA TENGAH



Oleh
AGUS IRWANTO
F 23.0746



1991
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

juga bertujuan menerapkan berbagai pola tanam alternatif pada daerah yang ditentukan.

Air bawah tanah merupakan salah satu bagian dari sistem sirkulasi air bumi yang dikenal dengan siklus hidrologi (Todd, 1959). Partowijoto (1984) menyatakan bahwa air tanah terdapat dalam zona saturasi, mengisi pori-pori tanah atau rongga dalam keadaan jenuh karena di bagian bawah dibatasi oleh adanya suatu lapisan kedap, sedang pada bagian atas dibatasi oleh bidang batas air jenuh (*water table*) atau bidang kedap yang lain.

Besarnya curah hujan rata-rata tahunan di lokasi penelitian adalah 1855 mm untuk Desa Kaliwadas dan 1780 mm untuk Desa Karang Junti. Schmidt dan Fergusson (1951) mengklasifikasikan desa Kaliwadas dan Desa Karang Junti kedalam tipe hujan B dengan nilai Q masing-masing sebesar 37.87% dan 31.25%. Oldeman (1977) memasukkan Desa Kaliwadas dan Desa Karang Junti kedalam zona agroklimat D3 dengan jumlah bulan basah 4 bulan berturut-turut.

Dari hasil analisis regresi linier didapatkan nilai koefisien susut akuifer (B) di Desa Kaliwadas sebesar 0.532 dan nilai koefisien susut sumurnya adalah 0.040. Persamaan Rorabough untuk Desa Kaliwadas adalah :

$$S = 0.532 Q + 0.040 Q^2$$

Pemompaan paling optimum didapatkan pada debit 10.2 liter. Untuk Desa Karang Junti koefisien susut akuifer

adalah sebesar 0.187 dan nilai koefisien susut sumur adalah 0.095. Persamaan Rorabough untuk Desa Karang Junti adalah :

$$S = 0.187 Q + 0.095 Q^2$$

Pemompaan paling optimum untuk Desa Karang Junti sebesar 11.73 liter/detik.

Pemompaan di Desa Kaliwadas semuanya efisien, sedangkan di Desa Karang Junti semuanya tidak efisien karena efisiensi pemompaan di bawah 50%. Faktor pengembangan untuk Desa Karang Junti adalah 0.64, sedangkan di Desa Kaliwadas bernilai 0.069. Bierschenk (1964) mengklasifikasikan Desa Kaliwadas ke dalam kelas sangat efektif sebagai pengembangan daerah irigasi.

Nilai S atau penurunan muka air tanah di Desa Kaliwadas bernilai 2.77 dan untuk Desa Karang Junti adalah 1.31. Transmisivitas di Desa Kaliwadas dan Karang Junti masing-masing bernilai 45.7 dan 120.8 m² per hari.

Di Desa Kaliwadas, pola tanam yang biasa diterapkan adalah Padi-Palawija-Palawija dengan waktu tanam Bulan Januari. Luas areal untuk irigasi pompa adalah 9.5 ha dengan debit tersedia 10.2 liter/detik. Dengan perhitungan komputer menggunakan bahasa Basic didapat bahwa untuk Desa Kaliwadas bisa diterapkan pola tanam seragam dengan rata-rata waktu beroperasinya pompa selama 13.15 jam/hari untuk tiap periode.

Untuk Desa Karang Junti luas areal yang ada adalah 16 ha dengan debit tersedia 11.7 liter/detik. Pola tanam yang biasa diterapkan adalah Padi-Palawija-Palawija dengan waktu tanam Bulan Januari. Dari perhitungan didapatkan bahwa untuk Desa Karang Junti tidak dapat diterapkan pola tanam seragam. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan optimasi luas lahan dengan pola tanam alternatif. Guna mengoptimalkan pemakaian air diajukan 24 kombinasi pola tanam dengan 3 kali tanam dalam setahun. Dari hasil optimasi dengan program linier, didapatkan 6 pola tanam terpilih dengan luas optimum 13.55 ha. Jam pemakaian pompa di Desa Karang Junti rata-rata adalah 18.4 jam/hari tiap periodenya.





INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

OPTIMASI DEBIT DAN LAMA PEMOMPAAN
SERTA PENERAPAN BERBAGAI POLA TANAM ALTERNATIF
PADA AREAL IRIGASI POMPA
DI P2AT SUB PEMALI COMAL, JAWA TENGAH

oleh
AGUS IRWANTO
F23.0746

SKRIPSI
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN,
Fakultas Teknologi Petanian,
Institut Pertanian Bogor

1991
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang dihasilkan oleh sistem manajemen informasi IPB University. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website IPB University di alamat www.ipb.ac.id.
1. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
2. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
3. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
4. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
5. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
6. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
7. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
8. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
9. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.
10. Dokumen ini merupakan dokumen resmi IPB University.



INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

OPTIMASI DEBIT DAN LAMA PEMOMPAAN
SERTA PENERAPAN BERBAGAI POLA TANAM ALTERNATIF
PADA AREAL IRIGASI POMPA
DI P2AT SUB PEMALI COMAL, JAWA TENGAH

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN,
Fakultas Teknologi Petanian,
Institut Pertanian Bogor

Oleh

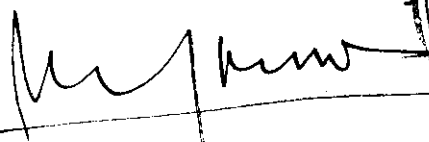
AGUS IRWANTO

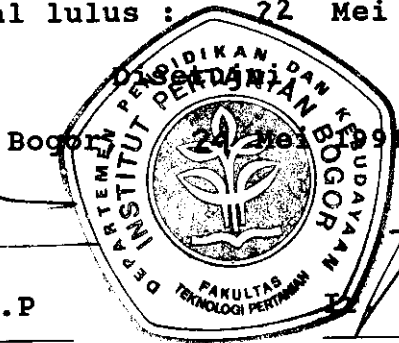
F.23.0746

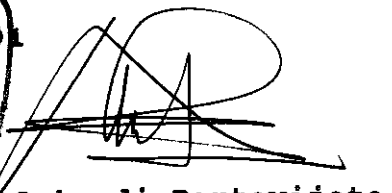
Dilahirkan pada tanggal 23 Agustus 1967

di Medan

Tanggal lulus : 22 Mei 1991


Ir. M. Yanuar J.P
Pembimbing Pendamping




Achmadi Partowijoto
Pembimbing Utama

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. SUMBER DAN KEJADIAN AIR BAWAH TANAH	3
B. KARAKTERISTIK SUMUR DAN KAPASITAS AKUIFER	7
C. IRIGASI	13
D. KEBUTUHAN AIR	15
E. ANALISA SISTEM	29
III. BAHAN DAN METODA	32
A. TEMPAT DAN WAKTU	32
B. BAHAN DAN ALAT	32
C. METODA PENELITIAN	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. KEADAAN UMUM	39
B. KARAKTERISTIK SUMUR DAN KAPASITAS AKUIFER	42
C. ALOKASI DEBIT PEMOMPAAN	50
D. ANALISIS WAKTU PEMOMPAAN	55

VI. KESIMPULAN DAN SARAN	66
A. KESIMPULAN	66
B. SARAN	68
LAMPIRAN	69
DAFTAR PUSTAKA	103

Hak Cipta: IPB University, Universitas Indonesia
 1. Diizinkan menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa memutarbalikkan atau memodifikasi kontennya.
 2. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk keperluan pribadi, pendidikan, penelitian, karya ilmiah, persusasteraan, laporan, penelitian kritis atau penerjemahan untuk terjemahan.
 3. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk keperluan publikasi atau terjemahan dengan izin dari IPB University.
 4. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk keperluan publikasi atau terjemahan dengan izin dari IPB University.
 5. Diperbolehkan untuk menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini untuk keperluan publikasi atau terjemahan dengan izin dari IPB University.

DAFTAR TABEL

		halaman
Tabel 1.	Hasil uji pemompaan bertahap di dua lokasi penelitian	42
Tabel 2.	Nilai koefisien tanaman (kc) berbagai tanaman pada berbagai tingkat pertumbuhan .	49
Tabel 3.	Data perkolasi di lokasi penelitian . . .	50
Tabel 4.	Curah hujan efektif bulanan untuk padi sawah dan palawija di Desa Kaliwadas . . .	52
Tabel 5.	Curah hujan efektif bulanan untuk padi sawah dan palawija di Desa Karang Junti . .	52
Tabel 6.	Efisiensi penyaluran dengan berbagai bahan pelapis dan berbagai debit aliran	54
Tabel 7.	Evapotranspirasi tanaman yang terjadi sepanjang tahun dengan pola tanam yang ditetapkan	58
Tabel 8.	Lama operasi pompa setiap hari untuk tiap periode di Desa Kaliwadas	59
Tabel 9.	Pola tanam terpilih dan luas lahan optimum sesuai dengan jumlah air yang tersedia . .	62
Tabel 10.	Debit air terpakai dan debit sisa dengan pola tanam terpilih	63
Tabel 11.	Besar debit air yang dibutuhkan dan jam kerja pompa dengan debit pemompaan 11.7 liter/detik untuk periode tengah bulanan .	65
Tabel 12.	Data curah hujan bulanan selama 10 tahun pada alat penakar curah hujan di Kecamatan Adiwerna	72
Tabel 13.	Data curah hujan bulanan selama 10 tahun pada alat penakar curah hujan di Kecamatan Losari	72

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Kurva hubungan antara debit (Q) dengan rasio antara penurunan muka air tanah dengan debit	43
Gambar 2. Efisiensi pemompaan sumur bor di dua lokasi penelitian	45
Gambar 3. Analisa uji pemompaan dengan metoda Theis Recovery di dua lokasi penelitian	88

Halaman ini merupakan bagian dari karya tulis yang telah dipublikasikan dan diperbolehkan untuk...
 1. Diizinkan untuk digunakan sebagai referensi penelitian, pendidikan, dan lainnya, dengan syarat...
 2. Tidak diperbolehkan untuk diperjualbelikan atau digunakan untuk tujuan komersial...
 3. Seluruh hak cipta dan tanggung jawab tetap berada di tangan penulis...
 4. Tidak diperbolehkan untuk digunakan untuk tujuan politik, agama, atau lainnya...
 5. Seluruh hak cipta dan tanggung jawab tetap berada di tangan penulis...

DAFTAR LAMPIRAN

		halaman
Lampiran	1. Peta lokasi penelitian di Desa Kaliwadas	70
Lampiran	2. Peta lokasi penelitian di Desa Karang Junti	71
Lampiran	3. Data curah hujan bulanan selama 10 tahun di dua lokasi penelitian	72
Lampiran	4. Kriteria klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Fergusson (1951) serta Oldeman (1975)	73
Lampiran	5. Harga Q(%) dari tipe iklim berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Fergusson (1951)	74
Lampiran	6. Data iklim pada lokasi penelitian (1983-1990)	75
Lampiran	7. Peta tanah Kabupaten Tegal	76
Lampiran	8. Peta tanah Kabupaten Brebes	77
Lampiran	9. Hasil analisa sifat fisik tanah di Kabupaten Tegal	78
Lampiran	10. Hasil analisa sifat fisik tanah di Kabupaten Brebes	79
Lampiran	11. Efisiensi penyaluran (Ec), Penyaluran di lapang (Eb), distribusi (Ed) dan pemberian (Ea)	80
Lampiran	12. Data uji pemompaan bertahap (<i>step drawdown test</i>) di Desa Kaliwadas	81
Lampiran	13. Data uji pemompaan bertahap (<i>step drawdown test</i>) di Desa Karang Junti	83
Lampiran	14. Data pemulihan muka air tanah (<i>recovery test</i>) di Desa Kaliwadas	85



Lampiran 15. Data pemulihan muka air tanah (recovery test) di Desa Karang Junti	86
Lampiran 16. Analisa dan uji pemompaan dengan Metoda Theis Recovery	88
Lampiran 17. Skema sumur dan tata letak pompa di dua lokasi penelitian	89
Lampiran 18. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tanaman Acuan dengan Metoda Radiasi	90
Lampiran 19. Besarnya radiasi extraterrestrial (Ra) dalam mm/hari	91
Lampiran 20. Rata-rata lama penyinaran matahari maksimal (N) dalam jam/hari	92
Lampiran 21. Nilai faktor pemberat (W) yang tergantung pada suhu dan ketinggian	93
Lampiran 22. Kurva hubungan antara W.Rs dengan ETo (mm/hari)	94
Lampiran 23. Program basic untuk menghitung kebutuhan air dan lama pemompaan pada setiap periode dengan pola tanam yang seragam	95
Lampiran 24. Hasil perhitungan lama pemompaan di Desa Kaliwadas	96
Lampiran 25. Hasil perhitungan lama pemompaan di Desa Karang Junti	97
Lampiran 26. Alternatif pola tanam yang diusulkan pada optimasi penggunaan lahan	98
Lampiran 27. Keperluan air bagi setiap kombinasi pola tanam a_{rst} (l/det/ha) yang diusulkan pada optimasi penggunaan lahan	99
Lampiran 28. Keluaran komputer hasil perhitungan optimasi dengan linear programming	100



I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Pada Pelita V Pemerintah menargetkan akan mempertahankan swasembada pangan seperti yang telah dicapai pada Pelita-Pelita sebelumnya. Untuk mempertahankan swasembada pangan itu diperlukan peningkatan produksi pertanian seiring dengan tingginya laju pertumbuhan penduduk.

Dalam usaha peningkatan produksi, pemerintah telah menerapkan berbagai langkah yang mendukung tercapainya usaha swasembada pangan. Salah satu program pemerintah yang kini sedang dikembangkan adalah SUPRA INSUS. Dalam program SUPRA INSUS ada beberapa hal yang diperhatikan, seperti intensitas tanam yang minimal 200%, artinya dalam satu tahun minimal diadakan dua kali penanaman. Selain itu program SUPRA INSUS juga memperhatikan masalah panen dan pasca panen yang selama ini belum terlalu diperhatikan.

Faktor lain yang diperhatikan dalam teknologi SUPRA INSUS adalah masalah tata guna air, karena air merupakan salah satu faktor yang menentukan dalam pertumbuhan tanaman terutama tanaman pangan seperti padi dan palawija. Untuk mendapatkan pertumbuhan tanaman yang baik dan produksi yang tinggi diperlukan pemberian air yang sesuai dengan cara pemberian dan kebutuhan tanaman.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan program ini adalah: 1. Meningkatkan produksi pangan secara berkelanjutan dan meningkatkan pendapatan petani. 2. Meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, tenaga, dan modal. 3. Meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, pestisida, dan obat-obatan. 4. Meningkatkan efisiensi penggunaan energi. 5. Meningkatkan efisiensi penggunaan air. 6. Meningkatkan efisiensi penggunaan tenaga kerja. 7. Meningkatkan efisiensi penggunaan modal. 8. Meningkatkan efisiensi penggunaan teknologi. 9. Meningkatkan efisiensi penggunaan informasi. 10. Meningkatkan efisiensi penggunaan lingkungan.

Pada pelaksanaannya pemberian air pada tanaman belum sesuai dengan kebutuhan tanaman. Banyak tanaman yang hasilnya kurang karena pemberian air yang terlalu sedikit. Kekurangan ini terutama terjadi pada musim kemarau. Untuk menanggulangi kekurangan ini perlu dicari sumber air lain yang dapat menambah air irigasi terutama pada musim kemarau. Salah satu sumber air yang dapat dipergunakan untuk menambah kekurangan air irigasi pada musim kemarau adalah dengan memanfaatkan air bawah tanah. Pemanfaatan air bawah tanah dilakukan dengan membuat sumur bor yang memerlukan keahlian dan biaya yang tinggi.

Mengingat pemanfaatan air bawah tanah memerlukan biaya yang tinggi maka air yang didapatkan harus dimanfaatkan seoptimal mungkin. Pengoptimalan pemakaian air dilakukan dengan cara menerapkan pola tanam yang sesuai dengan kondisi setempat dan ketersediaan air.

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan debit optimum dari sumur pompa dan juga menentukan jam pemakaian yang optimum dari pompa sesuai dengan pola tanam yang diterapkan pada suatu luasan yang ditentukan. Selain itu penelitian ini juga bertujuan menerapkan berbagai pola tanam alternatif pada suatu daerah tertentu.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. SUMBER DAN KEJADIAN AIR BAWAH TANAH

Air bawah tanah merupakan salah satu bagian dari sistem sirkulasi air bumi yang dikenal dengan siklus hidrologi (Todd, 1959). Sosrodarsono dan Takeda (1985) mendefinisikan air bawah tanah sebagai air yang bergerak di dalam tanah dan terdapat di dalam ruang-ruang antara butir tanah serta di dalam retak-retak batuan. Yang pertama disebut air lapisan dan yang kedua disebut air celah atau *fissure water*.

Menurut Partowijoto (1984), air tanah terdapat dalam zona saturasi mengisi pori-pori tanah atau rongga dalam keadaan jenuh karena dibagian bawah dibatasi oleh adanya suatu lapisan kedap sedang pada bagian atas dibatasi oleh bidang batas air jenuh (*water table*) atau oleh bidang kedap yang lain.

Hampir semua air bawah tanah adalah air meteorik (*meteoric water*) yang berasal dari hujan (Linsley et al, 1982). Sedang menurut Linsley dan Franzini (1979), air bawah tanah mempunyai sumber utama berupa presipitasi, dimana air permukaan akan langsung menembus lapisan tanah ke daerah laisan air bawah tanah (akuifer) atau aliran permukaan dan perkolasi dari daerah penampungan air (genangan) menjadi air bawah tanah.

@Hikmah with IPB University

Sosrodarsono dan Takeda (1985), membedakan kondisi air tanah atas beberapa bagian seperti air tanah yang terdapat pada lapisan permeabel dan lapisan impermeabel, air bebas dan air terkekang serta air tanah tumpang (*perched ground water*) yaitu air tanah yang terbentuk di atas lapisan impermeabel di dalam zona aerasi. Air tumpang ini tidak dapat dijadikan sebagai suatu usaha pengembangan air tanah karena mempunyai variasi permukaan air dan volume yang besar.

Air tanah yang bersangkutan dalam pengembangan air diklasifikasikan dalam lima jenis sesuai dengan kondisi air tanah, yaitu air tanah dalam dataran aluvial, air tanah dalam kipas destrital, air tanah dalam teras diluvial, air tanah di kaki gunung api dan air tanah dalam zona batuan retakan (Sosrodarsono dan Takeda, 1985).

Formasi geologis yang mengandung air dan memindahkannya dari suatu titik ke titik yang lain dalam jumlah yang mencukupi untuk pengembangan air secara ekonomis disebut akuifer (Linsley et al, 1982). Lebih lanjut Linsley et al (1982) menyatakan bahwa kebalikannya adalah akuiklut yaitu suatu formasi yang berisi air tetapi tidak dapat dipindahkan dengan cepat untuk melengkapi suplai yang berarti pada sumur atau mata air. Sedang akuifug tidak mempunyai yang saling berhubungan dan tidak dapat memegang atau memindahkan air, misalnya batuan granit.



Dalam hal-hal tertentu, corak batuan dasar dan akuifer dapat diketahui dari air tanah. Jika suatu lapisan yang permeabel terletak di atas batuan dasar yang mempunyai titik perubahan gradien yang besar, maka gradien air tanah itu menjadi curam pada titik perubahan tersebut di atas (Sosrodarsono dan Takeda, 1985).

Kemampuan akuifer untuk menyimpan dan meloloskan air dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti porositas, permeabilitas, tebal lapisan dan luas penyebarannya (Baver, 1972). Kruseman dan de Ridder (1976) membedakan tipe akuifer menjadi empat jenis :

1. Akuifer bebas (*unconfined aquifer*), yaitu lapisan tanah permeabel yang terletak diatas suatu lapisan kedap. Pada bagian atas dibatasi oleh bidang batas air bebas (*free water table*) atau *phreatic level* yang mempunyai tekanan yang sama dengan udara di atasnya.
2. Akuifer setengah bebas (*semi unconfined aquifer*), yaitu akuifer yang pada bagian atasnya dibatasi oleh suatu lapisan butiran halus (*fine grained layer*) diman bila diadakan pemompaan aliran horizontal pada bagian tersebut cukup besar sehingga tidak dapat diabaikan begitu saja, sedang pada akuifer setengah tertekan komponen aliran horizontal kecil sehingga dapat diabaikan.
3. Akuifer setengah tertekan (*semi confined aquifer*) yaitu akuifer yang jenuh dengan air yang pada bagian

atasnya dibatasi oleh lapisan setengah kedap (*semi pervious*) dan pada bagian bawahnya dilapisi oleh lapisan kedap atau lapisan setengah kedap lainnya.

4. Akuifer tertekan (*confined aquifer*) yaitu suatu lapisan permeabel yang jenuh air dimana pada bagian atas dan bagian bawahnya dibatasi oleh lapisan kedap air. Pada umumnya tekanan airnya lebih besar dari pada tekanan atmosfer. Air yang berada pada akuifer tertekan inilah yang disebut air artesis (*artesian water*).

Pembagian ini didasarkan atas nilai konduktivitas hidrolis (*hydraulic conductivity*) lapisan batuan. Akuifer bebas adalah akuifer yang mempunyai nilai konduktivitas hidrolis yang sama mulai permukaan tanah sampai pada akuifernya. Akuifer ini umumnya terletak paling dangkal. Akuifer setengah bebas mempunyai nilai konduktivitas hidrolis yang lebih besar dibanding dengan lapisan di atasnya. Akuifer setengah tertekan adalah apabila nilai konduktivitas hidrolis batuan di atasnya lebih besar dibandingkan dengan nilai konduktivitas hidrolis batuan, sedang akuifer tertekan mempunyai nilai konduktivitas hidrolis yang mendekati atau sama dengan nol.

Pada umumnya dalam praktek sangat sulit membedakan antara akuifer setengah bebas dengan akuifer setengah



tertekan, sehingga sering keduanya tidak dibedakan. Todd (1980) menyebut akuifer tersebut sebagai akuifer bocor (*leaky aquifer*).

B. KARAKTERISTIK SUMUR DAN KAPASITAS AKUIFER

1. Karakteristik Sumur Bor

Untuk mengetahui kemampuan sumur dan penurunan muka air yang terjadi akibat adanya pemompaan dilakukan uji pemompaan. Data yang diperoleh dari uji ini dapat digunakan untuk menentukan nilai kapasitas jenis (*specific capacity*), yaitu rasio antara debit pemompaan dan besarnya penurunan air tanah (*draw-down*). Besarnya kapasitas jenis dapat memberikan ukuran terhadap besarnya produksi sumur, sehingga uji ini sering disebut uji sumur atau *well test* (Kruseman dan de Ridder, 1976).

Karakteristik sumur bor adalah sifat sumur bor dalam melakukan dari akuifer masuk ke sumur bor akibat pemompaan. Karakteristik sumur bor yang baik adalah apabila hambatan akibat konstruksi sumur bor terhadap aliran air yang masuk dari akuifer adalah kecil, demikian pula sebaliknya. Pada sumur bor yang mempunyai karakteristik yang jelek maka penentuan karakteristik akuifernya menjadi kurang tepat. Hambatan akibat konstruksi sumur bor disebut dengan

susut sumur (*well loss*), sedang hambatan akibat akuifernya disebut susut akuifer (*aquifer loss*). Rorabough dalam Todd (1980) menyatakan bahwa penurunan muka air bawah tanah akibat pemompaan atau *draw-down* besarnya sama dengan susut akuifer ditambah dengan susut sumur, seperti dinyatakan dalam persamaan berikut :

$$S = B Q + C Q^n$$

dimana, S = Penurunan muka air tanah

B = Koefisien susut akuifer

C = Koefisien susut sumur

Q = Debit pemompaan

n = 2 (Rorabough dalam Todd, 1980)

Sumur bor yang mempunyai karakteristik baik berarti konstruksi sumurnya tepat terutama dalam penempatan pipa saringan sesuai dengan akuifer yang disadap, sehingga sumurnya dikatakan efisien. Efisiensi sumur bor terdiri dari efisiensi pemompaan (E_p) dan faktor pengembangan (F_p). Efisiensi pemompaan (E_p) dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$E_p = \frac{B \times Q}{S} \times 100\%$$

Pemompaan dinyatakan efisien apabila mempunyai efisiensi di atas 50%. Faktor pengembangan dinyatakan

dengan rumus berikut :

$$Fp = \frac{C}{B} \times 100$$

Sumur yang mempunyai faktor pengembangan kurang dari 0.1 dikatakan sangat efektif, sumur dengan nilai Fp antara 0.1 - 0.5 dikatakan efektif, sedang sumur yang agak efektif adalah sumur yang mempunyai nilai Fp antara 0.5 - 1.0 dan sumur yang kurang efektif adalah sumur yang mempunyai nilai Fp lebih besar dari 1.0.

Untuk mengetahui karakteristik dari sumur dilakukan uji pemompaan yang disebut *step drawdown test*. Pada *step drawdown test*, sumur dipompa dengan debit yang semakin besar. Penurunan muka air tanah di sumur diukur untuk masing-masing tahap. Pada umumnya *step drawdown test* dilakukan tidak kurang dari tiga tahap dan debit yang tertinggi sekurang-kurangnya 20% dari debit permanen. Masing-masing tahap mempunyai waktu yang sama dan setelah selesai dilakukan pengukuran pemulihan air tanah.

2. Kapasitas Akuifer

Todd (1980) menyatakan bahwa kapasitas akuifer tergantung pada tekstur seperti ukuran butir, bentuk butir, susunan butir, pemadatan dan segmentasi yang merupakan faktor porositas. Akuifer yang mempunyai

porositas lebih dari 40% sangat jarang ditemui di alam. Akuifer yang mempunyai porositas antara 20% - 40% termasuk besar, sedang akuifer normal mempunyai porositas antara 5 - 25%. Akuifer dengan porositas dibawah 5% termasuk kecil.

Selain dengan porositas penentuan akuifer dapat dilakukan dengan nilai konduktivitas hidrolik. Nilai konduktivitas hidrolik tergantung pada porositas dan hubungan antara pori-pori batuan. Lapisan batuan yang mempunyai nilai konduktivitas hidrolik rendah sampai sangat rendah disebut lapisan kedap air, contohnya liat, lempung, tuf sangat halus dan sebagainya. Lapisan batuan yang mempunyai nilai konduktivitas hidrolik menengah, tinggi sampai sangat tinggi disebut lapisan pembawa air atau akuifer, misalnya pasir, campuran pasir dan kerikil, kerikil dan batuan yang retak dan berlobang.

Sosrodarsono dan Takeda (1985) menyatakan bahwa untuk mengetahui ketetapan akuifer seperti transmisivitas dapat dilakukan dengan uji akuifer. Uji akuifer dilakukan dengan debit pemompaan yang konstan.

Selain itu nilai kapasitas jenis juga dapat diperoleh dengan cara membagi debit pemompaan dengan penurunan muka air tanah yang terjadi. Rumus kapasitas jenis adalah :



$$S_c = \frac{Q}{S}$$

Kapasitas jenis hanya merupakan gambaran kasar kuantitas air tanah, karena nilai ini sangat tergantung dari besarnya debit pemompaan dan lamanya waktu pemompaan (Jacob dalam Todd, 1980).

Ada beberapa metoda untuk menganalisa data hasil uji pemompaan. Metoda Thiem atau persamaan Thiem memungkinkan nilai transmisivitas ditentukan bila nilai *drawdown* sekurang-kurangnya diukur pada dua piezometer. Persamaan Thiem diformulasikan sebagai berikut :

$$Q = \frac{2T (S_{m1} - S_{m2})}{\ln(r_2/r_1)}$$

Analisa data uji pemompaan dengan Metoda Theis atau Metoda Walton dilakukan secara grafis dan perhitungannya dengan memakai rumus :

$$T = \frac{Q (W_u)}{4 \pi \Delta S}$$

$$S = 4 u T t/r^2$$

Metode Theis Recovery hanya menghitung nilai transmisivitas saja. Persamaannya adalah sebagai berikut :



$$T = \frac{2.3 Q}{4 \pi \Delta S}$$

Metode Jacob dilakukan secara grafis dan jika hubungan antara waktu pemompaan dengan penurunan muka air membentuk garis lurus. Rumus Jacob adalah :

$$T = \frac{2.3 Q}{4 \pi \Delta S}$$

$$S_t = \frac{2.25 T t_o}{r_s^2}$$

Konduktivitas hidrolik dapat diperoleh dengan cara membagi nilai transmisivitas dengan ketebalan akuifer, seperti persamaan berikut :

$$K = \frac{T}{D}$$

dimana, K = konduktivitas hidrolik (m/hari)

T = transmisivitas (m²/hari)

S = penurunan muka air tanah (m)

S_t = koefisien penampungan

r_s = jarak sumur pengamat dari sumur pompa (m)

t_o = awal pemompaan

r₁ = jarak piezometer ke sumur pompa (m)

S_{m1} = penurunan muka air pada piezometer (m)

D = tebal akuifer (m)

$W(u)$ = fungsi sumur yang didapat dari kurva baku

u = $R^2 S / 4Tt$, nilai yang didapat dari kurva baku

C. IRIGASI

Secara umum irigasi didefinisikan sebagai penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan bagi pertumbuhan tanaman (Israelsen et al, 1979). Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1985) irigasi merupakan penambahan kekurangan kadar air tanah secara buatan yakni dengan memberikan air secara sistematis pada tanah yang diolah.

Kegunaan dari irigasi antara lain untuk menambah air ke dalam tanah guna penyediaan cairan yang diperlukan bagi tanaman, untuk mendinginkan tanah dan atmosfer sehingga menimbulkan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan tanaman, mengurangi bahaya pembekuan, mengurangi garam dalam tanah, mengurangi bahaya erosi tanah, melunakkan pembajakan dan gumpalan tanah serta memperlambat pembentukan tunas dengan pendinginan karena penguapan (Israelsen et al, 1979).

Cara pemberian air irigasi dapat dibedakan atas empat cara, yaitu irigasi permukaan (*surface irrigation*), irigasi bawah permukaan (*subsurface irrigation*),

irigasi tetes (*trickle irrigation*) dan irigasi curah (*sprinkler irrigation*).

Irigasi permukaan merupakan pemberian air pada permukaan tanah dimana air mengalir secara gravitasi. Air mengalir pada lahan yang lebih tinggi ke bagian yang lebih rendah dengan penurunan jumlah air sebagai air infiltrasi (Booher, 1974).

Sosrodarsono dan Takeda (1984) membedakan tiga cara pemberian air irigasi pada irigasi permukaan, yaitu irigasi aliran kontinu, irigasi terputus-putus dan irigasi aliran balik.

Irigasi bawah permukaan (*subsurface irrigation*) merupakan satu cara pemberian air irigasi dimana air irigasi diberikan melalui bawah permukaan tanah. Cara irigasi bawah permukaan ini merupakan usaha untuk mempertahankan kedalaman muka air tanah sehingga kelangsungan kapilaritas pergerakan air tanah ke daerah perakaran tanaman dapat selalu dipertahankan dalam keadaan lembab (Phillsbury, 1968).

Irigasi tetes (*trickle irrigation*) merupakan pemberian air yang tersaring ke tanah dekat tanaman yang diberikan oleh pipa dengan diameter kecil. Alat pengeluaran air pada pipa disebut dengan pemancar (*emiter*) yang mengeluarkan air hanya beberapa liter per jam. Dari pemancar, air menyebar secara menyamping dan tegak oleh gaya kapiler tanah yang diperbesar pada arah gerakan vertikal oleh gravitasi (Israelsen et al, 1979).



sistem irigasi yang dibuat menyerupai hujan dan biasanya disebut *overhead irrigation*. Tujuan dari metode irigasi ini adalah agar air dapat diberikan secara merata dan efisien pada areal pertanaman tertentu dengan jumlah dan kecepatan kurang atau sama dengan laju penyerapan air ke dalam tanah (laju infiltrasi).

Jansen (1980) membedakan dua macam sistem irigasi, yaitu sistem irigasi gravitasi dimana sistem ini tergantung seluruhnya pada gaya berat dan sistem irigasi non gravitasi yang tidak tergantung pada gaya berat.

D. KEBUTUHAN AIR

Partowijoto (1980) membedakan kebutuhan air atas tiga bagian, yaitu kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman, kebutuhan air untuk petakan dan kebutuhan air untuk irigasi.

1. Kebutuhan Air untuk Pertumbuhan Tanaman

Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman (*crop water requirement*) merupakan kebutuhan air untuk memenuhi evapotranspirasi atau *consumptive use* dari tanaman (Linsley dan Franzini, 1979).

Kebutuhan air (evapotranspirasi) adalah penggabungan dua istilah, evaporasi yaitu air yang menguap

dari tanah yang berdekatan, permukaan air atau dari permukaan daun-daun tanaman dan transpirasi yaitu air yang memasuki daerah akar tanam-tanaman dan dipergunakan untuk membentuk jaringan tanaman atau dilepaskan melalui daun ke atmosfer (Israelsen et al, 1979).

Sosrodarsono dan Takeda (1985), menyatakan peristiwa berubahnya air menjadi uap air dan bergerak dari permukaan tanah atau permukaan air ke udara disebut evaporasi, sedang peristiwa penguapan dari tanaman disebut transpirasi. Keduanya disebut evapotranspirasi. Evaporasi dan evapotranspirasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti suhu air, suhu udara, kelembaban, kecepatan angin, tekanan udara, sinar matahari dan lain-lain yang saling berhubungan satu sama lain.

Laju evaporasi dari permukaan basah sangat dipengaruhi oleh keadaan alami bumi dan jika air pada bagian basah tersebut tidak terbatas maka keadaan ini disebut evaporasi acuan (Manan, 1980).

Evapotranspirasi acuan merupakan laju evapotranspirasi dari suatu permukaan luas yang tertutup oleh tanaman hijau pendek setinggi 8 - 15 cm dengan ketinggian yang seragam dan rapat sehingga tanaman tidak mengalami kekurangan air (Penman, dalam Doorenbos dan Pruitt, 1977).

Evapotranspirasi dapat diduga dengan berbagai cara, secara langsung maupun tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan dengan menggunakan lisimeter. Lisimeter untuk mengukur evapotranspirasi yang sederhana adalah sebuah kubus dengan ukuran sisi 1 m. Dinding sisinya dibuat dari bahan-bahan yang impermeabel. Pada bagian dasar dipasang alat yang mengukur volume air yang merembes keluar dari dasarnya. Tanah diisi pada bagian atas lisimeter dan diberi tanaman. Jumlah evapotranspirasi adalah selisih dari curah hujan, air yang disiramkan dan air yang keluar dari dasar (Sosrodarsono dan Takeda, 1985).

Sosrodarsono dan Takeda (1985) menyatakan bahwa evapotranspirasi dapat diduga dengan menggunakan evaporasi panci terbuka. Rumus yang digunakan adalah :

$$ET = E_{pan} \times K_C$$

dimana, ET = evapotranspirasi (mm/hari)

E_{pan} = evaporasi panci terbuka (mm/hari)

K_C = koefisien tanaman

Lebih lanjut Sosrodarsono dan Takeda (1985) mengemukakan bahwa evapotranspirasi dapat diduga dengan menggunakan pendekatan secara empiris. Evapotranspirasi yang diduga tersebut merupakan

evapotranspirasi acuan (ETO). Evapotranspirasi acuan dapat ditentukan dengan menggunakan berbagai rumus atau metoda, seperti Blaney dan Criddle, Thornthwaite, Penman dan Metoda Radiasi.

a. Metoda Blaney-Criddle

$$ETO = c p (0.46 t + 8)$$

dimana, ETO = evapotranspirasi acuan (mm/hari)

t = rata-rata suhu harian ($^{\circ}\text{C}$)

p = rata-rata prosentase penyinaran matahari

c = faktor penyesuaian, tergantung dari kelembaban relatif, lama penyinaran matahari dan kecepatan angin

b. Metoda Thornthwaite

$$e = 1.6 \left(\frac{10 t}{I} \right)^ a$$

dimana, e = evapotranspirasi acuan bulanan yang belum disesuaikan (mm/bulan)

t = suhu rata-rata bulanan ($^{\circ}\text{C}$)

I = indeks panas tahunan, merupakan jumlah indeks panas bulanan (i) setahun

$$i = \left(\frac{t}{5} \right)^{1.514}$$

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 0.01792 I + 0.49239$$

c. Metoda Penman

$$ET_o = c w R_n (1 - w) f(u) (e_a - e_d)$$

dimana, ET_o = evapotranspirasi acuan (mm/hari)
 w = *weighting factor*, tergantung suhu udara dan elevasi

R_n = Radiasi netto, yang nilainya setara dengan evaporasi (mm/hari)

$f(u)$ = fungsi kecepatan angin

$(e_a - e_d)$ = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air aktual pada temperatur udara rata-rata

c = faktor penyesuaian

d. Metoda Radiasi

$$ET_o = c (w \times R_s)$$

dimana, c = faktor penyesuaian

w = *weighting factor*

R_s = radiasi matahari yang nilainya setara dengan evaporasi (mm/hari)

Sosrodarsono dan Takeda (1985) menyatakan bahwa laju evapotranspirasi ditentukan dengan rumus :

$$ET = E_t_o \times K_c$$

Nilai koefisien tanaman (K_c) dipengaruhi oleh jenis tanaman, tingkat atau fase pertumbuhan dan lain-lain.

2. Kebutuhan Air di Petakan

Linsley dan Franzini (1979) menyatakan bahwa kebutuhan air di petakan adalah jumlah air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman dan yang erlu ditambahkan sebagai akibat adanya perkolasi dan aliran permukaan.

Perkolasi adalah jumlah air yang hilang karena mengalir atau meresap turun ke dalam tanah yang sudah jenuh, yang mana nilainya merupakan suatu fungsi dari tekstur tanah dan kedalaman air tanah (Hook, 1960).

Sosrodarsono dan Takeda (1985) menyatakan bahwa laju perkolasi dipengaruhi oleh tekstur dan permeabilitas tanah, tinggi permukaan tanah, lapisan tanah atas, lapisan kedap air dan topografi setempat.

Untuk persawahan yang digenangi air, perkolasi dan rembesan dihitung langsung dengan alat pengukur evaporasi panci kelas A atau lisimeter, sedangkan untuk sawah yang tidak digenangi perkolasi bisa dianggap sebagai kehilangan air ketika pemberian. Untuk penggenangan dianggap kehilangan yang tak bisa dihindarkan (anonymous, 1982).

Laju perkolasi di lapang dapat ditentukan dengan dua cara, metode selinder dan metode cepat (Wiramihardja, 1974).

Metode selinder adalah pengukuran perkolasi dengan memakai alat yang berbentuk selinder atau pipa logam yang dibenamkan kedalam tanah sedalam 30 sampai 40 cm. Kedalam selinder tersebut diisi dengan air setinggi 7.5-10 cm dan dilihat penurunannya. Laju perkolasinya dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{k_1 - k_2}{w_2 - w_1}$$

dimana :

P = laju perkolasi (mm/hari)

$k_1 - k_2$ = beda ketinggian air dalam pipa (mm)

$w_2 - w_1$ = selisih waktu pengamatan (hari)

3. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air irigasi merupakan kebutuhan air secara keseluruhan untuk suatu petak irigasi. Kebutuhan ini disebabkan oleh adanya evaporasi, perembesan, dan perkolasi di saluran (Linsley dan Franzini, 1979).

Untuk tanaman padi sawah, air irigasi yang diebrikan sebenarnya untuk menggantikan evapotranspirasi dan perkolasi yang dikurangi dengan curah hujan efektif. Untuk tanaman non padi sawah, air irigasi yang diberikan hanya untuk menggantikan evapotranspirasi.

Untuk tanaman padi sawah yang memerlukan penggenangan, perkolasi merupakan suatu kejadian yang tidak dapat dihindarkan, sehingga perkolasi di sawah bukan dianggap suatu kehilangan air.

Dengan demikian kebutuhan air irigasi untuk tanaman padi sawah yang membutuhkan penggenangan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{(ET_{tan} - CHE + P)}{Ef \text{ total}}$$

sedang untuk tanaman bukan padi yang tak memerlukan penggenangan kebutuhan air irigasinya adalah :

$$I = \frac{(ET_{tan} - CHE)}{Ef \text{ Total}}$$

dimana :

- I = kebutuhan air irigasi (l/det/ha)
- ET_{tan} = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
- CHE = curah hujan efektif (mm)
- P = perkolasi (mm/hari)
- Ef total = Efisiensi total (%)

1. Curah Hujan Efektif

Menurut Dastane (1974) curah hujan efektif adalah bagian dari curah hujan yang diserap oleh daun tanaman kering, hilang melalui evaporasi

dari permukaan tanah, perkolasi dan pencucian. Dengan kata lain curah hujan efektif adalah jumlah hujan yang efektif digunakan di areal pengairan (Anonymous, 1973).

Curah hujan efektif untuk pertumbuhan tanaman tergantung pada curah hujan, topografi daerah, sistem penanaman dan tahap pertumbuhan tanaman (Oldeman dan Sjarifuddin, 1977).

Untuk persawahan, curah hujan efektif dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti intensitas dan distribusi curah hujan, kedalaman penggenangan air pada padi, metode irigas dan interval pemberan air, topografi lahan dan ukuran serta pemeliharaan tanggul sawah (Anonymous, 1973).

Curah hujan efektif dapat ditentukan dengan metode empiris. Oldeman dan Sjarifuddin (1977) menyatakan bahwa rumus yang berlaku untuk perhitungan curah hujan efektif adalah dari curah hujan rata-rata bulanan dengan peluang terlewat 75 persen, dimana efektifitas 100 persen untuk padi sawah dan 75 persen untuk tanaman non padi sawah (*upland crop*). Untuk padi sawah curah hujan efektif dirumuskan sebagai berikut :

$$CHE = 1.0 (0.82Y - 30)$$

sedang untuk tanaman non padi sawah, rumusnya adalah :

$$CHE = 0.75 (0.82Y - 30)$$

dimana :

CHE = curah hujan efektif bulanan (mm)

Y = rata-rata curah hujan bulanan (mm)

Bila curah hujan rata-rata bulanan kurang dari 36 mm, maka efektifitasnya dianggap sama dengan nol.

Pengukuran curah hujan efektif di lapangan agak sukar sehingga dalam prakteknya harus didekati dengan efisiensi irigasi yang merupakan bentuk indeks irigasi. Curah hujan efektif sukar diukur karena tidak hanya tergantung dari intensitas, lama dan distribusi curah hujan, tetapi juga dipengaruhi juga oleh bentuk pemberian dan sistem pengelolaan di sawah, terutama pengelolaan penyaluran (Bhuiyan, 1982).

2. Kehilangan Air dan Efisiensi Irigasi

Linsley dan Franzini (1979) menyatakan bahwa kehilangan air di saluran diakibatkan oleh evaporasi, perembesan dan perkolasi. Selain itu kehilangan air disaluran juga diakibatkan oleh kebocoran tanggul dan evapotranspirasi tanaman pada tebing saluran.

Kehilangan air dalam penyaluran dipengaruhi oleh macam dan kondisi saluran, sifat fisik tanah, tingkat pemadatan tanah dan panjang saluran. Selama dalam penyaluran kehilangan air dapat berupa rembesan, perkolasi, evaporasi dan bocoran (Partowijoto, 1980).

Untuk lahan persawahan, kehilangan air dapat terjadi dengan tiga cara, kehilangan air dalam saluran dan sistem distribusi yang dialirkan dari pintu pelepasan sampai ke sawah, kehilangan di saluran persawahan dan di tanggul samping saluran atau dasar dari genangan sementara (Houk, 1960).

Linsley dan Franzini (1979), mengemukakan tiga metode untuk mengukur kehilangan air disaluran yaitu *seepage meter method*, *ponding method* dan metode *inflow-outflow*.

Pengukuran dengan *seepage method* adalah dengan cara memasang alat pengukur perembesan air atau *seepage meter* pada saluran. Hasil yang di dapat dari pengukuran ini adalah laju perembesan air. Kehilangan air dapat dicari dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Chow (1959) yaitu :

$$qd = \frac{q_0 - s_w}{86400}$$



dimana :

q_d = debit air di lahan (ft^3/det)

q_o = debit air pada pintu ke saluran (ft^3/det)

s = laju perembesan (ft/hari)

w = luas penampang basah (ft^2), merupakan perkalian antara panjang saluran dengan tepi basah penampang lintang saluran.

Ponding method adalah pengukuran kehilangan air dengan cara membendung kedua ujung saluran pada jarak tertentu dan diamati penurunan air di saluran tersebut pada waktu yang tertentu. Dengan demikian kehilangan air di sepanjang saluran dapat diketahui. Laju perembesan air dihitung dengan rumus berikut :

$$q = \frac{sw}{24}$$

dimana :

q = kehilangan air selama 1 hari (l/jam)

s = laju perembesan (mm/hari)

w = penampang basah saluran (m^2).

Metode *inflow-outflow* adalah metode pengukuran kehilangan air yang sering digunakan. Pengukuran menggunakan metode ini adalah dengan cara mengukur debit yang masuk dan debit air yang keluar dari saluran. Pengukuran debitnya dapat menggunakan sekat ukur atau secara tidak langsung

dengan menggunakan alat ukur aliran atau *current meter* (Hansen et al, 1980).

Houk (1960) menyatakan bahwa kehilangan air di saluran ialah 5 sampai 50 persen per mil dari saluran tersier dan rembesan di persimpangan saluran 5 sampai 15 persen. Gandakoesoemah (1981) memerinci bahwa kehilangan air di saluran tergantung dari musim. Pada musim hujan kehilangan air di saluran primer dan sekunder 5 sampai 20 persen sedang untuk saluran tersier sebesar 20 sampai 30 persen. Di musim kemarau kehilangan air yang terjadi pada saluran primer dan sekunder sebesar 20 sampai 30 persen, sedang di saluran tersier sebesar 30 sampai 40 persen.

Kehilangan air sangat berkaitan dengan efisiensi irigasi. Partowijoto (1980) menyatakan bahwa efisiensi irigasi merupakan perbandingan jumlah air yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang tersedia atau yang dialirkan pada areal pertanian tersebut.

Doorenbos dan Pruitt (1977) membagi efisiensi irigasi atas beberapa konsep seperti efisiensi penyaluran di lapang, efisiensi pemberian air dan efisiensi proyek.

3. Kebutuhan Air untuk Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah bertujuan menciptakan keadaan fisik tanah yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman, yang disamping itu akan diperoleh keadaan kimia dan biologis tanah seperti yang diperlukan tanaman (Davidson, 1954).

Kebutuhan air untuk pengolahan tanah digunakan untuk penjenuhan tanah, pelumpuran dan penggenangan. Air untuk penjenuhan tanah diperlukan apabila pada awal pemberian air tanah dalam keadaan tidak jenuh. Jumlah air yang diperlukan untuk penjenuhan tanah sama dengan selisih antara kadar air tanah jenuh dengan kadar air tanah sebelum diairi (Mabayard dan Obordo, 1970).

Baver (1961) menyatakan bahwa pelumpuran merupakan hubungan antara struktur dan konsistensi tanah, dimana pelumpuran maksimal dicapai pada keadaan konsistensi basah. Penilaian hasil pengolahan tanah dapat dilakukan terhadap ukuran butir agregat, porositas dan daya penetrasi tanah.

Kebutuhan air untuk pengolahan tanah dipengaruhi oleh sifat fisik tanah seperti tekstur, struktur, kadar air dan porositas tanah.

Doorenbos dan Pruitt (1977) menyatakan bahwa dengan mengasumsikan tanah sebelum diolah jenuh,

kebutuhan air untuk pengolahan tanah sebesar 200 mm. Menurut penelitian Purwanto (1975), kebutuhan air selama pengolahan tanah pada berbagai tingkat kelembaban sebelum diadakan pengolahan tanah berkisar antara 189 sampai 371 mm.

E. ANALISA SISTEM

Sistem adalah sekumpulan elemen atau unsur yang mempunyai hubungan dan ditujukan ke arah sasaran-sasaran umum tertentu (Winardi, 1986). Lebih lanjut Winardi (1986) menyatakan bahwa sebuah sistem dapat diusahakan dengan jalan menspesifikasikan :

- Elemen-elemen yang merupakan bagian dari sistem
- Elemen-elemen yang bukan bagian dari sistem
- Hubungan antara elemen-elemen di dalam sistem
- Hubungan antara elemen sistem dan lingkungan

Eriyatno dalam Suhandi (1984) menyatakan bahwa pendekatan sistem dapat memberikan suatu metoda yang logis dan dapat menjadi suatu alat yang memungkinkan untuk mengidentifikasi, menganalisa, mensimulasi dan mendesain sistem secara keseluruhan dari komponen yang saling berinteraksi untuk mencapai tujuan. Penggunaan analisa sistem bertujuan untuk memperoleh sistem yang terbaik yang mempertimbangkan beberapa hal, yakni biaya, nilai optimal, resiko dan efektifitas serta dapat diterima oleh komponen-komponen yang terdapat dalam sistem.

Winardi (1986) menyatakan bahwa untuk memecahkan suatu masalah ada beberapa langkah yang perlu dilakukan yaitu :

- Mengidentifikasi persoalan pokok
- Menyusun fakta-fakta penting
- Menetapkan alternatif
- Mengevaluasi alternatif
- Memilih alternatif yang dianjurkan

Program linier merupakan penggunaan model matematik untuk memecahkan suatu masalah (Hillier dan Lieberman, 1974). Linier berarti bahwa semua fungsi matematik dalam model ini dapat diubah dalam fungsi linier, sedang *programming* diartikan sebagai perencanaan, sehingga *linear programming* merupakan kegiatan untuk memperoleh hasil yang optimal.

Optimasi linier berkaitan dengan penentuan nilai-nilai ekstrim dari sebuah fungsi linier, yang mempunyai ruang definisi dan ditentukan oleh suatu sistem persamaan linier. Persoalan optimasi ini dapat dibagi dalam dua bagian utama, yaitu persoalan maksimasi dan minimasi (Simarmata, 1985).

Program linier menggambarkan interaksi komponen-komponen sebuah sistem yang harus memenuhi asumsi-asumsi tertentu, yaitu *proportionality*, *additivity*, *dissibility* dan *deterministic*. Program linier juga merupakan



teknik optimasi dari suatu masalah yang dipecahkan apabila :

- Mempunyai tujuan yang akan dioptimumkan
- Mempunyai keterbatasan dalam jumlah sumber daya tertentu dan dapat dinyatakan dalam persamaan dan pertidaksamaan
- Variabel-variabelnya bernilai positif

Untuk menyelesaikan persoalan program linier dapat dilakukan secara grafik jika peubahnya hanya dua, sedangkan jika peubahnya lebih dari dua dapat diselesaikan dengan metoda simpleks (Hillier dan Lieberman, 1974).





III. BAHAN DAN METODE

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian dilaksanakan di Proyek Pengembangan Air Tanah (P2AT) Sub Pemali Comal, Jawa Tengah. Lokasi penelitian di Desa Kaliwadas, Kecamatan Adiwerna, Kabupaten Tegal dan Desa Karang Junti, Kecamatan Losari, Kabupaten Brebes.

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Juni 1990 dan berakhir pada Bulan Juli 1990.

B. BAHAN DAN ALAT

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa sumur bor yang ada di daerah penelitian. Sumur bor ini umumnya dibuat oleh P2AT Sub Pemali Comal, Jawa Tengah.

Alat yang digunakan meliputi peralatan lapangan, seperti pompa dengan dua tipe, submersible dan sentrifugal. Tipe submersible mempunyai daya 20 hp. sedang tipe sentrifugal mempunyai daya 12 hp. Selain itu tipe submersibel dilengkapi dengan *engine* yang mempunyai daya sebesar 63 hp. Peralatan lain yang digunakan antara lain adalah alat pengukur kedalaman muka air tanah listrik (*electric water level sounding*), meteran air yang dipasang pada pompa, *stopwatch* dan perlengkapan pemompaan lainnya. Untuk mengukur besarnya laju perkolasi harian digunakan lisimeter yang ditanam dengan kedalaman 30 - 40 cm.

C. METODE PENELITIAN

1. Pengujian Karakteristik Sumur dan Kapasitas Akuifer

Untuk menentukan karakteristik sumur bor dan besarnya debit optimum pemompaan dilakukan uji pemompaan bertingkat atau *step drawdown test*. Pemompaan dilakukan dalam lima tahap dengan debit yang semakin meningkat. Masing-masing tahap dilaksanakan selama tiga jam. Dari pemompaan ini diamati penurunan muka air tanah (*drawdown*).

Data yang dihasilkan dari pengujian ini berupa debit pemompaan (Q) sebanyak lima macam untuk setiap sumur dan data penurunan muka air tanah (*drawdown*) pada setiap tahap. Selanjutnya dihitung nilai S/Q setiap tahap dan dengan persamaan Rorabough, nilai S/Q dan Q dari sumur bor dilakukan analisis regresi linier sehingga didapatkan nilai koefisien susut sumur (C) dan koefisien susut akuifer (B). Karakteristik sumur bor dilakukan dengan menetapkan efisiensi pemompaan (E_p) dan faktor pengembangan (F_p). Untuk menentukan debit optimum dari sumur ditentukan lebih dahulu nilai penurunan muka air maksimum (S_{maks}) dengan persamaan :

$$S = P_1 - S_{w1} - H - s_m$$

dimana :

s = drawdown maksimum yang diizinkan (m)

P_l = *pumping lift* atau tinggi pemasanga pipa hisap (m)

sw_1 = kedalaman muka air tanah statis (m)

H = fluktuasi muka air tanah pada zone tempat sumur pompa (m)

s_m = penenggelaman ujung pipa hisap sebagai faktor pengaman (m)

Bila nilai S_{maks} telah didapatkan maka nilai Q optimum dapat dicari dengan memasukkannya ke persamaan Rorabough tadi.

Pengujian kuantitas air bawah tanah dilakukan dengan memompa sumur bor pada debit yang konstan selama 72 jam. Data yang didapatkan berupa debit pemompaan dan penurunan muka air tanah (*drawdown*). Kembalinya kedudukan muka air tanah (*recovery*) juga dicatat sampai kedudukan muka air tanah kembali ke posisi semula atau setelah 24 jam pengamatan.

Dari data-data yang ada dianalisa dengan salah satu metode yang ada, seperti Metode Jacob, Theis, Theis Recovery ataupun dengan metode Walton. Dari analisa ini didapatkan nilai kapasitas jenis (SC), transmisivitas dan nilai konduktivitas hidrolik.

2. Penentuan Evapotranspirasi Tanaman

Dari data iklim yang tersedia ditentukan evapotranspirasi tanaman dengan menggunakan persamaan

yang dikemukakan oleh Sosrodarsono dan Takeda (1985). Persamaan itu adalah :

$$ET = ETo \times Kc$$

dimana :

ET = evapotranspirasi tanaman (mm/hari)

ETo = evapotranspirasi acuan (mm/hari)

Kc = koefisien tanaman

Sedangkan evapotranspirasi acuan (ETo) ditentukan dengan menggunakan metode radiasi, yaitu dengan persamaan :

$$ETo = c w Rs$$

dimana :

c = faktor penyesuaian yang tergantung kelembaban udara dan kecepatan angin

w = *weighting factor* yang tergantung pada lintang, geografi dan suhu udara

Rs = radiasi matahari

3. Penentuan Perkolasi

Perkolasi dihitung dengan memakai metode silinder, dilakukan di tiga tempat yang mewakili daerah tersebut dengan empat kali ulangan.

4. Penentuan Curah Hujan Efektif

Berdasarkan data curah hujan yang ada, curah hujan efektif dihitung dengan memakai persamaan yang diberikan oleh Oldeman dan Sjarifuddin yang berlaku

untuk daerah-daerah di Pulau Jawa. Curah hujan efektif tersebut berbeda untuk padi sawah dan non padi sawah. Rumusnya adalah sebagai berikut :

$$\text{CHE} = 1.0 (0.82Y - 30) \quad \text{untuk padi sawah}$$

$$\text{CHE} = 0.75 (0.82Y - 30) \quad \text{untuk non padi sawah}$$

dimana :

$$\text{CHE} = \text{curah hujan efektif (mm)}$$

$$Y = \text{rata-rata curah hujan bulanan (mm)}$$

5. Penentuan Kehilangan Air dan Efisiensi Irigasi

Kehilangan air di saluran ditetapkan dengan menggunakan data kehilangan air yang dipakai oleh Cabang Dinas Pengairan setempat.

6. Analisis Lama Pemompaan

Untuk menghitung lama pemompaan optimum dari pompa setiap harinya digunakan data debit optimum pemompaan. Dengan mengetahui luas lahan yang akan diberi air dan dengan menetapkan pola tanam tertentu, maka kebutuhan air tanaman dapat diketahui. Lama pemompaan optimum dari pompa dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I_p = Q_p / KAI$$



dimana :

I_p = lama pemompaan optimum dari pompa setiap harinya (jam)

Q_p = debit optimum pemompaan dari sumur bor yang merupakan hasil pengujian (liter/detik)

KAI = kebutuhan air irigasi dari suatu daerah dengan luasan dan pola tanam tertentu (liter/detik/ha.)

Apabila debit air yang dihasilkan dari pemompaan tidak mencukupi untuk mengairi luasan yang telah ditetapkan dengan pola tanam tertentu, maka untuk daerah tersebut digunakan pola tanam yang beragam dan waktu tanam yang berbeda-beda pula. Setelah itu dilakukan optimasi luas lahan dan diselesaikan dengan metode simpleks.

Penyelesaian dengan metode simpleks dilakukan dengan mengadakan optimasi luas lahan dan pola tanam terpilih dengan waktu tanam yang terbaik. Jika keperluan air bagi tanaman adalah q liter/detik/ha yang dipengaruhi oleh pola tanam r ($r = 1, 2, 3, \dots, m$), tergantung pada sub petakan s ($s = 1, 2, 3, \dots, n$) dan dipengaruhi oleh waktu tanam t ($t = 1, 2, 3, \dots, 24$).

Luas areal yang ditanami, a_{rs} , dimana r adalah pola tanam dan s adalah sub petakan. Keperluan air bagi tanaman tersebut tidak boleh melebihi debit pemompaan yang ada, yaitu :



$$\sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \sum_{t=1}^{24} a_{rst} \times q_{rst} < Q$$

Jumlah areal yang ditamani tidak boleh melebihi areal yang ditetapkan. Perencanaan linier di atas dapat didekati dengan model matematis berikut :

$$\text{Maksimasi : } Z = \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m a_{rs}$$

dengan fungsi pembatas :

$$\text{Air} \longrightarrow \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \sum_{t=1}^{24} a_{rst} \times q_{rst} < Q$$

$$\text{Tanah} \longrightarrow \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m a_{rs} < A$$

$$\text{Non Negatif} \longrightarrow a_{rs} < 0, \quad A < 0$$

dimana :

Z = luas areal yang dapat diairi (ha)

a_{rs} = luas petakan ke- s yang dapat diairi oleh pola tanam ke- r

q_{rst} = air yang diperlukan pada petak ke- s , dengan pola tanam r dan wakt tanam t

A = luas lahan yang tersedia (ha)

Q = debit optimum pemompaan (liter/detik)

r = pola tanam alternatif

s = sub petakan

t = waktu tannam dengan periode tengah bulanan.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KEADAAN UMUM

1. Letak Geografis

Penelitian dilaksanakan di dua tempat, yaitu di Desa Kaliwadas, Kecamatan Adiwerna, Kabupaten Tegal dan di Desa Karang Junti, Kecamatan Losari, Kabupaten Brebes, Jawa Tengah. Secara geografis, Desa Kaliwadas terletak pada $109^{\circ} 09'$ Bujur Timur dan $006^{\circ} 51'$ Lintang Selatan, sedangkan Desa Karang Junti terletak pada $108^{\circ} 41'$ Bujur Timur dan $006^{\circ} 44'$ Lintang Selatan.

2. Iklim

Berdasarkan sistem klasifikasi Schmidt dan Fergusson (1951), tipe hujan dibagi menjadi 8 yang diurut berdasarkan besarnya nilai Q, dimana Q merupakan perbandingan rata-rata bulan kering dan bulan basah. Kriteria bulan basah adalah bulan dimana jumlah curah hujan lebih besar dari 100 mm, sedang bulan kering adalah bulan dimana jumlah curah hujan kurang dari 60 mm.

Dari data curah hujan di lokasi penelitian selama 10 tahun terakhir (1980 - 1989), besarnya curah hujan rata-rata tahunan untuk Desa Kaliwadas

Halaman 10 dari 10 | IPB University | Institut Pertanian Bogor

adalah 1855 mm, sedang untuk Desa Karang Junti adalah sebesar 1780 mm.

Menurut klasifikasi iklim Schmidt dan Fergusson (1951) daerah penelitian di Desa Kaliwadas termasuk dalam tipe hujan B dengan nilai Q sebesar 37.87%. Rata-rata bulan keringnya adalah 2.5 sedang rata-rata bulan basah adalah 6.6. Berdasarkan sistem klasifikasi Oldeman, Desa Kaliwadas termasuk zone agroklimat D3 dengan jumlah bulan basah 4 bulan berturut-turut.

Desa Karang Junti termasuk ke dalam tipe hujan B dengan nilai Q sebesar 31.25%. Rata-rata bulan keringnya adalah 2.0 sedang rata-rata bulan basah adalah 6.4 (Schmidt dan Fergusson, 1951). Berdasarkan sistem klasifikasi Oldeman, Desa Karang Junti termasuk zone agroklimat D3 dengan jumlah bulan basah 4 bulan berturut-turut. Data hujan selengkapnya disajikan pada Lampiran 3, sedang data iklim lainnya disajikann pada Lampiran 5.

3. Tanah

Tanah yang terdapat di Desa Kaliwadas termasuk jenis *alluvial kelabu tua*, dengan bahan induk yang berasal dari endapan liat serta fisiografi dataran. Di Desa Karang Junti, tanahnya termasuk *alluvial hidromorf* dengan bahan induk yang berasal dari endapan liat serta fisiografi dataran.



Di dua lokasi penelitian, pada umumnya tanahnya bertekstur liat. Di Desa Karang Junti, komposisi liat lebih dominan dibanding dengan pasir dan debu, sedang di Desa Kaliwadas komposisi antara liat, pasir dan debu lebih merata.

Berdasarkan analisa laboratorium, diperoleh data sifat fisik tanah di kedua lokasi penelitian. Di Desa Kaliwadas, tanahnya memiliki tekstur dengan komposisi liat 47%, debu 29% dan pasir 24%. Porositas total tanahnya sebesar 48%. Sedang di Desa Karang Junti tanahnya memiliki tekstur dengan komposisi liat 80%, debu 13% dan pasir 7%. Porositas totalnya adalah sebesar 58%. Data selengkapnya disajikan pada Lampiran 8 dan Lampiran 9.

4. Usaha Tani

Di Kabupaten Tegal, pola tanam yang diterapkan meliputi padi - padi - palawija. Palawija yang sering ditanam di daerah ini terdiri dari kacang tanah, kacang kedelai dan jagung. Di Kabupaten Tegal juga ditanam sayur-sayuran yang memanfaatkan lahan yang sempit. Di beberapa tempat pada daerah ini juga sering ditanam bawang merah dan cabe.

Pola tanam yang diterapkan di Kabupaten Brebes meliputi padi - palawija - palawija. Palawija yang sering ditanam di daerah ini meliputi bawang merah,

kacang tanah, kacang kedelai dan jagung. Bawang merah kebanyakan ditanam di daerah yang berkecukupan air, sedang untuk daerah yang kekurangan air, biasanya hanya dilakukan dua kali masa tanam dengan pola tanam padi - palawija dengan palawija yang ditanam adalah kacang tanah dan jagung.

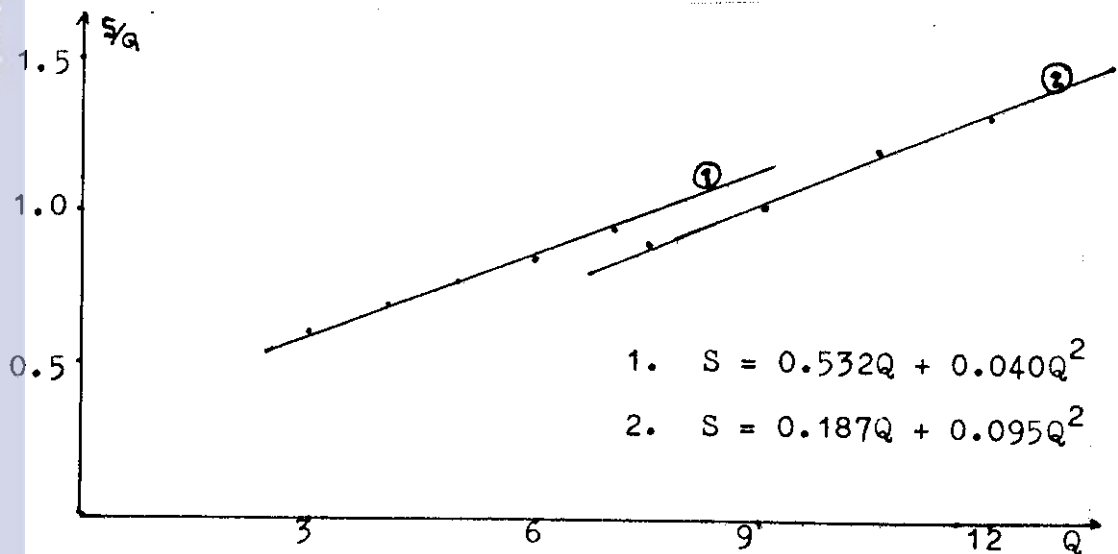
B. KARAKTERISTIK SUMUR DAN KAPASITAS AKUIFER

Untuk mengetahui karakteristik sumur bor dilakukan uji pemompaan sebanyak lima tahap dengan debit yang semakin besar. Masing-masing tahap dilakukan pemompaan selama tiga jam. Berikut ini disajikan data debit pemompaan dan penurunan muka air tanah di dua lokasi penelitian.

Tabel 1. Hasil uji pemompaan bertahap di dua sumur penelitian

Tahap	Debit Q (l/detik)	Drawdown S (m)	Spesific cap. Sc (l/detik/m)	S/Q
Kaliwadas				
1	3.0	1.97	1.52	0.65
2	4.0	2.97	1.43	0.70
3	5.0	3.62	1.38	0.72
4	6.0	4.65	1.29	0.78
5	7.0	5.68	1.23	0.81
Karang Junti				
1	7.5	6.54	1.14	0.88
2	9.0	9.53	0.94	1.06
3	10.5	12.46	0.84	1.19
4	12.0	15.59	0.76	1.31

Dari data uji pemompaan bertahap di atas, dibuat kurva karakteristik sumur yang merupakan hubungan antara debit pemompaan (Q) dengan penurunan muka air tanah dibagi dengan debit (S/Q). Nilai n adalah 2 yang menyatakan persamaan garisnya adalah linear. Nilai susut akuifer (B) dan nilai susut sumur (C) didapat melalui analisa regresi linier.



Gambar 1. Kurva hubungan antara debit (Q) dengan penurunan muka air tanah dibagi dengan debit (S/Q)

Hasil perhitungan dengan analisis regresi linier menunjukkan bahwa nilai koefisien susut akuifer (B) di Desa Kaliwadas adalah 0.532, sedangkan koefisien susut sumurnya bernilai 0.040. Persamaan Rorabough untuk Desa Kaliwadas adalah :

$$S = 0.532 Q + 0.040 Q^2$$

Untuk Desa Karang Junti nilai koefisien susut akuifernya adalah 0.187 sedang nilai koefisien susut sumurnya adalah 0.095. Persamaan Rorabough untuk Desa Karang Junti adalah :

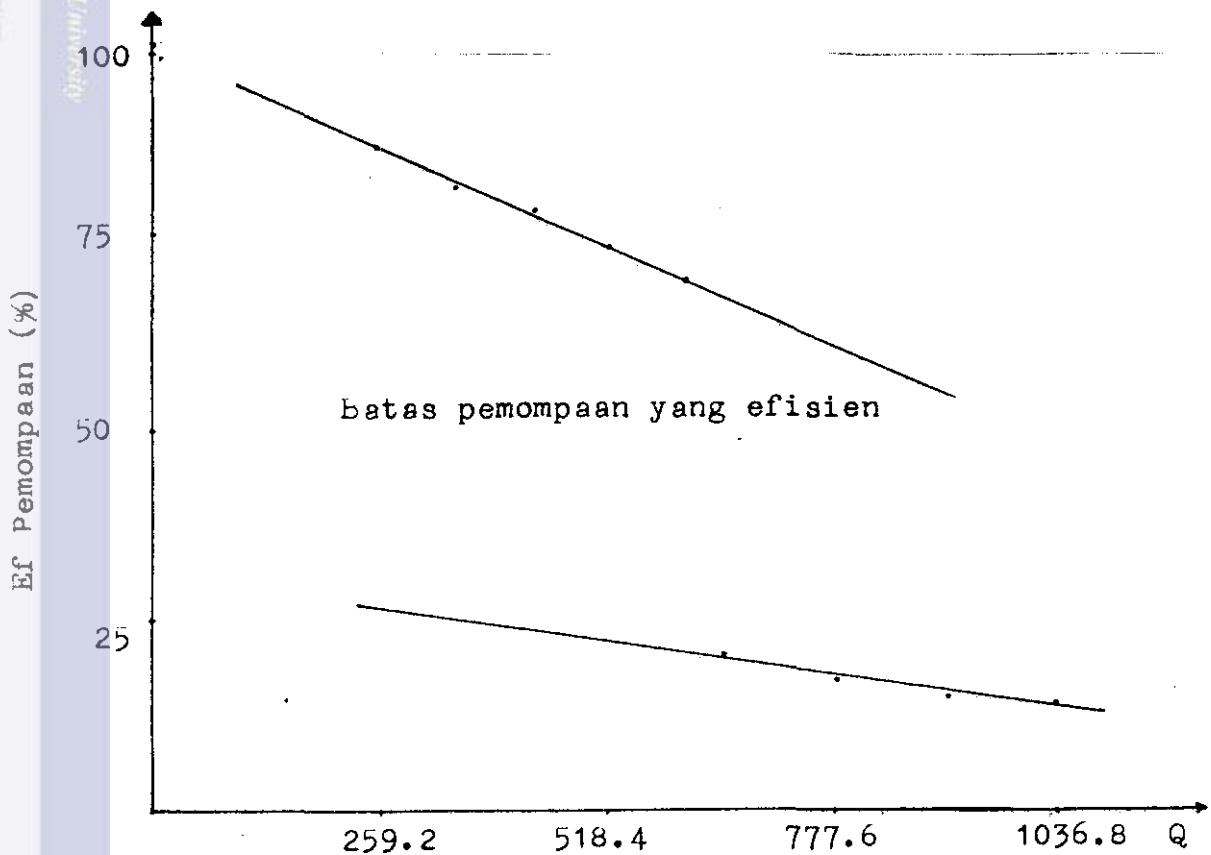
$$S = 0.187 Q + 0.095 Q^2$$

Dari dua nilai koefisien susut akuifer, terlihat bahwa akuifer di Desa Karang Junti lebih baik dibanding dengan akuifer di Desa Kaliwadas. Ini disebabkan karena semakin besar koefisien susut akuifer berarti hambatan akibat kondisi akuifer terhadap aliran bawah tanah semakin besar.

Nilai koefisien susut sumur berhubungna dengan koefisien susut akuifer, sehingga karakteristik sumur bor tidak dapat ditentukan hanya dengan besarnya nilai koefisien susut sumur saja. Karakteristik sumur bor ditentukan berdasarkan nilai efisiensi pemompaan (E_p) dan faktor pengembangan (F_p). Dari hasil perhitungan terlihat bahwa pemompaan di Desa Kaliwadas semuanya efisien, sedangkan di Desa Karang Junti semua pemompaan tidak efisien karena efisiensi pemompaan dibawah 50%. Faktor pengembangan (F_p) untuk Desa Kaliwadas bernilai 0.069 sedangkan di Desa Karang Junti nilai faktor pengembangannya adalah 0.64. Desa Kaliwadas menurut Bierschenk (1964) sangat efektif untuk dikembangkan sedang Desa Karang Junti sumur bornya hanya mempunyai klasifikasi agak efektif atau sedang.



Untuk Desa Kaliwadas tinggi pemasangan pipa hisapnya (P1) adalah 11.7 m sedang kedalaman muka air tanah statis (swl) adalah 0.52 m. Fluktuasi muka air tanah Desa Kaliwadas sebesar 1 m dengan faktor pengaman 0.5 m. Dari persamaan Rorabough dihasilkan pemompaan yang paling optimum di Desa Kaliwadas adalah 10.2 l/det.



Gambar 2. Efisiensi pemompaan sumur bor di dua lokasi penelitian

Tinggi pemasangan pipa hisap untuk Desa Karang Junti adalah 24.55 m dengan kedalaman muka air tanah

statisnya bernilai 7.65 m. Fluktuasi muka air tanahnya adalah 1.5 m dan faktor pengamannya bernilai 0.5 m. Penurunan muka air tanah maksimum (S_m) untuk Desa Karang Junti adalah 14.9 m. Dari persamaan Rorabough didapatkan nilai debit pemompaan optimum untuk Desa Karang Junti sebesar 11.7 l/det. Selanjutnya debit pemompaan optimum ini dijadikan sebagai nilai air yang tersedia bagi irigasi pompa.

Untuk mengetahui kuantitas air tanah dilakukan uji pemompaan dengan debit yang konstan selama 72 jam. Dari uji ini dapat diketahui juga karakteristik akuifer-nya. Karakteristik akuifer dinyatakan dengan nilai kapasitas jenis dan transmisivitas.

Kapasitas jenis merupakan salah satu karakteristik akuifer yang mudah didapatkan, namun nilai ini sangat dipengaruhi oleh besarnya debit pemompaan dan lamanya pemompaan sehingga hanya merupakan gambaran kasar dari karakteristik akuifer.

Nilai *storativity* atau koefisien penampungan pada penelitian ini tidak dapat dihitung karena pada waktu pengamatan penurunan muka air tanah di sumur pengamatan tidak diamati. Jadi yang diamati hanya penurunan muka air tanah pada sumur uji saja.

Nilai transmisivitas di dapat dari data pemulihan muka air tanah (*recovery test*). Dari data tersebut di

dapat hubungan antara waktu mulai pemompaan dibagi waktu ketika pemompaan dihentikan (t/t') dengan kembalinya muka air tanah ke kedudukan semula (s') yang digambar pada grafik semilog dimana t/t' digambar pada skala logaritma dan s' pada skala biasa. Dari gambar tersebut di dapat nilai S , dengan rumus *recovery test* didapat nilai transmisivitasnya. Untuk Desa Kaliwadas nilai $S = 2.77$ meter sedang di Desa Karang Junti nilai $S = 1.31$ meter. Dari rumus Theis *recovery* di dapat nilai T untuk Desa Kaliwadas sebesar $45.7 \text{ m}^2/\text{hari}$ sedang untuk Desa Karang Junti sebesar $120.8 \text{ m}^2/\text{hari}$.

Menurut Bureau of Reclamation US Dept. of Interior (1977), nilai transmisivitas dibagi atas 3 kelompok. Nilai transmisivitas yang lebih besar dari $1000 \text{ m}^2/\text{hari}$ termasuk kedalam kelompok baik untuk pengembangan irigasi, sedangkan yang termasuk sedang adalah apabila nilai trasmisivitasnya berkisar $300 \text{ m}^2/\text{hari}$ sampai $1000 \text{ m}^2/\text{hari}$. Yang termasuk kelas kurang untuk pengembangan irigasi adalah sumur yang mempunyai nilai transmisivitas lebih kecil dari $300 \text{ m}^2/\text{hari}$. Kedua daerah penelitian, menurut Bureau of Reclamation US Dept. of Interior (1977) termasuk kelas kurang untuk pengembangan irigasi.



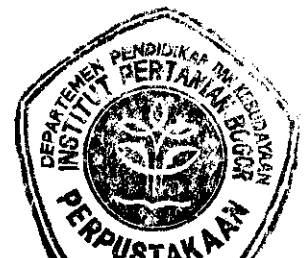
C. ALOKASI DEBIT PEMOMPAAN

Setelah debit pemompaan yang optimal didapatkan maka debit tersebut digunakan sebagai air tersedia bagi tanaman. Air yang tersedia ini dipakai untuk memenuhi evapotranspirasi atau *consumptive use* dari tanaman.

1. Evapotranspirasi Tanaman

Kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman (*crop water requirement*) merupakan kebutuhan air untuk memenuhi evapotranspirasi atau *consumptive use* dari tanaman. Evapotranspirasi tanaman dapat dihitung melalui perhitungan empiris menurut persamaan tertentu dengan data iklim yang ada.

Perhitungan evapotranspirasi tanaman pada penelitian ini didasarkan pada perhitungan evapotranspirasi potensial dengan menggunakan metoda radiasi. Pada metoda ini nilai faktor pemberat (*weight factor*) dan radiasi matahari sangat berpengaruh. Nilai faktor pemberat dapat dilihat pada Lampiran 21, sedang nilai radiasi matahari dicari pada Lampiran 20. Nilai E_{To} dapat diketahui jika nilai $W \times R_s$ sudah didapat, yaitu dengan memasukkannya pada grafik yang sesuai dengan kecepatan angin dan kelembaban relatif daerah penelitian pada Lampiran 22.



Evapotranspirasi tanaman dapat dihitung dengan mengalikan evapotranspirasi potensial dengan koefisien tanaman (Kc). Koefisien tanaman nilainya tergantung dari jenis dan umur tanaman. Nilai kc dari beberapa tanaman dapat dilihat pada Tabel di bawah ini :

Tabel 2. Nilai koefisien tanaman (kc) berbagai tanaman pada berbagai tingkat pertumbuhan

Tanaman	tahap pertumbuhan						
	1	2	3	4	5	6	7
Padi	1.10	1.08	1.06	1.05	1.03	0.97	0.95
Kc. tanah	0.50	0.55	0.82	0.95	1.05	1.05	0.68
Kc. kedele	0.51	0.72	0.98	1.10	1.10	0.66	
Jagung	0.52	0.54	0.85	1.05	1.05	0.73	

2. Perkolasi

Perkolasi merupakan jumlah air yang hilang karena mengalir atau meresap ke dalam tanah, yang mana nilainya merupakan fungsi dari tekstur tanah dan kedalaman muka air tanah (Houk, 1960). Laju perkolasi dipengaruhi oleh tekstur dan permeabilitas tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 1985).

Di Desa Kaliwadas tanahnya termasuk jenis aluvial kelabu tua, sedang di Desa Karang Junti termasuk aluvial hidromorf. Kedua lokasi penelitian tanahnya tergolong tipe berat.

Purba dan Buiyan (1983), menyatakan bahwa laju perkolasi besarnya 1.4 mm/hari pada musim hujan dan 1.6 mm/hari pada musim kemarau. Soemaatmadja (1974) menyebutkan bahwa perkolasi pada beberapa tahap pertumbuhan tanaman menunjukkan rata-rata 1.35 mm/hari.

Palagani (1989) menyatakan bahwa perkolasi untuk daerah Tegal besarnya bervariasi pada tiap fase pertumbuhan. Pada fase vegetatif besarnya perkolasi 11.2 mm, sedang pada fase reproduktif besarnya 10.3 mm dan pada fase pemasakan besarnya 14.8 mm.

Dari hasil pengukuran dengan metode selinder didapatkan bahwa laju perkolasi di daerah penelitian sebesar 6 mm/hari. Data selengkapnya tercantum pada tabel di bawah ini.

Tabel 3. Data perkolasi di daerah penelitian

ulangan	perkolasi (mm)		
	1	2	3
1	8.0	5.0	3.0
2	4.0	8.0	3.0
3	6.0	3.0	5.0
4	9.0	7.0	4.0
rata-rata	7.0	6.0	4.0

Dari hasil pengukuran dan berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu laju perkolasi di lokasi penelitian untuk perhitungan selanjutnya ditetapkan sebesar 6 mm/hari.

3. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif pada penelitian ini ditentukan dengan persamaan yang dikemukakan oleh Oldeman dan Sjarifuddin (1977). Persamaan tersebut berlaku untuk Pulau Jawa dan Madura dengan peluang terlewati 75%. Untuk padi sawah dianggap efektif 100% karena adanya penggenangan sedang untuk palawija hanya efektif 75 %.

Data curah hujan yang digunakan adalah rata-rata hujan bulanan selama 10 tahun terakhir (1980-1989). Data tersebut diambil dari stasiun hujan terdekat dari lokasi penelitian. Untuk desa Kaliwad data curah hujan diambil dari stasiun hujan di Kecamatan Adiwerna, sedang untuk desa Karang Junti data hujan diambil dari stasiun hujan di Kecamatan Losari. Perhitungan curah hujan efektif selengkapnya dicantumkan pada tabel berikut ini.



Tabel 4. Curah hujan efektif bulanan untuk padi sawah dan tanaman non padi sawah di Desa Kaliwadas

bulan	CH rata ²	CHE Padi		CHE Palawija	
	mm	mm/bln	mm/hr	mm/bln	mm/hr
Jan	302	218	7.0	163	5.3
Peb	412	308	11.0	231	8.3
Mar	263	186	6.0	139	4.5
Apr	138	83	2.8	62	2.1
Mei	122	70	2.3	53	1.7
Jun	56	16	0.5	12	0.4
Jul	55	15	0.5	11	0.4
Agt	30	0	0.0	0	0.0
Sep	33	0	0.0	0	0.0
Okt	102	54	1.7	40	1.3
Nop	174	113	3.8	54	1.8
Des	243	169	5.5	127	4.1

Tabel 5. Curah hujan efektif bulanan untuk padi sawah dan tanaman non padi sawah di Desa Karang Junti

bulan	CH rata ²	CHE Padi		CHE Palawija	
	mm	mm/bln	mm/hr	mm/bln	mm/hr
Jan	232	160	5.2	120	3.9
Peb	346	254	9.1	190	6.8
Mar	238	165	5.3	124	4.0
Apr	136	82	2.7	61	2.0
Mei	112	62	2.0	46	1.5
Jun	78	34	1.1	25	0.8
Jul	50	11	0.5	8	0.3
Agt	35	0	0.0	0	0.0
Sep	25	0	0.0	0	0.0
Okt	93	46	1.3	35	1.1
Nop	164	104	3.8	78	2.6
Des	221	151	5.5	113	3.6

4. Kehilangan Air dan Efisiensi Irigasi

Di lokasi penelitian, saluran tersier dan sub tersiernya terdiri dari saluran tanah. Kehilangan air yang terjadi sangat besar. Hal ini disebabkan karena infiltrasi yang besar terjadi pada saluran ini, juga disebabkan oleh bocoran-bocoran yang terjadi sepanjang saluran.

Kehilangan air di saluran sangat dipengaruhi oleh tempat, tingkat kelembaban tanah, topografi saluran, macam bahan pelapis dan besarnya debit.

Kusumandaru (1982) menyatakan bahwa kehilangan air dari saluran disebabkan oleh perembesan dan bocoran yang meresap ke dalam tanah sedang melalui evaporasi relatif kecil. Dari tiga bahan pelapis yang diteliti, efisiensi penyaluran tertinggi dicapai oleh saluran dengan bahan pelapis GRC yaitu 98.18% pada debit 45.22 l/det. Efisiensi penyaluran terendah pada lapisan tanah yaitu sebesar 89.74% pada debit 85.41 l/det. Efisiensi penyaluran air untuk tiga macam bahan pelapis disajikan pada Tabel 6.

Wilayah Pemali Comal berdasarkan penelitian yang dilakukan menggunakan angka kehilangan air 20% pada musim penghujan dan 25% pada musim kemarau untuk saluran tersier dan saluran sub tersiernya.

Untuk perhitungan selanjutnya kehilangan air di saluran tersier dan sub tersier ditetapkan sebesar 20%. Dengan demikian efisiensi penyaluran sebesar 80%, sedangkan efisiensi pemakaian air di lahan berdasarkan lampiran 12 ditetapkan 60% karena tanah berat. Untuk padi sawah efisiensi total adalah 80% sedang untuk palawija efisiensi total merupakan perkalian antara efisiensi penyaluran dengan efisiensi pemakaian yaitu sebesar 0.48%.

Tabel 6. Efisiensi penyaluran dengan berbagai bahan pelapis dan berbagai debit aliran (%)

Bahan pelapis	debit (l/det)		
	85.41	65.12	45.22
GRC	98.04	98.13	98.18
Pasangan batu	97.02	97.61	98.01
Tanah	89.74	90.17	90.52

Ket : Panjang saluran yang diteliti 50 m

Sumber : Kusumandaru (1982)

5. Kebutuhan Air untuk Pengolahan Tanah

Pengolahan tanah bertujuan untuk menciptakan keadaan fisik tanah yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman. Pengolahan tanah terdiri dari pembajakan (pengolahan tanah pertama) dan penggaruan (pengolahan tanah kedua).

Bhuiyan (1983) menyatakan bahwa air untuk pengolahan tanah pada musim penghujan bervariasi dari 224 mm sampai 589 mm selama 7 sampai 10 minggu. Doorenbos dan Pruitt (1977) menyatakan bahwa kebutuhan air selama pengolahan tanah adalah 200 mm dengan mengasumsikan keadaan tanah sebelum diolah jenuh.

Untuk perhitungan selanjutnya ditetapkan kebutuhan air untuk pengolahan tanah sebesar 200 mm untuk padi sawah dengan lama pengolahan tanah 30 sampai 40 hari, sedang untuk palawija kebutuhan air untuk pengolahan tanah ditetapkan sebesar 100 mm dengan lama pengolahan selama 30 sampai 40 hari. Jumlah ini biasa dipergunakan di Indonesia.

D. ANALISIS WAKTU PEMOMPAAN

Untuk mendapatkan lamanya pemakaian pompa pada setiap periode tengah bulanan, dilakukan dahulu perhitungan kebutuhan air untuk setiap periode. Perhitungan kebutuhan air untuk setiap periode menggunakan persamaan berikut :

$$I = \frac{ET_{tan} - CHE + P}{E_f \text{ total}}$$



untuk padi sawah, sedang untuk palawija kebutuhan airnya dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{ET_{tan} - CHE}{Ef \text{ total}}$$

Kebutuhan air irigasi yang didapatkan adalah kebutuhan air tanaman untuk setiap hektar dan dengan mengetahui luas areal yang disediakan untuk irigasi pompa maka kebutuhan air setiap periode dapat diketahui.

Untuk Desa Kaliwadas luas areal yang disediakan untuk areal irigasi pompa adalah 9.5 ha. Pola tanam yang biasa diterapkan di Kabupaten Tegal pada umumnya adalah padi-palawija-palawija dengan waktu tanam dimulai pada bulan Januari dan pengolahan tanah pada bulan Desember. Palawija yang biasa di tanam di desa ini meliputi kacang kedelai untuk musim tanam II dan jagung pada musim tanam berikutnya.

Di Desa Karang Junti terdapat 16 ha areal yang disediakan untuk irigasi pompa dengan pola tanam padi-palawija-palawija. Biasanya di Kabupaten Brebes palawija yang sering di tanam adalah bawang merah, tetapi karena desa Karang Junti selalu kekurangan air maka petani selalu menanam kacang kedelai pada musim tanam II dan kacang tanah pada musim tanah berikutnya. Waktu tanam dimulai pada bulan Januari dan pengolahan tanah pada bulan Desember.



Jam pemompaan setiap harinya pada tiap periode dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$I_p = \frac{KAI}{Q_p} \times 24 \text{ jam}$$

dimana :

I_p = waktu pemakaian pompa (jam/hari)

Q_p = debit optimum pemompaan (l/det)

KAI = kebutuhan air tanaman pada areal tertentu (l/det)

Penentuan lama pemakaian pompa setiap harinya untuk tiap periode diselesaikan dengan program komputer dalam bahasa basic seperti tertera dalam Lampiran 23. Data debit optimum pemompaan didapat dari pengujian sumur yaitu 10.20 l/det untuk Desa Kaliwadas dan 11.6 l/det untuk Desa Karang Junti. Data curah hujan efektif untuk dua lokasi terdapat pada Tabel 4 dan 5, sedang perkolasi besarnya ditetapkan 6.0 mm/hari berdasarkan pengukuran yang dilakukan. Efisiensi total untuk tanaman padi adalah 80% dan untuk palawija merupakan perkalian dari efisiensi penyaluran dengan efisiensi pemakaian yaitu sebesar 48%. Data evapotranspirasi tanaman untuk satu tahun dengan pola tanam yang ditetapkan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 7. Evapotranspirasi tanaman yang terjadi sepanjang tahun dengan pola tanam yang ditetapkan

Periode	Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)	
	Kaliwadas	Karang Junti
Januari I	4.40	4.40
Januari II	4.36	4.36
Pebruari I	4.45	4.45
Pebruari II	4.41	4.41
Maret I	4.63	4.63
Maret II	4.36	4.36
April I	4.27	4.27
April II	0.00	0.00
Mei I	0.00	2.60
Mei II	2.60	3.67
Juni I	2.88	3.92
Juni II	3.92	4.40
Juli I	4.62	4.62
Juli II	4.62	2.77
Agustus I	3.17	0.00
Agustus II	0.00	2.40
September I	2.60	2.75
September II	2.70	4.10
Oktober I	4.25	4.75
Oktober II	5.25	5.25
Nopember I	4.72	4.72
Nopember II	3.28	3.06
Desember I	0.00	0.00
Desember II	0.00	0.00

Dari hasil perhitungan dengan bantuan komputer didapatkan jam pemakaian pompa yang paling banyak untuk Desa Karang Junti adalah pada periode I bulan April sebesar 24 jam. Ini disebabkan karena pemakaian air yang banyak pada bulan tersebut dengan curah hujan efektif yang kecil. Pada bulan Pebruari pompa sama sekali tidak dioperasikan karena pada bulan tersebut kebutuhan air irigasi telah terpenuhi oleh adanya curah

hujan efektif yang besar yaitu 11 mm/hari. Data lamanya pompa beroperasi setiap periode dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 8. Lama operasi pompa untuk setiap periode di Desa Kaliwadas

Bulan	lama pemakaian (jam)	
	Periode I	Periode II
Januari	11.0	11.2
Pebruari	0.0	0.0
Maret	15.0	14.0
April	24.0	22.2
Mei	2.2	5.0
Juni	13.4	18.8
Juli	22.8	22.8
Agustus	17.0	17.9
September	14.0	14.5
Oktober	15.9	21.2
Nopember	15.9	8.3
Desember	13.9	13.9

Dari tabel di atas terlihat bahwa pada bulan Desember, Januari dan Pebruari lama pemakaian pompa relatif sedikit, hal ini disebabkan karena pada bulan-bulan tersebut curah hujan yang terjadi cukup besar. Dari tabel di atas juga dapat dihitung rata-rata pemakaian pompa setiap periode yaitu 13.15 jam/hari. Nilai ini tidak terlalu besar karena apabila pompa terus-menerus beroperasi selama 24 jam dikhawatirkan pompa akan cepat rusak. Diukur dari segi keamanan pompa pemakaian rata-rata 13.15 jam/hari adalah cukup aman.

Dari hasil di atas terlihat bahwa sumur dengan debit pemompaan 10.2 l/det dapat mengairi sawah seluas 9.5 ha dengan pola tanam padi-palawija-palawija. Waktu tanam ditetapkan pada bulan Januari.

Untuk Desa Karang Junti, hasil perhitungan dengan bantuan komputer menunjukkan bahwa air yang dibutuhkan untuk mengairi sawah lebih besar dari debit yang tersedia sehingga untuk areal yang disediakan bagi irigasi pompa di desa tersebut tak dapat ditanami dengan pola tanam yang seragam. Agar debit pemompaan yang ada mencukupi untuk mengairi areal yang tersedia di desa tersebut maka diterapkan pola tanam yang beragam dengan waktu tanam yang bermacam-macam. Kemudian dilakukan optimasi luas lahan yang dapat diairi dengan debit tersedia 11.2 l/det.

Berdasarkan pola tanam yang ditetapkan oleh panitia irigasi setempat maka untuk mengoptimasikan penggunaan air diajukan 24 kombinasi pola tanam alternatif dengan tiga kali tanam dalam setahun. Waktu tanam masing-masing pada bulan Desember I, Desember II, Januari I dan Januari II.

Kebutuhan air tanaman setengah bulanan (1 periode) untuk masing-masing pola tanam dapat diketahui dengan memilih ETo yang ada pada Lampiran 18 sesuai dengan jenis tanaman, tahap pertumbuhan dan bulan tanam. Pada Lampiran 27 disajikan kebutuhan air bagi setiap

kombinasi pola tanam. Lampiran 27 disusun berdasarkan nilai kebutuhan air bagi setiap kombinasi pola tanam dan ketersediaan air.

Untuk menentukan pola tanam dan luas lahan optimum diselesaikan dengan metode simplek dengan bantuan komputer. Model matematik *linear programming* secara lengkap adalah sebagai berikut :

$$\text{Maksimasi : } Z = \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m a_{rs}$$

dengan fungsi pembatas :

$$\text{Air} \longrightarrow \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m \sum_{t=1}^{24} a_{rst} \times q_{rst} < Q$$

$$\text{Tanah} \longrightarrow \sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^m a_{rs} < A$$

$$\text{Non Negatif} \longrightarrow a_{rs} < 0, \quad A < 0$$

Luasan setiap pola tanam yang sesuai dengan jumlah air yang tersedia, dengan bantuan komputer dapat diperoleh. Terlebih dahulu harus diketahui parameter-parameter yang diperlukan dalam model matematik tersebut.

Dalam penggunaan model di atas, asumsi dasar yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

1. Ketersediaan air dari akuifer tak berubah menurut musim
2. Debit pemompaan tetap untuk setiap periode

3. Efisiensi irigasi berlaku sama untuk setiap blok persawahan
4. Semua parameter dari perencanaan linear ini sesuai dengan kondisi setempat.

Dari hasil perhitungan dengan *linier programming* didapat 6 pola tanam terpilih dari 24 kombinasi pola tanam alternatif yang diajukan. Tabel 9 memuat pola tanam terpilih dan luas tanam optimum.

Tabel 9. Pola tanam terpilih dan luas lahan yang optimum sesuai dengan jumlah air tersedia

Pola Tanam	Bulan Tanam	Luas (ha)
Padi-Kc.Tanah-Kedelai	Desember II	1.92
Padi-Kc.Tanah-Kc.Tanah	Januari II	3.70
Padi-Kc.Tanah-Jagung	Januari I	3.32
Padi-Kedelai-Kc.Tanah	Desember I	1.08
Padi-Kedelai-Kc.Tanah	Desember II	3.20
Padi-Kedelai-Jagung	Desember I	0.33
Jumlah		13.55

Tabel di atas memperlihatkan bahwa total luas lahan yang dapat diairi dengan debit pemompaan 11.7 liter/detik adalah 13.55 ha. Luas lahan yang ada di Desa Karang Junti adalah 16 ha dan ini berarti bahwa dari luas lahan yang ada, lahan yang terairi dengan debit 11.7 liter/detik adalah 84.7% dari luas yang ada.

Setelah mengetahui pola tanam terpilih dengan luas tertentu dapat dihitung debit air yang terpakai pada periode tengah-bulanan. Debit terpakai ini merupakan perkalian antara jumlah air yang diperlukan per satuan luas (Lampiran 27) dengan luas lahan (Tabel 9).

Tabel 10. Debit air yang terpakai dan debit sisa dengan pola tanam terpilih

Bulan	Debit Terpakai	Debit Sisa
Januari I	6.56	5.14
Januari II	8.39	3.31
Februari I	11.60	0.10
Februari II	9.81	1.89
Maret I	2.57	9.13
Maret II	2.51	9.19
April I	10.21	1.50
April II	10.10	1.60
Mei I	10.52	1.18
Mei II	7.18	4.52
Juni I	7.05	4.65
Juni II	7.30	4.40
Juli I	8.81	2.89
Juli II	10.13	1.57
Agustus I	11.70	0.00
Agustus II	11.70	0.00
September I	11.70	0.00
September II	10.63	0.07
Oktober I	11.70	0.00
Oktober II	11.70	0.00
Nopember I	10.17	0.53
Nopember II	11.42	0.28
Desember I	5.33	6.37
Desember II	5.37	6.37

Dari tabel di atas terlihat bahwa pada bulan Januari I, Maret I, Maret II, Juni I, Juni II, Juli I dan Juli II sisa air masih banyak sekali. Hal ini disebabkan karena pada bulan-bulan tersebut curah hujan yang terjadi cukup besar. Karena sisa debit tersebut diselingi oleh bulan-bulan dengan sisa debit nol, maka debit sisa tidak mungkin dipergunakan lagi untuk mengairi areal sisa.

Dari kelebihan debit yang ada dilakukan beberapa alternatif, yaitu waktu pemompaan yang tetap dengan debit yang bervariasi tiap periodenya atau debit yang tetap dengan waktu yang bervariasi.

Pada kenyataannya alternatif pertama sulit diterapkan karena pompa tidak mungkin beroperasi terus selama 24 jam untuk jangka waktu yang lama. Untuk Desa Karang Junti dilakukan alternatif kedua, yaitu dengan lama pemompaan yang bervariasi dengan debit tetap tiap periodenya.

Berikut ini disajikan tabel besarnya debit air yang terpakai dan jam kerja pompa dengan debit pemompaan yang tetap, yaitu 11.7 liter/detik untuk periode tengah-bulanan.

Tabel 11. Besar debit air yang dibutuhkan dan jam kerja pompa dengan debit pemompaan 11.7 liter/detik untuk periode tengah-bulanan

Bulan	Debit Terpakai	Jam Kerja Pompa
Januari I	6.56	13.46
Januari II	8.39	17.21
Februari I	11.60	13.79
Februari II	9.81	20.12
Maret I	2.57	5.27
Maret II	2.51	5.27
April I	10.21	20.94
April II	10.10	20.71
Mei I	10.52	21.58
Mei II	7.18	14.73
Juni I	7.05	14.46
Juni II	7.30	14.97
Juli I	8.81	18.07
Juli II	10.13	20.78
Agustus I	11.70	24.00
Agustus II	11.70	24.00
September I	11.70	24.00
September II	10.63	21.80
Oktober I	11.70	24.00
Oktober II	11.70	24.00
November I	10.17	24.00
November II	11.42	23.40
Desember I	5.33	10.90
Desember II	5.37	10.90
Rata-Rata		18.40

Dari tabel jam kerja pompa terlihat bahwa pompa beroperasi rata-rata 18.40 jam tiap periodenya. Angka tersebut cukup aman untuk keawetan pompa.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil analisis regresi linier didapatkan nilai koefisien susut akuifer (B) di Desa Kaliwadas sebesar 0.532 dan nilai koefisien susut sumurnya adalah 0.040. Persamaan Rorabough untuk Desa Kaliwadas adalah :

$$S = 0.532 Q + 0.040 Q^2$$

Pemompaan paling optimum didapatkan pada debit 10.2 liter. Untuk Desa Karang Junti koefisien susut akuifer adalah sebesar 0.187 dan nilai koefisien susut sumur adalah 0.095. Persamaan Rorabough untuk Desa Karang Junti adalah :

$$S = 0.187 Q + 0.095 Q^2$$

Pemompaan paling optimum untuk Desa Karang Junti sebesar 11.73 liter/detik.

Pemompaan di Desa Kaliwadas semuanya efisien, sedangkan di Desa Karang Junti semuanya tidak efisien karena efisiensi pemompaan di bawah 50%. Faktor pengembangan untuk Desa Karang Junti adalah 0.64, sedangkan di Desa Kaliwadas bernilai 0.069. Bierschenk (1964) mengklasifikasikan Desa Kaliwadas ke dalam kelas sangat efektif sebagai pengembangan daerah irigasi.

Nilai S atau penurunan muka air tanah di Desa Kaliwadas bernilai 2.77 dan untuk Desa Karang Junti adalah 1.31. *Transmissivity* di Desa Kaliwadas dan Karang Junti masing-masing bernilai 45.7 dan 120.8 m^2 per hari.

Di Desa Kaliwadas, pola tanam yang biasa diterapkan adalah Padi-Palawija-Palawija dengan waktu tanam Bulan Januari. Luas areal untuk irigasi pompa adalah 9.5 ha dengan debit tersedia 10.2 liter/detik. Dengan perhitungan komputer menggunakan bahasa *Basic* didapat bahwa untuk Desa Kaliwadas bisa diterapkan pola tanam seragam dengan rata-rata waktu beroperasinya pompa selama 13.15 jam/hari untuk tiap periode.

Untuk Desa Karang Junti luas areal yang ada adalah 16 ha dengan debit tersedia 11.7 liter/detik. Pola tanam yang biasa diterapkan adalah Padi-Palawija-Palawija dengan waktu tanam Bulan Januari. Dari perhitungan didapatkan bahwa untuk Desa Karang Junti tidak dapat diterapkan pola tanam seragam. Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan optimasi luas lahan dengan pola tanam alternatif. Guna mengoptimalkan pemakaian air diajukan 24 kombinasi pola tanam dengan 3 kali tanam dalam setahun. Dari hasil optimasi dengan program linier, didapatkan 6 pola tanam terpilih dengan luas optimum 13.55 ha. Jam pemakaian pompa di Desa Karang Junti rata-rata adalah 18.4 jam/hari tiap periodenya.

B. SARAN

1. Perencanaan luas lahan optimum dalam penelitian ini akan berjalan dengan baik bila jadwal pola tanam yang diterapkan dalam penelitian ini dipenuhi.
2. Untuk memudahkan pengelolaan sebaiknya pompa beroperasi pada debit yang tetap, yaitu 10.2 liter/detik untuk Desa Kaliwadas dan 11.7 liter/detik untuk Desa Karang Junti dengan lama pemompaan yang bervariasi.
3. Setelah didapatkan luas lahan dan pola tanam optimum, sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan distribusi air dan sistem irigasi yang efisien.





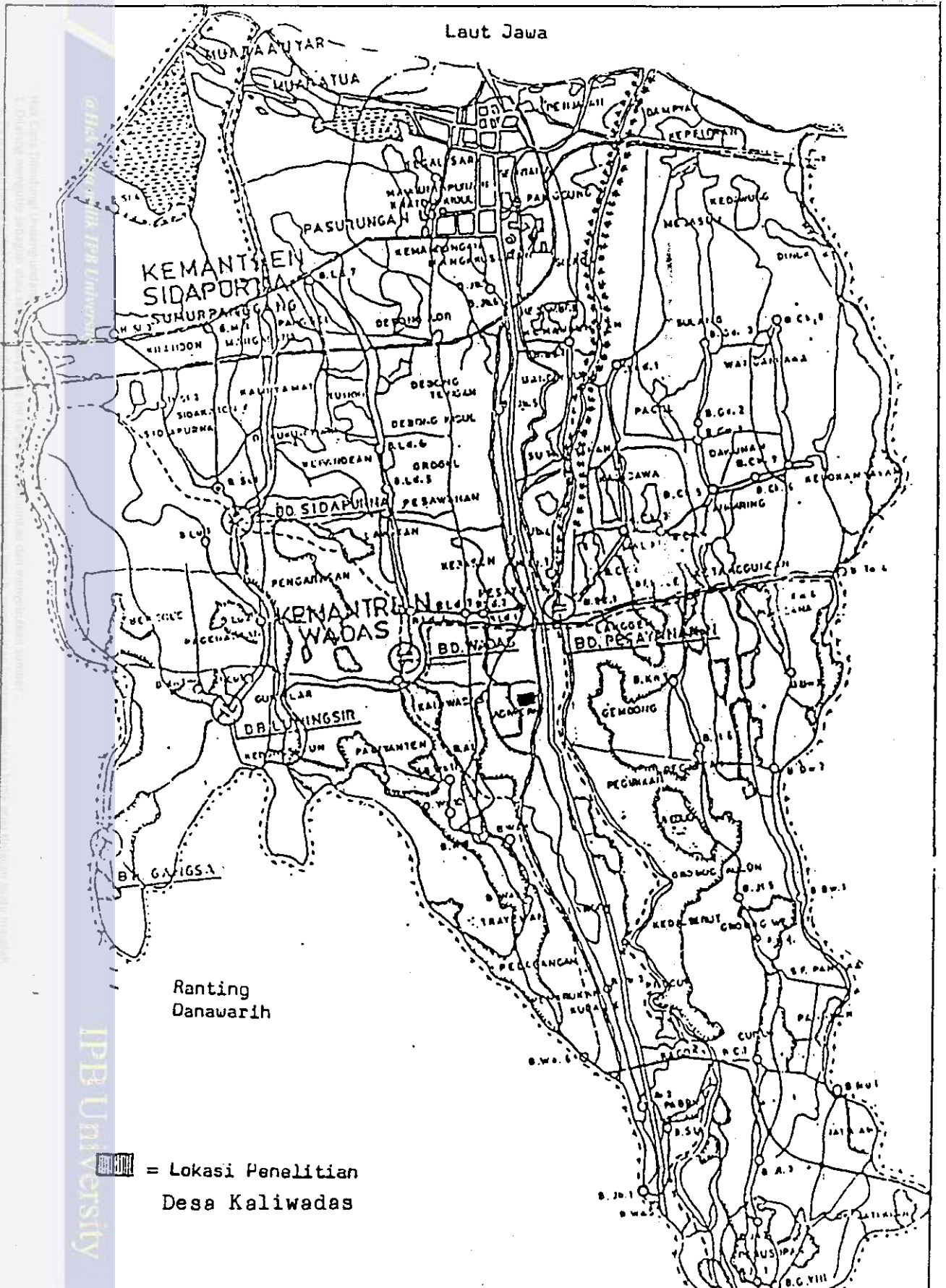
@Hik_cipta with IPB University

IPB University

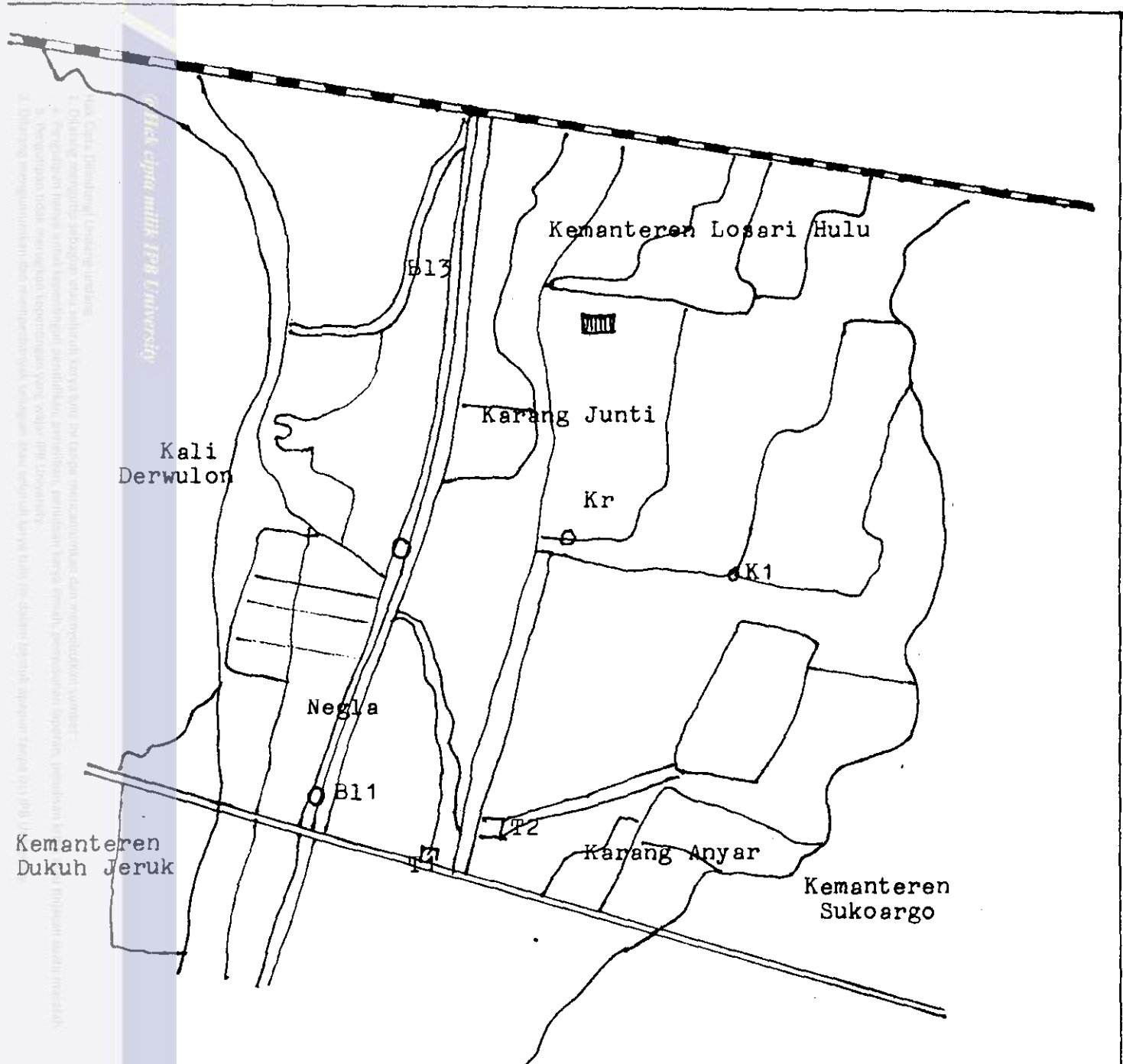
LAMPIRAN




Lampiran 1. Peta lokasi penelitian di Desa Kaliwadas



Lampiran 2. Peta Lokasi Penelitian di Desa Karang Junti



 Lokasi Penelitian di Desa Karang Junti

IPB University
Jalan Sekeloa Selatan 1, Bogor, Jawa Barat 16115
Telp. (0251) 8717333, Fax. (0251) 8717334
www.ipb.ac.id

IPB University
Jalan Sekeloa Selatan 1, Bogor, Jawa Barat 16115
Telp. (0251) 8717333, Fax. (0251) 8717334
www.ipb.ac.id

Lampiran 3. Data curah hujan bulanan selama 10 tahun di dua lokasi penelitian

Tabel 12. Data curah hujan bulanan selama sepuluh tahun pada alat penakar hujan di Kecamatan Adiwerna

Bln.	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Rata-Rata
Jan	330	258	542	471	228	311	117	341	281	139	302
Feb	209	617	408	355	546	293	376	373	190	666	412
Mar	245	284	281	336	353	159	259	264	261	189	263
Apr	98	164	259	59	174	192	139	183	50	64	138
Mei	101	163	-	228	97	88	50	135	83	149	122
Jun	55	15	14	36	8	108	75	89	102	57	56
Jul	-	144	12	21	56	91	37	21	-	56	55
Agt	-	10	-	-	96	-	9	-	-	4	30
Sep	-	43	-	-	90	32	23	4	-	6	33
Okt	111	80	-	143	44	68	36	-	214	115	102
Nop	201	195	88	276	173	76	115	137	218	262	174
Des	269	521	187	144	253	188	115	168	341	248	243
BK	1	3	2	5	3	1	5	2	1	4	2.5
BB	7	8	5	7	6	7	6	7	7	7	6.6

Tabel 13. Data curah hujan bulanan selama sepuluh tahun pada alat penakar hujan di Kecamatan Losari

Bln.	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	Rata-Rata
Jan	116	213	301	247	299	399	180	298	198	72	232
Feb	205	540	516	266	866	173	422	378	378	280	346
Mar	223	91	472	307	331	126	390	119	119	197	238
Apr	79	97	83	123	145	236	215	71	171	135	136
Mei	127	176	20	112	208	68	29	89	88	200	112
Jun	3	79	17	79	-	124	111	65	62	165	78
Jul	45	45	77	-	120	109	14	4	4	28	50
Agt	38	18	-	-	4	81	-	-	-	-	35
Sep	11	86	-	-	77	2	9	4	4	10	25
Okt	91	19	-	122	172	95	69	-	-	78	93
Nop	136	173	58	330	205	163	152	71	71	284	164
Des	280	293	174	323	176	297	135	202	202	132	221
BK	4	3	1	0	1	1	3	2	2	2	2.0
BB	6	5	4	8	9	8	7	5	5	7	6.4

Lampiran 4. Kriteria klasifikasi iklim menurut Schmidt dan Fergusson (1951) serta Oldeman (1975)

I. Klasifikasi iklim 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 bulan basah dalam setahun.

Pembagian kawasan :

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 \geq 7.00

II. Klasifikasi Oldeman (1975)

Masa basah : rangkaian bulan-bulan basah yang berkesinambungan

Masa kering : rangkaian bulan-bulan kering yang berkesinambungan

Bulan basah : bulan dengan curah hujan lebih dari 200 mm

Bulan kering : bulan dengan curah hujan kurang dari
100 mm

Pembagian kawasan :

Zone	Masa basah	Masa kering
A	9	2
B	7 - 9	2
B ₂	7 - 9	2 - 4
C	5 - 6	2 - 4
C ₃	5 - 6	3 - 6
D	3 - 4	2 - 4
D ₃	3 - 4	3 - 6
E	3	6

Lampiran 5. Harga Q (%) dari tipe iklim berdasarkan klasifikasi Schmidt dan Fergusson (1951)

	Kaliwadas	Karang Junti
Rata-rata bulan kering	2.5	2.0
Rata-rata bulan basah	6.6	6.4
Q (%)	37.87	31.25

$$Q = \frac{\text{Rata-rata bulan kering}}{\text{Rata-rata bulan basah}} \times 100\%$$



Lampiran 6. Data iklim pada lokasi penelitian (1983-1990)

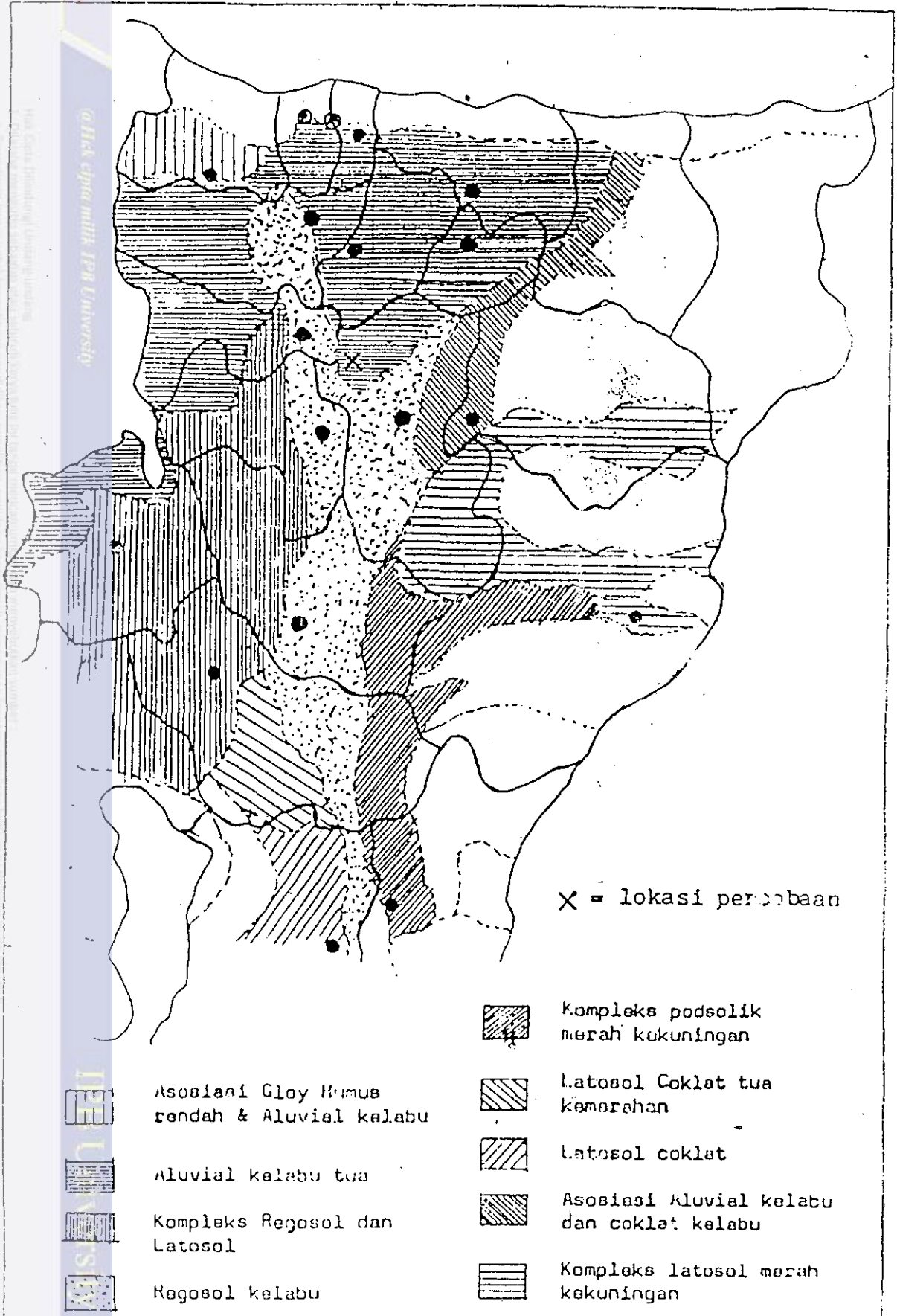
Rata-rata curah hujan bulanan (1980 - 1990)

Bulan	Curah Hujan (mm)	Bulan	Curah Hujan (mm)
Januari	347	Juli	89
Februari	362	Agustus	35
Maret	210	September	22
April	139	Oktober	75
Mei	120	November	185
Juni	83	Desember	232

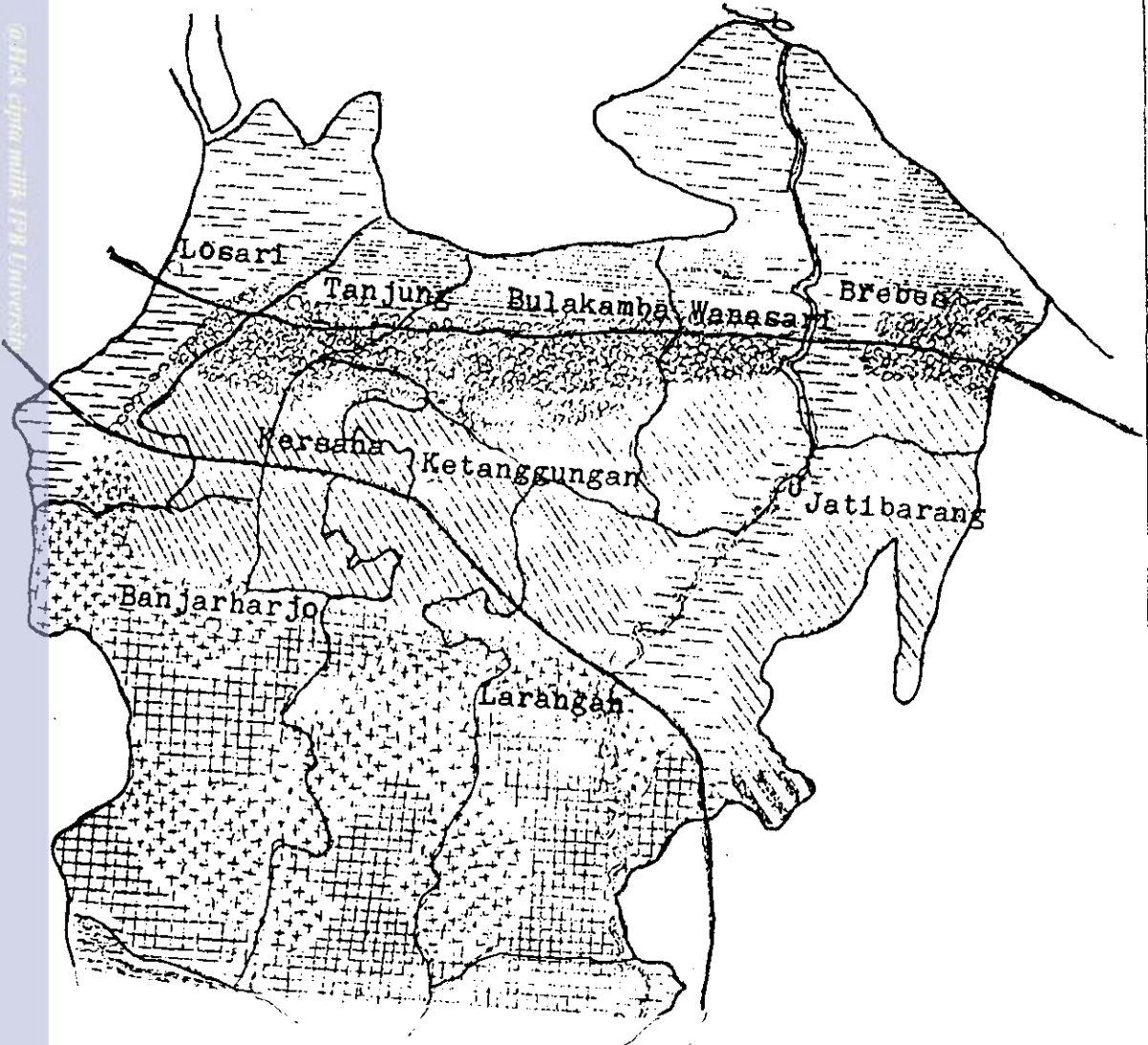
Data iklim di lokasi penelitian (1983 - 1990)

Bulan	Suhu (°C)	Kelembaban udara (%)	Penyinaran matahari (jam/hari)	Kecepatan angin (m/dt)
Januari	26.6	87.1	3.6	4.3
Februari	26.5	87.6	5.0	3.4
Maret	26.8	85.8	5.4	3.0
April	27.4	82.9	6.2	2.9
Mei	27.4	82.9	6.5	3.1
Juni	27.0	81.0	6.7	3.4
Juli	26.3	79.1	7.1	3.7
Agustus	26.4	76.1	7.3	4.4
September	27.0	75.0	6.8	4.9
Oktober	27.6	77.0	6.2	4.3
November	27.5	80.0	5.1	4.1
Desember	27.0	83.0	4.7	3.9

Lampiran 7. Peta tanah Kabupaten Tegal



Lampiran 8. Peta tanah Kabupaten Brebes



- | | | | |
|--|---------------------------|--|---|
| | Aluvial Hidromorf | | Asosiasi glei humus rendah dan aluvial kelabu |
| | Aluvial Kelabu tua | | Kompleks regosol dan litosol |
| | Aluvial coklat Kekelabuan | | Asosiasi andosol coklat |
| | Litosol | | Grumusol kelabu tua |
| | Latosol coklat kemerahan | | Kompleks grumusol regosol dan mediteran |



© Hak cipta milik IPB University
 This document is the property of IPB University. It is not to be distributed, reproduced, or used in any form without the written permission of the copyright holder.

Lampiran 10. Hasil Analisa Sifat Fisik Tanah di Kabupaten Brebes

No	Label Contoh	Kedalaman (Cm)	Bulk Density (g/cc)	Porositas (%)	Liat	Tekstur Debu	(%) Pasir
1.	A ₁	0 - 20	1.07	59.62	56.3	23.1	20.6
2.	A ₂	20 - 40	1.14	56.98	50.1	27.4	22.5
3.	B ₁	0 - 20	1.11	58.11	52.5	25.2	22.3
4	B ₂	20 - 40	1.13	57.36	49.7	26.1	24.3
5.	C ₁	0 - 20	1.01	57.06	54.2	21.4	24.6
6.	C ₂	20 - 40	1.170	58.94	47.3	28.6	24.1

Lampiran 9. Hasil analisa sifat fisik tanah di Kabupaten Tegal

DATA ANALISA SIFAT FISIKA TANAH

DATA CONTOH : Asal Contoh : (Tegal)

Banyaknya : 16 contoh

Pemohon : Tim Water Management, Faceta, IPB.

No.	Label Contoh	Kedalaman (cm)	BD (gr/cm)	BJP (gr/cm)	Pori Total (%)			Berat air (% berat)			Permea- bilitas (cm/jam)	Air tersedia (% Vol.)	
					Liat	Udru	Pasir	pF0,0	pF2,54	pF4,2			
1.	IA	0 - 20	1,22	2,20	44,5	51,2	22,2	26,6	44,3	37,9	17,3	3,3	25,1
2.	IB	20 - 40	1,10	2,11	48,9	39,9	32,0	28,1	47,9	34,5	17,8	3,8	18,4
3.	IIA	0 - 20	1,24	2,23	44,4	51,0	26,9	22,1	44,2	37,5	17,9	3,9	24,3
4.	IIB	20 - 40	1,24	2,28	45,7	50,7	26,3	23,0	45,2	36,3	18,0	4,0	22,7
5.	IIIA	0 - 20	1,03	2,07	50,3	40,4	31,0	28,6	50,3	32,3	19,5	5,5	13,2
6.	IIIB	20 - 40	1,26	2,48	49,2	50,7	25,0	24,3	49,1	37,4	16,9	2,9	25,8
7.	IVA	0 - 20	1,01	1,97	48,8	38,3	31,8	29,9	48,7	34,4	19,0	6,0	15,5
8.	IVB	20 - 40	1,17	2,34	50,0	47,4	31,2	21,4	50,0	33,3	17,3	3,8	18,7
9.	V A	0 - 20	1,10	2,28	52,8	43,8	35,5	20,2	52,3	34,0	16,3	3,3	19,5
10.	V B	20 - 40	1,22	2,27	46,3	47,7	31,7	20,5	46,3	35,6	16,5	3,5	23,3
11.	VI A	0 - 20	1,26	2,41	48,8	50,0	28,7	21,3	48,2	37,3	15,6	2,6	27,3
12.	VI B	20 - 40	1,27	2,44	52,0	49,9	27,0	23,1	50,0	36,1	17,2	4,2	24,0
13.	VII A	0 - 20	1,25	2,39	47,7	47,3	26,7	20,0	47,7	34,5	17,0	4,0	21,9
14.	VII B	20 - 40	1,30	2,59	49,2	50,8	19,9	29,3	49,1	37,2	16,8	4,3	26,5
15.	VIII A	0 - 20	1,24	2,35	47,3	49,2	32,2	18,6	47,7	36,6	16,5	4,0	24,9
16.	VIII B	20 - 40	1,21	2,33	48,1	44,7	35,0	20,3	48,0	30,3	15,5	3,5	17,9

Lampiran 10. Hasil Analisa Sifat Fisik Tanah di Kabupaten Brebes

No	Label Contoh	Kedalaman (Cm)	Bulk Density (g/cc)	Porositas (%)	Liat	Tekstur Debu	Tekstur Pasir (%)
1.	A ₁	0 - 20	1.07	59.62	56.3	23.1	20.6
2.	A ₂	20 - 40	1.14	56.98	50.1	27.4	22.5
3.	B ₁	0 - 20	1.11	58.11	52.5	25.2	22.3
4.	B ₂	20 - 40	1.13	57.36	49.7	26.1	24.3
5.	C ₁	0 - 20	1.01	57.06	54.2	21.4	24.6
6.	C ₂	20 - 40	1.170	58.94	47.3	28.6	24.1

Lampiran 11. Efisiensi penyaluran (Ec), penyaluran di lapang (Eb), distribusi (Ed) dan pemberian (Ea)

		ICID/IRRI	
Efisiensi Penyaluran (Ec)			
Pemberian secara terus menerus tanpa perubahan dalam pengalirannya			0.9
Pemberian secara bergilir pada areal seluas 70 - 300 ha maupun 3000 - 7000 ha.			0.8
Efisiensi Penyaluran di Lapang (Eb)			
Blok areal lebih dari 20 ha. tak berlapis			0.8
berlapis atau dengan pipa			0.9
Blok areal sampai dengan 20 ha. tak berlapis			0.7
berlapis atau dengan pipa			0.9
Efisiensi Distribusi (Ed = Ec.Eb)			
Pemberian secara bergilir, pengaturannya mempunyai hubungan :			
cukup			0.65
sedang			0.55
tidak cukup			0.40
kurang			0.30
Efisiensi Pemberian (Ea)		USDA	US(SCS)
Irigasi permukaan			
tanah ringan	0.55		
tanah sedang	0.70		
tanah berat	0.60		
graded border		0.60 - 0.75	0.53
basin and level border		0.60 - 0.80	0.58
contour ditch		0.50 - 0.55	
furrow		0.55 - 0.70	0.57
corrugation		0.50 - 0.70	
Irigasi bawah permukaan		- 0.80	
Sprinkler			
iklim kering dan panas		0.60	
iklim sedang		0.70	0.67
iklim lembab dan dingin		0.80	
Padi			0.32

Sumber : Doorenbos dan Pruitt (1977).

Lampiran 12. Data uji pemompaan bertahap (*step drawdown test*) di Desa Kaliwadas

Step I $Q = 31$ /dtk Step II $Q = 4$ l/dtk Step III $Q = 5$ l/dtk

Waktu (min)	Water Level (m)	Drawdown (m)	Water Level (m)	Drawdown (m)	Water Level (m)	Drawdown (m)
0	0.52					
1	2.18	1.66	2.99	2.47	3.95	3.43
2	2.23	1.71	3.08	2.56	3.98	3.46
3	2.27	1.75	3.12	2.60	4.00	3.48
4	2.29	1.77	3.14	2.62	4.02	3.50
5	2.30	1.78	3.15	2.63	4.04	3.52
6	2.30	1.78	3.16	2.64	4.05	3.53
7	2.31	1.79	3.16	2.64	4.05	3.53
8	2.31	1.79	3.16	2.64	4.06	3.54
9	2.33	1.81	3.16	2.64	4.06	3.54
10	2.34	1.82	3.17	2.65	4.06	3.54
12	2.35	1.83	3.18	2.66	4.07	3.55
14	2.35	1.83	3.18	2.66	4.08	3.56
16	2.36	1.84	3.19	2.67	4.08	3.56
18	2.36	1.84	3.22	2.70	4.09	3.57
20	2.36	1.84	3.24	2.72	4.09	3.57
25	2.36	1.84	3.24	2.72	4.09	3.57
30	2.37	1.85	3.25	2.73	4.09	3.57
35	2.39	1.87	3.26	2.74	4.09	3.57
40	2.40	1.88	3.26	2.74	4.09	3.57
45	2.41	1.89	3.26	2.74	4.10	3.58
50	2.41	1.89	3.27	2.75	4.10	3.58
55	2.41	1.89	3.28	2.76	4.10	3.58
60	2.41	1.89	3.28	2.76	4.11	3.59
70	2.41	1.89	3.28	2.76	4.12	3.60
80	2.41	1.89	3.28	2.76	4.12	3.60
90	2.42	1.90	3.29	2.77	4.13	3.61
100	2.43	1.91	3.29	2.77	4.13	3.61
110	2.44	1.92	3.29	2.77	4.13	3.61
120	2.44	1.92	3.29	2.77	4.13	3.61
130	2.45	1.93	3.29	2.77	4.13	3.61
140	2.47	1.95	3.30	2.78	4.13	3.61
150	2.47	1.95	3.31	2.79	4.13	3.61
160	2.48	1.96	3.31	2.79	4.14	3.62
170	2.48	1.96	3.31	2.79	4.14	3.62
180	2.49	1.97	3.31	2.79	4.14	3.62

Lampiran 12. (lanjutan)

Waktu (min)	Step IV $Q = 6 \text{ l/dtk}$		Step V $Q = 7 \text{ l/dtk}$	
	Water Level (m)	Drawdown (m)	Water Level (m)	Drawdown (m)
0	4.14			
1	4.83	4.31	5.77	5.25
2	4.83	4.31	5.95	5.43
3	4.90	4.38	5.96	5.44
4	4.94	4.42	5.97	5.45
5	5.00	4.48	5.99	5.47
6	5.02	4.50	6.01	5.49
7	5.03	4.51	6.03	5.51
8	5.05	4.53	6.04	5.52
9	5.06	4.54	6.05	5.53
10	5.06	4.54	6.06	5.54
12	5.06	4.54	6.08	5.56
14	5.07	4.55	6.10	5.58
16	5.07	4.55	6.11	5.59
18	5.08	4.56	6.13	5.61
20	5.09	4.57	6.13	5.61
25	5.09	4.57	6.15	5.63
30	5.09	4.57	6.16	5.64
35	5.09	4.57	6.16	5.64
40	5.10	4.58	6.18	5.66
45	5.10	4.58	6.19	5.67
50	5.10	4.58	6.20	5.68
55	5.11	4.59	6.20	5.68
60	5.11	4.59	6.20	5.68
70	5.13	4.61	6.20	5.68
80	5.13	4.61	6.20	5.68
90	5.14	4.62	6.20	5.68
100	5.15	4.64	6.20	5.68
110	5.16	4.64	6.20	5.68
120	5.16	4.64	6.20	5.68
130	5.16	4.65	6.20	5.68
140	5.17	4.65	6.20	5.68
150	5.17	4.65	6.20	5.68
160	5.17	4.65	6.20	5.68
170	5.17	4.65	6.20	5.68
180	5.17	4.65	6.20	5.68

Lampiran 13. Data uji pemompaan bertahap (*step drawdown test*) di Desa Karang Junti

Step I Q = 7.5 l/dtk Step II Q = 9.3 l/dtk Step III Q = 10.6 l/dtk

Waktu (min)	Water Level (m)	Drawdown (m)	Water Level (m)	Drawdown (m)	Water Level (m)	Drawdown (m)
0	8.25					
5	13.12	4.87	16.42	8.17	19.22	10.97
10	13.50	5.25	16.55	8.30	19.40	11.15
15	13.86	5.61	16.62	8.37	19.45	11.20
20	13.94	5.69	16.70	8.45	19.53	11.28
25	13.98	5.73	16.82	8.57	19.54	11.29
30	14.04	5.79	16.87	8.62	19.61	11.36
40	14.15	5.90	16.97	8.72	19.64	11.39
50	14.16	5.91	17.00	8.75	19.74	11.49
60	14.19	5.94	17.22	8.97	19.80	11.55
70	14.26	6.01	17.25	9.00	19.81	11.56
80	14.31	6.06	17.30	9.05	20.01	11.76
90	14.37	6.12	17.35	9.10	20.17	11.92
100	14.42	6.17	17.40	9.15	20.19	11.94
110	14.47	6.22	17.45	9.20	20.24	11.99
120	14.53	6.28	17.50	9.25	20.31	12.06
130	14.58	6.33	17.56	9.31	20.35	12.10
140	14.62	6.37	17.60	9.35	20.43	12.18
150	14.66	6.41	17.65	9.40	20.50	12.25
160	14.70	6.45	17.77	9.52	20.53	12.28
170	14.75	6.50	17.77	9.52	20.63	12.38
180	14.79	6.54	17.78	9.53	20.71	12.46

Lampiran 13. (lanjutan)

Step IV $Q = 12.1$ l/dtk		Step V $Q = 13.6$ l/dtk		
Waktu (min)	Water Level (m)	Drawdown (m)	Water Level (m)	Drawdown (m)
0	20.71			
5	20.83	12.58	23.99	15.74
10	22.19	13.94	24.18	15.93
15	22.56	14.31		
20	22.50	14.25		
25	23.00	14.75		
30	23.13	14.88		
40	23.20	14.95		
50	23.31	15.06		
60	23.50	15.25		
70	23.58	15.33		
80	23.66	15.41		
90	23.69	15.44		
100	23.72	15.47		
110	23.74	15.49		
120	23.75	15.50		
130	23.76	15.51		
140	23.77	15.52		
150	23.79	15.54		
160	23.80	15.55		
170	23.82	15.57		
180	23.84	15.59		

Lampiran 14. Data pemulihan muka air tanah (*recovery test*)
di Desa Kaliwadas

t (min)	t' (min)	t/t'	Water Level (m)
4321	1	4321	1.75
4322	2	2161	0.85
4323	3	1441	0.71
4324	4	1081	0.51
4325	5	865	0.43
4326	6	721	0.38
4327	7	618	0.35
4328	8	541	0.33
4329	9	481	0.30
4330	10	433	0.28
4332	12	361	0.26
4334	14	310	0.24
4336	16	271	0.22
4338	18	241	0.20
4340	20	217	0.19

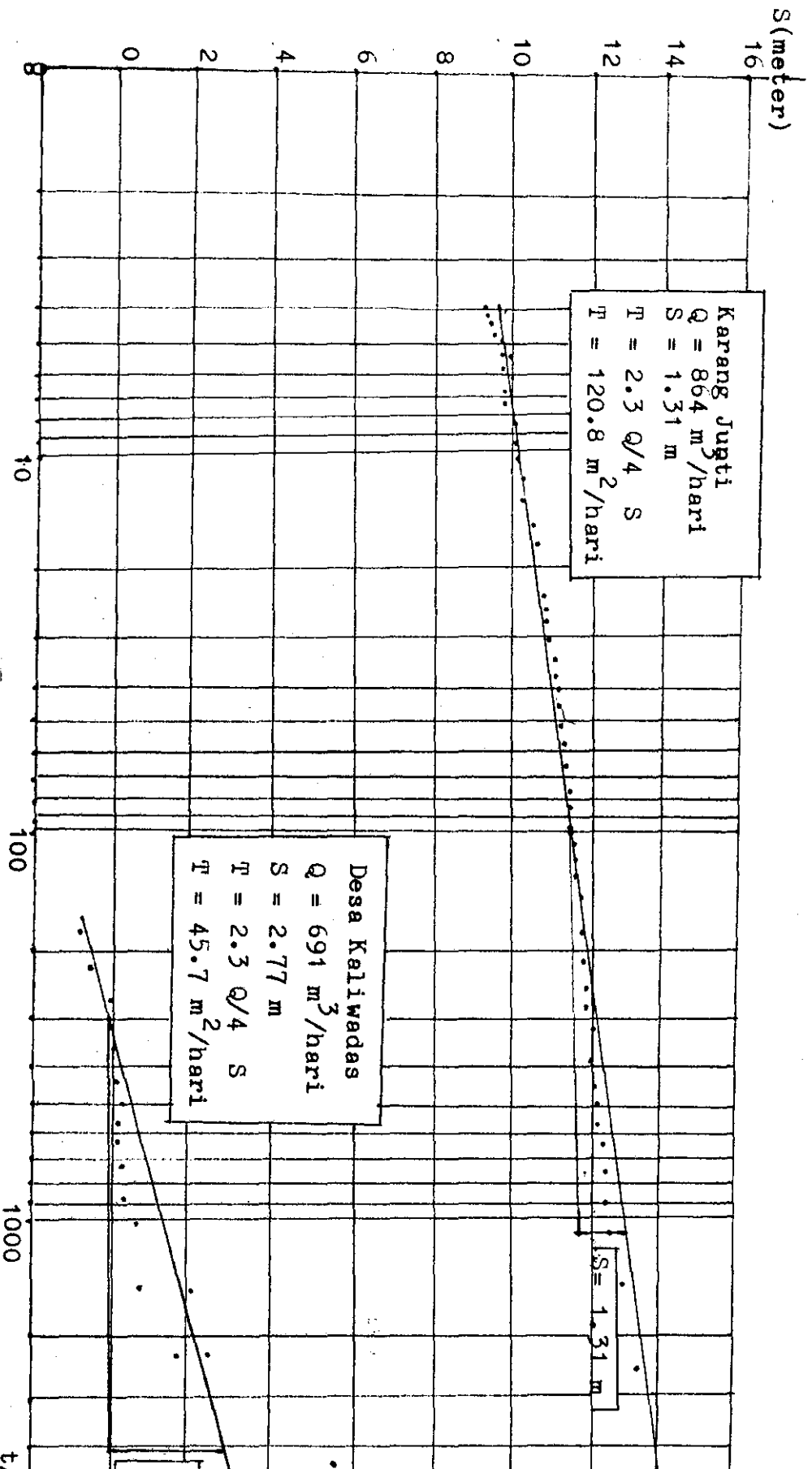
Lampiran 15. Data pemulihan muka air tanah (*recovery test*)
di Desa Karang Junti

t (min)	t' (min)	t/t'	Water Level (m)
4321	1	4321.0	14.19
4322	2	2161.0	13.76
4323	3	1441.0	13.42
4324	4	1081.0	13.17
4325	5	865.0	13.02
4326	6	721.0	12.91
4327	7	618.1	12.82
4328	8	541.0	12.73
4329	9	481.0	12.66
4330	10	433.0	12.61
4332	12	361.0	12.55
4334	14	309.6	12.45
4336	16	271.0	12.35
4338	18	241.0	12.28
4340	20	217.0	12.23
4345	25	173.8	12.18
4350	30	145.0	12.05
4355	35	124.4	11.19
4360	40	109.0	11.91
4365	45	97.0	11.84
4370	50	87.4	11.77
4375	55	79.5	11.70
4380	60	73.0	11.65
4390	70	62.7	11.60
4400	80	55.0	11.53
4410	90	49.0	11.45
4420	100	44.2	11.40
4430	110	40.3	11.34
4440	120	37.0	11.27
4455	135	33.0	11.22
4470	150	29.8	11.15
4485	165	27.2	11.08
4500	180	25.0	11.03
4520	200	22.6	10.96

Lampiran 15. (lanjutan)

t (min)	t' (min)	t/t'	Water Level (m)
4500	180	25.0	11.03
4520	200	22.6	10.96
4560	240	19.0	10.91
4590	270	17.0	10.79
4620	300	15.4	10.70
4680	360	13.0	10.55
4740	420	11.3	10.42
4800	480	10.0	10.29
4860	540	9.0	10.20
4920	600	8.2	10.11
4980	660	7.5	10.02
5040	720	7.0	9.95
5100	780	6.5	9.88
5160	840	6.1	9.82
5220	900	5.8	9.76
5280	960	5.5	9.70
5340	1020	5.2	9.64
5400	1080	5.0	9.59
5460	1140	4.8	9.54
5520	1200	4.6	9.50
5580	1260	4.4	9.46
5640	1320	4.3	9.42
5700	1380	4.1	9.39
5760	1440	4.0	9.36

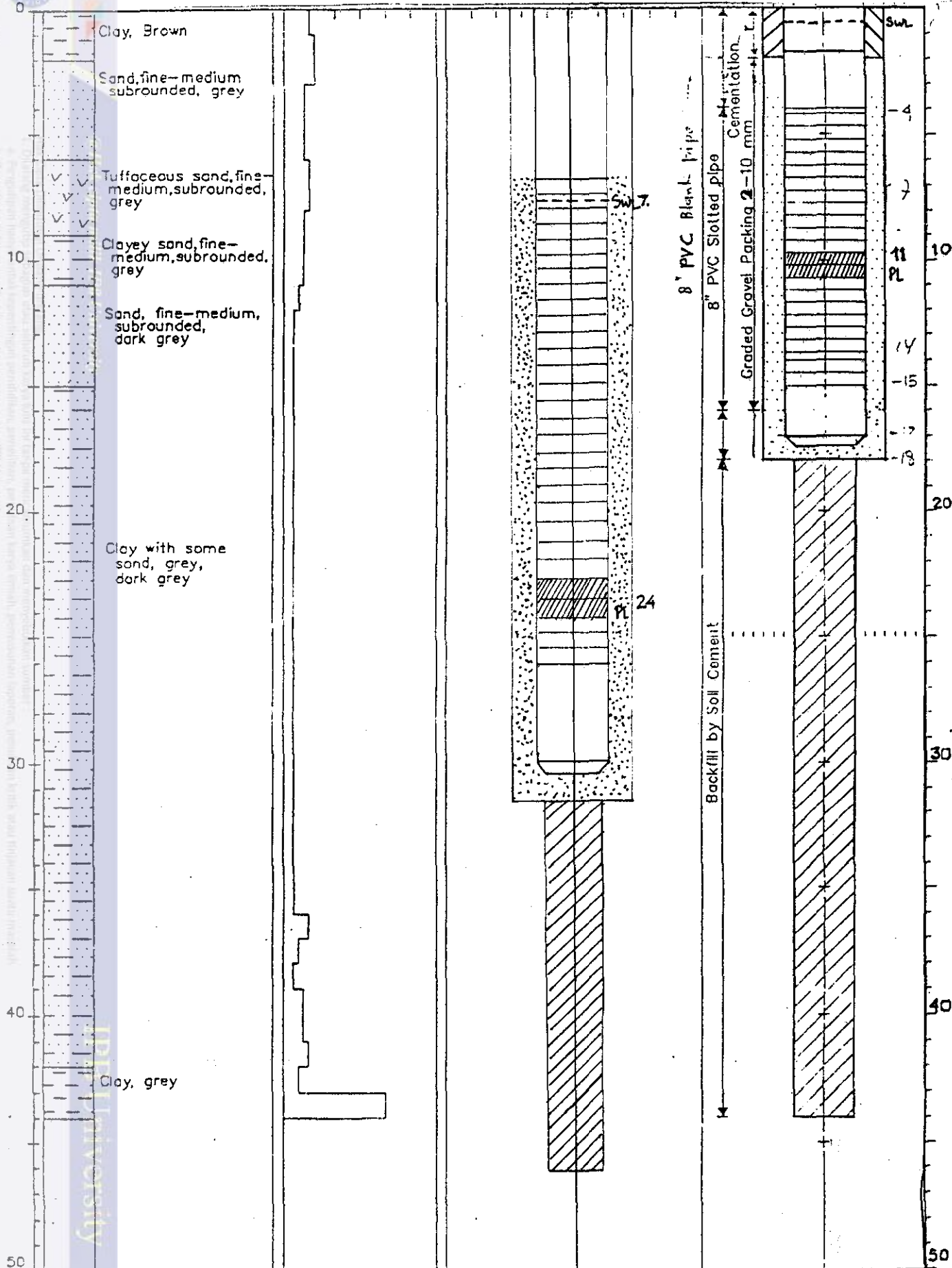
Lampiran 16. Analisa Uji Pemompaan dengan Metoda Theis Recovery di Dua Lokasi penelitian



Gambar 4. Analisa Uji pemompaan dengan metode Theis Recovery pada dua lokasi penelitian

Desa Karang Junti

Desa Kaliwadas



Lampiran 18. Perhitungan Evapotranspirasi Potensial Tanaman Acuan (ET_o) dengan Metoda Radiasi

	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
Ra (mm/hari)	15.9	16.0	15.6	14.6	13.3	12.7	12.7	13.9	15.0	15.7	15.8	15.7
n (jam/hari)	3.8	4.7	5.3	6.0	6.4	6.6	7.0	7.2	6.8	6.2	5.1	4.7
N (jam/hari)	12.3	12.3	12.1	12.0	11.8	11.7	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4	12.5
n/N	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4
Rs (mm/hari)	6.4	7.0	7.3	7.3	6.9	6.7	7.0	7.7	8.0	7.9	7.2	6.7
T rata ² (°C)	26.6	27.4	26.8	27.3	27.4	27.0	26.3	26.4	27.0	27.6	27.5	27.0
W	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
W.Rs (mm/hari)	4.9	5.3	5.5	5.5	5.2	5.1	5.3	5.8	6.1	6.1	5.5	5.1
Rh rata ² (%)	87.0	88.0	86.0	83.0	83.0	81.0	79.0	76.0	75.0	77.0	80.0	83.0
V angin (m/dt)	4.3	3.6	3.1	3.0	3.3	3.6	3.9	4.6	4.9	4.3	4.1	3.9
ET _o (mm/hari)	4.0	4.2	4.5	4.5	5.1	4.0	4.2	4.8	5.0	5.0	4.5	4.0
ET _o (mm/bln)	124.0	117.0	139.5	135.0	158.1	120.0	131.2	148.8	150.0	155.0	135.0	120.0

Keterangan :

Ra = *extra terrestrial radiation* yang ekuivalen dengan evaporasi

n = lama penyinaran matahari

N = lama penyinaran matahari maksimum yang mungkin terjadi

Rs = $(0.25 + 0.5 n/N) Ra$

T rata² = temperatur rata-rata

W = faktor pemberat (*weighing factor*) yang tergantung pada suhu dan elevasi

Rh rata² = Kelembaban relatif rata-rata

V angin = kecepatan angin rata-rata

ET_o = Evapotranspirasi potensial tanaman acuan



Lampiran 19. Besarnya radiasi extraterrestrial (Ra) dalam mm/hari

Northern Hemisphere												Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.3	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.6	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	17.1	16.5	15.1	13.2	11.3	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.9	15.7	14.8	13.9	12.4	11.6	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	14.9	14.1	12.8	12.0	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
13.9	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.2	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
14.3	15.0	15.5	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.1	14.5	14.1	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	15.3	15.6	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.2	15.1	14.8	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

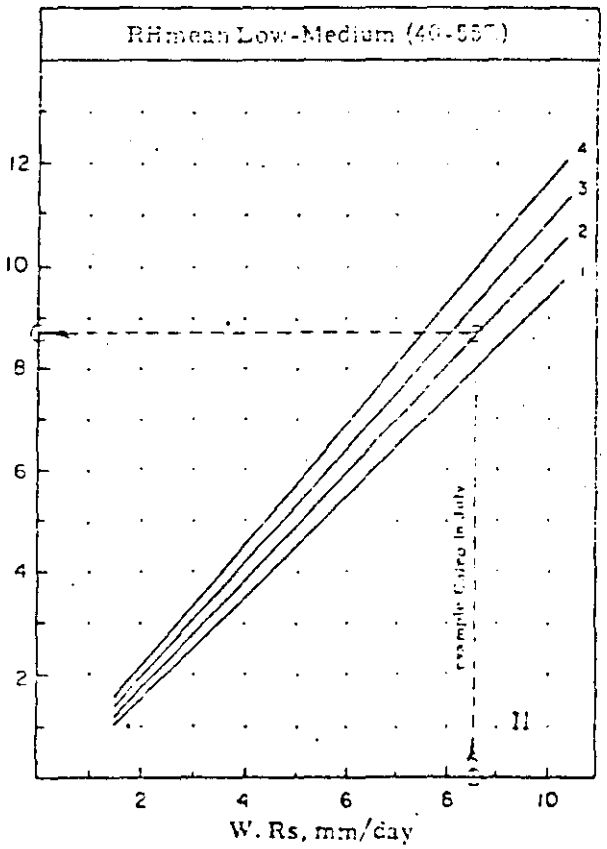
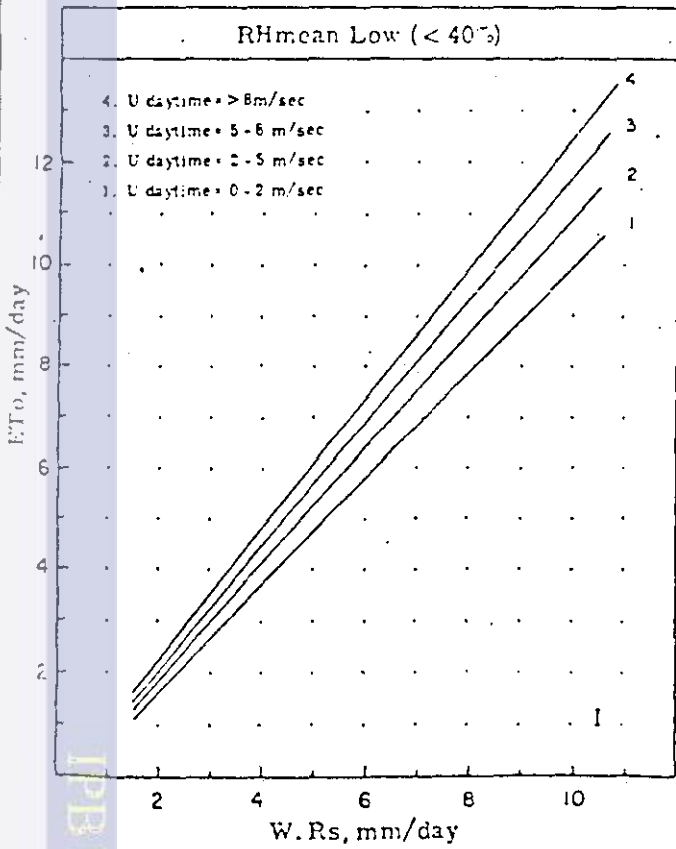
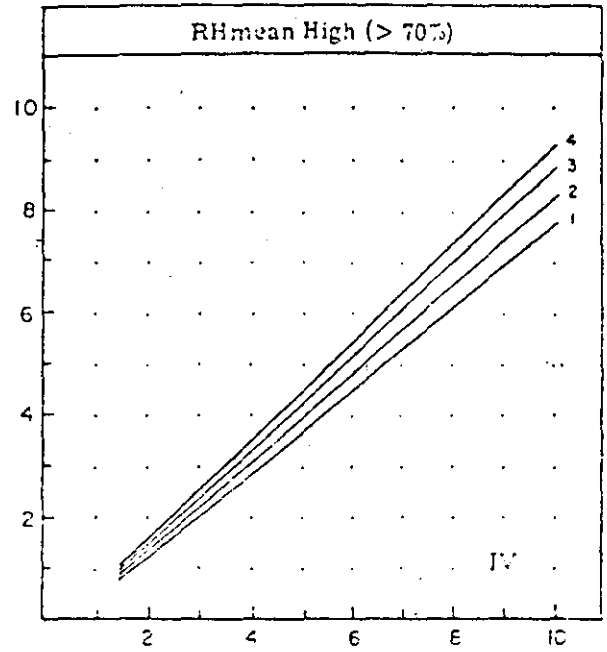
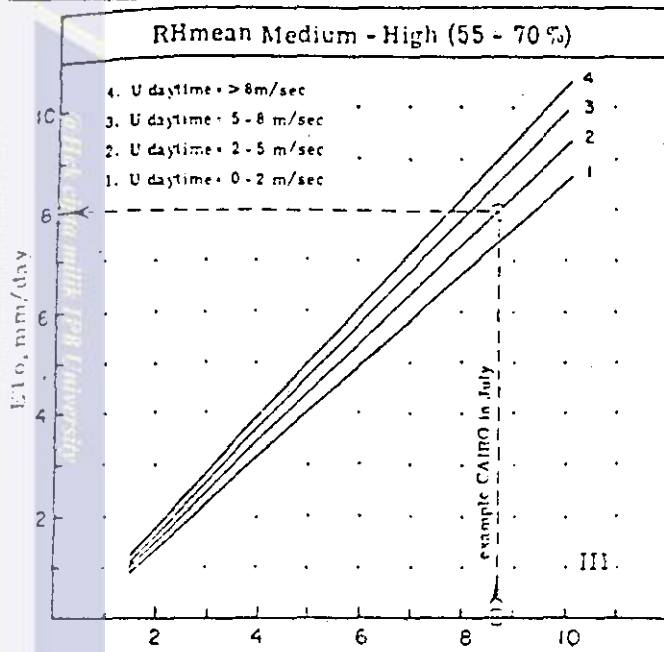
Lampiran 20. Rata-rata lama penyinaran matahari maksimal (N) dalam jam/hari

Northern Lats Southern Lats	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	June
50	8.5	10.1	11.8	13.8	15.4	16.3	15.9	14.5	12.7	10.8	9.1	8.1
48	8.8	10.2	11.8	13.6	15.2	16.0	15.6	14.3	12.6	10.9	9.3	8.3
46	9.1	10.4	11.9	13.5	14.9	15.7	15.4	14.2	12.6	10.9	9.5	8.7
44	9.3	10.5	11.9	13.4	14.7	15.4	15.2	14.0	12.6	11.0	9.7	8.9
42	9.4	10.6	11.9	13.4	14.6	15.2	14.9	13.9	12.6	11.1	9.8	9.1
40	9.6	10.7	11.9	13.3	14.4	15.0	14.7	13.7	12.5	11.2	10.0	9.3
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9*	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	13.0	12.3	11.6	10.9	10.6
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
10	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
5	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1

Lampiran 21. Nilai faktor pemberat (W) yang tergantung pada suhu dan ketinggian

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	
W at altitude m																					
0	.43	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.68	.71	.73	.75	.77	.78	.80	.82	.83	.84	.85	.85
500	.45	.48	.51	.54	.57	.60	.62	.65	.67	.70	.72	.74	.76	.78	.79	.81	.82	.84	.84	.85	.86
1 000	.46	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.80	.82	.83	.85	.85	.86	.87
2 000	.49	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.87	.88	.88
3 000	.52	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.75	.77	.79	.81	.82	.84	.85	.86	.88	.88	.89	.89
4 000	.55	.58	.61	.64	.66	.69	.71	.73	.76	.78	.79	.81	.83	.84	.85	.86	.88	.89	.90	.90	.91

Lampiran 22. Kurva hubungan antara W.Rs dengan ETo (mm/hari)



IPB University
 Institut Pertanian Bogor
 Jl. Raya Pajadjaran No. 1, Bogor, Jawa Barat 16157
 Telp. (0251) 8325111
 Email: info@ipb.ac.id

Lampiran 23. Program basic untuk menghitung kebutuhan air dan lama pemompaan pada setiap periode dengan pola tanam yang seragam

```

10 DIM E(24),P(24),C(24),EF(24)
20 DIM K(24),AI(24),KAI(24),J(24)
30 CLS
40 REM "PROGRAM PENGHITUNG JAM PEMAKAIAN POMPA"
50 REM "DIBUAT OLEH AGUS IRWANTO"
60 INPUT "DEBIT TERSEDIA":Q
70 INPUT "LUAS AREAL":A
80 PRINT
90 PRINT "DATA: ET,PERKOLASI,CHE,EFISIENSI"
100 PRINT
110 FOR I=1 TO 24
120 PRINT"PERIODE":I:INPUT E(I),P(I),C(I),EF(I)
130 PRINT
140 NEXT I
150 CLS
160 LPRINT "PERIODE","EVAPOTRANS","PERKOLASI","CHE","EFISIENSI"
170 FOR I =1 TO 24
180 LPRINT I,E(I),P(I),C(I),EF(I)
190 NEXT I
200 LPRINT
210 REM MENGOLAH DATA DAN MENCETAK
220 S=0
230 FOR I =1 TO 24
240 R(I)=(E(I)+P(I)-C(I))/EF(I)
250 AI(I)=K(I)*10000/36400!
260 IF AI(I)<=0 THEN AI(I)=0
270 KAI(I)=A*AI(I)
280 IF KAI(I)>>0 GOTO 450
290 J(I)=KAI(I)/Q*24
300 S =S+J(I)
310 NEXT I
320 R = S/24
330 LPRINT
340 LPRINT "LUAS AREAL ":A;"HA"
350 LPRINT "DEBIT TERSEDIA ":Q;"L/DET/HA"
360 LPRINT
370 LPRINT "PERIODE","KEB AIR","LAMA PEMOMPAAN"
380 FOR I =1 TO 24
390 LPRINT I,KAI(I),J(I)
400 NEXT I
410 LPRINT
420 LPRINT
430 LPRINT "RATA-RATA LAMA PEMOMPAAN ";R;"JAM"
440 STOP
450 LPRINT "AIR YANG DIBUTUHKAN LEBIH BESAR DARI AIR TERSEDIA"
460 LPRINT "PROGRAM DISELESAIKAN DENGAN SIMPLEX METHOD"
470 END

```

Lampiran 24. Hasil perhitungan lama pemompaan di Desa Kaliwadas

PERIODE	EVAPOTRANS	PERKOLASI	QHE	EFISIENSI
1	4,4	6	7	,8
2	4,36	6	7	,8
3	4,45	6	11	,8
4	4,41	6	11	,8
5	4,33	6	6	,8
6	4,36	6	6	,8
7	4,37	6	2,8	,8
8	6,67	0	2,8	,8
9	6,57	0	1,7	,8
10	2,8	0	1,7	,48
11	1,53	0	1,4	,48
12	3,92	0	1,4	,48
13	4,33	0	1,4	,48
14	4,33	0	1,4	,48
15	3,17	0	0	,48
16	3,67	0	0	,8
17	2,8	0	0	,48
18	2,7	0	0	,48
19	4,33	0	1,6	,48
20	6,25	0	1,6	,48
21	4,72	0	1,8	,48
22	3,23	0	1,8	,48
23	6,57	0	4,1	,8
24	6,67	0	4,1	,8

PERIODE	KEB AIR	LAMA PEMOMPAAN
1	4,673032	10,48157
2	4,519037	10,35826
3	0	0
4	0	0
5	6,66057	14,27343
6	6,992478	16,44107
7	10,26693	23,02362
8	6,312011	11,80043
9	6,660574	16,32152
10	2,061632	4,624221
11	6,661941	12,7433
12	2,663271	13,08554
13	3,663671	21,73354
14	3,663671	21,73354
15	7,661527	16,23754
16	9,16739	20,56237
17	6,355936	13,35936
18	6,164396	13,37266
19	6,767573	15,15717
20	9,043274	20,2352
21	6,66336	15,00302
22	3,590239	7,604275
23	6,532233	7,922932
24	6,532233	7,922932



Unit Kerja: Fakultas Lahan dan Air
 1. Diambil menggunakan software ArcGIS
 2. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 3. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 4. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 5. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 6. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 7. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 8. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 9. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 10. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 11. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 12. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 13. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 14. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 15. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 16. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 17. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 18. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 19. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 20. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 21. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 22. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 23. Perhitungan menggunakan software ArcGIS
 24. Perhitungan menggunakan software ArcGIS

Lampiran 25. Hasil perhitungan lama pemompaan di Desa Karang Junti

PERIODE	EVAPOTRANS	PERKOLASI	CHE	EFISIENSI
1	4.4	6	5.2	.8
2	4.36	6	5.2	.8
3	4.45	6	9.100001	.8
4	4.41	6	9.100001	.8
5	4.63	6	5.3	.8
6	4.36	6	5.3	.8
7	4.27	6	2.7	.8
8	6.67	0	2.7	.8
9	2.6	0	1.5	.48
10	3.67	0	1.5	.48
11	3.92	0	.8	.48
12	4.4	0	.8	.48
13	4.62	0	.3	.48
14	2.27	0	.3	.48
15	6.67	0	0	.8
16	2.4	0	0	.48
17	2.75	0	0	.48
18	4.1	0	0	.48
19	4.75	0	1.1	.48
20	5.25	0	1.1	.48
21	4.72	0	2.6	.48
22	3.06	0	2.6	.48
23	6.67	0	3.6	.8
24	6.67	0	3.6	.8

AIR YANG DIBUTUHKAN LEBIH BESAR DARI AIR TERSEDIA
PROGRAM DISELESAIKAN DENGAN SIMPLEX METHOD

Lampiran 26. Alternatif pola tanam yang diusulkan pada optimasi penggunaan lahan.

Pola Tanam	Komoditi	Waktu Tanam
1	Padi - Kc. Tanah - Kc. Tanah	Desember I
2	Padi - Kc. Tanah - Kc. tanah	Desember II
3	Padi - Kc. Tanah - Kc. Tanah	Januari I
4	Padi - Kc. Tanah - Kc. Tanah	Januari II
5	Padi - Kc. Tanah - Kc. Kedele	Desember I
6	Padi - Kc. Tanah - Kc. Kedele	Desember II
7	Padi - Kc. Tanah - Kc. Kedele	Januari I
8	Padi - Kc. Tanah - Kc. Kedele	Januari II
9	Padi - Kc. Tanah - Jagung	Desember I
10	Padi - Kc. Tanah - Jagung	Desember II
11	Padi - Kc. Tanah - Jagung	Januari I
12	Padi - Kc. Tanah - Jagung	Januari II
13	Padi - Kc. Kedele- Kc. Tanah	Desember I
14	Padi - Kc. Kedele- Kc. Tanah	Desember II
15	Padi - Kc. Kedele- Kc. Tanah	Januari I
16	Padi - Kc. Kedele- Kc. Tanah	Januari II
17	Padi - Kc. Kedele- Jagung	Desember I
18	Padi - Kc. Kedele- Jagung	Desember II
19	Padi - Kc. Kedele- Jagung	Januari I
20	Padi - Kc. Kedele- Jagung	Januari II
21	Padi - Kc. Kedele- Kc. Kedele	Desember I
22	Padi - Kc. Kedele- Kc. Kedele	Desember II
23	Padi - Kc. Kedele- Kc. Kedele	Januari I
24	Padi - Kc. Kedele- Kc. Kedele	Januari II



Lampiran 27. Keperluan air bagi setiap kombinasi pola tanam arst (lt/det/ha) yang diusulkan pada optimasi penggunaan lahan.

Bln	Pola Tanam																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
DES I	0.71	1.13	0.00	0.14	0.71	0.44	0.49	0.00	0.71	0.44	0.44	0.00	0.71	0.44	0.44	0.00	0.71	0.44	0.44	0.00	0.71	0.44	0.44	0.00
DES II	0.70	0.71	1.17	0.00	0.70	0.71	0.44	0.44	0.70	0.71	0.44	0.44	0.70	0.71	0.44	0.44	0.70	0.71	0.44	0.44	0.70	0.71	0.44	0.44
JAN I	0.73	0.74	0.75	1.17	0.73	0.74	0.75	0.40	0.74	0.74	0.75	0.40	0.73	0.74	0.75	0.40	0.73	0.74	0.75	0.40	0.73	0.74	0.75	0.40
JAN II	0.58	0.73	0.75	0.75	0.58	0.73	0.75	0.75	0.58	0.73	0.75	0.75	0.58	0.73	0.75	0.75	0.58	0.73	0.75	0.75	0.58	0.73	0.75	0.75
FEB I	0.18	0.19	0.20	0.17	0.18	0.19	0.20	0.17	0.18	0.19	0.20	0.17	0.18	0.19	0.20	0.17	0.18	0.19	0.20	0.17	0.18	0.19	0.20	0.17
FEB II	0.14	0.18	0.19	0.20	0.14	0.18	0.19	0.20	0.14	0.18	0.19	0.20	0.14	0.18	0.19	0.20	0.14	0.18	0.19	0.20	0.14	0.18	0.19	0.20
MAR I	0.73	0.73	0.77	0.78	0.73	0.73	0.77	0.78	0.73	0.73	0.77	0.78	0.73	0.73	0.77	0.78	0.73	0.73	0.77	0.78	0.73	0.73	0.77	0.78
MAR II	0.25	0.73	0.73	0.77	0.75	0.73	0.73	0.77	0.75	0.73	0.73	0.77	0.75	0.73	0.73	0.77	0.75	0.73	0.73	0.77	0.75	0.73	0.73	0.77
APR I	0.10	0.68	1.09	0.89	0.10	0.68	1.09	0.89	0.10	0.68	1.09	0.89	0.10	0.68	1.09	0.89	0.10	0.68	1.09	0.89	0.10	0.68	1.09	0.89
APR II	0.11	0.10	0.67	1.09	0.11	0.61	0.67	1.09	0.11	0.10	0.67	1.09	0.30	0.10	0.67	1.09	0.30	0.10	0.67	1.09	0.30	0.10	0.67	1.09
MEI I	0.65	0.31	0.25	0.75	0.65	0.31	0.25	0.75	0.65	0.31	0.25	0.75	0.84	0.52	0.39	0.75	0.84	0.52	0.39	0.75	0.84	0.52	0.39	0.75
MEI II	0.80	0.65	0.31	0.25	0.80	0.65	0.31	0.25	0.80	0.65	0.31	0.25	0.99	0.84	0.52	0.39	0.99	0.84	0.52	0.39	0.99	0.84	0.52	0.39
JUN I	0.82	0.72	0.60	0.34	0.82	0.72	0.60	0.34	0.82	0.72	0.60	0.34	0.99	0.87	0.75	0.33	0.99	0.87	0.75	0.33	0.99	0.87	0.75	0.33
JUN II	0.82	0.82	0.72	0.60	0.82	0.82	0.72	0.60	0.82	0.82	0.72	0.60	0.56	0.99	0.87	0.75	0.56	0.99	0.87	0.75	0.56	0.99	0.87	0.75
JUL I	0.62	0.99	0.99	0.89	0.62	0.99	0.99	0.89	0.62	0.99	0.99	0.89	0.92	0.60	1.04	1.04	0.92	0.60	1.04	1.04	0.92	0.60	1.04	1.04
JUL II	0.92	0.62	0.99	0.99	0.92	0.62	0.99	0.99	0.92	0.62	0.99	0.99	0.43	0.92	0.60	1.04	0.45	0.92	0.60	1.04	0.44	0.92	0.60	1.04
AGT I	0.58	0.96	0.79	1.21	0.59	0.96	0.79	1.21	0.60	0.96	0.79	1.21	0.64	0.58	0.96	0.60	0.63	0.88	0.96	0.60	0.83	0.59	0.96	0.60
AGT II	0.64	0.58	0.96	0.79	0.83	0.59	0.96	0.79	0.63	0.60	0.96	0.60	0.95	0.64	0.58	0.96	0.98	0.63	0.60	0.96	1.13	0.83	0.59	0.96
SEP I	0.98	0.66	0.60	0.96	1.18	0.89	0.61	0.96	1.02	0.65	0.63	0.96	1.14	0.98	0.66	0.60	1.27	1.02	0.65	0.63	1.32	1.18	0.89	0.61
SEP II	1.14	0.98	0.68	0.60	1.32	1.18	0.89	0.61	1.26	1.02	0.65	0.63	1.27	1.14	0.58	0.68	1.27	1.26	1.02	0.65	1.32	1.18	0.89	0.61
OKT I	1.00	0.88	0.72	0.40	1.06	1.10	0.92	0.60	1.00	1.00	0.76	0.39	1.00	1.00	0.88	0.72	0.61	1.00	1.00	0.76	0.33	1.06	1.10	0.92
OKT II	1.00	1.00	0.88	0.72	0.53	1.00	1.10	0.92	0.61	1.00	1.00	0.76	0.55	1.00	1.00	0.88	0.00	0.61	1.00	1.00	0.00	0.53	1.06	1.10
NOV I	0.11	0.51	0.51	0.40	0.50	0.10	0.57	1.10	0.59	0.17	0.51	0.51	0.59	0.11	0.51	0.51	0.59	0.00	0.17	0.51	0.59	0.00	0.10	0.57
NOV II	1.12	0.11	0.51	0.51	0.59	0.59	0.10	0.57	0.59	0.90	0.17	0.51	0.59	0.59	0.11	0.51	0.59	0.59	0.50	0.17	0.59	0.59	0.00	0.10

Lampiran 28. Keluaran komputer hasil perhitungan optimasi dengan *linear programming*

Semua hal yang tak terdaftar di bawah bernilai 0.

Jenis Optimisasi: Maximisasi
 Nilai Solusi Optimal: OPTIMAL= 13.55263519287109

Peubah Keputusan	Nilai Optimal
X2	1.916710376739502
X4	3.701613426208496
X11	3.322379589080811
X13	1.08253288269043
X14	3.200354337692261
X17	.3290453851222992

Nilai Slak Dan Surplus Dalam Kendala

Jenis	Sumber Daya	Nilai
Slak	K1	5.143668174743652
Slak	K2	5.616932392120361
Slak	K3	6.024679914116859E-002
Slak	K4	1.877832055091858
Slak	K5	9.179924011230469
Slak	K6	9.209732055664062
Slak	K7	1.488599181175232
Slak	K8	1.630278706550598
Slak	K9	1.163407921791077
Slak	K10	4.504066467285156
Slak	K11	4.649104595184326
Slak	K12	4.413036823272705
Slak	K13	2.886220693588257
Slak	K14	1.5563805103302
Slak	K18	1.075451016426086
Slak	K21	1.524035334587097
Slak	K23	6.362548828125
Slak	K24	6.315493583679199
Slak	K25	2.447363138198853

Lampiran 28. (lanjutan)

Harqa Bayangan Untuk Kendala

Sumber Daya	Nilai
K15	.3501138985157013
K16	.3191796541213989
K17	8.239593356847763E-002
K19	7.082376629114151E-002
K20	.3089832663536072
K22	2.684850804507732E-002

Pengurangan Biaya Untuk Peubah Keputusan

Peubah	Biaya
X1	-7.002271711826324E-003
X3	-3.922970499843359E-003
X5	-6.498919427394867E-002
X6	-7.969705760478973E-002
X7	-7.542437314987183E-002
X8	-8.459563367068768E-003
X9	-3.809019550681114E-002
X10	-1.165113132447004E-002
X12	-1.034343987703323E-002
X15	-1.112210936844349E-002
X16	-2.173240482807159E-002
X18	-3.767960146069527E-002
X19	-2.277320623397827E-002
X21	-3.227778896689415E-002
X22	-5.798692628741264E-002
X23	-9.081918746232986E-002
X24	-9.323378652334213E-002

Lampiran 28. (lanjutan)

Kisaran Dari Koefisien Fungsi Tujuan

Peubah	Batas Bawah	Nilai Kiwari	Batas Atas
X1	Tak terbatas	1	1.007002271711826
X2	.9896662840619683	1	1.023807711899281
X3	Tak terbatas	1	1.003922970499843
X4	.9919369779527187	1	1.032827280461788
X5	Tak terbatas	1	1.064989194273949
X6	Tak terbatas	1	1.07969705760479
X7	Tak terbatas	1	1.075424373149872
X8	Tak terbatas	1	1.008459563367069
X9	Tak terbatas	1	1.038090195506811
X10	Tak terbatas	1	1.01165113132447
X11	.9959021196700633	1	1.041907586157322
X12	Tak terbatas	1	1.010343439877033
X13	.9902953132987022	1	1.006963433232158
X14	.9927501161582768	1	1.1018286049366
X15	Tak terbatas	1	1.011122109368443
X16	Tak terbatas	1	1.021732404828072
X17	.9904527189210057	1	1.011649111285806
X18	Tak terbatas	1	1.037679601460695
X19	Tak terbatas	1	1.022773206233978
X20	Tak terbatas	1	1.01780940592289
X21	Tak terbatas	1	Nama proyek: IRIGASI

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 1973. Regional Workshop on Irrigation Water Management. ADB.
- Bahri, R. 1982. Penelitian Kebutuhan Air Irigasi dan Maksimasi Areal Padi Sawah engan Sistem Pemberian Air Terus Menerus Pada Musim Penghujan di Kejuron Daerah Pengairan Sampean Lama Situbundo Jawa Timur. Skripsi. Fateta. IPB. Bogor.
- Baver, L.D. 1972. Soil Physics. John Willey and Sons Inc. New York.
- Bierschenk, W. H. 1964. Determining Well Efficiency by Multiple Step Drawdown Test. Inter Assoc. Science Hydrology. Publ. 64. p 493-505.
- Bhuiyan, S.I. 1982. Irrigation System management Research and Selected Methodological Issues. IRRI Research Paper series. No. 81
- Booher, L. J. 1974. Surface Irrigation. FAO. Roma.
- Bureau of Reclamation US. Departement of Interior. 1977. Ground Water Manual. A Water Resources Technical Publication. 1 St Ed. Washington.
- Chow, V.T. 1959. Open Channel Hidraulic. Mc. Graw Hill Kagakusha, Ltd. Tokyo.
- Dastane, N.G. 1974. Effective Rainfall in Irrigated Agriculture. FAO. Rome.
- Davidson, J.P. 1954. Agricultural Machines. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Doorenbos, J. and W. C. Pruitt. 1977. Crop Water Requirement. FAO. Rome.
- Hansen, V.E., O.W. Israelsen, G.E. Stringham. 1980. Irrigation Principles and Practices. John Willey and Sons. New York.
- Hiller, F.S. and G.J. Liberman. 1978. Operation Research. Holden Day Inc. San Fransisco.

- Houk, I.E. 1960. Irrigation Engineering Agriculture and Hidrology Phase. John Willey and Sons Inc. New York.
- Jensen, M.E. 1980. Design and Operation of Farm Irrigation System. ASAE. St.Joseph. Michigan.
- Kruseman, G.P. and N.A. De Ridder. 1970. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data. International Institute for Land Reclamation and Improvement Wageningen. The Netherlands.
- Linsley, R.K. and Franzini. 1979. Water Resources Engineering. Mc. Graw hill International Book Company. Tokyo.
- Mabbayad, B.B. and R.A. obordo. 1970. Land Preparation Rice Production Manual, Rev. 2ed. Los Banos.
- Manan, M.E. 1980. Klimatologi Dasar. Bagian Klimatologi Pertanian. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IPB. Bogor.
- Oldeman, L.R. and S. Sjarifuddin. 1977. An Agroclimatic Map of Sulawesi. Contr. Central Research. Institut of Agricultural. Bogor.
- Palagani, S.S.S. 1990. Pengaruh Cara Pemberian Air Irigasi Terhadap Hasil dan Faktor Respon Hasil Tanaman Padi di Daerah Irigasi Gung, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Partowijoto, A. 1980. Kapita Selekta Teknik Tanah dan Air. Departemen Mekanisasi Pertanian. Fatemeta. IPB. Bogor.
- Partowijoto, A., A. Priyanto, M.A. Dhalhar dan S. Sukartaatmaja. 1981. Teknik Tanah dan Air. Departemen Mekanisasi Pertanian. Fatemeta. IPB. Bogor.
- Phillsbury, A.F. 1968. Sprinkler Irrigation. FAO. Rome.
- Purwanto (1975). Mempelajari Sifat Pelumpuran dan Pengaruh Cara Pengolahan Tanah Sawah Pada Beberapa Tingkat Kelembaban Terhadap Jumlah Air yang diperlukan. Thesis. Departemen Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Simarmata, D.A. 1983. Operation Riset. Sebuah Pengantar. Teknik-Teknik Optimasi Kuantitatif Dari Sistem-Sistem Operasional. Gramedia. Jakarta.



- Soepardi, G. 1979. Sifat dan Ciri Tanah I. Departemen Ilmu-ilmu Tanah. Faperta. IPB. Bogor.
- Somaatmadja, S. 1974'. Penelitian Efisiensi Pemakaian Air Pertanaman Padi Sawah di Tanah Grumusol Perjan Tani Makmur Cibea Jawa Barat. Skripsi. Fatemeta. IPB. Bogor.
- Sosrodarsono, S. dan K. Takeda. 1980. Hidrologi Untuk Pengairan. Pradya Paramita. Jakarta.
- Stern, P.N. 1979. Small Scale Irrigation. Intermediate Technology Publication, Ltd. and International Irrigation Information Centere. USA.
- Suhardi, D. 1983. Analisa Perencanaan Pemanfaatan Air Irigasi di Daerah Pengairan Saluran Induk Kiri Ciujung. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB. Bogor.
- Supranto, J. 1983. Linear Programming. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI. Jakarta.
- Suprojo dan T. Purwadi. 1982. Analisa Pengambilan Keputusan Mekanisasi Pertanian. Agritech. Jokjakarta.
- Todd, D.K. 1959. Ground Water Hydrology. 1 St Ed. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Wagner, H.M. 1978. Principles of Operation Reserch. Prentice-Hall of India Private. New Delhi.
- Wilson, E.M. 1969. Engineering Hidrology. Department of Civil Engineering. Univercity of Stanford. Mc.Millan. Agriculture. FAO. Rome.
- Winardi. 1986. Pengantar Tentang Teori Sistem dan Analisis Sistem. Alumni. Bandung.